



TESIS – TI092327

***TRADE-OFF* EFISIENSI DAN *ROBUSTNESS* PADA  
PEMILIHAN PEMASOK DENGAN  
MEMPERTIMBANGKAN KETIDAKPASTIAN  
AKIBAT GANGGUAN PADA PT. XYZ**

**ROSYIDA HARISA PUTRI  
2511 203 702**

**DOSEN PEMBIMBING  
Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE  
Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D**

**PROGRAM MAGISTER  
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN LOGISTIK DAN RANTAI PASOK  
JURUSAN TEKNIK INDUSTRI  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2015**

Halaman ini sengaja dikosongkan.



*THESIS – TI092327*

***TRADE-OFF EFFICIENCY AND ROBUSTNESS OF  
SUPPLIER SELECTION UNDER UNCERTAINTY  
DUE TO DISRUPTION IN PT. XYZ***

***ROSYIDA HARISA PUTRI  
2511 203 702***

***SUPERVISOR***

***Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE***

***Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D***

***MASTER DEGREE***

***LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN ENGINEERING***

***DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING***

***INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER***

***SURABAYA***

***2015***

*This page is intentionally left blank.*

**TRADE-OFF EFISIENSI DAN ROBUSTNESS PADA PEMILIHAN  
PEMASOK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KETIDAKPASTIAN  
AKIBAT GANGGUAN PADA PT. XYZ**

**Disusun oleh penulis untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar  
Magister Teknik ( M. T. )**

**Pada  
Bidang Konsentrasi Logistik dan Manajemen Rantai Pasok ( LMRP )  
Program Studi Pascasarjana Jurusan Teknik Industri  
Fakultas Teknologi Industri  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya**

**Oleh :  
ROSYIDA HARISA PUTRI  
NRP. 2511 203 702**

**Tangga Ujian : 14 Januari 2015  
Periode Wisuda : Maret 2015**

**Disetujui oleh :**

**1. Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE  
NIP. 1948 0710 1976 03 1002**

**(Pembimbing I)**

**2. Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D  
NIP. 1971 0927 1999 03 1002**

**(Pembimbing II)**

**3. Prof. Ir. Budi Santosa, M.S., Ph.D  
NIP. 1969 0512 1994 02 1001**

**(Penguji)**

**4. Dr. Eng. Erwin Widodo, S.T., M. Eng  
NIP. 1974 0517 1999 03 1002**

**(Penguji)**

**Direktur Program Pascasarjana**

**Prof. Dr. Ir. Adi Soeprajitno, M. T  
NIP. 1964 0405 1990 02 10001**

# TRADE-OFF EFISIENSI DAN ROBUSTNESS PADA PEMILIHAN PEMASOK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KETIDAKPASTIAN AKIBAT GANGGUAN PADA PT. XYZ

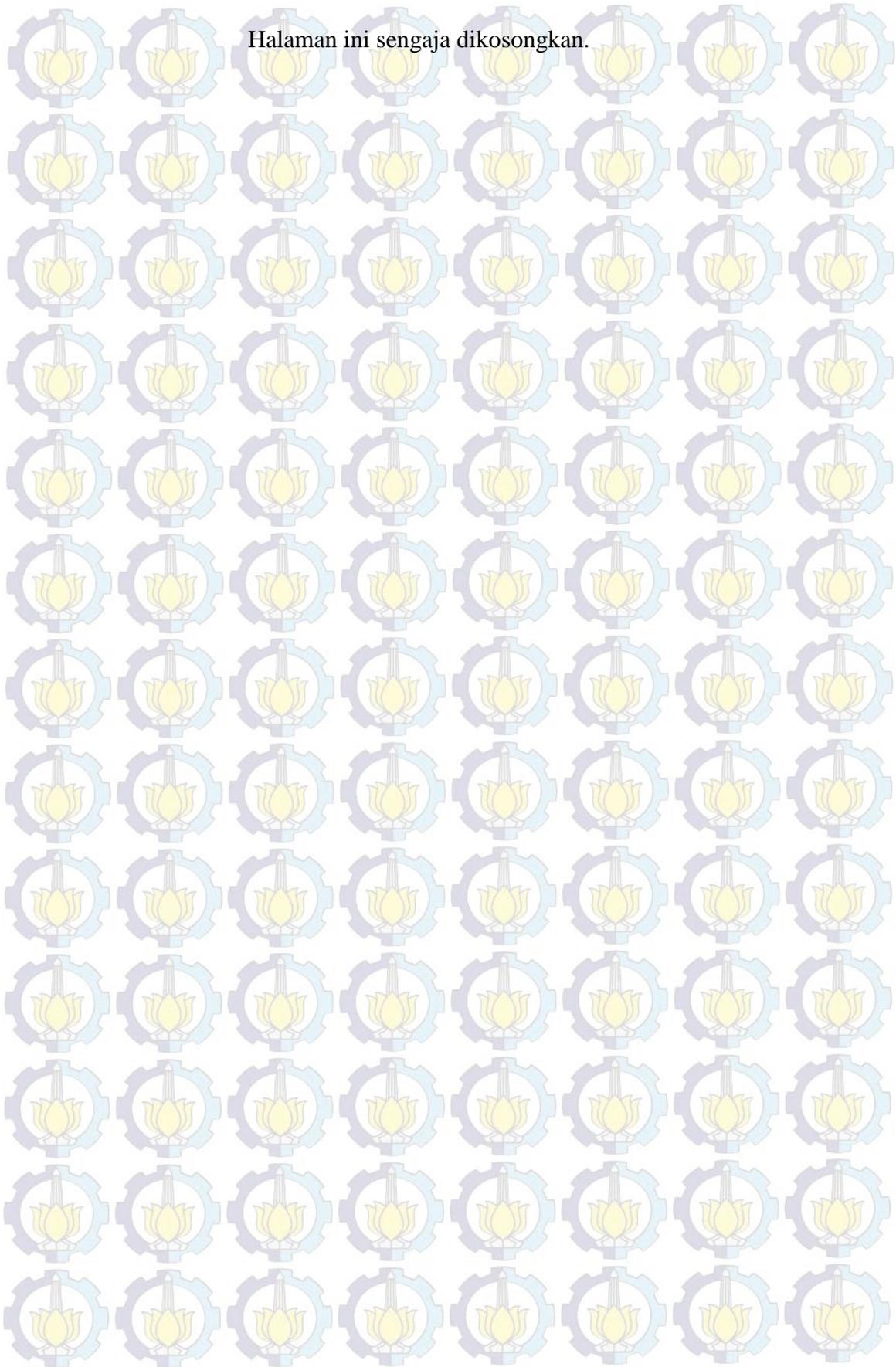
Nama : Rosyida Harisa Putri  
NRP : 2511 203 702  
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE  
Dosen Ko-Pembimbing : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

## ABSTRAK

Pemilihan pemasok merupakan salah satu strategi dasar untuk mengembangkan kualitas *output* pada tiap organisasi bisnis. Kegagalan pemasok dalam memenuhi kebutuhan perusahaan akan menyebabkan kerugian, *idle*, atau bahkan kebangkrutan. Penelitian terkini menjelaskan bahwa kriteria-kriteria utama dalam memilih pemasok, di antaranya harga, kualitas, kecepatangapan, inovasi, aset, fleksibilitas, servis, manajemen dan organisasi, serta risiko. Risiko akibat kondisi geografis, geologis, hidrologis, dan demografis makin banyak dikembangkan seiring dengan meningkatnya jumlah kejadian bencana di dunia. Kenyataan ini melatarbelakangi dilakukannya pengembangan model pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan risiko gangguan akibat bencana. Analisis *trade-off* efisiensi dan *robustness* merupakan salah satu metode yang ditawarkan untuk manajemen risiko tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk memilih pemasok dengan mempertimbangkan biaya dan kerugian akibat operasional dan bencana alam serta menentukan jumlah alokasi. Keputusan tersebut diharapkan dapat menjadi referensi untuk manajer dalam memitigasi risiko *shortage*. Studi kasus dilakukan pada PT. XYZ dengan bahan baku utamanya yaitu polipropilena. Perhitungan menggunakan GAMS 24.2.3 dengan *mixed integer linear programming* yang menunjukkan skenario terbaik dengan nilai alpha sebesar 1 akan menghasilkan *trade-off* sebesar 1, efisiensi sebesar 1, dan *robustness* sebesar 0,609. Hal ini disebabkan karena pengaruh *Total Supplier Failure Cost* yang hanya 1-2% terhadap *Total Cost*, sehingga *Total Purchasing Cost* lebih dipertimbangkan dibandingkan dengan *Total Supplier Failure Cost*. Pada skenario ini pemasok yang terpilih adalah Pemasok 5 dengan alokasi 15.292.431 kg dan Pemasok 6 dengan alokasi 2.400.000 kg. Skenario ini menghasilkan *Total Purchasing Cost* sebesar 29.446.510 USD dan *Total Supplier Failure Cost* sebesar 632.142,89 USD. Alternatif pendekatan ini diharapkan dapat menjadi salah satu metode kuantitatif dalam pemilihan pemasok.

**Kata kunci:** pemilihan pemasok, risiko, efisiensi, *robustness*, *mixed integer linear programming*

Halaman ini sengaja dikosongkan.



## **TRADE-OFF EFFICIENCY AND ROBUSTNESS OF SUPPLIER SELECTION UNDER UNCERTAINTY DUE TO DISRUPTION IN PT. XYZ**

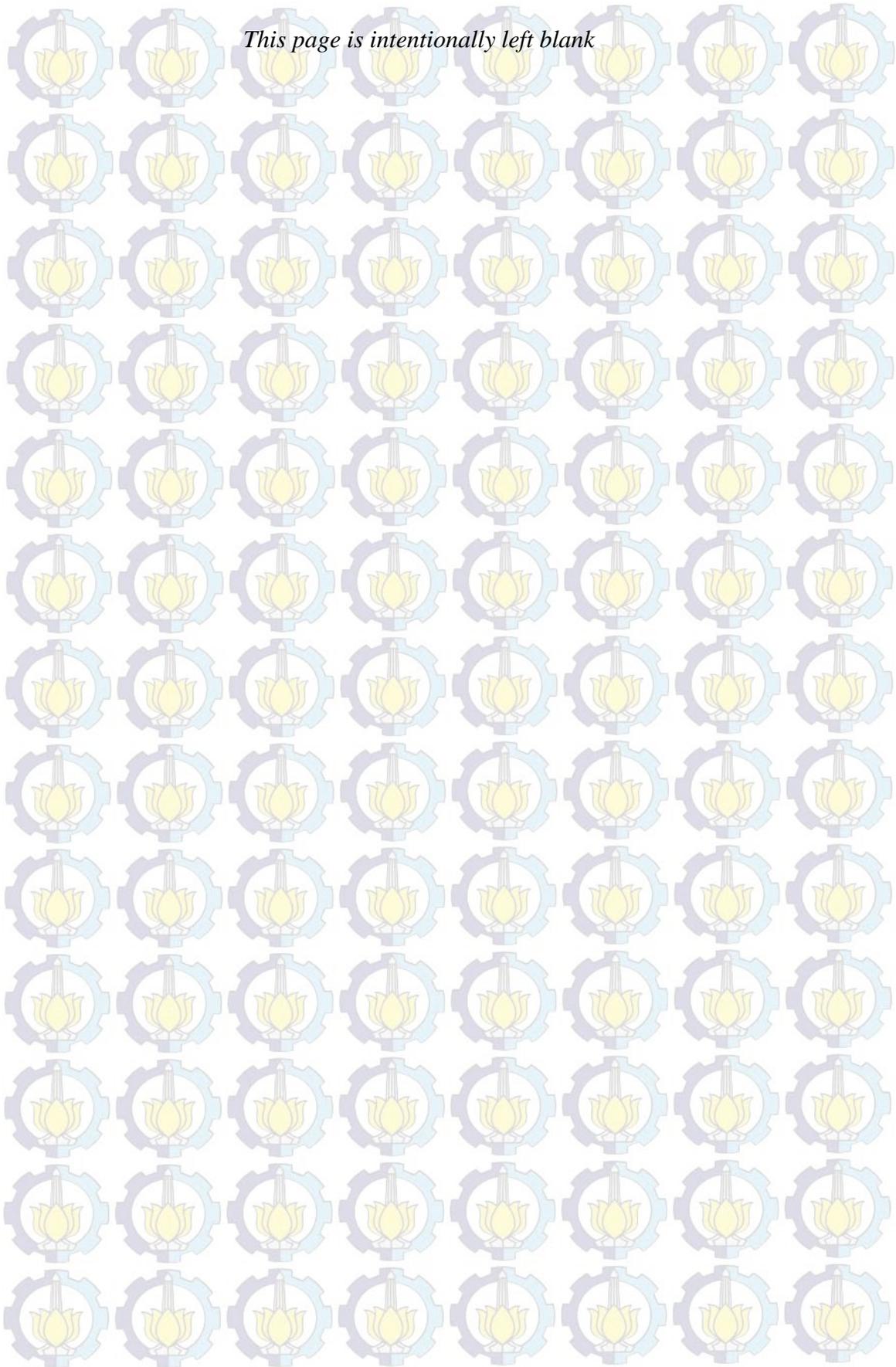
**Name** : Rosyida Harisa Putri  
**Student no.** : 2511 203 702  
**Supervisor** : Prof. Dr. Ir. Suparno, MSIE  
**Co-supervisor** : Prof. Iwan Vanany, S.T., M.T., Ph.D

### **ABSTRACT**

*Suppliers selection is one of the basic strategies to improve the quality of the output of each business organization. Failure of suppliers to meet the needs of the company will lead to losses, idle, or even bankruptcy. Recent research explains that the main criteria in selecting suppliers, including price, quality, responsiveness, innovation, assets, flexibility, service, management, organization, and risks. Risk due to geographical, geological, hydrological, and demographic increasingly developed along with the increasing number of natural disasters in the world. This fact does the development of the model underlying the selection of suppliers by considering the risk of disruption caused by the disaster. Analysis of trade-off efficiency and robustness is one of the methods offered to manage these risks. The purpose of this study is to choose a supplier by considering operational costs and losses due to natural disasters and also determine the amount of the allocation. The decision is expected to be a reference for managers to mitigate the risk of shortage. A case study conducted at PT. XYZ with its main raw material is polypropylene. Computations using GAMS 24.2.3 with mixed integer linear programming shows the best scenario with an alpha value of 1 will result in trade-offs amounted to 1, an efficiency of 1, and the robustness of 0.609. In this scenario, chosen supplier was Suppliers 5 with the allocation of 15,292,431 kg and Suppliers 6 with the allocation of 2,400,000 kg. This scenario produces Total Purchasing Cost of \$ 29,446,510 and total Supplier Failure Cost of \$ 632,142.89. Because of the influence Total Supplier Failure Cost that only 1-2% of the total cost, the scenario choosen is the same alpha with the most efficient scenario. This approach could be one of the alternative of quantitative methods in the suppliers selection by considering risk.*

**Keywords** : *supplier selection, risk, efficiency, robustness, mixed integer linear programming*

*This page is intentionally left blank*



## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirobilalamin.

Segala puji bagi Allah Tuhan Semesta Alam yang Maha Baik atas segala rahmat dan hidayahnya, rizki serta karunianya yang tiada pernah habis.

Jurusan Teknik Industri menjadi pilihan penulis dalam menempuh pendidikan master. Terima kasih kepada Prof. Suparno dan Prof. Iwan Vanany atas kesabaran dan bimbingannya. Kepada Ketua Jurusan Teknik Industri, Prof. Budi Santosa, dan Ketua Prodi Pascasarjana Teknik Industri, Prof. I Nyoman Pujawan dan Dr. Eng. Erwin Widodo, mbak Rahayu, serta seluruh dosen dan staf Jurusan Teknik Industri – ITS Surabaya atas kesempatan yang telah diberikan.

Kepada Dwi Priyanta, MSE atas kepercayaan dan motivasi yang telah diberikan. *Never expect less than perfect*, semoga selalu dapat diaplikasikan ke dalam hidup Penulis.

Kepada seluruh sahabat, Bayu, Aries, Gufron, Desi Cahya, Aliphya, Diwandaru, Syayhuddin, Andi Fajar, Yelita, Umi Zahratunnisa, Bilal, Achmad Mustakim, Lintang, Farikhah, Adyutatama, Anggi Tesisia, Prenita, Revika, Aan, Indra W. Baskara, Yusna, Gde Wahyu, Tegar, Vania Mitha, Risa Fanani, dan Sari Jumayla.

Kepada teman dalam pekerjaan, Widdya Putri, Arista Chory, Intan Karismawati, Ahmat Fuad, Dharma Gita, Ibram, Nurhadi, Indra W. Wicaksono, Hoirus, Irsyad, Muh. Abd. Rokim, dan Gigih Prasetyo.

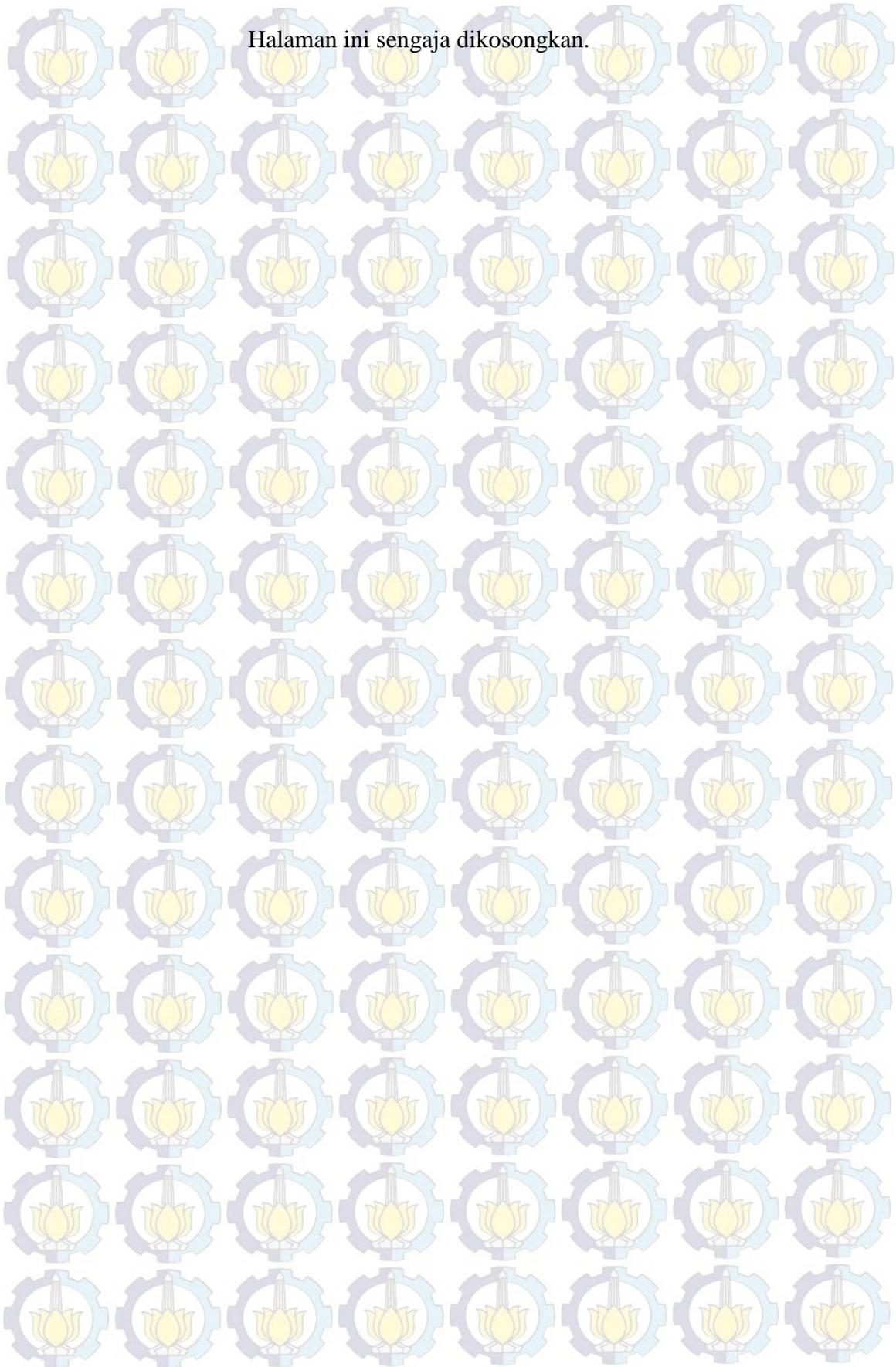
Kepada keluarga besar Ahmad Soedjadi dan Samani atas dukungannya. Kepada Pak Samsuri atas bantuannya selama ini.

