



TUGAS AKHIR – TI 141501

**PENERAPAN METODE *FUZZY* TOPSIS, ANP, DAN *COMPROMISE*
PROGRAMMING UNTUK PEMILIHAN *SUPPLIER* (Studi Kasus:
Pembuatan Pompa *Hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)**

MUHAMMAD IRFAN BARMISTO

NRP 02411440000069

Dosen Pembimbing

Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.

NIP. 19590318198701 1 001

Co-Pembimbing

Ir. Hari Supriyanto, MSIE

NIP. 19600223198503 1 002

DEPARTEMEN TEKNIK INDUSTRI

Fakultas Teknologi Industri

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018



FINAL PROJECT – TI 141501

**APPLICATION OF FUZZY TOPSIS, ANP, AND COMPROMISE
PROGRAMMING METHODS FOR SUPPLIER SELECTION (Case
Study: Hydrant Pump Manufacturing PT Semen Gresik Tuban Plant)**

MUHAMMAD IRFAN BARMISTO

NRP 02411440000069

Supervisor

Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.

NIP. 19590318198701 1 001

Co-Supervisor

Ir. Hari Supriyanto, MSIE

NIP. 19600223198503 1 002

DEPARTEMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING

Faculty Of Industrial Technology

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Surabaya

2018

LEMBAR PENGESAHAN

**PENERAPAN METODE *FUZZY* TOPSIS, ANP, DAN *COMPROMISE*
PROGRAMMING UNTUK PEMILIHAN *SUPPLIER* (Studi Kasus:
Pembuatan Pompa Hydrant PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)
TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

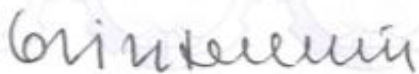
Oleh:

MUHAMMAD IRFAN BARMISTO
NRP. 02411440000069

Diketahui dan Disetujui Oleh:

Dosen Pembimbing

Dosen Co-Pembimbing



Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulvono, M.
Eng. Sc.
NIP 19590318198701 1 001



Ir. Hari Suprivanto, MSIE
NIP 19600223198503 1 002



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

PENERAPAN METODE *FUZZY TOPSIS*, ANP, DAN *COMPROMISE*
***PROGRAMMING* UNTUK PEMILIHAN *SUPPLIER* (Studi Kasus: Pembuatan**
Pompa *Hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)

Nama : Muhammad Irfan Barmisto
NRP : 02411440000069
Departemen : Teknik Industri – ITS
Dosen Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.
Dosen Co-Pembimbing: Ir. Hari Supriyanto, MSIE

ABSTRAK

Perkembangan industri dan kepedulian akan konsumen terhadap lingkungan hidup yang semakin meningkat serta isu tentang konsep industri yang berwawasan lingkungan telah memaksa industri melakukan penyesuaian dengan konsep *green industries* dalam setiap bisnis proses industri tersebut termasuk dalam supply chain management yang di dalamnya terdapat *procurement* yang apabila diimplementasikan ke dalam konsep *green industries* lebih dikenal sebagai konsep *green procurement*. Sertifikasi yang menjamin mengenai sistem manajemen lingkungan yaitu ISO 14001, dimana ISO 14001 bersifat mengikat perusahaan untuk menerapkan peraturan mengenai sistem manajemen lingkungan untuk seluruh proses bisnis yang diterapkan. Untuk mendukung proses produksi utama yaitu pembuatan semen, dibutuhkan kegiatan operasional perusahaan termasuk pompa *hydrant* untuk menanggulangi masalah kebakaran dalam perusahaan. Pembuatan pompa *hydrant* merupakan salah satu kegiatan operasional perusahaan dengan dampak lingkungan yang asngat diperhatikan, karena berhubungan dengan fungsi utama dari tujuan pompa *hydrant* yaitu memadamkan api saat terjadinya kebakaran. Untuk menghindari resiko yang lebih besar, maka perlu untuk menerapkan sebuah metode dalam pemilihan *supplier* yang berdasarkan lingkungan dari *supplier* tersebut. Pada

penelitian tugas akhir ini akan menghasilkan sebuah *tools* pengambilan keputusan untuk menyelesaikan permasalahan pemilihan *supplier* berdasarkan ISO 14001. *Tools* tersebut terdiri dari integrasi 3 komponen. Pertama, *fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution)* yaitu digunakan untuk menilai dua preferensi untuk masing-masing *supplier* berdasarkan dua kriteria yang berbeda: tradisional dan *green*. Kedua, *top management* menggunakan *Analytical Network Process (ANP)* untuk menilai bobot kepentingan global untuk masing-masing kriteria berdasarkan strategi dari perusahaan dan *supplier*. Ketiga, *compromise programming* yang digunakan untuk mengoptimasikan pemilihan *supplier* berdasarkan dua kriteria yang berbeda. Hasil akhir dari penelitian tugas akhir ini adalah metode dalam pemilihan *supplier* terbaik berdasarkan preferensi terbobot dari metode MCDM dan pemilihan *supplier* dengan mengoptimasikan *supplier* berdasarkan kriteria-kriteria yang telah ditetapkan.

Keyword: Pemilihan Supplier, ISO 14001, Kriteria Tradisional dan Green Criteria, Fuzzy TOPSIS, ANP, Compromise Programming.

**APPLICATION OF FUZZY TOPSIS, ANP, AND COMPROMISE
PROGRAMMING METHODS FOR SUPPLIER SELECTION (Case Study:
Hydrant Pump Manufacturing PT Semen Gresik Tuban Plant)**

Name : Muhammad Irfan Barmisto
Student-ID : 02411440000069
Department : Industrial Engineering – ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.
Co- Supervisor : Ir. Hari Supriyanto, MSIE

ABSTRACT

Industrial developments and awareness of consumers towards the environment that is increasing and the issue of the concept of environmentally sound industries has forced the industry to make adjustments to the concept of green industries in every business process industry is included in supply chain management in which there is procurement that when implemented into the the concept of green industries is better known as the concept of green procurement. Certification that guarantees the environmental management system that is ISO 14001, where ISO 14001 is binding company to apply regulations on environmental management system for all business processes applied. To support the main production process of cement making, it takes the operational activities of the company including the hydrant pump to cope with the fire problem within the company. The manufacture of hydrant pump is one of the company's operational activities with the environmental impact that is very concerned, because it is related to the main function of the purpose of hydrant pump that extinguishes fire during the fire. To avoid a greater risk, it is necessary to apply the method in the supplier selection based on the environment of the supplier. In this final project research will provide a tools for decision making to solve supplier selection problem based on ISO 14001. The tools consists of 3

components integration. First, fuzzy TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) which is used to assess two preferences for each supplier based on two different criteria: traditional and green. Second, top management using ANP (Analytical Network Process) to assess global importance weight based on company strategy and supplier. Third, compromise programming used to optimize supplier selection based on 2 different criteria. The final result of this final project is the method in choosing the best supplier based on the weighted preference of MCDM method and supplier selection by optimizing the supplier based on predetermined criteria.

Keyword: Supplier Selection, ISO 14001, Traditional and Green Criteria, Fuzzy TOPSIS, ANP, Compromise Programming.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim.

Alhamdulillahirabbil ‘Alamin, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat, hidayah, dan taufik-Nya sehingga penulis berhasil menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul “Penerapan Metode *Fuzzy TOPSIS*, *ANP*, dan *Compromise Programming* Untuk Pemilihan *Supplier* (Studi Kasus: Pembuatan Pompa *Hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban)” sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi strata satu (S-1) dan memperoleh gelar Sarjana Teknik. Shalawat dan salam tak lupa senantiasa penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW.