Terima kasih yang tiada terkira kepada Ayah Budi Santoso serta Ibu Hari Purwani atas dukungan dan kesabarannya yang berlimpah, juga kepada Adik Satria Aji Pamungkas, Adik Alwin Tentrem Naluri, Kakak Dwi Yuni Megawati beserta keluarga atas semangat yang diberikan. Terima kasih pada Arka dan Devdan atas keceriaan yang selalu menghiasi hari-hari.

Penulis selalu percaya bahwa ketika kau sukses, maka doa orang tuamu telah didengar oleh Tuhan. Terima kasih atas semuanya.

Surabaya, 9 Januari 2015  
Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan.

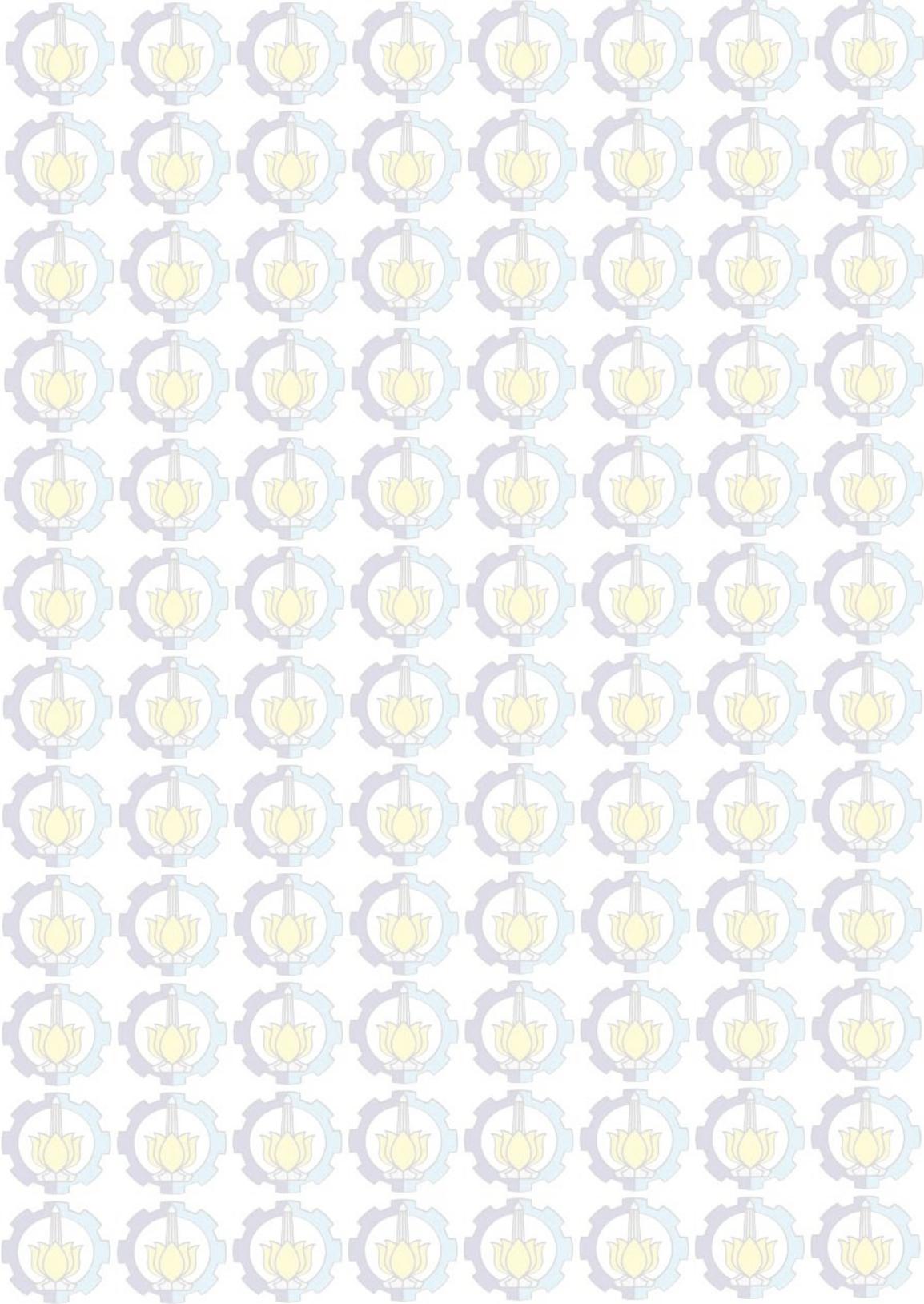


## DAFTAR ISI

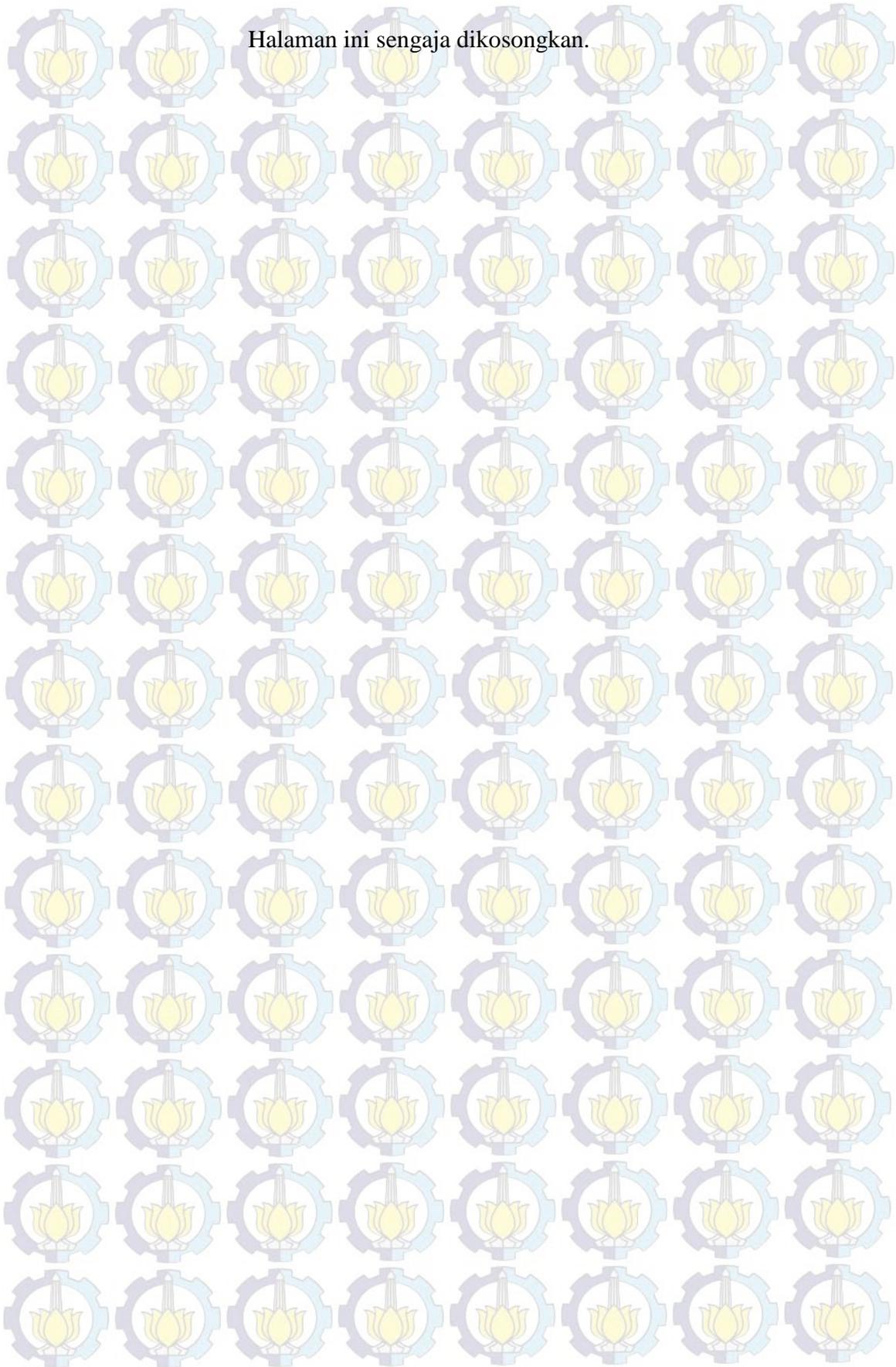
HALAMAN JUDUL .....	i
LEMBAR PENGESAHAN .....	v
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TESIS.....	vii
<i>DISCLAIMER</i> .....	ix
ABSTRAK .....	xi
<i>ABSTRACT</i> .....	xiii
KATA PENGANTAR .....	xv
DAFTAR ISI.....	xvii
DAFTAR GAMBAR .....	xxi
DAFTAR TABEL.....	xxiii
BAB 1 PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Perumusan Masalah .....	6
1.3 Tujuan Penelitian .....	6
1.4 Batasan Penelitian .....	6
1.5 Asumsi .....	7
1.6 Manfaat Penelitian .....	7
1.7 Sistematika Penulisan .....	7
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA .....	9
2.1 Risiko .....	9
2.2 <i>Robustness</i> .....	10
2.3 Pemilihan Pemasok.....	12
2.4 Peramalan Permintaan .....	14
2.4.1 Metode Winter .....	16
2.4.2 <i>Forecast Error</i> .....	18
2.5 Formulasi Acuan.....	20
2.5.1 Analisis <i>Trade-off</i> Efisiensi dan <i>Robustness</i> .....	20
2.5.2 Biaya Total Pembelian.....	25
2.5.3 Biaya Perkiraan Akibat Kegagalan Pemasok .....	27
2.6 <i>Critical Review</i> .....	31
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....	35
3.1 Tahap Identifikasi .....	35
3.2 Tahap Pengumpulan Data.....	35
3.2.1 Profil Perusahaan .....	35
3.2.2 Proses Produksi.....	38

3.2.3	Bahan Baku Utama.....	40
3.2.4	Data Perusahaan .....	41
3.2.5	Data Pemasok .....	42
3.2.6	Data Bencana.....	43
3.3	Tahap Pengembangan Model .....	45
3.4	Tahap Pengolahan Data dan Analisis .....	45
3.5	Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran.....	45
<b>BAB 4 PENGEMBANGAN MODEL .....</b>		<b>47</b>
4.1	Deskripsi Permasalahan.....	47
4.2	Formulasi Model <i>Trade-off</i> Efisiensi & <i>Robustness</i> pada Pemilihan Pemasok.....	48
4.2.1	Notasi Model .....	48
4.2.2	Modifikasi pada Fungsi Tujuan.....	50
4.2.3	Modifikasi pada Fungsi Kendala.....	52
4.3	Formulasi Bahasa GAMS.....	54
4.4	Tahapan Penerapan Model <i>Trade-off</i> Efisiensi & <i>Robustness</i> pada Pemilihan Pemasok.....	54
<b>BAB 5 PENGOLAHAN DATA &amp; ANALISIS .....</b>		<b>57</b>
5.1	Parameter .....	57
5.1.1	Peramalan Permintaan .....	57
5.1.2	Perhitungan Kemungkinan Kegagalan .....	61
5.1.3	Perhitungan Batas Atas dan Batas Bawah.....	63
5.2	Perhitungan <i>Trade-off</i> Efisiensi dan <i>Robustness</i> dengan Variasi Alpha .....	63
5.3	Perhitungan <i>Trade-off</i> Efisiensi dan <i>Robustness</i> dengan Variasi Tingkat Persediaan .....	68
5.4	Perhitungan <i>Trade-off</i> Efisiensi dan <i>Robustness</i> dengan Variasi Maksimum Pemasok.....	72
5.5	Perhitungan <i>Trade-off</i> Efisiensi dan <i>Robustness</i> dengan Variasi Tingkat Permintaan.....	74
5.6	Perhitungan <i>Trade-off</i> Efisiensi dan <i>Robustness</i> dengan Variasi Biaya Pembelian Akibat Gangguan.....	78
5.6.1	Uji Coba 1.....	79
5.6.2	Uji Coba 2.....	80
5.6.3	Uji Coba 3.....	81
5.7	Analisis Hasil.....	85
<b>BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>		<b>91</b>
6.1	Kesimpulan.....	91
6.2	Saran .....	93
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>		<b>95</b>

LAMPIRAN .....	99
TENTANG PENULIS .....	101



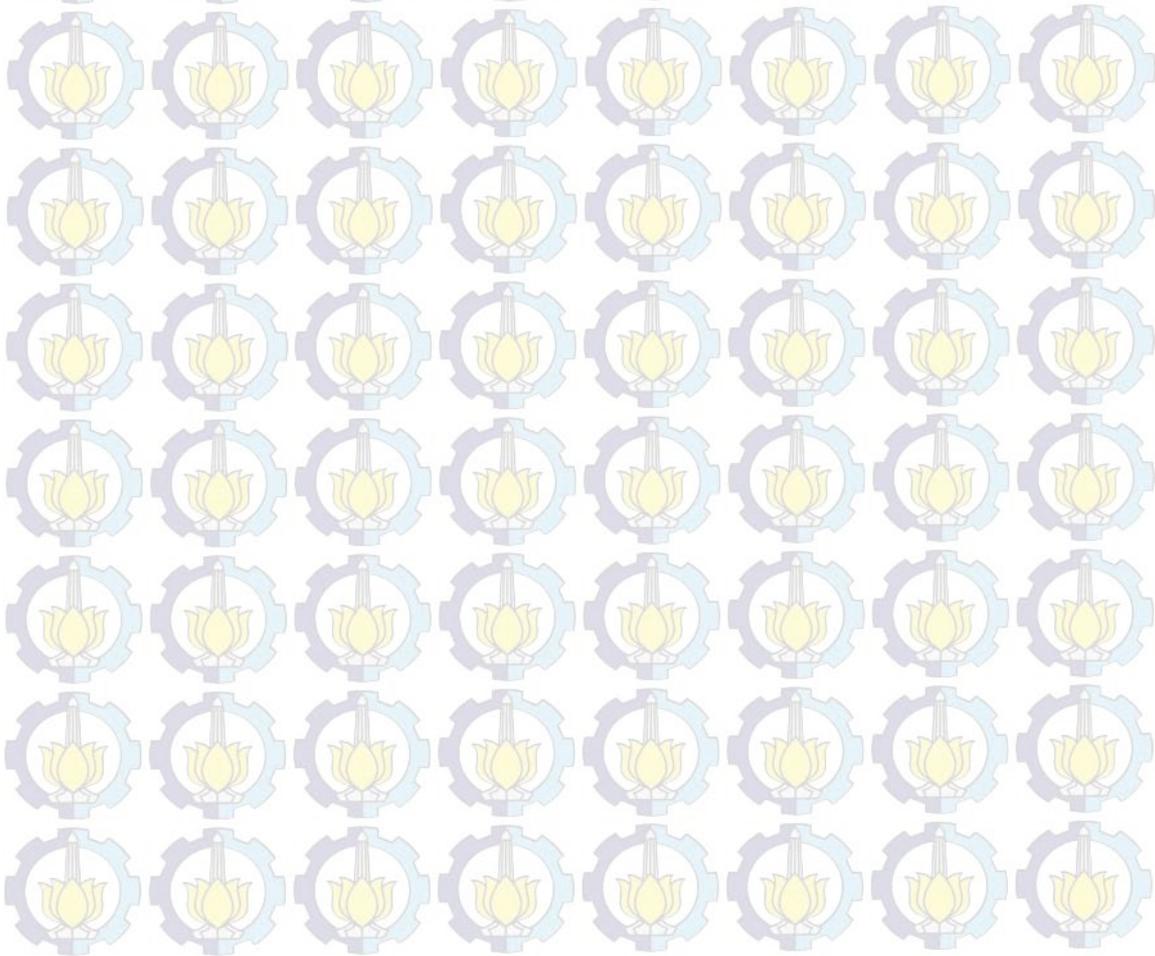
Halaman ini sengaja dikosongkan.



## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Definisi <i>robustness</i> dari berbagai jurnal .....	10
Tabel 2.2 Kriteria pemilihan pemasok.....	14
Tabel 2.3 Kemungkinan untuk kegagalan pemasok $n = 3$ .....	28
Tabel 2.4 Posisi Penelitian .....	34
Tabel 3.1 Kebutuhan polipropilena pada tahun 2012 dan tahun 2013 .....	42
Tabel 3.2 Data karakteristik pemasok polipropilena .....	43
Tabel 3.3 Angka kejadian bencana alam dari tahun 1900 – 2015 dari <i>EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database</i> .....	44
Tabel 5.1 Nilai <i>seasonality factor</i> .....	58
Tabel 5.2 Hasil peramalan kebutuhan polipropilena .....	59
Tabel 5.3 Kemungkinan kegagalan dari risiko operasional .....	61
Tabel 5.4 Kemungkinan kegagalan dari risiko gangguan bencana alam .....	62
Tabel 5.5 Nilai batas atas dan batas bawah dari TPC dan TSFC.....	63
Tabel 5.6 Hasil <i>running</i> perhitungan <i>trade-off</i> efisiensi dan <i>robustness</i> dengan variasi alpha.....	63
Tabel 5.7 Alokasi pada masing – masing pemasok dengan alpha bernilai 1 .....	65
Tabel 5.8 Alokasi pada masing-masing pemasok dengan alpha bernilai 0 .....	66
Tabel 5.9 Perubahan tingkat persediaan .....	69
Tabel 5.10 Hasil <i>running</i> perhitungan <i>trade-off</i> efisiensi dan <i>robustness</i> dengan variasi persediaan .....	69
Tabel 5.11 Alokasi pada masing-masing pemasok saat kondisi paling efisien, <i>robust</i> , dan minimum biaya dengan persediaan sebesar 250.000 kg ...	70
Tabel 5.12 Hasil <i>running</i> perhitungan <i>trade-off</i> efisiensi dan <i>robustness</i> dengan variasi persediaan .....	73
Tabel 5.13 Perubahan tingkat permintaan.....	75
Tabel 5.14 <i>Upper bound</i> dan <i>lower bound</i> dari perubahan tingkat permintaan ...	75
Tabel 5.15 Hasil <i>running</i> perhitungan <i>trade-off</i> efisiensi dan <i>robustness</i> dengan variasi tingkat permintaan .....	76
Tabel 5.16 <i>Upper bound</i> dan <i>lower bound</i> dari perubahan tingkat permintaan ...	79

Tabel 5.17 Hasil <i>running</i> perhitungan <i>trade-off</i> efisiensi dan <i>robustness</i> dengan biaya pembelian bahan baku pengganti sebesar 3,072 USD .....	79
Tabel 5.18 Hasil <i>running</i> perhitungan <i>trade-off</i> efisiensi dan <i>robustness</i> dengan biaya pembelian bahan baku pengganti sebesar 5 USD .....	80
Tabel 5.19 Hasil <i>running</i> perhitungan <i>trade-off</i> efisiensi dan <i>robustness</i> dengan biaya pembelian bahan baku pengganti sebesar 10 USD .....	81
Tabel 5.20 Persentase TPC dan TSFC pada TC jika <i>disruption cost per-unit</i> sebesar 1,888 USD .....	83
Tabel 5.21 Persentase TPC dan TSFC pada TC jika <i>disruption cost per-unit</i> sebesar 3,072 USD .....	83
Tabel 5.22 Persentase TPC dan TSFC pada TC jika <i>disruption cost per-unit</i> sebesar 5 USD .....	84
Tabel 5.23 Persentase TPC dan TSFC pada TC jika <i>disruption cost per-unit</i> sebesar 10 USD .....	84

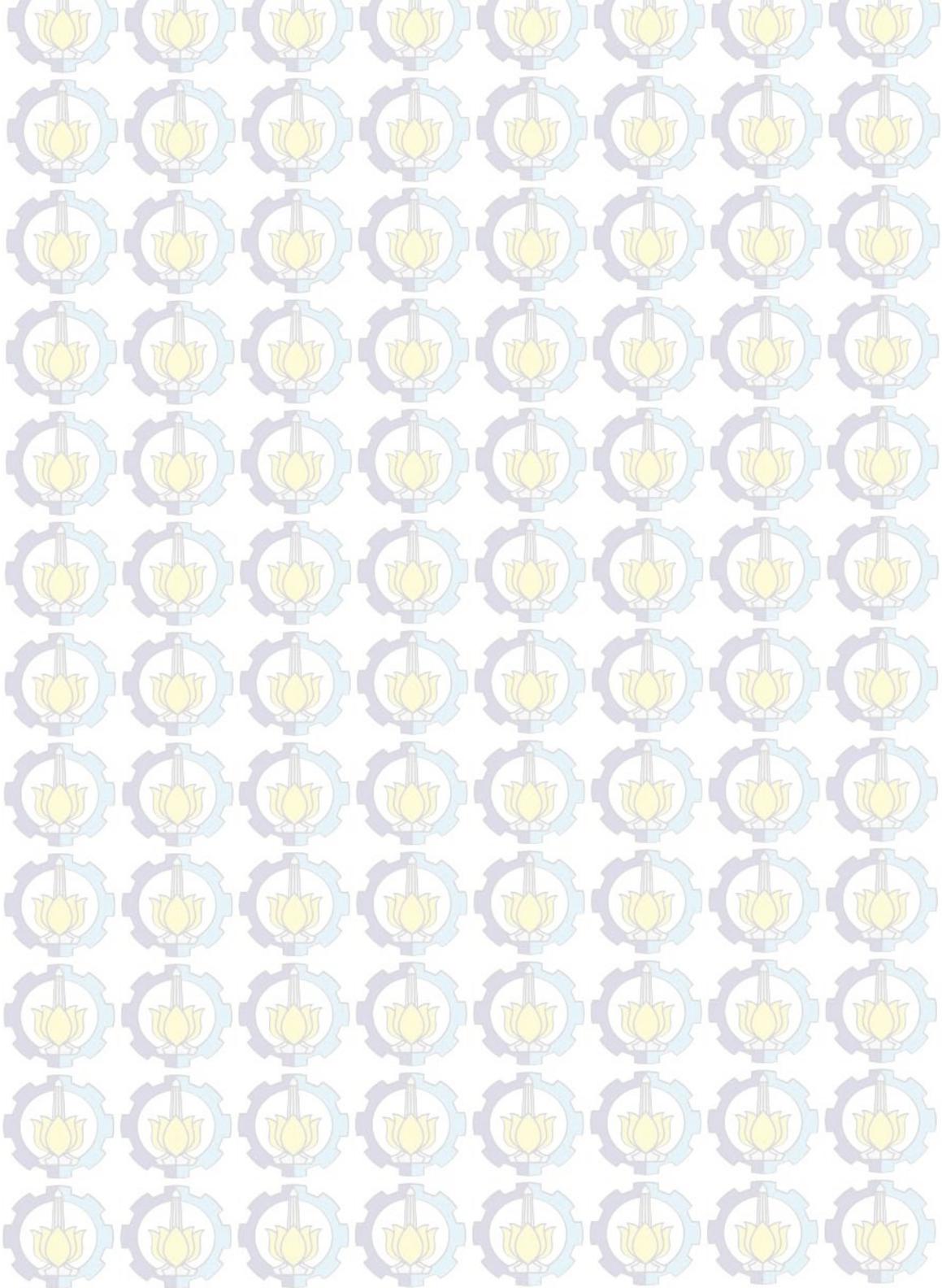


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Peta risiko kegagalan menurut BNPB tahun 2011 (sumber: <a href="http://geospasial.bnpb.go.id/">http://geospasial.bnpb.go.id/</a> ) .....	2
Gambar 2.1 Contoh penilaian <i>performance</i> (Vlajic, et al., 2012).....	12
Gambar 2.2 Tahapan dalam melakukan <i>supplier selection</i> (Chen, 2010) .....	12
Gambar 3.1 <i>PP Woven Bag</i> .....	36
Gambar 3.2 <i>Cement Bag</i> .....	37
Gambar 3.3 <i>Block-bottom bag</i> .....	38
Gambar 3.4 <i>Semi-finished material</i> .....	38
Gambar 3.5 Biji plastik atau polipropilena.....	41
Gambar 3.6 Grafik peningkatan kebutuhan bahan baku polipropilena dari tahun 2008 hingga tahun 2013 (dalam kilogram) .....	41
Gambar 3.7 Diagram Alir Metodologi Penelitian.....	46
Gambar 4.1 Diagram tahapan penerapan model.....	55
Gambar 5.1 Grafik <i>demand</i> dan <i>deseasonalized demand</i> .....	58
Gambar 5.2 Pengaruh variasi nilai alpha pada efisiensi, <i>robustness</i> , dan <i>net function</i> .....	67
Gambar 5.3 Pengaruh variasi alpha terhadap biaya total pembelian, biaya perkiraan akibat gangguan, dan biaya total .....	68
Gambar 5.4 Pengaruh perubahan tingkat persediaan terhadap efisiensi, <i>robustness</i> , dan nilai <i>trade-off</i> .....	71
Gambar 5.5 Pengaruh perubahan tingkat persediaan terhadap biaya total pembelian, biaya perkiraan akibat gangguan, dan biaya total.....	72
Gambar 5.6 Pengaruh perubahan jumlah maksimum pemasok terhadap efisiensi, <i>robustness</i> , dan nilai <i>trade-off</i> .....	74
Gambar 5.7 Pengaruh perubahan jumlah pemasok maksimum terhadap total biaya pembelian, biaya perkiraan akibat gangguan, dan biaya total.....	74
Gambar 5.8 Pengaruh perubahan tingkat persediaan terhadap efisiensi, <i>robustness</i> , dan <i>net-function</i> .....	77
Gambar 5.9 Pengaruh tingkat permintaan terhadap efisiensi, <i>robustness</i> , dan nilai <i>trade-off</i> .....	77

Gambar 5.10 Pengaruh tingkat permintaan pada biaya total pembelian, biaya perkiraan akibat gangguan, dan biaya total..... 78

Gambar 5.11 Pengaruh perubahan biaya pembelian per-unit Akibat Gangguan .. 85



# BAB 1

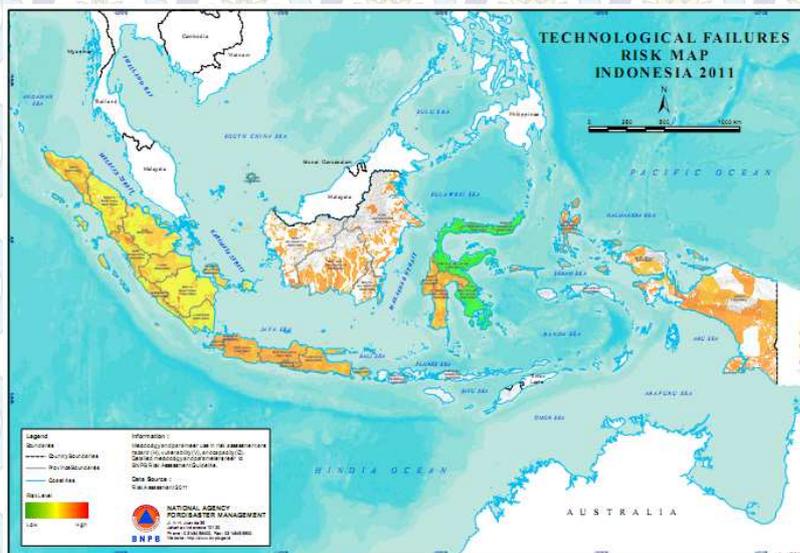
## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kebakaran yang terjadi pada pemasok utama perusahaan Ericson mengakibatkan terganggunya sistem pasok bahan baku dan kerugian hingga 400 juta USD pada model T28 (Norman & Jansson, 2004). Gempa di Taiwan pada bulan Desember 2006 menyebabkan kerusakan pada kabel-kabel bawah laut. Kejadian ini berdampak pada turunnya kecepatan internet yang seketika mengganggu proses *loading-unloading* kontainer di pelabuhan Shanghai, serta gangguan pada seluruh prosedur transaksi dan klaim yang dilakukan. Pada Juni 2008, perusahaan mobil Volvo Cars mengalami penurunan penjualan sebesar 50% pada tipe mobil SUVs. Fredrik Arp, CEO perusahaan Volvo Cars menyatakan bahwa melemahnya dolar menyebabkan penurunan pendapatan perusahaan. Berbagai ketidakpastian seperti bencana alam, serangan teroris, pemogokan tenaga kerja, kecelakaan, serta ketidakstabilan mata uang dapat menyebabkan keterlambatan dan gangguan pada aliran material, finansial, dan informasi (Berger, et al., 2004).

Di Indonesia, potensi bencana alam seharusnya mulai dipertimbangkan di segala aspek. Wilayah Indonesia merupakan gugusan kepulauan terbesar di dunia. Wilayah yang juga terletak di antara benua Asia dan Australia dan Lautan Hindia dan Pasifik ini memiliki 17.508 pulau. Meskipun memiliki kekayaan alam dan keindahan pulau-pulau yang luar biasa, bangsa Indonesia perlu menyadari bahwa wilayah nusantara ini memiliki 129 gunung api aktif, atau dikenal dengan *ring of fire*, serta terletak berada pada pertemuan tiga lempeng tektonik aktif dunia, yaitu Lempeng Indo-Australia, Eurasia, dan Pasifik. *Ring of fire* dan berada di pertemuan tiga lempeng tektonik menempatkan negara kepulauan ini berpotensi terhadap ancaman bencana alam. Di sisi lain, posisi Indonesia yang berada di wilayah tropis serta kondisi hidrologis memicu terjadinya bencana alam lainnya, seperti angin puting beliung, hujan ekstrim, banjir, tanah longsor, dan kekeringan. Tidak hanya bencana alam sebagai ancaman, tetapi juga bencana non alam sering melanda

tanah air seperti kebakaran hutan dan lahan, konflik sosial, maupun kegagalan teknologi. Melihat kenyataan saat ini, berbagai bencana yang dilatarbelakangi kondisi geografis, geologis, hidrologis, dan demografis mendorong Indonesia untuk mulai membangun sistem yang memiliki ketahanan dalam menghadapi bencana di semua aspek pembangunan. Gambar 1.1 menunjukkan peta risiko kegagalan dengan parameter penilaian risiko adalah bahaya, kerentanan, dan kapasitas menurut Badan Nasional Penanggulangan Bencana tahun 2011.



Gambar 1.1 Peta risiko kegagalan menurut BNPB tahun 2011  
(sumber: <http://geospasial.bnpb.go.id/>)

Di sisi lain, potensi-potensi kegagalan di atas secara tidak langsung juga dapat menyebabkan kegagalan pada sistem pasokan bahan baku di suatu perusahaan. Jika pemasok yang memenuhi permintaan perusahaan mengalami gangguan, maka dapat mengganggu sistem pasokan bahan baku di perusahaan tersebut. Bila gangguan terus berlanjut dan proses pemulihan memakan waktu yang lama, maka proses bisnis perusahaan dapat terganggu serta menyebabkan penurunan profit hingga kehilangan pangsa pasar. Oleh karena itu, risiko ketidakpastian dan gangguan yang dapat mengganggu ketahanan aliran material dari pemasok ke perusahaan perlu dijadikan pertimbangan saat memilih pemasok. Risiko seharusnya menjadi salah satu kriteria pengambilan keputusan dalam aktivitas pemilihan pemasok.

Pada era *global sourcing*, salah satu kunci kesuksesan dalam bisnis adalah kemampuan dalam memilih pemasok yang tepat. Evaluasi terhadap pemasok dan proses seleksi pemilihan pemasok menjadi hal yang penting seiring dengan berkembangnya bisnis serta aktivitasnya. Pemilihan pemasok yang tepat merupakan salah satu strategi dasar untuk mengembangkan kualitas *output* pada tiap organisasi bisnis. Penelitian terkini yang dilakukan oleh Wu pada tahun 2013 menjelaskan bahwa kriteria-kriteria utama dalam memilih pemasok, di antaranya harga, kualitas, kecepatangapan, inovasi, asset, fleksibilitas, servis, manajemen dan organisasi, serta risiko. Harga menduduki posisi pertama pada kriteria yang dipertimbangkan dalam pemilihan pemasok. Hal tersebut berarti, harga menjadi faktor penentu utama dalam pemilihan pemasok, lain halnya dengan risiko.

Risiko dan/atau keandalan pemasok menjadi kriteria yang paling akhir dipertimbangkan dalam pemilihan pemasok. Kondisi yang semakin tidak menentu akhir-akhir ini seharusnya membuat perusahaan untuk lebih peduli pada risiko akibat ketidakpastian dan gangguan seperti bencana alam, terorisme, dan penurunan mata uang seperti yang telah disebutkan di atas. Risiko akibat ketidakpastian dan gangguan, seperti bencana alam, mungkin memang lebih jarang terjadi dibandingkan dengan kualitas barang yang tidak terpenuhi, keterlambatan barang, atau barang sampai dalam kondisi rusak, akan tetapi bencana alam mengakibatkan dampak atau konsekuensi yang mungkin paling besar dibandingkan kriteria-kriteria kegagalan yang lainnya. Dampak dan konsekuensi inilah yang seharusnya juga dipertimbangkan dalam pemilihan pemasok. Bila terjadi bencana alam pada pemasok, maka ketahanan pasokan material akan terganggu dan selanjutnya akan mengganggu proses produksi hingga berakibat pada penurunan profit perusahaan.

Beberapa literatur yang membahas tentang risiko mengangkat *robustness* sebagai salah satu tolak ukur performa dari sistem operasi. *Robustness* pada bidang rantai pasok dipertimbangkan dengan tingkat konseptual kualitatif dan tingkat pemodelan kuantitatif. Vlajic, *et al.* (2012) menjelaskan bahwa pada tingkat konseptual kualitatif, *robustness* dipertimbangkan sebagai bagian kepentingan dari rantai pasok atau sebuah strategi yang dapat digunakan untuk mengembangkan kemampuan rantai pasok untuk cepat pulih dari penurunan performa akibat gangguan yang terjadi. *Robustness* dihubungkan secara langsung dengan

ketidakpastian dan *vulnerability* yang digambarkan sebagai konsekuensi dari berbagai macam ketidakpastian (Tang, 2006). Tingkat pemodelan kuantitatif menyatakan bahwa *robustness* merupakan konteks dari solusi pemodelan untuk masalah variasi pada rantai pasok, seperti perencanaan, penjadwalan, desain jaringan, manajemen inventori, dan lain sebagainya. Saat ini, riset operasi banyak digunakan untuk mengukur tingkat *robustness*, seperti *stochastic programming* (Goetschalckx dan Fleischmann, 2005; Mo dan Harrison, 2005) dan *robust optimization* (Mulvey *et al.* 1995; Snyder, 2003; Wu, 2006; Leung *et al.* 2007). Pada *robust optimization*, solusi pemodelan didefinisikan dalam kondisi *robust* bila model tersebut dapat menampilkan skenario dari data input dengan baik (Snyder, 2003) dan model dalam kondisi *almost feasible* pada semua skenario (Mulvey *et al.* 1995). Namun, analisis yang banyak berkembang sejauh ini berfokus pada pengukuran *robustness* struktural dengan menggunakan metode grafik secara teoritis (Shukla, *et al.*, 2011).

Konsep *trade-off* pada bidang manufaktur merupakan salah satu paradigma dari manajemen operasi yang berkembang pesat beberapa tahun terakhir ini. *Trade-off* merupakan ide sederhana saat perusahaan tidak bisa lagi bersaing hanya pada biaya dan produktivitas melainkan ada beberapa tujuan kompetitif seperti kualitas, ketergantungan pengiriman, fleksibilitas, variasi, *lead-time*, dan sebagainya yang harus juga dipertimbangkan (Skinner, 1969; Bank dan Wheelwright, 1979). Hal ini mengingatkan bahwa untuk semua tujuan praktis, sistem manufaktur yang secara teknis dibatasi, berfokus pada serangkaian tujuan kompetitif yang menjadikan tingkat kinerja yang jauh lebih unggul. Kinerja yang unggul dalam satu tujuan kompetitif diperoleh terutama dengan menurunkan kinerja di bagian lain. Implikasi dari hal ini adalah perancangan sebuah "*positioning*" sesuai tujuan kompetitif dari operasi menjadi tugas utama dari strategi manufaktur.

Metode *trade-off* muncul sebagai hasil kegelisah akan keberhasilan perusahaan, terutama di Jepang, yang tampaknya mencapai kinerja yang unggul pada beberapa tujuan kompetitif. Schonberger (1986) mengatakan gagasan *trade-off* menunjukkan bahwa perusahaan manufaktur kelas dunia bisa mengungguli kompetitor di banyak sisi secara bersamaan. Beberapa penelitian terkini terkait *trade-off* dilakukan oleh Silveira & Slack (2001), Odekerken-Schroder, *et al.*

(2003), Ning & Lam (2013), Dowling, *et al.* (2013), dan Blom, *et al.* (2013). Silveira menggunakan metode kualitatif untuk menganalisis *trade-off* antara beberapa kriteria, seperti: kualitas, kecepatan pengiriman, variasi produk, dan biaya produksi. Sedangkan, Ning & Lam melakukan penelitian dengan melakukan *trade-off* antara biaya dengan faktor keselamatan dan Dowling, *et al.* menganalisis *trade-off* antara biaya, risiko, serta hasil penangkapan ikan menggunakan *modified pareto-based ant colony optimization (ACO) algorithm* dan *statistical linear model*.