Dalam pelaksanaan dan penyusunan laporan tugas akhir ini penulis menerima banyak sekali bantuan, saran, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc. selaku dosen pembimbing dan Bapak Ir. Hari Supriyanto, MSIE selaku dosen co-pembimbing tugas akhir penulis yang selalu memberikan arahan, bantuan, serta motivasi selama masa pengerjaan tugas akhir.
2. Bapak Doddy Iskandar dan Bapak Mohammad Thoni selaku perwakilan dari perusahaan yang telah banyak membantu penulis dalam melakukan pengumpulan data serta memberi masukan kepada penulis.
3. Ibu Putu Dana Karningsih, S.T., M.Eng.Sc., Ph.D., Ibu Dewanti Anggrahini, S.T., M.T., dan Bapak Dr. Ir. Mokh. Suef, MSc(Eng) selaku dosen penguji penulis saat pelaksanaan seminar proposal dan sidang tugas akhir dimana beliau-beliau telah memberikan banyak saran membangun terhadap isi penelitian tugas akhir ini.
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE., Ph.D selaku Kepala Departemen Teknik Industri ITS.

5. Kedua orang tua, adik-adik, keluarga, teman-teman serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu oleh penulis dalam pengerjaan tugas akhir ini.

Penulis menyadari bahwa masih banyak kekurangan dari laporan ini, baik dari materi maupun teknik penyajiannya. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan sebagai motivasi dalam rangka pengembangan diri menjadi lebih baik.

Surabaya, Juli 2018

Muhammad Irfan Barmisto

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	Error! Bookmark not defined.
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
1 BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	7
1.3 Tujuan Penelitian.....	7
1.4 Manfaat Penelitian.....	7
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	8
1.5.1 Batasan	8
1.5.2 Asumsi.....	8
1.6 Strukturisasi Penulisan Laporan	8
2 BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	11
2.1 Pemilihan <i>Supplier</i>	11
2.1.1 Kriteria Supplier Tradisional.....	14
2.1.2 Green Criteria.....	15
2.2 <i>Green Supply Chain Management</i>	17
2.3 <i>Multi Criteria Decision Making (MCDM)</i>	19

2.3.1	TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	22
2.3.2	Analytical Network Process (ANP).....	27
2.4	Multi Objective Decision Making (MODM)	32
3	BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	35
3.1	<i>Flowchart</i> Pengerjaan Penelitian Tugas akhir	35
3.2	Penjelasan <i>Flowchat</i> Penelitian	37
3.2.1	Tahap Awal (Pre Liminary Stage).....	38
3.2.2	Tahap Pengumpulan Data (Data Collecting Stage)	39
3.2.3	Tahap Pengolahan Data (Data Processing Stage).....	41
3.2.4	Tahap Analisa dan Interpretasi Data (Data Analysis and Interpretation Stage) 46	
3.2.5	Tahap Kesimpulan dan Saran (Conclusion and Suggestion Stage).....	46
4	BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	49
4.1	Profil Perusahaan	49
4.1.1	Visi dan Misi Perusahaan	52
4.1.2	Struktur Organisasi PT. Semen Gresik.....	52
4.1.3	Sertifikasi Manajemen Semen Indonesia	55
4.1.4	Pemilihan Supplier PT. Semen Gresik	57
4.2	Identifikasi Kriteria.....	58
4.3	Pendekatan <i>Multi Criteria Decision Making</i> (MCDM).....	59
4.3.1	Metode Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)	61
4.3.2	Metode Analytical Network Process (ANP)	62

4.4	Metode <i>Multi Objective Decision Making</i> (MODM)	66
4.4.1	Tahap Pengolahan Data Dari Model Optimasi	66
4.4.2	Hasil Compromise Programming.....	72
5	BAB 5 ANALISA DAN INTEPRETASI DATA.....	75
5.1	Analisa Kriteria Dalam Pemilihan <i>Supplier</i>	75
5.1.1	Analisa Kriteria Tradisional.....	75
5.1.2	Analisa Green Criteria.....	78
5.2	Analisa Pendekatan <i>Multi Criteria Decision Making</i> (MCDM)	80
5.2.1	Analisa Metode Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Smilarity for Ideal Solution)	80
5.2.2	Analisa Metode ANP (Analytical Network Process).....	81
5.2.3	Kesimpulan Metode Multi Criteria Decision Making (MCDM)	82
5.3	Analisa Pendekatan <i>Multi Objective Decision Making</i> (MODM)	84
5.3.1	Analisa Metode Compromise Programming.....	84
5.3.2	Analisa Sensitivitas Pada Metode Compromise Programming Dalam Pemilihan Supplier.....	87
6	BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	91
6.1	Kesimpulan.....	91
6.2	Saran.....	92
	DAFTAR PUSTAKA	93
	BIOGRAFI PENULIS	97

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kriteria <i>Supplier</i> Tradisional	14
Tabel 2. 2 Kategori <i>Green Criteria</i>	16
Tabel 2. 3 Kriteria <i>Supplier Green</i> menurut ISO 14001	17
Tabel 2. 4 Perbandingan MADM dengan MODM	21
Tabel 2. 5 <i>Criterion Scale</i>	23
Tabel 2. 6 <i>Alternatif Rating Scale</i>	23
Tabel 3. 1 Kriteria Tradisional Dalam Pemilihan <i>Supplier</i>	40
Tabel 3. 2 <i>Green Criteria</i> Berdasarkan ISO 14001	41
Tabel 4. 4 Skala Penilaian Kriteria	59
Tabel 4. 5 Hasil Bobot Pengambil Keputusan Untuk Kriteria Tradisional.....	60
Tabel 4. 6 Hasil Bobot Pengambil Keputusan Untuk <i>Green Criteria</i>	60
Tabel 4. 7 Nilai Preferensi Untuk Kriteria Tradisional.....	61
Tabel 4. 8 Nilai Preferensi Untuk <i>Green Criteria</i>	62
Tabel 4. 9 Nilai Bobot Kepentingan Untuk Kriteria Tradisional.....	63
Tabel 4. 10 Nilai Bobot Kepentingan Untuk <i>Green Criteria</i>	64
Tabel 4. 12 Data <i>Output</i> MCDM Berdasarkan Kriteria Tradisional.....	67
Tabel 4. 13 Data <i>Output</i> MCDM Berdasarkan <i>Green Criteria</i>	67
Tabel 4. 15 Total Bobot Preferensi Untuk Maing-Masing <i>Supplier</i>	68
Tabel 4. 17 Hasil <i>Compromise Programming</i> Untuk Kriteria Tradisional Berdasarkan Fungsi Tujuan Optimasi.....	73
Tabel 4. 18 Hasil <i>Compromise Programming</i> Untuk <i>Green Criteria</i> Berdasarkan Optimasi	74
Tabel 5. 1 Tabel Kriteria Tradisional Menurut Lee et al (2009).....	75
Tabel 5. 2 Tabel <i>Green Criteria</i> Menurut ISO 14001	78

Tabel 5. 3 Hasil <i>Fuzzy</i> TOPSIS untuk Kriteria Tradisional	80
Tabel 5. 4 Hasil Fuzzy TOPSIS untuk <i>Green Criteria</i>	81
Tabel 5. 5 Matriks <i>Tradeoff</i> Untuk Pengambilan Keputusan Pemilihan <i>Supplier</i>	86
Tabel 5. 6 Hasil Analisa Sensitivitas <i>Compromise Programming</i> Untuk Kriteria Tradisional Berdasarkan Fungsi Tujuan Optimasi	88
Tabel 5. 7 Hasil Analisa Sensitivitas <i>Compromise Programming</i> Untuk Kriteria Tradisional Berdasarkan Fungsi Tujuan Optimasi	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Green supply chain management framework.....	19
Gambar 2. 2 Perbedaan Hirarki AHP Dengan ANP	28
Gambar 2. 3 Tahapan ANP	30
 Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Penelitian Tugas akhir	35
Gambar 3. 2 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Penelitian Tugas akhir	36
Gambar 3. 3 <i>Flowchart</i> Pengerjaan Penelitian Tugas akhir	37
Gambar 3. 4 Model <i>Fuzzy TOPSIS</i>	43
Gambar 3. 5 Model ANP	43
 Gambar 4. 1 Saham Semen Gresik Tahun 2006 <i>Sumber: PT. Semen Indonesia</i>	50
Gambar 4. 2 Saham Semen Gresik Tahun 2010 <i>Sumber: PT. Semen Indonesia</i>	50
Gambar 4. 3 Struktur Kepemilikan dan Entitas Anak.....	51
Gambar 4. 4 Struktur Organisasi PT. Semen Gresik <i>Sumber: PT. Semen Gresik</i>	53
Gambar 4. 5 Prosedur Pemilihan <i>Supplier</i> PT. Semen Gresik <i>Sumber: PT. Semen Gresik</i>	58
Gambar 4. 6 Model Analytical Network Process (ANP) <i>Sumber: Software Super Decision</i>	62
Gambar 4. 7 Model Matematika Software LINGO 11 Untuk Fungsi Tujuan Maks Ling <i>Sumber: Software Lingo</i>	69
Gambar 4. 8 Hasil Optimasi <i>Software LINGO 11</i> untuk Fungsi Tujuan Maks Ling <i>Sumber : Software Lingo 11</i>	70
Gambar 4. 9 Model Matematika Software LINGO 11 Untuk Fungsi Tujuan Min Harga <i>Sumber: Software Lingo</i>	71
Gambar 4. 10 Hasil Optimasi <i>Software LINGO 11</i> untuk Fungsi Tujuan Min Harga <i>Sumber : Software Lingo 11</i>	72

Gambar 5. 1 Ranking <i>Supplier</i> Berdasarkan Preferensi Bobot Kriteria Tradisional...	82
Gambar 5. 2 Ranking Supplier Berdasarkan Preferensi Bobot <i>Green Criteria</i>	83
Gambar 5. 3 Hasil Solusi Kompromi Untuk Kriteria Tradisional.....	84
Gambar 5. 4 Hasil Solusi Kompromi Untuk <i>Green Criteria</i>	85
Gambar 5. 5 Hasil Optimasi <i>Software LINGO 11</i> Pada Analisa Sensitivitas <i>Compromise Programming</i> Untuk Kriteria Tradisional Sumber: <i>Software LINGO</i> ...	88
Gambar 5. 6 Hasil Optimasi <i>Software LINGO 11</i> Pada Analisa Sensitivitas <i>Compromise Programming</i> Untuk Kriteria Tradisional.....	89

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan menjelaskan mengenai latar belakang dilakukannya penelitian tugas akhir ini, identifikasi permasalahan yang diamati pada penelitian tugas akhir ini, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian yang terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian tugas akhir ini, manfaat yang didapatkan dari penelitian tugas akhir ini, dan strukturisasi sistem penulisan laporan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Supply chain management adalah prinsip manajemen yang mengkoordinasikan suatu jaringan aktifitas perusahaan yang kompleks, dimulai dengan arus bahan baku atau material produksi hingga pendistribusian produk akhir kepada pelanggan atau *end user*. *Supply chain management* bertujuan untuk memaksimalkan keuntungan (*profitability*) dari perusahaan dan kepuasan pelanggan melalui perencanaan yang terintegrasi dan pengawasan dari sebuah keputusan (*control decisions*) (Mafakheri, Breton et al, 2011).

Selain itu, *purchasing* merupakan strategi utama dalam hal *supply chain management* untuk rantai pasok yang lebih kompetitif. *Purchasing* memiliki 6 proses keputusan yang utama, antara lain: *make or buy*, pemilihan *supplier*, negosiasi kontrak, *design collaboration*, pengadaan, dan menganalisa sumber (*sourcing analysis*). Di antara 6 proses keputusan dalam *purchasing* tersebut, pemilihan *supplier* mendapatkan perhatian dalam pertimbangannya sejak 1960 untuk menghasilkan strategi *purchasing* yang efektif karena dengan pemilihan *supplier* yang tepat dapat mengurangi biaya dan meningkatkan kualitas dari produk akhir yang akan dijual.

Dengan berkembangnya era globalisasi, hal tersebut dapat meningkatkan persaingan dari rantai pasok untuk tetap kompetitif dengan berfokus pada penurunan biaya operasional dan perluasan keuntungan dalam seluruh bidang dalam perusahaan. Namun karena hal tersebut, pada era globalisasi saat ini juga menuntut rantai pasok

dalam sebuah perusahaan untuk memperluas strateginya dengan *aware* terhadap dampak lingkungan, baik dari sektor yang umum hingga ke sektor yang sifatnya *private* menghadapi peningkatan tekanan untuk mempertimbangkan dampak lingkungan dalam mengelola operasional perusahaan dan rantai pasok perusahaan tersebut.

Perkembangan industri dan kepedulian akan konsumen terhadap lingkungan hidup yang semakin meningkat serta isu tentang konsep industri yang berwawasan lingkungan telah memaksa industri melakukan penyesuaian dengan konsep *green industries* dalam setiap bisnis proses industri tersebut termasuk dalam *supply chain management* yang di dalamnya terdapat *procurement* yang apabila diimplementasikan ke dalam konsep *green industries* lebih dikenal sebagai konsep *green procurement*.

PT. Semen Gresik Pabrik Tuban adalah perusahaan semen nasional yang memproduksi berbagai macam jenis semen yaitu *Ordinary Portland Cement* (OPC) yang digunakan untuk bangunan umum yang tidak memerlukan persyaratan khusus dalam pembangunannya, *Portland Pozzolan Cement* (PPC) yang digunakan untuk pesanan khusus dari pelanggan sehingga sifat produksi semen ini tidak kontinyu, kemudian yang terakhir adalah *Special Blended Cement* (SBC) yang digunakan untuk mega proyek dan cocok untuk digunakan di sekitar lingkungan perairan. Untuk mendukung proses bisnis utama yaitu pembuatan semen, perusahaan perlu ditunjang dalam hal operasional perusahaan. Kegiatan operasional perusahaan yang berhubungan dengan proses produksi semen yaitu pembuatan pompa *hydrant* yang bertujuan untuk menanggulangi masalah kebakaran baik dalam hal pembuatan semen maupun aktivitas operasional perusahaan lainnya.

Pompa *hydrant* merupakan sistem untuk perlindungan terhadap kebakaran menggunakan media air, pipa *hydrant* secara umum hampir mirip dengan sistem pipa air pada rumah untuk mengalirkan air. Tetapi dalam perbedaannya prinsip kerja pompa *hydrant* yang membedakannya dari pompa air biasa adalah pompa khusus *fire hydrant* yang digunakan serta komponen yang digunakan untuk merancang sistem

fire hydrant. Rata-rata pompa *hydrant* mampu menghasilkan tekanan 9-10 bar keatas. Pengetahuan mengenai prinsip kerja pompa *hydrant* harus di ketahui oleh *supplier* yang akan merancang dan memasang sistem pompa *hydrant* untuk mengatasi bencana kebakaran yang sewaktu-waktu bisa terjadi. Prinsip kerja pompa *hydrant* agar dapat berjalan dengan baik harus memiliki beberapa komponen untuk menjalankannya antara lain: tempat penyimpanan air (*tandon/ reservoir*), sistem *fire hydrant pump*, sistem distribusi aliran air (pompa *hydrant*), sistem *fire hydrant valve*, dan sistem pemancar air. Dalam pembuatan pompa *hydrant* tersebut perlu diperhatikan dampak lingkungan yang akan berdampak pada fungsi utama pompa *hydrant* agar tidak terjadi kerusakan yang akan menghambat fungsi kerja pompa *hydrant* tersebut dan mencemari lingkungan sekitar perusahaan.