Perusahaan selalu mencari cara yang lebih proaktif sebagai tindakan pencegahan maupun pemulihan saat mengalami gangguan pada proses bisnis. Analisis terhadap ketahanan pemasok merupakan salah satu metode yang diharapkan dapat mengelola risiko pada pasokan bahan baku di perusahaan. Hal ini diharapkan dapat membangun *robustness* ke dalam jaringan rantai pasok suatu produk. Di sisi lain, biaya juga harus dipertimbangkan sebagai kontrol terhadap anggaran perusahaan. Permasalahan yang diangkat pada penelitian ini adalah bagaimana memilih pemasok yang memiliki ketahanan terhadap ketidakpastian akibat gangguan. Analisis secara kuantitatif dilakukan dengan cara menghitung total biaya paling minimum. Kemudian, efisiensi dan *robustness* divariasikan sehingga didapatkan strategi yang *almost feasible* untuk semua kondisi gangguan dan ketidakpastian. Efisiensi mengukur performa perusahaan dengan menghitung biaya yang ditanggung pada perusahaan dari masing-masing calon pemasok, sedangkan *robustness* mengukur faktor risiko barang tidak sampai pada perusahaan tepat sesuai perjanjian. *Robustness* diukur dalam satuan finansial dari hilangnya biaya kesempatan akibat gangguan yang terjadi pada pemasok. Pemilihan pemasok dilakukan untuk memastikan aliran material pada perusahaan. Analisis dilakukan dengan *trade-off* antara efisiensi dan *robustness*. Penilaian terhadap efisiensi diharapkan dapat menggambarkan performa dari masing-masing calon pemasok, sedangkan *robustness* dimaksudkan untuk menganalisis besar konsekuensi dari risiko-risiko yang mungkin akan dialami oleh perusahaan selama masa perjanjian berlangsung. Analisis *trade-off* terhadap efisiensi dan *robustness* ini diharapkan dapat memberikan alternatif metode untuk memilih pemasok pada perusahaan dengan mempertimbangkan risiko, sehingga diharapkan gangguan yang terjadi tidak akan mengganggu proses bisnis perusahaan secara berkelanjutan.

## 1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini adalah bagaimana mengembangkan model pemilihan pemasok yang memiliki ketahanan terhadap risiko berupa gangguan terhadap operasional maupun gangguan bencana alam, serta penentuan jumlah alokasi bahan baku material pada masing – masing pemasok terpilih.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang telah dijelaskan di atas, penelitian ini bertujuan:

1. Melakukan pengembangan model pemilihan pemasok berdasarkan kepentingan perusahaan dengan mempertimbangkan risiko yang mungkin dialami selama periode kerja sama perusahaan dengan pemasok.
2. Menentukan pemasok yang efisien serta *robust* dalam menghadapi risiko operasional dan risiko gangguan serta mengalokasikan sejumlah unit untuk masing - masing pemasok.

## 1.4 Batasan Penelitian

Sesuai dengan permasalahan dan tujuan di atas maka terdapat beberapa hal yang menjadi batasan dalam penelitian ini, di antaranya :

1. Penelitian tidak membahas tentang proses distribusi dari pemasok hingga sampai di perusahaan.
2. Ketidakpastian yang dipertimbangkan adalah terkait ketidakpastian operasional dan ketidakpastian akibat bencana alam.
3. Penelitian ini memiliki sudut pandang dari perusahaan. Perusahaan ingin melakukan analisis terhadap calon – calon pemasok, sehingga ketidakpastian lain yang berasal dari perusahaan seperti proses produksi tidak dipertimbangkan dalam analisis yang akan dilakukan.

### 1.5 Asumsi

Beberapa asumsi yang digunakan dalam pemodelan dan analisis numerik dalam penelitian ini di antaranya:

1. Ketidakpastian yang berpengaruh dalam memilih pemasok adalah ketidakpastian akibat operasional dan ketidakpastian akibat gangguan bencana alam.
2. *Service Factor Rating* dapat mewakili tingkat kegagalan akibat operasional.
3. Penambahan persediaan tidak mempengaruhi biaya pembelian.

### 1.6 Manfaat Penelitian

Penelitian terdahulu banyak membahas mengenai pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan harga. Penelitian ini akan mengembangkan analisis yang mempertimbangkan efisiensi dan *robustness* dari suatu strategi pemilihan pemasok. Strategi tersebut diharapkan dapat memberikan alternatif metode pada perusahaan untuk memilih pemasok dengan mempertimbangkan faktor-faktor risiko dari calon pemasok. Harapannya, perusahaan dapat menjalankan fungsinya dalam kondisi normal meskipun pemasok gagal memenuhi permintaan perusahaan. Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi pada bidang keilmuan *Supply Chain Risk Management* khususnya pada bidang pemilihan pemasok.

### 1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan laporan penelitian yang dilakukan sebagai berikut :

#### Bab I Pendahuluan

Bab ini terdiri atas latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan penelitian, asumsi penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan penelitian.

#### Bab II Tinjauan Pustaka

Bab ini menjabarkan beberapa kajian kepustakaan tentang penelitian-penelitian terdahulu mengenai pemilihan pemasok, risiko, dan pemodelan matematis, serta teori-teori yang terkait dengan pemodelan yang akan dilakukan.

### **Bab III Metodologi Penelitian**

Bab ini berisi tentang metode yang digunakan dalam menyelesaikan permasalahan pemilihan pemasok. Metodologi penelitian juga digambarkan dalam bagan alur tahapan - tahapan penelitian yang akan dilakukan dari awal hingga akhir secara sistematis dan terstruktur.

### **Bab IV Pengembangan Model**

Bab ini memberikan uraian tentang deskripsi model yang akan dibuat, dan langkah-langkah dalam perumusan model. Pada bab ini akan diperoleh hasil dari perumusan model.

### **Bab V Pengolahan Data & Analisis**

Bab ini berisi pengolahan data dari lapangan kemudian dilakukan analisis terhadap hasil pengolahan data tersebut. Data yang digunakan merupakan data perusahaan yang menjadi obyek penelitian ditambah dengan data sekunder untuk menunjang penelitian.

### **Bab VI Kesimpulan dan Saran**

Bab ini berisi penjelasan mengenai hasil akhir dari penelitian yang menjawab tujuan penelitian berdasarkan percobaan numerik dan analisis data yang telah dilakukan sebelumnya. Bab ini juga berisi saran sebagai gambaran kemungkinan penelitian lebih lanjut dari topik yang telah dibahas dalam penelitian ini.

## **BAB 2**

### **KAJIAN PUSTAKA**

Risiko yang ada pada aliran material, finansial, dan informasi dapat mengganggu sistem rantai pasok. Beberapa gangguan pada sistem rantai pasok dapat menyebabkan keterlambatan atau bahkan menyebabkan sistem *idle*. Bila gangguan terus berlanjut dan proses pemulihan memakan waktu yang lama, maka proses bisnis perusahaan dapat terganggu. Hal ini dapat menyebabkan penurunan profit atau bahkan kehilangan pangsa pasar. Oleh karena itu, analisis pemilihan pemasok dilakukan untuk memastikan aliran material yang baik dengan mempertimbangkan risiko-risiko yang mungkin terjadi.

#### **2.1 Risiko**

Tang, *et al.* (2011) mengungkapkan bahwa manajemen risiko dilakukan guna memastikan profitabilitas dan kontinuitas dari sistem operasi. Pada tingkat rantai pasok maupun tingkat perusahaan, langkah-langkah pengelolaan risiko mencakup identifikasi, analisis, penilaian, serta pengaturan dan pengontrolan dari risiko tersebut (Wildermann, 2006; Hallikas, *et al.* 2002; Chapman *et al.* 2002; Norrman, *et al.* 2004). Risiko diinterpretasikan sebagai ketidakandalan dan ketidakpastian sumber daya yang dapat menciptakan gangguan. Aspek-aspek risiko di suatu perusahaan diklasifikasikan menjadi lima komponen sumber risiko yang paling utama, tiga di antaranya merupakan perusahaan, rantai pasok, dan lingkungan (Christopher & Peck, 2004). Chopra, *et al.* (2004) dan Tang (2006) menjelaskan bahwa risiko rantai pasok terbagi menjadi risiko operasional dan risiko gangguan. Risiko operasional meliputi ketidakpastian yang pasti melekat pada suatu rantai pasok (*inherent uncertainty*), seperti ketidakpastian pada pasokan, permintaan, dan produk (Pujawan, 2005). Risiko gangguan seperti yang dijelaskan oleh Chopra dan Sodhi (2004) meliputi bencana alam, aksi mogok karyawan, kebangkrutan pemasok, perang dan terorisme, ketergantungan pada satu pemasok. Christopher, *et al.* (2004) menyatakan dua hal yang sangat penting dibahas tentang risiko, yaitu akibat dari risiko dan kemungkinan risiko tersebut terjadi.

## 2.2 Robustness

Di beberapa penelitiannya tentang *robustness*, Dong menyatakan bahwa *robustness* merupakan kemampuan untuk menjalankan fungsinya meskipun terjadi beberapa kerusakan pada sistem tersebut, contohnya seperti menghilangkan beberapa titik atau hubungan dalam suatu jaringan (Dong, 2006; Dong & Chen, 2007). Beberapa definisi lain terkait *robustness* dijelaskan pada Tabel 2.1 berikut.

Tabel 2.1 Definisi *robustness* dari berbagai jurnal

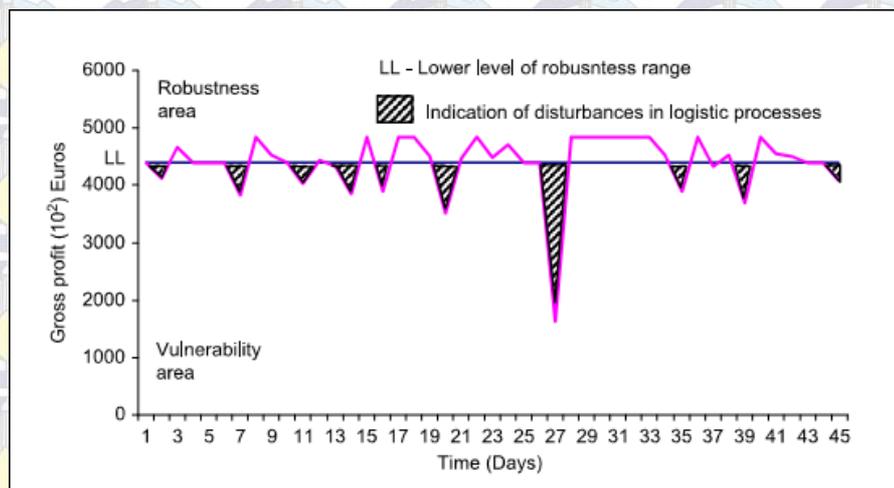
<b>Definition of robustness</b>	<b>Authors</b>
<i>The ability of a network to cope with changes in the competitive environment without resorting to changes in the network structure.</i>	Ferdows (1997)
<i>The system's ability to resist an accidental event and return to do its intended mission and retain the same stable situation as it had before the accidental event.</i>	Asbjornslett and Rausand (1999)
<i>The ability of a supply chain design to find a supply chain configuration that provides robust and attractive performance while considering many sources of uncertainty.</i>	Mo and Harrison (2005)
<i>The ability of supply chain to maintain a given level of output after a failure.</i>	Bundschuh et al. (2006)
<i>The supply chain ability to withstand external and internal shocks.</i>	Chandra and Grabis (2007)
<i>The ability of a supply chain network to carry out its functions despite some damage done to it, such as the removal of some of the nodes and/or links in a network.</i>	Dong (2006), Dong and Chen (2007)

Sumber : (Vlajic, et al., 2012)

Beberapa penulis terkait *robustness* menjelaskan bahwa *robustness* merupakan kemampuan suatu sistem untuk menjaga agar strukturnya tetap utuh dalam segala situasi termasuk dalam situasi yang sedang mengalami gangguan. (Kleijnen, 2005; Dong, 2006; Bundschuh et al. 2006; Chandra dan Grabis, 2007; Dong dan Chen, 2007; Viswanadham dan Gaonkar, 2008). Oleh karena itu, Vlajic,

*et al.* (2012) menyimpulkan bahwa sebuah sistem dikatakan *robust* bila sistem tersebut memiliki struktur yang tidak berubah dan tidak terganggu dalam kondisi apapun.

Vlajic, *et al.* (2012) pada jurnalnya berjudul *A framework for designing robust food supply chains* mendefinisikan *robustness* dengan *gross profit* yang didapatkan perusahaan setiap harinya. Bila *operational gross profit* lebih besar atau sama dengan *lower level range*, maka rantai pasok dikatakan dalam periode *robust (robust periode)*. Menurut penjelasan Vlajic, *lower level* didapatkan dari nilai *fixed overhead* yang dikeluarkan perusahaan. Penilaian *performance* yang dilakukan oleh Vlajic dapat dilihat pada Gambar 2.1. Hal ini tidak jauh berbeda dengan Shukla, *et al.* (2011). Pada jurnalnya yang membahas tentang pemilihan lokasi *warehouse*, Shukla menggunakan *trade-off* antara efisiensi dan *robustness* sebagai kriteria pengambilan keputusannya. *Robustness* pada jurnal tersebut didefinisikan dengan nilai *Expected Disruption Cost (EDC)* atau biaya perkiraan akibat gangguan. EDC digambarkan sebagai besar risiko yang dikonversikan ke dalam ukuran finansial. Nilai EDC didapatkan dari perkalian antara jumlah barang yang terkena dampak gangguan, kemungkinan terjadinya gangguan, serta *opportunity cost*. *Opportunity cost* menggambarkan *profit margin* untuk masing-masing produk. Namun, formulasi yang tepat dari *robustness* tergantung pada teknik tertentu yang digunakan dari tipe permasalahan yang dimodelkan. Singkatnya pada *robust optimization*, solusi pemodelan didefinisikan *robust* bila model tersebut dapat menampilkan skenario dari data input dengan baik (Snyder, 2003), serta model tersebut dalam kondisi *almost feasible* pada semua skenario (Mulvey *et al.* 1995).



Gambar 2.1 Contoh penilaian *performance* (Vlajic, et al., 2012)

### 2.3 Pemilihan Pemasok

Salah satu kunci kesuksesan dalam bisnis manufaktur adalah kemampuan dalam memilih pemasok yang tepat. Evaluasi dan proses pemilihan pemasok menjadi hal yang penting untuk dikembangkan. Pemilihan pemasok yang tepat merupakan salah satu strategi dasar untuk mengembangkan kualitas dari *output* pada tiap organisasi bisnis. Hal ini dikarenakan keputusan dalam memilih pemasok memberikan dampak secara langsung pada daya saing perusahaan dan *output* yang dihasilkan. Menurut Chen (2010), tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan pemilihan pemasok pada umumnya terdiri atas beberapa dapat dilihat pada Gambar 2.2 di bawah ini.

- 1 • *Competitive strategy identification*
- 2 • *Evaluation criterias and indicators establishment for supplier selection*
- 3 • *Candidate supplier selection*
- 4 • *Weight decision for evaluation indicators*
- 5 • *Supplier evaluation*
- 6 • *Assessment of supplier performance*

Gambar 2.2 Tahapan dalam melakukan *supplier selection* (Chen, 2010)

Pendekatan yang digunakan dalam proses memilih pemasok dapat dikategorikan menjadi kualitatif dan kuantitatif. Pendekatan ini umumnya bertujuan untuk memastikan daya saing dan keberlanjutan dari bisnis tersebut. Oleh karena itu, permasalahan pemilihan pemasok membutuhkan pertimbangan dari beberapa tujuan menggunakan *Multi-Criteria Decision Making* (MCDM). Seiring dengan berkembangnya berbagai macam pendekatan dalam memilih pemasok, *tools* yang digunakan pun semakin beragam. Ho, *et al.* (2010) telah mereview 78 jurnal internasional terkait pemilihan pemasok dari tahun 2000 – 2008. Ho mengklasifikasikan metode dalam pemilihan pemasok ke dalam *individual approaches* dan *integrated approaches*. *Individual approaches*, di antaranya :

- *Data Envelopment Analysis* (DEA)
- *Mathematical programming* yang termasuk *linear programming*, *integer linear programming*, *integer non-linear programming*, *goal programming*, *multi-objective programming*
- *Analytical hierarchy process*
- *Case-based reasoning*
- *Analytic network process*
- *Fuzzy set theory*
- *Simple multi-attribute rating technique*

Selain itu, *integrated approaches* merupakan kombinasi dua atau lebih metode analisis di atas, seperti: *integrated AHP* dan *Bi-negotiation*, *integrated AHP* dan DEA, *integrated AHP*, DEA, dan *artificial neural network*, dan sebagainya.

Wu, *et al.* (2013) telah melakukan pencarian terhadap 30 jurnal yang membahas tentang pemilihan pemasok untuk menyelidiki kriteria-kriteria yang digunakan dalam memilih pemasok. Pencarian ini dilakukan melalui ProQuest dan Science Direct. Hasilnya, Wu, *et al.* (2013) menjelaskan bahwa kriteria-kriteria utama dalam memilih pemasok ditunjukkan pada Tabel 2.2. Harga atau biaya menduduki posisi pertama yang menjadi bahan pertimbangan dalam memilih pemasok, diikuti dengan kualitas, ketepatan memenuhi permintaan, teknologi, dan fasilitas produksi.

Tabel 2.2 Kriteria pemilihan pemasok

<i>Criteria</i>	<i>Number of references</i>
<i>Price / cost</i>	29
<i>Acceptance / quality</i>	29
<i>On-time response / logistics</i>	29
<i>R&amp;D in technology / innovation / design</i>	10
<i>Production facilities / assets</i>	10
<i>Flexibility / agility</i>	7
<i>Service</i>	6
<i>Management and organization</i>	5
<i>Reliability / risk</i>	5

Sumber : (Wu, et al., 2013)

Penelitian lain terkait pemilihan pemasok dilakukan oleh Ho, *et al.*, (2010). Dari 78 jurnal yang ditinjau, Ho menemukan kualitas, pengiriman, harga/biaya, kemampuan produksi, pelayanan, manajemen, teknologi, R&D, finansial, fleksibilitas, reputasi, hubungan, risiko dan keamanan, serta lingkungan sebagai faktor yang menentukan terpilihnya suatu pemasok. Penelitian ini menunjukkan bahwa biaya bukanlah hal utama yang menentukan dalam memilih pemasok.

## 2.4 Peramalan Permintaan

Peramalan permintaan merupakan dasar pengambilan keputusan strategis dan perencanaan pada seluruh bagian perusahaan, seperti bagian produksi, bagian pemasaran, bagian keuangan, dan bagian sumber daya manusia (Chopra & Meindi, 2001). Pada bagian produksi, peramalan permintaan berpengaruh pada penjadwalan, pengaturan persediaan, dan perencanaan agregat pada bagian produksi. Pada bagian pemasaran, peramalan permintaan berpengaruh dalam penentuan alokasi penjualan, promosi, dan pengenalan produk baru. Bagian keuangan juga membutuhkan peramalan permintaan untuk menentukan nilai investasi yang diberikan pada peralatan ataupun *plant*, serta penentuan anggaran untuk periode selanjutnya. Sedangkan, pada bagian sumber daya manusia, peramalan permintaan berpengaruh

dalam menentukan rencana kerja untuk masing-masing personil, pengangkatan karyawan baru, maupun pemecatan karyawan jika diperlukan.

Dalam meramalkan permintaan, perusahaan seharusnya memiliki pengetahuan mengenai beberapa hal yang terkait dalam penentuan besar kebutuhan perusahaan akan bahan baku tersebut. Beberapa hal yang mempengaruhi besar permintaan di suatu perusahaan, contohnya: permintaan pada periode yang lalu, strategi pemasaran yang direncanakan oleh bagian pemasaran, posisi *display* dalam katalog, keadaan ekonomi, diskon harga yang direncanakan, juga tindakan yang diambil oleh pesaing perusahaan. Perusahaan seharusnya mengerti faktor – faktor apa saja yang mempengaruhi permintaan sebelum menentukan metode yang tepat dalam meramalkan permintaan.