Dalam menghadapi era globalisasi pasar bebas saat ini, maka PT. Semen Gresik Pabrik Tuban telah menerapkan dan mendapatkan beberapa sertifikat salah satunya adalah mengenai lingkungan yaitu sistem manajemen lingkungan ISO 14001:2004, sertifikat no. GB01/19418 dari SGS sejak Febuari 2001.

Dari berbagai sertifikasi yang didapatkan oleh PT. Semen Gresik Pabrik Tuban tersebut, sertifikat yang menyangkut manajemen lingkungan yang sangat mengacu di dalam penelitian tugas akhir ini. Penerapan dari sertifikasi ISO 14001 tersebut meliputi seluruh bisnis proses perusahaan yang terdiri atas proses produksi semen maupun kegiatan operasional perusahaan, dan proses pengadaan barang yaitu pemilihan *supplier* yang mengacu pada aspek dampak lingkungan. Kegiatan pemilihan *supplier* dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban perlu untuk mempertimbangkan dampak lingkungan yang akan dihasilkan sebagai penerapan dari sertifikasi sistem manajemen lingkungan yang didapatkan yaitu ISO 14001:2004. Permasalahan tersebut menjadi faktor kritis terhadap *supply chain management* dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban itu sendiri. Permasalahan tersebut tentu sangat tidak optimal apabila kegiatan pemilihan *supplier* masih menggunakan formulasi dan kriteria-kriteria tradisional.

Perusahaan/organisasi yang sudah tersertifikasi ISO 14001 wajib menerapkan persyaratan yang telah ditetapkan yaitu terdiri dari berbagai kriteria antara lain konteks, kepemimpinan, perencanaan (*planning*), *support*, operasional, evaluasi, dan *continuous improvement*. Dari kriteria tersebut, PT. Semen Gresik Pabrik Tuban sudah menerapkan semua kriteria persyaratan untuk sertifikasi ISO 14001 ke dalam seluruh proses bisnisnya, tetapi untuk unit yang menangani pemilihan *supplier* belum terdapat *transfer knowledge* yang baik mengenai hal tersebut. Hal tersebut dilihat dari kriteria pemilihan *supplier* yang dilakukan masih sangat tradisional yaitu hanya mementingkan faktor reputasi *supplier* untuk evaluasi teknisnya kemudian setelah lolos dari evaluasi teknik akan dilakukan proses negosiasi harga (*tender*) dengan kedua belah pihak antara PT. Semen Gresik Pabrik Tuban dengan *supplier* yang lolos evaluasi teknis.

Pemilihan *supplier* adalah kegiatan *supply chain management* yang sangat kompleks dari proses penentuan keputusan dari berbagai kriteria (*Multi Criteria Decision Making*) yang mempertimbangkan kedua faktor yaitu kualitatif dan kuantitatif untuk memilih *supplier* yang handal dan tepat dalam memenuhi ekspektasi perusahaan. Kompleksitas tersebut datang dari faktor ketidakpastian dan ketidakawasan yang dapat menimbulkan ketidakjelasan dan konflik antar *supplier*. Untuk mendukung bisnis proses dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban, kegiatan dalam hal pemilihan *supplier* sangatlah dibutuhkan. Kegiatan pemilihan *supplier* yang dilakukan oleh PT. Semen Gresik Pabrik Tuban dibagi menjadi 4 tahap yang terdiri atas *PR release*, Pra tender, tender, dan pemenuhan pekerjaan

Pada tahap tender, terdapat evaluasi teknis dari masing-masing *supplier* yang mengacu pada pembobotan kriteria dari masing-masing *supplier* untuk kemudian menjadi acuan sebagai pemilihan *supplier*. Pada evaluasi teknis tersebut, dibagi 2 kategori pemenuhan permintaan yaitu dengan material dan tanpa material. Pemenuhan permintaan dengan permintaan yaitu meliputi konstruksi, instalasi, dan lain-lain. Sedangkan tanpa material yaitu program CSR dan sebagainya. Untuk pemenuhan permintaan dengan material, evaluasi teknis dilakukan berdasarkan

kriteria pengalaman, *equipment* yang dimiliki, struktur organisasi pekerjaan, penjadwalan (*timeline* dari pekerjaan), dan metode atau prosedur kerja. Sedangkan untuk pemenuhan permintaan tanpa material, evaluasi teknis dilakukan berdasarkan kriteria pengalaman kerja, struktur organisasi pekerjaan, kesesuaian dengan TOR, presentasi, kreatifitas program, strategi yang jelas dan runtut dalam mencapai sasaran program, konten, kolaborasi lintas media, *event offline*, *call center*.

Berdasarkan kondisi eksisting pemilihan *supplier* di PT. Semen Gresik Pabrik Tuban yang telah dijelaskan di atas, metode penggunaan untuk memilih *supplier* menggunakan metode pembobotan secara deskriptif yaitu dengan adanya nilai bobot penjelasan atau acuan untuk penilaian bobot tersebut. Dari metode yang digunakan tersebut, pemilihan *supplier* tidak berdasarkan pembobotan atau *pe-ranking-an* antar kriteria dan kriteria untuk pemilihan *supplier* tidak ada yang mengacu pada sertifikasi manajemen lingkungan yang telah didapatkan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban tersebut yaitu ISO 14001. Evaluasi teknis tersebut dapat dikatakan lolos jika nilai dari total keseluruhan kriteria sudah mencapai nilai yang telah ditetapkan, untuk kemudian masuk ke dalam tahap berikutnya yaitu negosiasi harga penawaran antara *supplier* terpilih dengan PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. Metode pemilihan *supplier* yang diterapkan oleh PT. Semen Gresik Pabrik Tuban tersebut, dapat dikatakan bahwa sebagian besar acuan untuk pemilihan *supplier* adalah berdasarkan pengalaman *supplier* lah yang menentukan berhasil atau tidak terpilihnya *supplier* tersebut. Peluang terpilihnya *supplier* adalah 70% dilihat dari segi evaluasi teknis yang dilakukan sebelumnya dan 30% dilihat dari segi harga penawaran *supplier* tersebut tanpa adanya optimaliasasi dalam pemilihan *supplier* dari masing-masing *supplier* terpilih.

Menurut Hamdan et al (2017), proses pemilihan *supplier* dapat diidentifikasi dengan menggunakan *tools* dari pengambilan keputusan untuk permasalahan *multi-period green supplier selection* dan alokasi *order*. *Tools* dari permasalahan tersebut dipakai karena *demand* dari permasalahan adalah tidak pasti (*deterministic*) dan kondisi *multiple-sourcing*. Menurut model Hamdan et al, (2017) menerapkan

metodologi yang terdiri atas tiga komponen. Pertama adalah menggunakan fuzzy TOPSIS (*Technique For Order Of Preference by Similarity to Ideal Solution*). Kedua adalah menggunakan AHP (*Analytical Hierarchy Process*). Ketiga, menggunakan model optimasi menggunakan *Multi Objective Decision Making (MODM)-Compromise Programming*.

Mempertimbangkan proses pemilihan *supplier* menurut Hamdan et al, (2017) yang menggunakan metode *fuzzy TOPSIS*, maka pada penelitian tugas akhir ini menggunakan *fuzzy TOPSIS*, karena belum ada bentuk linguistik dalam menunjukkan pengetahuan dalam penilaian dari *expert* untuk penilaian alternatif terhadap kriteria. Pada penelitian tugas akhir ini, peneliti mengganti metode AHP dengan metode *Analytic Network Process (ANP)* dalam menentukan bobot kriteria.

Berdasarkan pertimbangan bahwa antar kriteria memiliki hubungan saling keterkaitan, maka pada penelitian tugas akhir ini mengusulkan metode ANP karena metode ini mempertimbangkan tidak hanya tingkat kepentingan kriteria untuk menentukan tingkat kepentingan alternatif seperti dalam hierarki, tetapi juga mempertimbangkan tingkat kepentingan alternatif dalam menentukan tingkat kepentingan kriteria. Dengan menggunakan metode ANP dapat diidentifikasi hubungan antara sub kriteria misalkan reputasi *supplier* dari kriteria pengalaman kerja *supplier* sangat dipengaruhi oleh subkriteria lain seperti struktur organisasi pelaksanaan kerja dari kriteria struktur organisasi perusahaan dan subkriteria maupun kriteria lain. Pembobotan alternatif *supplier* juga akan mempengaruhi nilai kepentingan subkriteria performansinya. Pada penelitian ini untuk pendekatan optimasinya menggunakan pendekatan *Multi Objective Decision Making (MCDM)-Compromise Programming*, karena penelitian tugas akhir ini mengacu pada 2 aspek atau kriteria yang berbeda yaitu kriteria tradisional dengan *green criteria* dan juga memiliki 2 objektif yang konfliktual yaitu memaksimalkan keuntungan dari sisi ekonomi, dan juga meminimalkan dampak lingkungan yang dihasilkan oleh *supplier*. Esensi dari penggunaan dua pendekatan ini (MCDM dan MODM) yaitu pemilihan *supplier* dengan kondisi pemilihan tersebut mengacu pada kriteria yang dibutuhkan

dalam pemilihan *supplier* sehingga variabel keputusan dari pendekatan MCDM bersifat diskrit, sedangkan pemilihan *supplier* dengan kondisi pemilihan tersebut mengacu pada lebih dari satu objektif untuk pemilihan *supplier* dan adanya kendala dalam pemilihan *supplier* sehingga variabel keputusan dari pendekatan MODM bersifat kontinyu.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan di atas, pada penelitian ini akan membahas dan membandingkan pemilihan *supplier* berdasarkan pembobotan secara tradisional (pembobotan kriteria deskriptif) dengan pemilihan *supplier* berdasarkan *green criteria* dengan mengoptimasikan *supplier* terpilih.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menerapkan metode pendekatan *green supplier selection* dalam kegiatan pemilihan *supplier* di PT. Semen Gresik Pabrik Tuban dengan menggunakan metode *Multi Criteria Decision Making* (MCDM).
2. Melakukan optimasi berdasarkan model untuk mengoptimasikan pemilihan *supplier* yang memperhitungkan 2 objektif dengan menggunakan metode *Multi Objective Decision Making* (MODM)-*Compromise Programming*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang didapat bagi perusahaan objek amatan adalah sebagai berikut:

1. Perusahaan dapat memilih dan mengidentifikasi bagaimana pemilihan *supplier* dengan melihat aspek lingkungan sebagai landasan dalam memilih *supplier* sebagai rekomendasi *supplier* terpilih.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup dari penelitian ini terdiri dari batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini. Batasan bertujuan untuk membatasi cakupan dari penelitian ini, sementara asumsi bertujuan untuk menyederhanakan dari kondisi nyata terhadap perusahaan sebagai objek amatan penelitian.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Jenis *supplier* yang digunakan merupakan pihak *supplier* yang biasanya memenuhi *demand* untuk memproduksi semen ataupun bidang operasional dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.
2. Alokasi *order* mengikuti permintaan dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban sendiri.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Alokasi *order* tetap untuk masing-masing *supplier*. Tidak ada perubahan permintaan yang dilakukan oleh pihak PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.
2. Analisa sensitivitas diperlukan untuk mengetahui bagaimana perubahan *supplier* terpilih jika ada variable yang akan diubah.

1.6 Strukturisasi Penulisan Laporan

Strukturisasi penulisan yang digunakan dalam penyusunan laporan penelitian tugas akhir ini akan dibagi ke dalam beberapa bab yang saling berkaitan. Strukturisasi penulisan penelitian tugas akhir adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Pada Bab I ini akan dijelaskan mengenai keadaan saat ini yang melatarbelakangi penelitian tugas akhir, perumusan masalah dalam penelitian tugas akhir, ruang lingkup yang digunakan dalam penelitian tugas akhir meliputi batasan

dan asumsi, tujuan penelitian tugas akhir, manfaat penelitian tugas akhir, dan strukturisasi penulisan laporan penelitian Tugas akhir.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada Bab II ini akan dijelaskan mengenai teori yang digunakan sebagai landasan penggunaan metode dalam pengerjaan penelitian tugas akhir ini. Teori akan menjadi acuan dalam melakukan penelitian tugas akhir agar tidak terjadi kerancuan atau kesalahpahaman akan metode yang digunakan untuk mencapai tujuan yang diinginkan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada Bab III ini akan dijelaskan mengenai metode yang akan digunakan beserta tahapan-tahapan yang terstruktur dalam proses pengerjaan penelitian tugas akhir hingga selesai penelitian tersebut. Pada bab ini akan menyajikan kerangka berfikir proses penelitian tugas akhir hingga tercapainya pengambilan keputusan dari penelitian tugas akhir ini.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada Bab IV ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data-data yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir ini baik yang bersifat kuantitatif maupun kualitatif mengenai kriteria-subkriteria performansi *supplier* yang berdasarkan *green supplier selection*, pembobotan oleh pihak ahli (*expert judgement*) dari perusahaan objek amatan, data yang diperlukan untuk mengoptimasi *order allocation*, dan data-data lain yang diperlukan dalam penelitian tugas akhir. Data-data ini kemudian akan diolah dengan metode yang terpilih untuk menghasilkan solusi yang dapat mendukung pencapaian atau menjawab dari tujuan penelitian tugas akhir.

BAB V ANALISA DAN INTERPRETASI DATA

Pada Bab V ini akan dijelaskan mengenai analisa berdasarkan hasil yang diperoleh dari data yang telah dikumpulkan dan yang telah diolah pada bab sebelumnya yaitu bab pengumpulan dan pengolahan data. Analisa dilakukan berdasarkan dasar metode yang digunakan untuk penelitian tugas akhir.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada Bab VI ini akan dijelaskan mengenai kesimpulan yang didapatkan dari penelitian tugas akhir berdasarkan bab-bab sebelumnya yang telah dilakukan untuk kemudian dibuat suatu saran, rekomendasi, maupun usulan yang dapat diberikan untuk perusahaan objek amatan penelitian tugas akhir berupa pemilihan *supplier* berdasarkan pembobotan kriteria dan optimasi *order allocation* dari masing-masing *supplier* yang akan dipilih yang dilakukan selama penelitian tugas akhir ini.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini ini akan menjelaskan mengenai studi *literature* dari berbagai sumber seperti buku, jurnal nasional maupun internasional, penelitian sebelumnya, dan sebagainya yang digunakan sebagai pedoman untuk penelitian tugas akhir ini.

2.1 Pemilihan Supplier

Menurut (Chen, 2011), *supplier* merupakan industri atau *supplier* yang menyediakan material dan bahan baku, komponen atau pelayanan yang tidak dapat disediakan oleh industri manufaktur. Dalam konteks *supply chain management*, *supplier* merupakan salah satu bagian yang sangat penting dan berpengaruh terhadap eksistensi perusahaan. Untuk mendapatkan *supplier* yang tepat, perusahaan perlu melakukan evaluasi *supplier*. Mengevaluasi *supplier* merupakan hal yang tidak mudah karena data yang digunakan tidak hanya kuantitatif tetapi juga kualitatif dan banyak faktor yang terlibat dalam proses evaluasi *supplier* tersebut yang saling berlawanan. Begitu pun dalam kasus *green supply chain management*, pemilihan *supplier* harus melihat dari sisi dampak lingkungan yang akan terjadi agar *supplier* terpilih dapat *sustain* terhadap lingkungan yang akan mempengaruhi performansi lingkungan hidup suatu industri.