Setelah memahami karakteristik perubahan permintaan, barulah perusahaan dapat menentukan metode peramalan yang sesuai dengan karakter perusahaan. Metode peramalan diklasifikasikan menjadi empat tipe peramalan, yaitu: metode peramalan kualitatif, metode peramalan *time series*, metode peramalan *causal*, dan metode peramalan simulasi. Dalam penelitian ini, penulis akan membahas lebih lanjut mengenai metode peramalan *time series*. Metode *time series* sering digunakan dalam peramalan yang memanfaatkan pola data historis untuk menentukan permintaan berikutnya. (Chopra & Meindi, 2001) menyatakan bahwa permintaan yang diamati merupakan penjumlahan dari komponen sistematis dan komponen random, sebagaimana berikut:

$$\text{Observed demand } (O) = \text{systematic component } (S) + \text{random component } (R)$$

Sistematis komponen menghitung nilai perkiraan dari permintaan yang terdiri atas *level*, *trend*, dan *seasonality*. *Level* menggambarkan permintaan yang tidak terpengaruh musim (*seasonality*), *trend* menggambarkan tingkat pertumbuhan ataupun penurunan permintaan pada periode berikutnya, sedangkan *seasonality* merupakan perkiraan fluktuasi yang dipengaruhi oleh musim atau kondisi pada suatu periode waktu tertentu. Ketiga hal tersebut yang mempengaruhi komponen sistematis pada peramalan menggunakan metode *time series*. *Level*, *trend*, dan *seasonality* dapat ditentukan dari data historis yang dimiliki perusahaan.

Komponen random merupakan bagian ramalan yang menyimpang dari bagian komponen sistematis. Perusahaan tidak dapat menghitung komponen random

secara langsung. Perusahaan hanya bisa mengestimasi besar komponen random dengan menghitung kesalahan (*error*). Oleh karena itu, ramalan yang baik adalah ramalan yang memiliki perhitungan terhadap kesalahan.

Metode *time series* merupakan salah satu teknik peramalan yang umum dan efektif digunakan untuk meramalkan permintaan. Metode *time series* diklasifikasikan menjadi dua kategori, yaitu kategori *static* dan kategori *adaptive*. Kategori *static* memungkinkan perhitungan perkiraan pada komponen sistematis hanya dilakukan sekali untuk peramalan pada periode-periode berikutnya. Berbeda dengan kategori *static*, kategori *adaptive* melakukan pembaharuan pada komponen sistematis di tiap periode peramalannya. Contoh dari metode *time series* dengan kategori *static* di antaranya adalah menemukan nilai rata-rata dari *trend* dan *seasonality* dengan melakukan regresi pada pola data historis, sedangkan kategori *adaptive* contohnya *moving average*, *simple exponential smoothing*, dan *exponential smoothing* dengan perbaikan pada *trend* dan *seasonality*.

Dalam penelitian ini, peramalan permintaan menggunakan metode *time series* kategori *adaptive* menggunakan *exponential smoothing* dengan perbaikan pada *trend* dan *seasonality*. Metode ini dipilih karena data historis menunjukkan bahwa kebutuhan perusahaan akan polipropilena memiliki kecenderungan atau *trend* meningkat secara kuantitas dari tahun ke tahun serta *seasonality*. Metode ini lebih dikenal dengan Winter's Model.

#### 2.4.1 Metode Winter

Metode Winter digunakan saat permintaan diasumsikan memiliki *level*, *trend*, juga *seasonality* pada komponen sistematis. Pada Metode Winter, komponen sistematis secara matematis sebagai berikut:

$$\text{Systematic Component of Demand} = (\text{Level} + \text{Trend}) \text{Seasonality} \quad 2-1$$

Kondisi awal dari *level* dan *trend* didapatkan dengan melakukan regresi antara permintaan dan periode waktu. Hubungan permintaan dan waktu bersifat linier dari *Deseasonalized Demand*. Secara matematis, hubungan antara keduanya dapat digambarkan dengan:

$$Dt = at + b \quad 2-2$$

Pada kondisi  $t = 0$ ,  $b$  merupakan konstanta yang menunjukkan besar permintaan awal yang sudah tidak terpengaruh musim (*season*) atau *initial level*. Sedangkan,  $a$  merupakan tingkat perubahan permintaan pada tiap periode waktu yang menggambarkan *initial trend*. *Initial level* dan *initial trend* diketahui dengan cara melakukan *deseasonalized demand*. *Deseasonalized demand* dari jumlah periode  $p$ , periode  $t$ , dan permintaan  $D_t$  dihitung dengan rumusan di bawah ini.

$$\bar{D}_t = \frac{\left\{ D_{t-\left(\frac{p}{2}\right)} + D_{t+\left(\frac{p}{2}\right)} + \sum_{t+\left(\frac{p}{2}\right)}^{t+\left(\frac{p}{2}\right)} 2D_i \right\}}{2p} \text{ untuk } p \text{ bernilai genap} \quad 2-3$$

$$\bar{D}_t = D_t + \sum_{t-\left(\frac{p}{2}\right)}^{t+\left(\frac{p}{2}\right)} \frac{D_i}{p} \text{ untuk } p \text{ bernilai ganjil} \quad 2-4$$

*Initial level* dan *initial trend* merupakan nilai linier dari *deseasonalized demand*. Hubungan *deseasonalized demand*, *initial level*, dan *initial trend* ditunjukkan dengan persamaan berikut.

$$\bar{D}_t = L + tT \quad 2-5$$

*Seasonality* diestimasi dengan membandingkan antara permintaan atau *demand* dengan *deseasonalized demand* sebagaimana ditunjukkan dengan persamaan berikut.

$$\bar{S}_t = \frac{D_t}{\bar{D}_t} \quad 2-6$$

Pada kondisi  $t$ , ramalan untuk periode berikutnya dideskripsikan sebagai berikut:

$$F_{t+1} = (L_t + T_t) S_{t+1} \quad 2-7$$

Setelah menghitung ramalan permintaan untuk periode selanjutnya ( $t$ ), sesuai dengan maksud dari Model Winter yaitu *exponential smoothing* dengan perbaikan pada *trend* dan *seasonality*, maka perhitungan akan mengalami perubahan untuk masing – masing *level*, *trend*, dan *seasonality*. Berikut perhitungan *level* didapatkan dari rumusan:

$$L_{t+1} = \alpha(D_{t+1}/S_{t+1}) + (1 - \alpha)(L_t + T_t) \quad 2-8$$

Perhitungan *trend* didapatkan dari rumusan berikut:

$$T_{t+1} = \beta(L_{t+1} - L_t) + (1 - \beta) T_t \quad 2-9$$

Perhitungan *seasonality* didapatkan dari rumusan berikut:

$$S_{t+p+1} = \gamma(D_{t+1}/L_{t+1}) + (1 - \gamma) S_{t+1} \quad 2-10$$

Dalam rumusan di atas  $\alpha$  merupakan konstanta untuk *level*, sedangkan  $\beta$  merupakan konstanta untuk *trend*, dan  $\gamma$  merupakan konstanta untuk *seasonality*. Ketiga konstanta tersebut memiliki nilai  $0 < \alpha, \beta, \gamma < 1$ .

#### 2.4.2 Forecast Error

Telah diutarakan sebelumnya bahwa setiap permintaan memiliki komponen acak (*random*). Peramalan yang baik seharusnya memiliki analisis terhadap kesalahan atau *forecast error*. Komponen random dapat diestimasi dengan perhitungan kesalahan pada peramalan. Analisis terhadap kesalahan peramalan bertujuan agar manajer mengetahui apakah metode peramalan yang digunakan sudah tepat dengan karakteristik permintaan perusahaan. Bila analisis mengindikasikan ramalan selalu di atas atau di bawah permintaan yang sebenarnya, maka metode peramalan yang digunakan sudah tidak sesuai dengan karakter perusahaan. Hal ini mengharuskan manajer untuk mencari metode lain yang sesuai dengan kondisi terkini dari perusahaan. Analisis ini juga dapat digunakan sebagai dasar menyusun *contingency plan* untuk para manajer jika peramalan yang dilakukan mengalami kesalahan.

Kesalahan peramalan atau *forecast error* ( $E_t$ ) merupakan perbedaan nilai dari nilai perkiraan permintaan pada periode  $t$  ( $F_t$ ) dengan nilai permintaan sesungguhnya pada periode  $t$  ( $D_t$ ), seperti yang ditunjukkan pada:

$$E_t = F_t - D_t \quad 2-11$$

Beberapa perhitungan kesalahan adalah sebagai berikut:

1. *Mean Squared Error* (MSE) yang merupakan varian dari *forecast error*.

$$MSE_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n E_t^2 \quad 2-12$$

2. *Absolute deviation* pada periode  $t$ ,  $A_t$ .

$$A_t = |E_t| \quad 2-13$$

3. *Mean Absolute Deviation* (MAD) merupakan rata-rata dari deviasi absolute dari seluruh periode. MAD dapat digunakan untuk mengetahui *standard deviation* dari komponen random. Komponen random memiliki distribusi yang bersifat normal.

$$MAD_n = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n A_t \quad 2-14$$

4. *Standard deviation*,  $\sigma$ , dari komponen acak diasumsikan bernilai nol.

$$\sigma = 1,25 \text{ MAD} \quad 2-15$$

5. *Mean Absolute Percentage Error* (MAPE) merupakan rata-rata dari *absolute error* sebagai persentasi permintaan.

$$MAPE_n = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{|E_t|}{D_t} 100}{n} \quad 2-16$$

6. *Bias<sub>n</sub>* dapat digunakan untuk mengetahui apakah metode peramalan yang digunakan sudah tepat ataukah belum. Bias menunjukkan bahwa metode peramalan yang digunakan memiliki konsistensi lebih atau kurang dari perkiraan permintaan. Nilai bias akan mengalami fluktuasi di sekitar nol bila *error* benar-benar bersifat random.

$$bias_n = \sum_{t=1}^n E_t \quad 2-17$$

7. *Tracking signal* (TS) merupakan rasio dari *bias* dan MAD. Bila nilai TS pada tiap periode berada pada batas nilai  $\pm 6$ , maka peramalan ini bersifat bias. Bila TS memiliki nilai di bawah  $-6$ , maka peramalan bersifat di bawah perkiraan (*underestimate*), sedangkan bila TS memiliki nilai di atas  $+6$ , maka peramalan bersifat di atas perkiraan (*overestimate*).

$$TS_t = \frac{bias_t}{MAD_t} \quad 2-18$$

## 2.5 Formulasi Acuan

### 2.5.1 Analisis *Trade-off* Efisiensi dan *Robustness*

Penelitian yang dikembangkan oleh Shukla, *et al.* (2011) menganalisis skenario perencanaan pemilihan lokasi fasilitas *warehouse* untuk mengoptimalkan performa jaringan dengan jalan mengukur efisiensi dan *robustness*. Shukla mengukur efisiensi dengan menghitung besar *Operation Cost* (OC), sedangkan *robustness* dihitung dari besar *Expected Disruption Cost* (EDC) atau biaya perkiraan akibat gangguan. Semakin besar nilai EDC maka risiko yang dimiliki sistem jaringan rantai pasok tersebut semakin besar. Dalam model ini, akan digunakan beberapa skenario yang berkaitan dengan *expected costs*. Biaya ini keluar akibat adanya *disruption* seperti yang dipaparkan sebelumnya. Skenario ini diasumsikan berasal dari kegagalan manufaktur, gudang, ketidakmampuan pengiriman dari manufaktur ke gudang atau dari gudang ke pelanggan.

Formulasi matematis yang dibuat oleh Shukla, *et al.* (2011) untuk menyelesaikan permasalahan *trade-off* antara efisiensi dan *robustness* sebagai berikut.

#### Indeks model

- $i$  – kumpulan daerah manufaktur
- $j$  – kumpulan gudang
- $k$  – kumpulan daerah pelanggan
- $s$  – kumpulan skenario

#### Notasi model

- $d(k)$  – permintaan tahunan dari daerah pelanggan  $k$
- $c(j)$  – kapasitas dari gudang  $j$
- $P(s)$  – probabilitas terjadinya skenario  $s$
- $C_w$  – biaya angsuran tahunan untuk membangun gudang di daerah  $j$
- $C_h$  – biaya *material handling* yang terjadi di gudang
- $C_t$  – biaya transportasi dari pusat manufaktur di daerah  $i$  ke gudang  $j$  (unit/mil)
- $C_{tt}$  – biaya transportasi dari gudang di daerah  $j$  ke daerah pelanggan  $k$  (unit/mil)

$z$  biaya kesempatan = keuntungan yang didapat untuk setiap unit  
 $\alpha$  kepentingan relatif dari efisiensi yang bernilai variatif dari 0 hingga 1

$lp(i,j)$  jarak dari pusat manufaktur di daerah  $i$  ke gudang di daerah  $j$

$l(j,k)$  jarak dari gudang di daerah  $j$  ke daerah pelanggan  $k$

Variabel keputusan

Variabel biner

$a(i,j) = 1$  jika pusat manufaktur di daerah  $i$  dihubungkan dengan gudang di daerah  $j$ ,  
 dan nol jika tidak

$b(j,k) = 1$  jika gudang di daerah  $j$  ditugaskan untuk menangani pelanggan di daerah  $k$ ,  
 dan nol jika tidak

Variabel positif

$p(i,j)$  = jumlah produk yang dikirimkan dari pusat manufaktur di daerah  $i$  ke gudang  
 di daerah  $j$

$q(i,j)$  = jumlah produk yang dikirimkan dari gudang di daerah  $j$  ke daerah pelanggan  
 di daerah  $k$

Setelah diketahui semua notasi yang digunakan, selanjutnya akan dibahas mengenai fungsi tujuan serta beberapa pembatas yang ada di dalam model. Seperti yang dijelaskan sebelumnya bahwa tujuan dari penelitian ini adalah untuk memaksimalkan efisiensi serta ketahanan (*robustness*). Oleh karena itu, fungsi tujuan dari pemodelan ini dituliskan sebagai berikut:

$$\text{Max } G = \alpha \eta_e + (1 - \alpha) \eta_r \quad 2-19$$

dimana  $\eta_e$  adalah efisiensi dan  $\eta_r$  adalah ketahanan (*robustness*). Masing-masing notasi tersebut dapat dihitung sebagai berikut:

$$\eta_e = \frac{OC_{\max} - OC}{OC_{\max} - OC_{\min}} \quad 2-20$$

$$\eta_r = \frac{EDC_{\max} - EDC}{EDC_{\max} - EDC_{\min}} \quad 2-21$$

$OC_{max}$  – OC dari *supply chain* dalam keadaan paling *robust*

$OC_{min}$  – OC dari *supply chain* dalam keadaan paling efisien

$EDC_{max}$  – EDC dari *supply chain* dalam keadaan paling *robust*

$EDC_{min}$  – EDC dari *supply chain* dalam keadaan paling efisien

### Operation Cost (OC)

OC merupakan jumlah dari biaya infrastruktur, *material handling* dan transportasi.

Secara matematis ditunjukkan oleh formulasi di bawah ini :

$$OC = \sum_i \sum_j a(i, j) * Cw + \sum_j \sum_k p(i, j) * lp(i, j) * Ct + \sum_j \sum_k q(j, k) * l(j, k) * Ctt$$

2-22

### Biaya infrastruktur

Biaya infrastruktur terjadi ketika sebuah gudang dibangun. Biaya ini diasumsikan bergantung terhadap kapasitas dari gudang dan masing-masing gudang memiliki kapasitas yang sama. Sedangkan jumlah gudang yang dibangun tergantung pada hasil dari model. Biaya ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sum_i \sum_j a(i, j) * Cw$$

2-23

### Biaya material handling

Biaya ini muncul ketika terjadi pemindahan barang di dalam aktivitas gudang. Diasumsikan bahwa biaya berbanding lurus dengan banyaknya produk yang dikeluarkan oleh gudang. Selain itu, biaya *material handling* untuk setiap gudang dinyatakan sama. Oleh karena itu, biaya ini dapat dihitung sebagai berikut:

$$\sum_j \sum_k q(j, k) * Ch$$

2-24

### Biaya transportasi

Biaya ini timbul ketika terjadi aktivitas pengiriman barang dari daerah manufaktur ke gudang dan dari gudang ke daerah pelanggan. Untuk itu perlu dibedakan antara kedua biaya transportasi tersebut.

Biaya transportasi dari daerah manufaktur ke gudang diformulasikan sebagai berikut:

$$\sum_i \sum_j p(i,j) * l_p(i,j) * Ct \quad 2-25$$

Biaya transportasi dari gudang ke daerah pelanggan adalah:

$$\sum_j \sum_k q(j,k) * l(j,k) * Ct \quad 2-26$$

### Expected Disruption Cost (EDC)

$$EDC = \sum_s y(s) * p(s) * z \quad 2-27$$

dimana  $y(s)$  adalah jumlah kuantitas yang rusak (*disrupted*) dalam skenario  $s$ .  $p(s)$  adalah probabilitas kemunculan skenario  $s$ , dan  $z$  merupakan biaya kesempatan.

### Pembatas Struktur Jaringan ( *Network Structure Constraint* )

#### Pembatas Struktur Jaringan 1

$$a(i,j) \leq \sum_k b(j,k) \quad \forall i,j \quad 2-28$$

Formulasi ini menyatakan bahwa jika suatu gudang di daerah  $j$  telah ditetapkan untuk dipasok oleh pusat manufaktur di daerah  $i$ , maka setidaknya terdapat suatu permintaan di daerah pelanggan  $k$  yang dilayani.

#### Pembatas Struktur Jaringan 2

$$b(j,k) \leq a(i,j) \quad \forall i,j,k \quad 2-29$$

Formulasi ini menjamin bahwa suatu gudang di daerah  $j$  akan terhubung dengan daerah pelanggan  $k$  hanya jika gudang tersebut ada di daerah  $j$ .

#### Pembatas Struktur Jaringan 3

Formulasi ini menyatakan produk hanya bisa dikirim dari pusat manufaktur di daerah  $i$  ke gudang di daerah  $j$  jika gudang tersebut ada. Untuk memfasilitasi formulasi tersebut, maka diberikan variabel  $m$  yang memiliki nilai sangat besar.

$$p(i, j) \leq m * a(i, j) \quad \forall i, j \quad 2-30$$

#### Pembatas Struktur Jaringan 4

Formulasi ini menunjukkan bahwa produk dapat dikirim ke daerah pelanggan di daerah  $k$  jika gudang memang ada di daerah tersebut.

$$q(j, k) \leq m * b(j, k) \quad \forall j, k \quad 2-31$$

#### Pembatas Satu Sumber ( *Single Sourcing Constraint* )

Formulasi ini menunjukkan bahwa setiap daerah pelanggan hanya diperkenankan dipasok oleh satu gudang.

$$\sum_j b(j, k) = 1 \quad \forall k \quad 2-32$$

#### Pembatas Material ( *Material Balance Constraint* )

Formulasi ini menunjukkan bahwa bahwa setiap material yang masuk ke dalam gudang harus memiliki jumlah yang sama dengan yang dikirimkan keluar gudang.

$$\sum_k q(j, k) = p(i, j) \quad \forall i, j \quad 2-33$$

#### Pembatas Permintaan ( *Demand Constraint* )

Formulasi ini menunjukkan bahwa setiap permintaan dari daerah pelanggan harus dipenuhi.

$$\sum_k q(j, k) = d(k) \quad \forall k \quad 2-34$$

### Pembatas Kapasitas ( *Capacity Constraint* )

Formulasi ini menunjukkan bahwa jumlah barang yang dikirimkan dari pusat manufaktur di daerah  $i$  tidak boleh melebihi kapasitas gudang di daerah  $j$ .

$$\sum_i p(i, j) \leq c(j) \quad \forall j \quad 2-35$$

### Pembatas Non-negativitas

Nilai efisiensi dan *robustness* harus bernilai non-negatif.

$$\eta_e \geq 10 \quad 2-36$$

$$\eta_r \geq 10 \quad 2-37$$

## 2.5.2 Biaya Total Pembelian

Chamid (2007) mengembangkan metode pemilihan pemasok yang diformulasikan sebagai model *integer programming* dengan *chance-constrained*.

Chamid mengadakan penelitian mengenai pemilihan pemasok batu bara terbaik untuk PLTU Paiton Unit 7 & 8 dengan tujuan meminimasi besar total biaya pembelian. Biaya total pembelian ini terdiri atas biaya pembelian, biaya transportasi, biaya tetap, serta biaya tetap dan biaya variabel karena kualitas barang yang diterima tidak sesuai standar perusahaan atau rusak.

### Notasi

$X_{ij}$  jumlah batubara  $i$  yang dipesan dari pemasok  $j$ .

$Y_{ij}$  bernilai 1 bila pemasok  $j$  dipilih untuk memasok batubara  $i$ , dan bernilai nol bila tidak.

$C_{ij}$  biaya pembelian batubara ditambahkan dengan biaya transportasi untuk batubara  $i$  dari pemasok  $j$ .

$d_{ij}$  biaya variable dikarenakan kualitas batubara jenis  $i$  dari pemasok  $j$  yang jelek.

$D_i$  permintaan untuk barang jenis  $i$  yang diasumsikan berdistribusi normal.

$e_{ij}$  biaya tetap dikarenakan kualitas batubara jenis  $i$  dari pemasok  $j$  yang jelek.

$f_{ij}$  biaya tetap untuk memperoleh pemasok  $j$  dari batubara  $i$ .

$p_i$  jumlah *supplier* maksimum yang digunakan untuk batubara jenis  $i$ .

$p_{ij}$  prosentase dari batubara dalam kondisi bagus untuk batubara jenis  $i$  dari yang dipasok oleh pemasok  $j$ .

$q_{ij}$  prosentase dari batubara dalam kondisi jelek untuk barang jenis  $i$  dari yang dipasok oleh pemasok  $j$  ( $q_{ij} = 1 - p_{ij}$ ).

$S_{ij}$  availabilitas dari batubara tipe  $i$  dari pemasok  $j$ .

Fungsi Tujuan

$$\text{Min } Z = \sum \sum_j X_{ij} C_{ij} + \sum \sum_j Y_{ij} f_{ij} + \sum \sum_j X_{ij} q_{ij} d_{ij} + \sum \sum_j Y_{ij} e_{ij}$$

2-38

Bagian pertama dari persamaan di atas merupakan representasi dari total biaya pembelian dan biaya transportasi untuk semua jenis barang dari semua pemasok. Bagian kedua merepresentasikan biaya untuk memperoleh pemasok. Sebelum calon pemasok ditetapkan menjadi pemasok terdapat biaya tetap yang harus dikeluarkan, dalam penelitian ini terdapat biaya kegiatan *coal trial burn* untuk mengetahui efek batubara terhadap *plant performance*. Biaya ini meliputi biaya tenaga kerja yang terlibat, konsultan ahli, dan biaya pengujian kualitas batubara di laboratorium. Sedangkan, bagian ketiga dari persamaan merepresentasikan dari total biaya variabel yang disebabkan batubara yang diterima tidak memenuhi spesifikasi. Biaya ini meliputi biaya menurunnya *output* tenaga listrik yang dihasilkan, biaya rusaknya peralatan yang diakibatkan salah satu spesifikasi yang diminta tidak terpenuhi. Biaya yang dikeluarkan ini merupakan biaya perkiraan akibat kegagalan produk yang tidak memenuhi standar perusahaan.

Model dalam penelitian ini menggunakan empat batasan penting, yaitu batasan ketersediaan produk yang dimiliki oleh pemasok, batasan jumlah pemasok, batasan permintaan, dan batasan konsistensi model. Batasan pertama menyatakan bahwa produk yang dibeli ( $X_{ij}$ ) harus lebih kecil sama dengan kapasitas pemasok yang terpilih ( $S_{ij}$ ).

$$X_{ij} \leq S_{ij}$$

2-39

Perusahaan memiliki batasan terhadap jumlah pemasok yang terpilih ( $Y_{ij}$ ) tidak boleh melebihi jumlah pemasok maksimum ( $p_i$ ) yang ditetapkan oleh perusahaan.

$$\sum_j Y_{ij} \leq p_i \quad 2-40$$

Perusahaan juga memiliki kebutuhan akan batubara yang berilutnya menjadi permintaan ( $D_i$ ) bagi pemasok – pemasok terpilih. Jumlah total permintaan batubara dalam setahun harus dapat dipenuhi oleh seluruh pemasok terpilih.

$$\sum_i \sum_j X_{ij} = D_i \quad 2-41$$

Batasan-batasan lain diperlukan sebagai konsistensi model dan *impose non-negativity* serta *integrality restriction* pada variabel keputusan. Batasan tersebut seperti *supplier* harus sudah benar-benar sesuai sebelum pesanan dibuat, sehingga digunakan bilangan besar  $M$  sebagai nilai *integer* positif yang besar, seperti ditunjukkan pada persamaan 2-11 berikut:

$$X_{ij} \leq M Y_{ij} \text{ untuk semua } i \text{ dan } j \quad 2-42$$

*Non-negativity* dan *integrality restriction* direpresentasikan dalam persamaan berikut:

$$X_{ij} \geq 0 \text{ dan } \textit{integer} \text{ untuk semua } i \text{ dan } j \quad 2-43$$

$$Y_{ij} = 0, 1 \text{ untuk semua } i \text{ dan } j \quad 2-44$$

### 2.5.3 Biaya Perkiraan Akibat Kegagalan Pemasok

Pada penelitiannya tentang pemilihan pemasok, Meena, *et al.*, (2011) mempertimbangkan gangguan akibat bencana sebagai kriteria dalam pengambilan keputusan. Meena menggunakan perhitungan matematis sederhana untuk menentukan besar total biaya perkiraan untuk memilih pemasok. Penelitian ini menghasilkan jumlah pemasok optimal yang seharusnya dipilih perusahaan dengan pertimbangan kemungkinan kegagalan yang berbeda, kapasitas, dan kompensasi. Sebuah algoritma didesain untuk menemukan solusi optimal yang dilengkapi dengan contoh numerik. Hasilnya studi numerik dan analisis sensitivitas menawarkan

pedoman bagi manajer untuk memilih jumlah optimal dari pemasok di bawah risiko gangguan pada pasokan bahan baku.

Pada penelitian ini, total biaya perkiraan merupakan penjumlahan dari biaya pembelian, biaya manajemen, dan biaya perkiraan akibat kegagalan pemasok. Biaya pembelian umumnya merupakan jumlah unit yang dibeli pada seluruh pemasok dikalikan dengan harga per-unit produk. Komponen biaya selanjutnya adalah biaya manajemen. Biaya manajemen termasuk dari biaya pengelolaan kontrak dengan masing-masing pemasok, biaya monitoring kualitas, dan sebagainya. Semakin banyak pemasok yang dipilih, maka semakin besar nilai biaya manajemennya. Masing-masing pemasok memiliki risiko terkena gangguan bencana alam yang berbeda-beda satu dengan lainnya. Hal ini ditentukan dari letaknya secara geografis yang berbeda pula. Biaya perkiraan kegagalan pemasok merupakan biaya atau harga yang harus dibayarkan oleh pemasok akibat pemasok gagal bernegosiasi atau mengalokasikan permintaan perusahaan akibat terjadinya gangguan bencana alam. Meena, *et al.* (2011) mempertimbangkan dua tipe kegagalan pemasok akibat bencana alam, yaitu *super-event* yang menyebabkan semua pemasok gagal dan *unique-event* yang menyebabkan kegagalan dari masing-masing pemasok secara individu. *Super-event* akan menyebabkan perusahaan tidak menerima pasokan bahan baku sama sekali, secara matematis risiko atas kejadian super dilihat dari sisi finansial.

Saat kegagalan pemasok akibat *super-event* tidak terjadi, maka yang akan terjadi adalah kegagalan akibat *unique-event*. Tabel 2.3 menunjukkan kemungkinan untuk masing-masing *unique-event* dengan  $n$  pemasok sebanyak tiga.

Tabel 2.3 Kemungkinan untuk kegagalan pemasok  $n = 3$

<i>Suppliers failure scenario</i>	<i>Outcome</i>
<i>Probability of zero supplier failure out of three suppliers</i>	$(1-P^*) P[0,3]$
<i>Probability of one supplier failure out of three suppliers</i>	$(1-P^*) P[1,3]$
<i>Probability of two suppliers failure out of three suppliers</i>	$(1-P^*) P[2,3]$
<i>Probability of all three suppliers failure</i>	$P^* + (1-P^*) P[3,3]$

Sumber: Meena, *et al.* (2011)

Meena, *et al.* (2011) membangun model dengan kapasitas yang berbeda untuk masing-masing pemasok, kemungkinan kegagalan, dan potensial kompensasi untuk semua pemasok. Pada *unique-event* terdapat kompensasi yang merupakan sisa kapasitas pemasok yang sukses untuk menutupi permintaan yang tidak terpenuhi akibat kegagalan pemasok yang lainnya. Sehingga, risiko untuk kejadian ini pun berbeda dengan *super-event*. Kemungkinan untuk masing-masing kegagalan pemasok individual akibat terjadinya *unique-event* saat pemasok  $n$  yang terpilih sebanyak tiga adalah sebagai berikut:

$$P[0,3] = (1-U_1)(1-U_2)(1-U_3)$$

$$P[1,3] = U_1(1-U_2)(1-U_3) + U_2(1-U_1)(1-U_3) + U_3(1-U_1)(1-U_2)$$

$$P[2,3] = U_1 U_2 (1-U_3) + U_1 U_3 (1-U_2) + U_2 U_3 (1-U_1)$$

$$P[3,3] = U_1 U_2 U_3$$

Pada model milik Meena, *et al.* , (2011), diasumsikan bahwa kapasitas pemasok yang sukses dapat menutupi kekurangan kebutuhan perusahaan yang diakibatkan adanya kegagalan pada pemasok yang lain dan kompensasi berupa produk yang dipenuhi oleh pemasok yang lain ini tidak mengakibatkan adanya biaya tambahan pada total biaya pembelian. Berikut formulasi yang digunakan oleh Meena, et. Al. (2011).

#### Asumsi Model

- Permintaan bersifat deterministik
- Permintaan dari perusahaan manufaktur sama dengan jumlah alokasi di antara pemasok
- Jumlah pemasok yang potensial diketahui
- Masing – masing pemasok memiliki kapasitas yang berbeda
- Kemungkinan kegagalan kejadian unik (*unique events*) untuk masing – masing pemasok berbeda

## Notasi Model

- D permintaan dari perusahaan manufaktur tiap periode
- a biaya pembelian material
- b biaya manajemen untuk masing – masing pemasok
- N jumlah total dari pemasok yang potensial
- n jumlah pemasok terpilih  $n = (1, 2, 3, \dots, N)$
- $y^*$  jumlah pemasok terpilih yang optimal
- $C_L$  rugi per unit tidak diperoleh karena kegagalan pemasok
- $Q_Z$  kapasitas dari masing – masing pemasok ( $Z = 1, 2, 3, \dots, N$ )
- $Q_j$  kapasitas dari kumpulan pemasok yang tidak gagal ( $j = 1, 2, 3, \dots, S$ )
- $P^*$  kemungkinan terjadinya *super-event* yang menyebabkan semua pemasok gagal
- $U_z$  kemungkinan terjadinya *unique-event* yang menyebabkan satu pemasok gagal
- $K_j$  kompensasi pemasok yang tidak gagal, dimana  $K_j = (Q_j - \frac{D}{n})$
- $A(f_i)$  kumpulan pemasok yang gagal,  $A(f_i) = \{ A(f_1), A(f_2), A(f_3), \dots, A(f_n) \}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ) dimana  $A(f_1)$  merupakan satu pemasok yang gagal,  $A(f_2)$  merupakan kumpulan dua pemasok yang gagal, dan sebagainya.
- $B(m_j)$  kumpulan pemasok yang tidak gagal,  $B(m_j) = \{ B(m_1), B(m_2), B(m_3), \dots, B(m_n) \}$  ( $i = 1, 2, 3, \dots, S$ ) dimana  $B(m_1)$  merupakan kumpulan pemasok yang tidak gagal di saat terdapat satu pemasok yang gagal,  $A(f_2)$  merupakan kumpulan pemasok yang tidak gagal di saat terdapat dua pemasok yang gagal, dan sebagainya.
- $I_i$  rugi yang berhubungan dengan pemilihan sejumlah ( $i$ ) pemasok, dimana ( $i = 1, 2, 3, \dots, n$ )
- B total anggaran dari perusahaan manufaktur
- $\alpha$  *service level*

### Formulasi Model

$$ETC(n) = a + b(n) + C_L [(D \times P^*) + (1 - P^*) \left\{ I_{(\sum_{i \in A(f_1)} \frac{D}{n})_i - \sum_{j \in B(m_1)} K_j \geq 0} \times \left( \sum_{i \in A(f_1)} \frac{D}{n} \right)_i - \sum_{j \in B(m_1)} K_j \right) \times (\sum (\prod_{i \in A(f_1)} U_i \times \prod_{j \in B(m_1)} (1 - U_j))) + \left( I_{(\sum_{i \in A(f_2)} \frac{D}{n})_i - \sum_{j \in B(m_2)} K_j \geq 0} \times \left( \sum_{i \in A(f_2)} \frac{D}{n} \right)_i - \sum_{j \in B(m_2)} K_j \right) \times ((\sum (\prod_{i \in A(f_2)} U_i \times \prod_{j \in B(m_2)} (1 - U_j)))) + \dots + \left( I_{(\sum_{i \in A(f_n)} \frac{D}{n})_i \geq 0} \times \left( \sum_{i \in A(f_n)} \frac{D}{n} \right)_i \right) \times (\sum (\prod_{i \in A(f_n)} (U_i))) \right\}]$$

2-45

dimana  $(1-P^*)$  merupakan kemungkinan terjadinya *unique-event* secara kumulatif.

$I_{[x]}$  merupakan fungsi penentu. Bila  $x$  bernilai lebih besar dari nol, maka  $I_{[x]}$  bernilai 1 dan bila syarat tersebut tidak terpenuhi maka  $I_{[x]}$  bernilai nol.  $\left(\frac{D}{n}\right)$  merupakan

alokasi untuk tiap pemasok.  $K_j$  merupakan kompensasi dari pemasok yang tidak gagal. Nilai  $K_j$  didapat dari  $\left(Q_j - \frac{D}{n}\right)$ , dengan  $Q_j$  kapasitas pemasok yang tidak

gagal.  $U_i$  kemungkinan pemasok gagal pada kejadian *unique-event*, sedangkan  $U_j$  kemungkinan pemasok tidak gagal pada kejadian *unique-event*.  $A(f_n)$  merupakan set

pemasok yang gagal, misalnya  $A(f_2)$  merupakan set pemasok bila 2 pemasok gagal.

Sebaliknya,  $B(m_j)$  merupakan set pemasok yang tidak gagal.

### 2.6 Critical Review

Studi kasus pada jurnal yang dikembangkan oleh Shukla, *et al.* (2011)

mendeskripsikan bahwa perusahaan memiliki sebuah *plant* yang memproduksi suatu produk untuk kemudian disimpan pada tiga *distribution centre*. Selanjutnya, produk tersebut akan didistribusikan pada 10 *warehouse* yang melayani 50 *customer region*.

Permintaan yang ada pada *distribution centre*, *warehouse*, maupun *customer* bersifat deterministik. Dengan deskripsi permasalahan tersebut, Shukla, *et al.* (2011)

bermaksud untuk memilih lokasi *warehouse* dengan biaya minimum namun tetap memiliki ketahanan terhadap gangguan bencana alam dengan menggunakan metode *trade-off* efisiensi dan *robustness*. Shukla, *et al.* (2011) melakukan perhitungan efisiensi dari besar *operational cost* masing-masing *warehouse*, dan *robustness* dihitung dari besar biaya perkiraan akibat terjadinya gangguan berupa bencana alam atau *expected disruption cost*. Kegagalan yang dipertimbangkan dalam penelitian ini hanya kegagalan lingkungan karena adanya gangguan bencana alam, sehingga kriteria pemilihan lokasi *warehouse* yang dipertimbangkan adalah biaya dan risiko gangguan akibat bencana alam. Ketika lokasi *warehouse* mengalami bencana alam, diasumsikan *warehouse* tersebut akan gagal karena tidak mampu memenuhi seluruh permintaan produk dari *customer*. Oleh karena itu, komponen biaya yang dipertimbangkan dalam penelitian yang dilakukan oleh Shukla, *et al.* (2011) adalah biaya operasional dan biaya perkiraan akibat adanya gangguan tersebut.

Berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Shukla, *et al.* (2011), Chamid (2007) melakukan penelitian di bidang pemilihan pemasok untuk memenuhi kebutuhan batubara di PLTU Paiton Unit 7 dan Unit 8 dengan data permintaan yang deterministik. Penelitian ini bertujuan untuk meminimumkan besar total biaya pembelian yang dipengaruhi oleh biaya pembelian, biaya transportasi, biaya tetap, serta biaya variabel karena kualitas barang yang diterima tidak sesuai standar kualitas yang ditentukan oleh perusahaan atau rusak. Biaya variabel disebabkan batubara yang diterima tidak memenuhi kualitas perusahaan. Biaya ini meliputi biaya menurunnya *output* tenaga listrik yang dihasilkan, biaya rusaknya peralatan yang diakibatkan salah satu spesifikasi yang diminta tidak terpenuhi. Biaya yang dikeluarkan ini merupakan biaya perkiraan akibat kegagalan produk yang disebabkan batubara tidak memenuhi standar perusahaan. Oleh karena itu, penelitian ini mempertimbangkan faktor biaya dan risiko operasional karena standar kualitas batubara PLTU Paiton tidak terpenuhi. Hasilnya, sebuah pemasok dipilih untuk memenuhi seluruh permintaan PLTU Paiton Unit 7 dan Unit 8.

Meena, *et al.* (2011) juga melakukan penelitian di bidang pemilihan pemasok. Bedanya, Meena, *et al.* (2011) mengembangkan algoritma pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan faktor risiko gangguan berupa bencana alam. Faktor biaya juga menjadi pertimbangan dalam penelitian ini. Biaya yang

diperhitungkan adalah biaya pembelian dan biaya manajemen. Biaya manajemen merupakan biaya yang dikeluarkan perusahaan karena menjalin kerja sama dengan entitas lain di luar perusahaan. Biaya manajemen termasuk biaya pengelolaan kontrak dengan pemasok, biaya monitoring kualitas, dan sebagainya. Semakin banyak pemasok yang dipilih, maka semakin besar biaya manajemennya. Risiko gangguan akibat bencana alam yang dijadikan pertimbangan dalam penelitian milik Meena, *et al.* (2011) terbagi atas dua kondisi kejadian, yaitu *super-event* yang menyebabkan semua pemasok gagal dan *unique-event* yang menyebabkan kegagalan pada masing-masing pemasok. Dalam studi kasus yang diselesaikan oleh Meena, *et al.* (2011), permintaan bersifat deterministik dan alokasi untuk masing-masing pemasok berjumlah sama pada semua pemasok. Penelitian milik Meena ini menghasilkan model matematis untuk memilih jumlah pemasok yang optimal dengan mempertimbangkan biaya dan faktor risiko gangguan akibat bencana alam.

Kontribusi utama yang diberikan pada penelitian ini adalah pengembangan model pemilihan pemasok yang mempertimbangkan efisiensi dan *robustness*. Banyak penelitian mengenai pemilihan pemasok yang mempertimbangkan efisiensi, namun masih jarang yang mempertimbangkan *robustness* dari pemasok. Pada penelitian ini akan dikembangkan suatu model pemilihan pemasok yang mempertimbangkan efisiensi dan *robustness*. Efisiensi dihitung dari biaya pembelian serta biaya tetap dan / atau biaya manajemen, sedangkan *robustness* dihitung dari biaya perkiraan akibat risiko kegagalan pemasok yang dialami oleh perusahaan karena memilih pemasok tersebut. Risiko kegagalan yang dipertimbangkan dalam penelitian ini adalah risiko operasional dan risiko gangguan. Risiko operasional meliputi ketidakpastian pada pasokan, permintaan, dan produk (Pujawan, 2005). Risiko gangguan seperti yang dijelaskan oleh Chopra dan Sodhi (2004) meliputi bencana alam, aksi mogok karyawan, kebangkrutan pemasok, perang dan terorisme, ketergantungan pada satu pemasok. Christopher, *et al.* (2004). Risiko – risiko tersebut akan digambarkan secara finansial sebagai biaya perkiraan akibat kegagalan (*supplier failure cost*).