Menurut (Ware NP et al , 2014), secara umum permasalahan perencanaan pemilihan *supplier* adalah proses dimana permasalahan tersebut mempertimbangkan perbedaan waktu dalam *demand*, *cost*, dan *capacity*. Dengan tujuan untuk meminimalkan biaya total perusahaan. Permasalahan pemilihan *supplier* dan alokasi *order* dengan perencanaan keputusan dinamakan sebagai “*dynamic supplier selection problems*” yang mempertimbangkan pada dinamika lingkungan sekitar yang mungkin berbeda periode waktu dalam jangka waktu tertentu. Biaya tetap dari *supplier*, *demand* produk, dan *green assessment* dapat berubah dari satu waktu ke waktu lainnya. Perbedaan waktu tersebut dapat menghasilkan perbedaan pemilihan dan

penjadwalan, dimana *supplier* yang dipilih pada waktu tersebut tidak dapat dipakai lagi di waktu yang lain. Permasalahan pemilihan *supplier* dan alokasi *order* mungkin juga menghasilkan permasalahan penilaian ulang dimana *supplier* tersebut diharuskan untuk dievaluasi kembali baik itu kriteria maupun alokasi *order* nya.

Menurut (Chen, 2011) dalam jurnal ilmiahnya memberikan pendekatan terstruktur dalam melakukan pemilihan *supplier* yang dimulai dengan identifikasi *competitive strategy*, mengevaluasi kriteria terhadap performansi *supplier*, menetapkan kandidat *supplier* alternatif, pembobotan terhadap kriteria pemilihan, melakukan evaluasi *supplier* dan pengujian performansi *supplier*.

Berikut merupakan penjelasan masing-masing tahapan pemilihan *supplier* menurut (Chen, 2011):

a. Identifikasi strategi kompetitif

Strategi industri adalah sebuah rencana yang berkembang melalui proses suatu perusahaan menganalisa kekuatan dan kelemahan organisasi internalnya, serta ancaman lingkungan eksternal dan peluang. Dalam lingkungan kompetisi yang dinamis, jika perusahaan ingin mempertahankan kekuatan kompetitif maka harus mengembangkan hubungan *supplier* pada tingkat strategis daripada hanya berfokus pada produk dan harga. Menurut sudut pandang *supply chain management*, perusahaan juga harus mempertimbangkan tujuan pembentukan kekuatan kompetitif dan mengembangkan hubungan jangka panjang sedangkan perencanaan strategi perusahaan. Akibatnya strategi kompetitif perusahaan dan strategi *supply chain* berpengaruh penting pada pemilihan *supplier*.

b. Menentukan kriteria dan indikator evaluasi

Berdasarkan analisis usaha strategis diatas, faktor-faktor kunci keberhasilan yang mempengaruhi kekuatan kompetitif perusahaan digunakan sebagai indikator dasar pemilihan *supplier* dan indikator yang kemudian dikategorikan ke dalam kriteria yang berbeda untuk membentuk suatu kerangka evaluasi untuk pemilihan *supplier*.

Menurut kemudahan penerapan kriteria evaluasi dan kerangka indikator serta ekstensi untuk meningkatkan kriteria baru di masa depan, kriteria pemilihan *supplier* dibedakan menjadi dua faktor utama, yaitu: *competitive factor* dan *organization factor*. Kriteria yang berkaitan dengan *competitive factor* yaitu kualitas produk, faktor biaya, waktu pengiriman, dan layanan, sedangkan kriteria yang terkait dengan *organization factor* yaitu kemampuan teknis dan produksi, kondisi keuangan *supplier*, dan manajemen organisasi.

c. Menetapkan kandidat *supplier*

Tahapan selanjutnya dipilih beberapa calon *supplier* potensial yang dianggap sesuai secara administratif sebagai *supplier* alternatif perusahaan. (Chen, 2011) merekomendasikan penerapan DEA (*Data Envelopment Analysis*) untuk seleksi awal *supplier*. Parameter yang digunakan pada umumnya masih sebatas kapasitas dan jarak antar *supplier* dan perusahaan.

d. Penetapan *weight* pada kriteria pemilihan

Setelah kriteria pemilihan *supplier* dirumuskan, kriteria tersebut ditentukan tingkat kepentingan (*weight*) masing-masing yang menjadi pertimbangan *trade off* dalam penentuan *supplier* alternatif.

e. Pengambilan keputusan pemilihan *supplier*

Multi Criteria Decision Making (MCDM) adalah suatu metode pengambilan keputusan untuk mengidentifikasi solusi *non inferior* atau mengatur urutan prioritas berdasarkan penilaian beberapa kriteria dan preferensi pengambil keputusan.

f. Evaluasi kinerja *supplier*

Tahapan evaluasi ini merupakan siklus terakhir dalam pemilihan dan evaluasi *supplier*. Kinerja *supplier* harus dimonitor secara berkelanjutan. Penilaian kinerja *supplier* ini merupakan hal yang penting karena dapat dijadikan sebagai bahan evaluasi yang dapat digunakan sebagai masukan dalam peningkatan kinerja *supplier* maupun sebagai bahan pertimbangan mengenai keputusan keperluan pencarian *supplier* 13egative13ve. Ketika perusahaan tidak hanya memiliki satu *supplier*, maka

supplier akan terpacu dan berlomba untuk meningkatkan kinerja mereka agar tetap menjadi rekanan bagi perusahaan.

2.1.1 Kriteria *Supplier Tradisional*

(Hu, 2004) mengidentifikasi kriteria-kriteria yang digunakan dalam 24 jurnal ilmiah mengenai *supplier selection* dan diperoleh kriteria terpenting yaitu biaya, waktu pengiriman, dan kapasitas serta kualitas. (Ho et al, 2010) melakukan observasi jurnal penelitian mengenai *supplier selection* yang diterbitkan dari tahun 200-2008. Mereka menemukan kriteria yang paling sering digunakan yaitu *quality, delivery time, price, manufacturing capability, service, management, technology, research and development, finance, flexibility, reputation, relationship, risk, dan safety and environment*. Konsep kriteria inilah yang kemudian disebut kriteria tradisional dimana kriteria tertinggi masuk kepada tujuan produktifitas dan efisiensi perusahaan namun belum mengacu pada prioritas perlindungan lingkungan hidup.

(Lee et al, 2009) mengilustrasikan kriteria *supplier* tradisional yaitu terdapat beberapa kriteria performansi *supplier* berupa *quality, finance, organization, technology capability, service, total product life cycle cost, dan group criteria green procurement* yang diantaranya adalah *green image, pollution, dan environment management*. Namun untuk kategori kriteria dari *green procurement* tersebut menempati ranking terendah dalam kriteria pemilihan *supplier* secara tradisional dan yang menempati ranking tertinggi adalah masih pada kriteria *quality* dan *service*. Berikut merupakan ranking dari kriteria tradisional menurut (Lee et al, 2009):

Tabel 2. 1 Kriteria *Supplier Tradisional*

Kriteria	Sub Kriteria	Ranking Prioritas
Quality	<i>Quality-related certificates</i>	8
	<i>Capability of quality management</i>	4
	<i>Capability of handling abnormal quality</i>	1
Technology Capability	<i>Technology level</i>	23
	<i>Capability of R&D</i>	13
	<i>Capability of design</i>	5
	<i>Capability of preventing pollution</i>	15

Kriteria	Sub Kriteria	Ranking Prioritas
<i>Product Life Cycle Cost</i>	<i>Cost of component disposal</i>	17
<i>Green Image</i>	<i>Ratio of green customers to total customers</i>	13
	<i>Social responsibility</i>	12
<i>Pollution Control</i>	<i>Air emissions</i>	7
	<i>Waste water</i>	9
	<i>Solid wastes</i>	15
	<i>Energy consumptions</i>	20
	<i>Use of harmful materials</i>	2
<i>Environmental Management</i>	<i>Environmental-related certificates</i>	3
	<i>Continuous monitoring and regulatory compliance</i>	6
	<i>Green process planning</i>	11
	<i>Internal control process</i>	9
<i>Green Product</i>	<i>Recycle</i>	18
	<i>Green packaging</i>	18
<i>Green Competencies</i>	<i>Materials used in the supplied components that reduce the impact</i>	20
	<i>Ability to alter process and product for reducing the impact</i>	22