Biaya – biaya yang dipertimbangkan dalam penelitian ini di antaranya biaya pembelian, biaya tetap dan / atau biaya manajemen, biaya transportasi, dan biaya perkiraan akibat kegagalan yang mungkin dialami selama proses kerja sama dengan

pemasok. Setiap calon pemasok memiliki atribut kegagalan yang berbeda – beda, model diharapkan dapat menghasilkan kebijakan yang paling baik dengan nilai efisiensi yang tinggi tapi juga tetap mempertimbangkan *robustness* sehingga dapat meminimumkan biaya total. Penelitian ini juga menghitung alokasi bahan baku untuk masing – masing pemasok terpilih. Tabel 2.4 menunjukkan posisi penelitian yang dikembangkan.

Tabel 2.4 Posisi Penelitian

<i>Descriptions</i>	<b>Chamid</b>	<b>Shukla, et. al.</b>	<b>Meena, et.al.</b>	<b>Penelitian ini</b>
	<b>(2007)</b>	<b>(2011)</b>	<b>(2011)</b>	<b>(2104)</b>
<b>Activity</b>				
<i>Supplier section</i>	√		√	√
<i>Warehouse selection</i>		√		
<b>Allocation</b>				
<i>Constant</i>		√	√	
<i>Optimizations</i>	√			√
<b>Criteria</b>				
<i>Cost / price</i>	√	√	√	√
<i>Operational risk</i>	√			√
<i>Catastrophic risk</i>		√	√	√
<b>Cost</b>				
<i>Purchasing cost</i>	√		√	√
<i>Operational cost</i>		√		
<i>Fixed cost</i>	√		√	√
<i>Transportation cost</i>		√		√
<i>Expected failure cost</i>	√	√	√	√

## BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini akan mengembangkan model pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan faktor risiko kegagalan dari masing-masing calon pemasok, baik risiko operasional maupun risiko gangguan. Risiko tersebut akan digambarkan secara finansial menjadi biaya pembelian dan biaya perkiraan akibat kegagalan tersebut. *Trade-off* antara efisiensi dan *robustness* dilakukan untuk mendapatkan pemasok dan menentukan alokasi pada masing – masing pemasok terpilih. Berikut ini tahapan – tahapan dalam mengembangkan model pemilihan pemasok yang mempertimbangkan efisiensi dan *robustness*. Gambar 3.7 menunjukkan diagram alir metodologi penelitian.

### 3.1 Tahap Identifikasi

Tahapan identifikasi dimaksudkan untuk mencari gap penelitian dengan meninjau pustaka-pustaka terdahulu mengenai pemilihan pemasok untuk mengetahui celah yang dapat dikembangkan dalam penelitian ini. Tinjauan terhadap teori dan model terdahulu dilanjutkan untuk mendeskripsikan permasalahan serta tujuan penelitian secara lebih rinci.

### 3.2 Tahap Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan studi kasus pada sebuah perusahaan pembuat tas anyaman plastik. Tahapan pengumpulan data dilakukan untuk mendapatkan data – data yang diperlukan dalam pengimplementasian model sesuai kondisi yang ada di lapangan. Data – data yang diperlukan terdiri dari data primer dan data sekunder.

#### 3.2.1 Profil Perusahaan

PT. XYZ, sebuah perusahaan publik milik Indonesia yang bergerak di bidang produksi kain dan tas plastik yang memanfaatkan *polypropylene* (PP) yang menghasilkan produk berupa kemasan semen, *block-bottom bag*, kain yang dilaminasi, kain terpal, *kraft paper*, dan sebagainya. Perusahaan ini didirikan pada

tahun 1995 dengan luas area pabrik sebesar 33.000 m<sup>2</sup>. Cakupan bisnis perusahaan mencapai seluruh Indonesia dan luar negeri, contohnya Thailand, Chili, Singapura, Malaysia, dan sebagainya. PT. XYZ memiliki sistem jaminan kualitas yang ketat, yang terus-menerus dipantau pada setiap tahap sehingga kualitas standar produk tetap terjaga. Berikut detail produk yang dihasilkan oleh PT. XYZ.

### 1. *PP Woven Bag*

*PP Woven Bag* terbuat dari helaian *polypropylene* yang dianyam sedemikian rupa sehingga dapat dimanfaatkan sebagai karung. Bahan ini memiliki karakteristik kekuatan tarik yang tinggi dan berat yang rendah. *PP Woven Bag* merupakan kemasan ideal untuk *bulk material*. Fitur yang dimiliki *PP Woven Bag* di antaranya: kekuatan tarik yang tinggi hingga 100 kg (220 lbs), *waterproof*, anti slip, dapat dicetak warna sampai 5 warna bagian depan dan 3 warna bagian belakang, desain lebih bervariasi, dapat digunakan untuk produk makanan, memiliki kapasitas 5 kg hingga 100 kg.



Gambar 3.1 *PP Woven Bag*

### 2. *Resin Bag*

*Resin bag* memiliki keistimewaan khusus dibandingkan tas plastik yang lain. Tas ini membutuhkan perlindungan khusus dari cuaca. *Resin bag* terbuat dari dua jenis bahan:

- *Coated woven PP bags* (tas anyaman *polypropylene* dengan pelapis). Tas dilapisi dengan 20 mikron - 30 mikron *film PP* untuk menahan air dan cairan masuk kantong
- *Woven PP bags laminated kraft paper* (tas anyaman yang dilaminasi dengan kertas *kraft*). Tas dilaminasi dengan kertas *kraft* untuk perlindungan lebih terhadap cairan sehingga tidak mempengaruhi kelembaban tas dan isi di dalam tas.

### 3. *Cement Bag*

*Cement Bag* pada umumnya terbuat dari kertas *kraft* yang berlapis – lapis hingga 5 lapis. Kantong semen produksi PT. XYZ diperkuat dengan memanfaatkan lapisan anyaman *polypropylene*, sehingga tas semen ini hanya membutuhkan satu lapis *kraft paper* yang dilaminasi dengan lapisan anyaman *polypropylene*. Tas semen ini juga memiliki katup *rotary-packer* yang digunakan untuk memaksimalkan kapasitas pengisian. Tas semen jenis ini sangat digemari oleh produsen semen di Indonesia karena kekuatannya dalam menahan beban lebih berat.



Gambar 3.2 *Cement Bag*

### 4. *Block-bottom Bag*

*Block-bottom Bag* merupakan kemasan terbaru dari semen, *resin*, dan *bulk material*. *Block-bottom Bag* dikombinasikan dengan katup yang mempermudah dalam proses pengisian. Bentuk kemasan *block-bottom* bagian bawah memungkinkan untuk meminimalkan ruang ketika menyimpan dan mengangkut kargo.



Gambar 3.3 *Block-bottom bag*

#### 5. *Semi-finished Material*

Beberapa pelanggan dari PT. XYZ juga membutuhkan bahan setengah jadi atau *semi-finished material* yang kemudian akan diproses lebih lanjut di pabrik masing – masing. Saat ini perusahaan mampu untuk memasok *tubular / flat woven fabric, coated* dan *laminated woven fabric* dengan lapisan kedua berupa *kraft paper, non woven, aluminum foil*, dan bahan - bahan yang lainnya.



Gambar 3.4 *Semi-finished material*

### 3.2.2 Proses Produksi

#### I. Proses Pembuatan Pita Plastik

Bahan baku berupa polipropilena dan bahan pembantu ( $\text{CaCo}_3$ , UV, *masterbatch*) diproses di dalam mesin *extruder* sehingga diperoleh pita plastik dalam bentuk gulungan (*tape / flat yarn*)

#### II. Proses Tenun

*Tape yarn* selanjutnya ditenun dalam mesin *circular loom* ( arah vertical / warp dan arah horizontal / weft ) sesuai dengan spesifikasi yang dikehendaki sehingga diperoleh kain tenun dalam bentuk *tubular* dan *weaving flat*.

### III. Proses Akhir

Kain tenun tubular selanjutnya dipotong sesuai dengan ukuran yang dikehendaki dan dijahit sehingga berbentuk karung plastik (*woven bag*).

➤ *Woven bag* yang harus dilaminasi, kain tenun (*woven sheet*) selanjutnya diproses di *mesin loom* sehingga diperoleh bentuk *non tubular* yang kemudian dilaminasi dengan ketebalan tertentu di mesin laminasi. Kantong beras di laminasi dengan OPP dan kantong semen di laminasi dengan kertas *kraft*.

➤ *Woven bag* yang memerlukan logo harus melalui proses mesin *printing* terlebih dahulu.

➤ *Woven bag* ada yang harus dijahit di bagian bawahnya (*bottom single folded*) atau bagian atasnya (*top hemmed*).

➤ *Woven bag* yang memerlukan kantong dalam (*inner liner*) akan dipasang kantong dalam dari kantong HDPE/ LLDPE *film*.

### IV. Proses *Tubing*

➤ Kantong semen yang sudah dilaminasi dengan kertas *kraft* (*sandwich laminating*) selanjutnya diproses di mesin *tubbing*, *auto valve*, dan *sewing* menjadi kantong semen.

➤ Kantong semen yang memerlukan logo harus melalui proses *printing* yang dilakukan setelah proses mesin *tubbing*.

### V. Proses *Bottomer* (Kantong *Bottom Patch*)

Ada 2 tipe / model proses, yaitu:

➤ *Weaving Tubular*. Setelah selesai proses *laminating* langsung diproses pada mesin *bottomer complete* ( total proses, *printing*, *cutting*, sehingga *bottom patch* dan *top valve satu line*)

➤ *Weaving Tubular*. Setelah selesai proses *laminating* dilanjutkan ke proses *printing* dan mesin *bottomer line*.

### VI. Proses Pengemasan

Hasil produksi bagian *finishing* berupa karung, *roll*, kantong semen selanjutnya dikemas di bagian pengemasan dan diserahkan ke bagian gudang untuk dikirim.

### 3.2.3 Bahan Baku Utama

Sejak tahun 1960-an, penggunaan plastik mulai menggantikan posisi material lain seperti logam dan keramik pada berbagai aspek kehidupan. Ringan, murah, dapat didaur ulang, dan mudah dibentuk adalah beberapa sifat dasar plastik dan menjadi alasan penggunaannya. Sering kali istilah polimer tertukar dengan plastik. Sebenarnya, polimer merupakan suatu molekul panjang yang terdiri atas ribuan unit yang berulang, sedangkan plastik adalah suatu material rekayasa yang struktur molekulnya memiliki komposisi yang rumit yang dengan sengaja diatur untuk memenuhi aplikasi-aplikasi spesifik yang diinginkan, atau dengan kata lain :

**PLASTIK = POLIMER + ADIKTIF**

Polimer secara umum tersusun dari atom unsur karbon, oksigen, dan hidrogen. Sehingga secara morfologi, polimer dapat digambarkan sebagai sekumpulan mie atau rantai yang bergerak dengan konstan. Polimer ini dibuat dengan cara menyatukan monomer (senyawa pendek) secara kimiawi melalui reaksi polimerisasi. Kemudian, untuk meningkatkan kinerja dari material polimer pada tahap produksi, ditambahkan suatu zat kimia yang biasa disebut adiktif. Produk hasil keseluruhan proses inilah yang dapat disebut sebagai plastik. Secara umum berdasarkan struktur dan perilaku molekulnya, polimer dapat diklasifikasikan menjadi *thermoplastic*, *thermoset*, dan *elastomer*. Polipropilena merupakan salah satu contoh polimer *thermoplastic*.

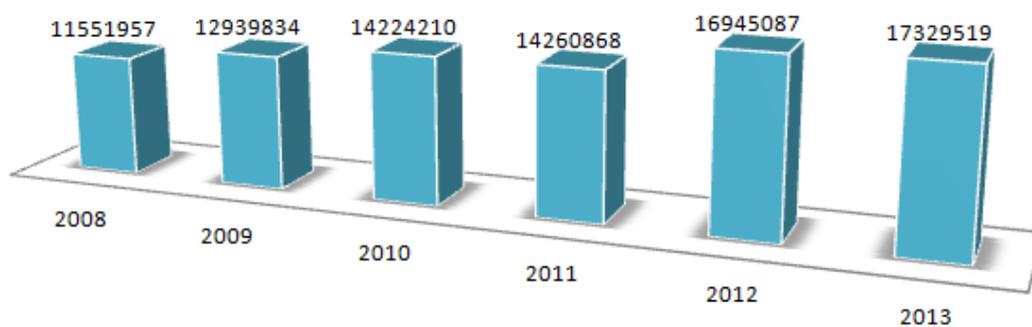
Polipropilena (PP) adalah polimer dengan penggunaan terbesar ketiga di dunia setelah PE dan PVC. Polimer ini memiliki keseimbangan sifat yang baik sehingga dapat kita temui pada berbagai aplikasi, mulai dari kemasan makanan, perlengkapan rumah tangga, *spare part* otomotif, hingga peralatan elektronik. Berdasarkan ilmu kimia, PP adalah suatu makromolekul *thermoplastic* (dapat dilelehkan) rantai jenuh (tidak memiliki ikatan rangkap) yang terdiri dari propilena sebagai gugus yang berulang. Secara umum, PP memiliki sifat mekanis yang baik dengan massa jenis yang rendah, ketahanan panas dan kelembaban, serta memiliki kestabilan dimensi yang baik.



Gambar 3.5 Biji plastik atau polipropilena

### 3.2.4 Data Perusahaan

PT. XYZ merupakan perusahaan berkembang yang memiliki cakupan bisnis mencapai seluruh Indonesia hingga ke luar negeri. Hal ini terlihat dari permintaan terhadap produk mengalami peningkatan naik secara signifikan dari tahun ke tahun. Oleh karena itu, perusahaan ini memiliki sistem jaminan kualitas dan kontrol terhadap kegiatan produksi hingga distribusi sampai ke tangan pelanggan. Tiap akhir tahun perusahaan selalu mengadakan evaluasi sekaligus menyusun rencana produksi untuk setahun ke depan. Gambar 3.6 menunjukkan grafik peningkatan kebutuhan perusahaan akan bahan baku utama yaitu polipropilena dari tahun 2008 hingga tahun 2013.



Gambar 3.6 Grafik peningkatan kebutuhan bahan baku polipropilena dari tahun 2008 hingga tahun 2013 (dalam kilogram)

Kebutuhan akan polipropilena disesuaikan dengan permintaan terhadap produk dan kapasitas produksi perusahaan. Saat evaluasi akhir tahun, perusahaan juga melakukan kalkulasi ramalan kebutuhan polipropilena dalam setahun mendatang. Ramalan kebutuhan polipropilena dilakukan dengan menganalisis data historis kebutuhan polipropilena di tahun – tahun sebelumnya. Tabel 3.1 menunjukkan jumlah kebutuhan propilena dari tahun 2012 dan tahun 2013.

Tabel 3.1 Kebutuhan polipropilena pada tahun 2012 dan tahun 2013

Tahun	Bulan	Permintaan (kg)	Year	Bulan	Permintaan (kg)
2012	Januari	1.162.198	2013	Januari	1.241.152
2012	Februari	1.449.177	2013	Februari	1.489.210
2012	Maret	1.499.144	2013	Maret	1.495.550
2012	April	1.399.210	2013	April	1.396.210
2012	Mei	1.499.144	2013	Mei	1.495.550
2012	Juni	1.499.144	2013	Juni	1.495.550
2012	Juli	1.499.144	2013	Juli	1.495.550
2012	Agustus	1.299.276	2013	Agustus	1.396.210
2012	September	1.449.177	2013	September	1.489.210
2012	Oktober	1.499.144	2013	Oktober	1.495.550
2012	November	1.449.177	2013	November	1.489.210
2012	Desember	1.241.152	2013	Desember	1.350.567

Data kebutuhan bahan baku polipropilena tersebut digunakan untuk meramalkan kebutuhan polipropilena di tahun berikutnya. Informasi mengenai kebutuhan bahan baku polipropilena kemudian diberikan kepada pemasok terpilih untuk dikirimkan pada tiap bulannya. Selain itu, perusahaan juga selalu memiliki persediaan polipropilena dalam gudang sebanyak 200.000 kg untuk menghindari *shortage* akan bahan baku utama.

### 3.2.5 Data Pemasok

Selama ini PT. XYZ telah bekerjasama dengan beberapa pemasok. Perusahaan juga telah melakukan beberapa kali evaluasi pada pemasok – pemasok tersebut. Evaluasi dilakukan terkait dengan aspek operasional, seperti: biaya, pelayanan, kualitas, dan *on-time delivery*. Harga pembelian tidak termasuk dalam

evaluasi pemasok. Hal ini dikarenakan harga polipropilena yang ditentukan oleh pasar. Evaluasi pada kinerja pemasok menghasilkan nilai *Service Factor Rating* (SFR) yang menggambarkan kinerja pemasok selama bekerjasama dengan perusahaan. SFR ini nantinya akan digunakan untuk menilai kemungkinan kegagalan dari pemasok seperti yang dilakukan oleh Murtadlo (2011) dan Liao, *et al.* (2010). Tabel 3.2 menunjukkan data – data karakteristik perusahaan pemasok, seperti kapasitas perusahaan pertahun, biaya manajemen, biaya transportasi, serta *Service Factor Rating*.

Tabel 3.2 Data karakteristik pemasok polipropilena

Pemasok	Kapasitas per-tahun (kg)	Biaya Transportasi per-kg (\$)	Biaya Tetap (\$)	SFR (%)
1	400.000.000.000.000	1,53	2.000	97,00%
2	400.000.000	0,35	2.000	95,00%
3	2.700.000.000	0,60	2.000	97,00%
4	48.000.000	0,13	1.000	93,00%
5	200.000.000	0,13	1.000	95,00%
6	360.000.000	0,13	1.000	95,00%
7	45.000.000	0,17	1.000	93,00%

Harga per-ton polipropilena pada tahun 2013 menurut Platt Global McGRAW HILL FINANCIAL pada November 2013 sebesar 1.533 per metrik ton. Data mengenai biaya tetap di atas merupakan data perkiraan dari hasil wawancara dengan PT. XYZ. Pemesanan minimal untuk pemasok diperkirakan seberat 1 kontainer 20 kaki yaitu sekita 20.000 kg untuk tiap kali pemesanan.

### 3.2.6 Data Bencana

Penelitian ini akan membutuhkan data kejadian bencana alam di masing – masing negara tempat perusahaan pemasok. Jika pemasok mengalami bencana alam, maka kemampuannya untuk memasok bahan baku ke perusahaan akan terganggu. Data banyak kejadian ini akan menunjukkan besar kemungkinan terjadinya bencana di suatu daerah. Tabel 3.3 menunjukkan ringkasan data bencana alam di beberapa

negara dari tahun 1900 – 2015 yang dilansir oleh *EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database*.