Sumber: (Lee et al, 2009)

2.1.2 Green Criteria

Pada era globalisasi pasar bebas ini, *supplier* yang menghasilkan produk yang ramah lingkungan dengan kualitas pelayanan yang baik akan mendapatkan lebih banyak pengakuan baik penghargaan maupun perhatian khusus dari perusahaan yang membutuhkan produk dengan kualitas yang baik. Definisi dari *green* dalam penelitian tugas akhir ini berbeda dengan definisi dari konsep *sustainability*. Pada konsep *sustainability*, mencakup ekonomi, social, dan dampak lingkungan yang dihasilkan, sementara definisi *green* dalam hal *green criteria* pada penelitian tugas akhir ini adalah hanya dibatasi dengan aspek dan dampak lingkungan yang dihasilkan. Pada akhirnya, definisi *green criteria* dalam penelitian tugas akhir ini mendapatkan satu titik temu yaitu konsep *green criteria* pada penelitian Tugas akhir ini adalah bagian dari konsep *sustainability*.

Menurut (Igarashi et al, 2013) menemukan bahwa *green criteria* dapat berguna pada kriteria yang dihitung berdasarkan data kualitatif maupun kuantitatif pada model *green supplier selection* dengan tanpa mengidentifikasi dengan jelas

karakteristik kriteria tersebut atau bahkan definisi dari kriteria tersebut. *Green criteria* dapat disusun menjadi 2 kategori: kriteria pada *product-oriented* dan kriteria *organization-oriented*. Berikut merupakan kategori menurut (Igarashi et al, 2013):

Tabel 2. 2 Kategori *Green Criteria*

<i>Product-related</i>	<i>Organization-related</i>
Penggunaan zat beracun	Sertifikasi mengenai sistem manajemen lingkungan
Penggunaan sumber daya	Kebijakan manajemen lingkungan
Sertifikasi manajemen lingkungan	Kepatuhan terhadap regulasi
Kemasan daur ulang	Evaluasi <i>supplier</i> tingkat kedua
<i>Green technology</i>	Pelatihan pegawai untuk meningkatkan <i>awreness</i> mengenai isu lingkungan
	<i>Green market share</i>

Sumber: (Igarashi et al, 2013)

Menurut (Govindan et al, 2013) menemukan bahwa pendekatan yang paling banyak digunakan dalam hal *green supplier selection* adalah pendekatan *fuzzy-based single*, dimana *green criteria* paling umum adalah sistem manajemen lingkungan, diikuti dengan *green image*, performansi lingkungan, dan potensi lingkungan. (Igarashi et al, 2013) menemukan bahwa pendekatan *green criteria* dapat berguna pada penilaian kuantitatif maupun kualitatif dari model pemilihan *supplier* berbasis lingkungan tanpa mengidentifikasi secara rinci karakteristik dari kriteria tersebut atau bahkan definisi dari kriteria tersebut. *Green criteria* dapat disusun berdasarkan 2 kategori: kriteria dari *product oriented* dan kriteria dari *organization-related*. Kriteria dari *product oriented* adalah yang menunjukkan klasifikasi kriteria berdasarkan produk yang dihasilkan yang diharapkan tidak mempengaruhi kondisi lingkungan sekitar, sedangkan kriteria *organization-related* adalah kriteria yang menunjukkan bahwa proses bisnis yang dilakukan oleh perusahaan tersebut tidak berdampak buruk untuk lingkungan sekitar.

(Humphrey et al, 2004) mendefinisikan proses pemilihan *supplier* tradisional hanya mengamati faktor yang berhubungan dengan produk yaitu seperti kualitas, fleksibilitas, dan harga. Namun dalam situasi yang menuntut konsep ramah lingkungan, banyak perusahaan mulai memasukkan kriteria perlindungan lingkungan dalam mengevaluasi *supplier*.

ISO 14001 merekomendasikan kriteria pemilihan *supplier* berbasis *green procurement* yang terstruktur dengan kriteria-kriteria *context, leadership, planning, support, operations, evaluation, dn improvement*. Berikut merupakan *green criteria* dari *green procurement* menurut ISO 14001 dalam tabel 2.3:

Tabel 2. 3 Kriteria Supplier Green menurut ISO 14001

No. Kriteria	Kriteria	No. Sub Kriteria	Sub Kriteria
1	Context	1.1	Pemahaman proses bisnis
		1.2	Persyaratan pihak tertarik (<i>interested party</i>)
		1.3	<i>Environmental Management System scope</i>
2	Leadership	2.1	Arahan strategis pengelolaan lingkungan
		2.2	Kebijakan lingkungan organisasi
		2.3	Peran dan tanggung jawab lingkungan
3	Planning	3.1	Resiko dan peluang penerapan EMS
		3.2	Komitment kebijakan
4	Support	4.1	Sumber daya untuk mendukung EMS
		4.2	<i>Controlling EMS</i>
		4.3	Manajemen dokumen informasi
5	Operations	5.1	<i>Controlling</i> proses EMS dari operasional
		5.2	<i>Response Process</i>
6	Evaluation	6.1	<i>Environmental performances</i>
		6.2	<i>Organizations Environmental Performance</i>
		6.3	<i>Internal audit methods, schedules, and requirements</i>
7	Improvement	7.1	EMS Improvement
		7.2	Kesesuaian EMS

2.2 Green Supply Chain Management

Dalam era globalisasi ini, distribusi dan logistik telah memainkan peranan penting dalam pertumbuhan dan perkembangan perdagangan dunia. Terlebih lagi persaingan bisnis yang semakin ketat di era globalisasi ini menuntut perusahaan

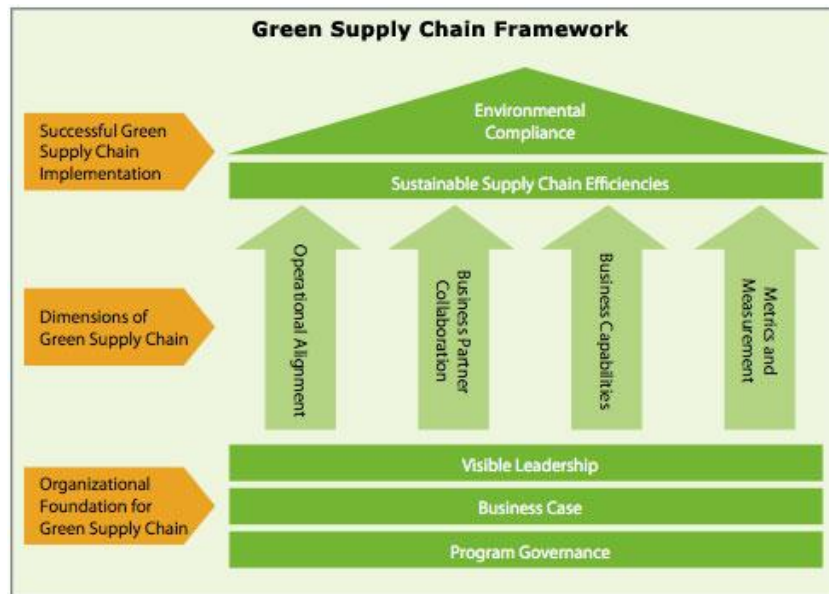
untuk menyusun kembali strategi dan taktik bisnisnya khususnya dari segi distribusi dan 18egative. Esensi dari persaingan adalah terletak dari bagaimana sebuah perusahaan dapat mengimplementasikan proses-proses dari penciptaan produk atau jasa yang lebih murah, memiliki mutu lebih baik, dan lebih cepat untuk memperolehnya (*cheaper, better and faster*) dibandingkan pesaing bisnisnya. *Green Procurement* adalah praktek pengelolaan lingkungan ke dalam seluruh manajemen rantai pasokan dalam rangka mencapai *greener supply chain management* dan mempertahankan keunggulan yang kompetitif dan juga untuk meningkatkan keuntungan bisnis dan tujuan pangsa pasar. (Sarkis et al, 2011) mendefinisikan *Green Supply Chain Management* sebagai pengelolaan yang berkisar dari *green purchasing* hingga rantai pasokan yang terintegrasi mulai dari pemasok, ke pabrik, ke pelanggan dan *reverse logistics*, yang “menutup *loop*”.