Tabel 3.3 Angka kejadian bencana alam dari tahun 1900 – 2015 dari *EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database*

<i>Type of Disaster</i>		<b>China</b>	<b>India</b>	<b>Indonesia</b>	<b>Saudi Arabia</b>	<b>Singapura</b>
<i>Drought</i>	<i>Drought</i>	35	14	9		
<i>Earthquake</i>	<i>Unspecified</i>	1	27	105		
	<i>Ground movement</i>	145	1	9		
	<i>Tsunami</i>	1				
<i>Epidemic</i>	<i>Unspecified</i>	1	6	4	2	
	<i>Bacterial disease</i>	5	24	15		
	<i>Parasitic disease</i>		5	3		
	<i>Viral disease</i>	4	33	13	1	3
<i>Extreme temperature</i>	<i>Cold wave</i>	4	28			
	<i>Heat wave</i>	6	24			
	<i>Severe winter cold</i>	3	1			
<i>Flood</i>	<i>Unspecified</i>	51	94	51	1	
	<i>Coastal flood</i>	5	4	1		
	<i>Flash flood</i>	21	22	32	3	
	<i>Riverine flood</i>	171	143	83	11	
<i>Insect infestation</i>	<i>Locust</i>	1	1			
<i>Landslide</i>	<i>Avalanche</i>	2	7	49		
	<i>Landslide</i>	60	36			
<i>Mass movement (dry)</i>	<i>Avalanche</i>	7	1	1		
	<i>Landslide</i>		1			
<i>Storm</i>	<i>Unspecified</i>	41	32	3		
	<i>Convective storm</i>	70	31	3	1	
	<i>Tropical cyclone</i>	136	104	6		
<i>Volcanic activity</i>	<i>Ash fall</i>			56		
<i>Wildfire</i>	<i>Forest fire</i>	5	2	9		
	<i>Land fire (Brush</i>	1				
<b>Total No. of Disaster</b>		<b>776</b>	<b>641</b>	<b>452</b>	<b>19</b>	<b>3</b>

### 3.3 Tahap Pengembangan Model

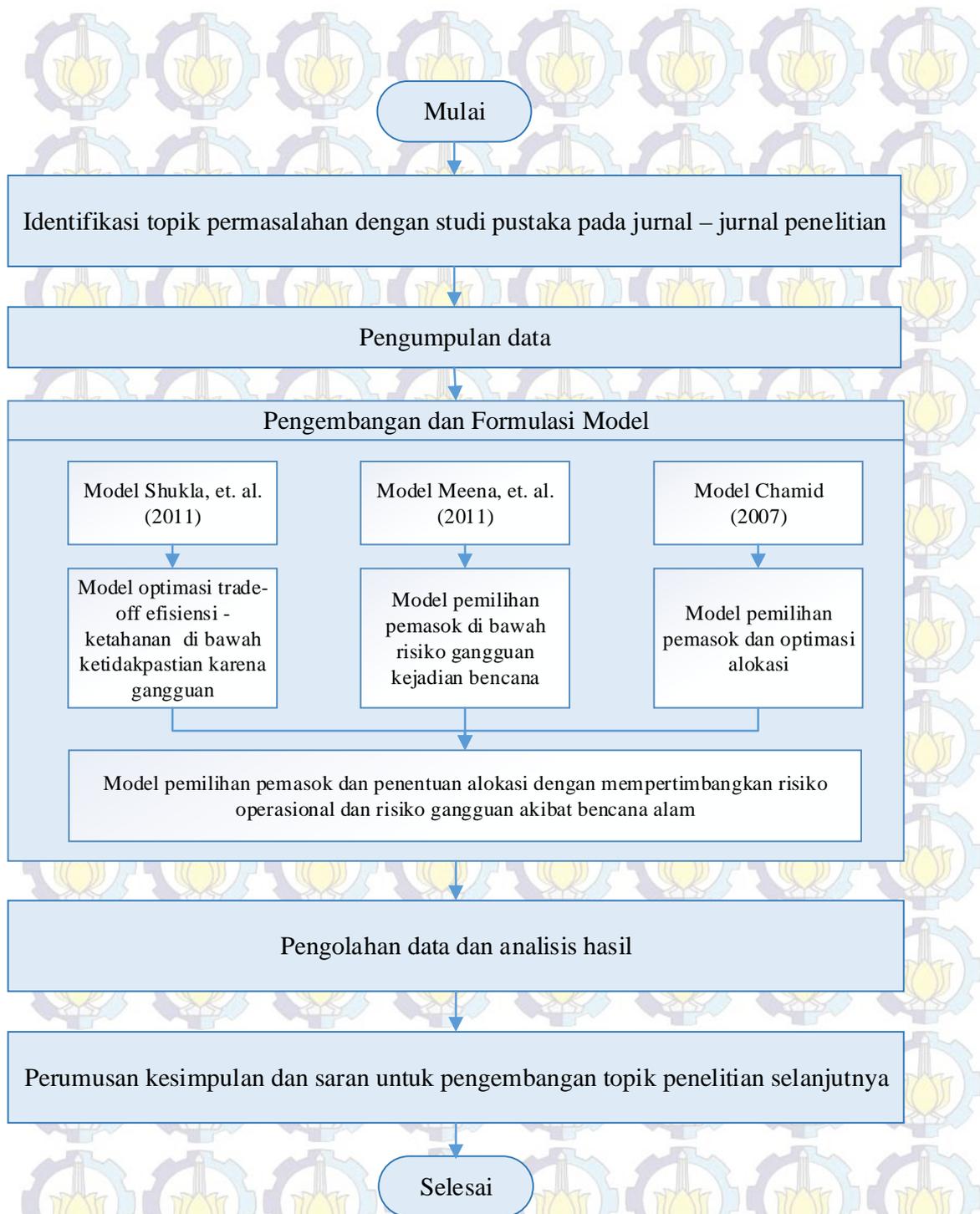
Tahapan pengembangan model dilakukan berdasarkan penelitian terdahulu yang telah diuraikan pada bab dua. Penelitian ini mengembangkan metode pemilihan pemasok dengan mempertimbangkan efisiensi dan *robustness*. Penelitian yang dilakukan oleh Shukla, *et al.* (2011) mendasari dalam perhitungan *trade-off* antara efisiensi dan *robustness* dalam penelitian ini. Namun, jika pada penelitian Shukla efisiensi dihitung dari besar *operational cost*, dalam penelitian ini efisiensi akan dihitung berdasarkan besar total biaya pembelian. Perhitungan biaya pembelian akan mengacu pada penelitian yang dikembangkan oleh Chamid (2007). *Robustness* yang direpresentasikan dari nilai *expected disruption cost* dihitung dengan menggunakan persamaan yang dikembangkan oleh Shukla, *et al.* (2011). Nilai probabilitas pada kriteria kegagalan operasional yang tidak dapat dikuantifikasikan akan menggunakan nilai *Service Factor Rating* seperti yang dilakukan oleh Murdadlo (2011) dan Liao, *et al.* (2010).

### 3.4 Tahap Pengolahan Data dan Analisis

Pada tahap ini akan dilakukan pengolahan data terhadap studi kasus yang ada di lapangan. Perhitungan dilakukan menggunakan *Software GAMS.24.2.3*. Pada pengolahan data juga dilakukan uji sensitivitas pada beberapa parameter yang divariasikan nilainya. Hasil pengolahan data akan dilakukan analisis secara mendalam tentang kecenderungan perilaku model.

### 3.5 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan dan saran. Tujuan penelitian ini akan terjawab berdasar hasil pengolahan data yang dirangkum pada bagian kesimpulan sedangkan saran ditujukan sebagai masukan dan pengembangan untuk penelitian selanjutnya.



Gambar 3.7 Diagram Alir Metodologi Penelitian

## DAFTAR PUSTAKA

Anon., n.d. *EM-DAT : The International Disaster Database, Center for Research on the Epimology of Disaster - CRED*. [Online]  
Available at: <http://www.emdat.be>  
[Accessed 4 January 2015].

Berger, P., Gerstenfeld, A. & Zeng, A., 2004. How many suppliers are best? A decision-analysis approach. *Omega* 32, pp. 9-15.

Blom, M., Castellacci, F. & Fevolden, A. M., 2013. The trade-off between innovation and defense industrial policy: A simulation model analysis of the Norwegian defense industry. *Technological Forecasting & Social Change*, Volume XXX, p. 14.

Chamid, A. A. S., 2007. *Pemilihan Supplier Batubara dan Optimasi Alokasi Supply di PLTU Paiton Unit 7 & 8*. Surabaya: ITS Surabaya.

Chopra, S. & Meindi, P., 2001. *Supply Chain Management: Strategy, Planning, and Operation*. Upper Saddle River: Prentice-Hal.Inc.

Christopher, M. & Lee, H., 2004. Mitigating Supply Chain Risk Through Improved Confidence. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 34 (5), pp. 388-396.

Christopher, M. & Peck, H., 2004. Building the resilient supply chain. *International Journal of Logistics Management* 15 (2), pp. 1-13.

Cucchiella, F. & Gastaldi, M., 2006. Risk management in supply chain: a real option approach. *Journal of Manufacturing Technology Management*, Volume 17 No. 6, pp. 700-20.

Dowling, N. A. et al., 2013. From low-to-high value fisheries: Is it possible to quantify the trade-off between management cost, risk, and catch?. *Marine Policy*, Volume 40, pp. 41-52.

Gibson, R., 2006. Sustainability assessment: basic components of a practical approach. *Impact Assess Proj Apprais* 24 (3), pp. 170-182.

Gibson, R. et al., 2005. Sustainability assessment criteria, process and applications.

Hapsari, P. K., 2010. *Integrasi Fuzzy-Analytic Network Process dan Goal Programming Dalam Pemilihan Supplier & Alokasi Order*. Surabaya: ITS.

Harrison, A., 2000. Continuous improvement: the trade-off between self-management and discipline. *Integrated Manufacturing Systems*, Volume 11/3, pp. 180-187.

Ho, W., Xu, X. & Dey, P. K., 2010. Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. *European Journal of Operational Research*, Volume 202, pp. 16-24.

Kam, B. H., Chen, L. & Wilding, R., 2011. Managing production outsourcing risks in China's apparel industry: a case study of two apparel retailers. *Supply Chain Management: An International Journal* 16/6, pp. 428-445.

Kanters, T. A., Brouwer, W. B. F. & Vliet, R. C. v., 2013. A new prevention paradox: The trade-off between reducing incentives for risk selection and increasing the incentives for prevention for health insurers. *Social Science & Medicine*, Volume 76, pp. 150-158.

Klibi, W., Martel, A. & Guitouni, A., 2010. The design of robust value-creating supply chain networks: a critical review. *European Journal of Operation Research*, Volume 203, pp. 283-93.

Kontis, A.-P. & Vrysagotis, V., 2011. Supplier selection problem: A literature review of Multi-criteria approaches on DEA. *Advances in Management & Applied Economics*, Volume 1, pp. 207-219.

Liu, Z. & Nagurney, A., 2011. Supply chain outsourcing under exchange rate risk and competition. *Omega*, Volume 39, pp. 539-549.

Meena, P. L., Sarmah, S. P. & Sarkar, A., 2011. Sourcing Decision Under Risk of Catastrophic Event Disruptions. *Transportation Research Part E*, Volume 47, pp. 1058 - 1074.

Mennicken, R., Kuntz, L. & Schwierz, C., 2011. The trade-off between efficiency and quality in hospital departments. *Journal of Health Organization and Management*, Volume 25 No. 5, pp. 564-577.

Murtadlo, A., 2011. Analisa Pemilihan Supplier Berbasis Kriteria Green Procurement Menggunakan Metode Analytical Network Process, taguchi Loss Function, dan Multi-Choice Goal Programming.

Negoro, Y. P., 2008. *Pemilihan Supplier Dan Alokasi Dengan Menggunakan Fuzzy-ANP dan Goal Programming*. Surabaya: ITS.

Ning, X. & Lam, K. C., 2013. Cost-safety trade-off in unequal-area construction site layout planning. *Automation in Construction*, Volume 32, pp. 95-103.

Norman, A. & Jansson, U., 2004. Ericson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management* 34/5, pp. 434-456.

Nurhidayanti, H., 2010. *Pemilihan Supplier Dengan Pendekatan Possibility Fuzzy Multi-Objective Programming*. Surabaya: ITS.

Odekerken-Schroder, G., Ouwensloot, H., Lemmink, J. & Semeijn, J., 2003. Consumers' trade-off between relationship, service package, and price: An empirical

study in the car industry. *European Journal of Marketing*, Volume 37 No. 1/2, pp. 219-242.

Olson, D. L. & Wu, D., 2011. Risk management models for supply chain: a scenario analysis of outsourcing to China. *Supply Chain Management: An International Journal*, pp. 401-408.

Rassenfosse, G. d., 2013. Do firms face a trade-off between the quantity and the quality of their inventions?. *Research Policy XXX*, p. 8.

Shukla, A., Lalit, V. A. & Venkatasubramanian, V., 2011. Optimizing efficiency-robustness trade-offs in supply chain design under uncertainty due to disruptions. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Magement Vol. 41 No. 6*, pp. 623-646.

Silveira, G. D. & Slack, N., 2001. Exploring the trade-off concept. *International Journal of Operations & Production Management*, pp. 949-964.

Tang, C. S., 2006. Perspective in supply chain risk management. *International Journal of Production Economics 103*, pp. 451-488.

Tang, C. S., 2006. Robust strategies for mitigating supply chain disruptions. *International Journal of Logistics: Research and Applications Vol. 9 No.1*, pp. 33-45.

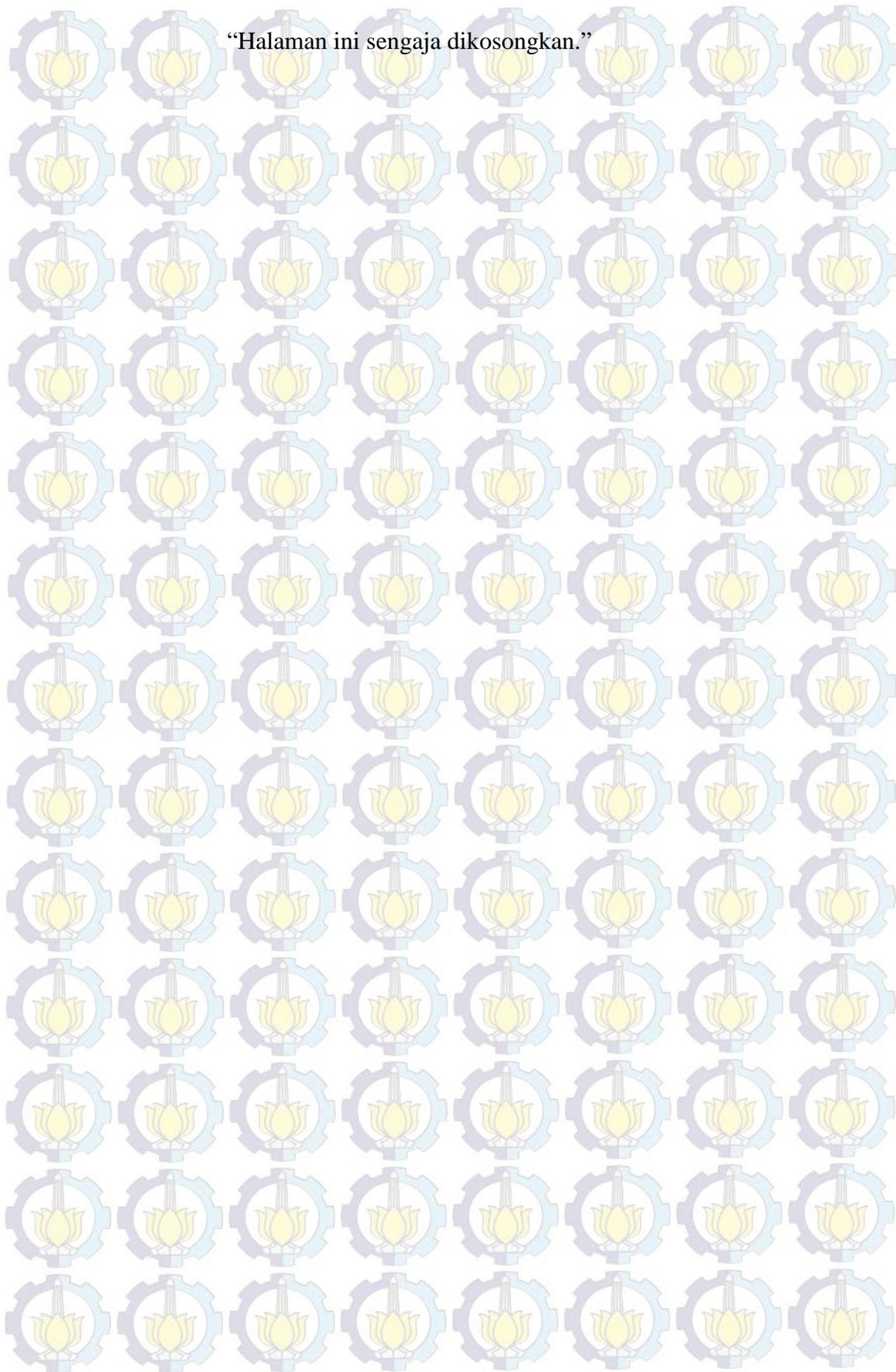
Tang, O. & S., N. M., 2011. Identifying risk issues and research advancements in supply chain risk management. *International Jurnal Production Economics 133*, pp. 25-34.

Vlajic, J. V., Vorst, J. G. v. d. & Haijema, R., 2012. A framework for designing robust food supply chains. *Elsevier B. V.*, Volume 137, pp. 176-189.

Wu, D. D., Zhang, Y., Wu, D. & Olson, D. L., 2010. Fuzzy multi-objective programming for supplier selection and risk modelling: A possibility approach. *European Journal of Operational Research*, Volume 200, pp. 774-787.

Wu, D., Wu, D. D., Zhang, Y. & Olson, D. L., 2013. Supply chain outsourcing risk using an integrated stochastic-fuzzy optimization approach. *Information Sciences*, Volume 235, pp. 242-258.

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”



## TENTANG PENULIS

Penulis dilahirkan di Surabaya, 15 Mei 1989 dan menempuh pendidikan formal hingga SMA dirabaya. Pada tahun 2007, penulis melanjutkan ke perguruan tinggi mengambil jurusan Teknik Sistem Perkapalan FTK ITS dengan masa studi hanya dalam waktu 3,5 tahun. Selama masa studi penulis juga aktif diberbagai kegiatan kemahasiswaan Terakhir, penulis tercatat sebagai bendahara umum HIMASISKAL periode 2009 - 2010. Selain itu, penulis juga aktif mengerjakan beberapa *project study reliability* dan *risk assessment* bidang minyak dan gas. Penulis juga mendapat amanah menjadi koordinator proyek untuk pekerjaan milik PT. Pertamina EP, PERTAGAS, PT. PLN, dan perusahaan-perusahaan lainnya. Setelah lulus strata satu, penulis melanjutkan studi strata duanya lintas disiplin dari bidang sebelumnya yaitu *Logistics & Supply Chain Management*. Dalam kurun waktu masa studi strata dua, penulis pernah menjadi pembicara di seminar nasional, diantaranya Seminar Nasional Teknologi Kelautan (SENTA) 2013 dan Seminar Nasional Manajemen Teknologi XX Tahun 2014. Dengan berbekal pengetahuan mengenai risiko dikombinasikan dengan pengetahuan mengenai *supply chain*, penulis mengambil topik penelitian *TRADE-OFF EFISIENSI DAN ROBUSTNESS PADA PEMILIHAN PEMASOK DENGAN MEMPERTIMBANGKAN KETIDAKPASTIAN AKIBAT GANGGUAN PADA PT. XYZ* yang mengantarkan penulis meraih gelar Magister Teknik dalam bidang *Logistics & Supply Chain Management*. (Andi Fajar Yanto, 2014)



*“Thanks for the togetherness, friends. Hope to see you soon in a better occasion.”*

*-Rhp-*

“Halaman ini sengaja dikosongkan.”