(Ninlawan et al, 2010) melihat bahwa penambahan kata *green* pada *supply chain management* akan membangun perspektif baru tentang konsep baru *green procurement*, *green manufacturing*, *green distribution*, dan *reverse logistics*. *Green supply chain management* (GSCM) membangun suatu ide untuk mengurangi dan meminimalisasi pemborosan dalam bentuk energi, bahan bakar kimia berbahaya, maupun *solid waste* yang terjadi selama proses bisnis *supply chain management*.

Green procurement merupakan bagian dari *green supply chain management* yang melakukan aktifitas pengadaan material dan bahan baku yang berwawasan lingkungan hidup, material dan bahan baku yang dipilih harus memenuhi standar keamanan yang ditetapkan industry yang bersangkutan (Ninlawan et al, 2010). *Green procurement* dapat terealisasi jika pengadaan material dilakukan kepada *supplier* yang telah memenuhi standar kualitas lingkungan dan lulus audit terhadap regulasi lingkungan hidup seperti ISO 14001 atau OHSAS 18000.

Penerapan *green procurement* diharapkan risiko ancaman lingkungan yang terbawa oleh material dan bahan baku dari *supplier* dapat terminimalisir. Konsep *green procurement* saling berbagi tanggung jawab dan kesadaran akan pentingnya

meminimalkan ancaman lingkungan hidup demi keseimbangan antar industri dan lingkungan sekitar.



Gambar 2. 1 Green supply chain management framework
 Sumber: (Ninlawan et al, 2010)

2.3 Multi Criteria Decision Making (MCDM)

Setiap saat peradaban kita dihadapkan dengan persoalan pembuatan keputusan. Di samping dihadapkan dengan persoalan pembuatan keputusan, orang-orang selalu tertarik untuk menganalisis cara orang membuat keputusan. Dalam pengertian sederhana, 19egative19ve-alternatif pembuatan keputusan yang bisa dipilih dan kriteria yang terkait bisa dievaluasi dan lebih disukai oleh orang-orang. Hal ini mengarahkan pada teknik pembuatan keputusan yaitu pembuatan keputusan multi kriteria (MCDM).

Multi Criteria Decision Making (MCDM) adalah metode pengambilan keputusan untuk menetapkan 19egative19ve terbaik dari sejumlah 19egative19ve berdasarkan beberapa kriteria tertentu.

Dalam MCDM, terdapat beberapa elemen dimana dari masing-masing elemen tersebut harus dipertimbangkan. Pertama adalah atribut, dimana menjelaskan

dan memberikan karakteristik terhadap objek tersebut. Kedua adalah tujuan, dimana membahas mengenai kemana arah dari *improvement* atau preferensi untuk atribut. Misalnya: memaksimalkan umur, meminimalkan biaya, dan lain-lain. Ketiga adalah tujuan, yang harus didefinisikan di awal. Misalnya untuk tujuan “memaksimalkan profit”, tujuannya adalah mendapatkan keuntungan 10 juta dollar per bulan.

Karakteristik dari permasalahan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) adalah sebagai berikut:

- a. Terdapat dua atau lebih atribut dan kriteria dimana saling bertentangan (*conflicting*) dengan satu sama lainnya.
- b. Terdapat lebih dari dua solusi 20egative20ve dari keputusan tersebut.
- c. Karakteristik dari *conflicting* adalah intrapersonal dan interpersonal.

Menurut (Kusumadewi et al, 2006) persoalan-persoalan MCDM tidak selalu memiliki suatu solusi yang unik. Tergantung pada sifatnya, nama-nama (atau tipe-tipe) yang berbeda diberikan pada solusi-solusi yang berbeda.

- a. Solusi yang ideal. Kriteria bisa dibagi menjadi dua golongan. Kriteria yang akan dimaksimalkan merupakan bagian dari kelas kriteria laba (bahkan mungkin tidak selalu merupakan kriteria laba), dan kriteria yang berlawanan yang akan diminimalkan ada dalam kelas kriteria biaya. Jadi, solusi yang ideal akan memaksimalkan semua kriteria laba dan di sisi lain meminimalkan semua kriteria biaya. Sebagaimana dijelaskan di atas, sifat kriteria MCDM adalah saling bertentangan dan biasanya tidak ada solusi yang optimal untuk suatu persoalan. Walaupun biasanya metode MCDM mengalokasikan yang terbaik dari 20egative20ve yang diberikan, beberapa metode MCDM didasarkan pada gagasan bahwa solusi yang terbaik akan mendekati solusi optimal.
- b. Solusi yang tidak terdominir (juga dikenal sebagai solusi Pareto-optimal dalam ilmu ekonomi). Suatu solusi yang layak dalam MCDM bersifat tidak terdominir karena tidak ada solusi layak yang lain yang akan memperbaiki suatu kriteria tanpa menyebabkan degradasi.

- c. Suatu solusi yang memuaskan adalah suatu sub set solusi-solusi yang layak, yang telah dikurangi dengan masing-masing 21egative21ve melebihi semua kriteria yang diharapkan. Solusi yang memuaskan tidak selalu tidak terdominir. Apakah solusi memuaskan atau tidak merupakan bagian dari tingkat pengetahuan dan kemampuan pembuat keputusan.
- d. Solusi yang lebih disukai. Solusi yang lebih disukai, yang merupakan suatu solusi yang tidak terdominir, mewakili solusi, yang terutama memuaskan pembuat keputusan. Dalam pandangan ini, metode MCDM hanya membantu proses pembuatan keputusan dengan mencapai solusi yang lebih disukai dengan syarat bahwa preferensipreferensi pembuat keputusan harus diamati.

Kriteria biasanya berupa ukuran-ukuran, aturan-aturan atau 21egative yang digunakan dalam pengambilan keputusan. Berdasarkan tujuannya, (Kusumadewi et al, 2006) membagi MCDM menjadi dua model, yaitu *Multi-Attribute Decision Making* (MADM) dan *Multi Objective Decision Making* (MODM). MADM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah dalam ruang diskret. Biasanya digunakan untuk melakukan penilaian atau seleksi terhadap beberapa 21egative21ve dalam jumlah yang terbatas. Sedangkan MODM digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah pada ruang kontinyu (seperti permasalahan pada pemrograman matematis). Secara umum dapat dikatakan bahwa MADM menyeleksi 21egative21ve terbaik dari sejumlah 21egative21ve, sedangkan MODM merancang 21egative21ve terbaik. Perbedaan (Kusumadewi et al, 2006) mendasar menurut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. 4 Perbandingan MADM dengan MODM

<i>Decision Element</i>	<i>MADM</i>	<i>MODM</i>
<i>Criteria</i>	<i>Attribute</i>	<i>Objective</i>
<i>Objective</i>	<i>Implicit</i>	<i>Explicit</i>
<i>Attribute</i>	<i>Explicit</i>	<i>Implicit</i>
<i>Alternatif</i>	<i>limited</i>	<i>unlimited and continuous</i>
<i>Interaction</i>	<i>Infrequent</i>	<i>Frequent</i>

<i>Decision Element</i>	<i>MADM</i>	<i>MODM</i>
<i>Usage</i>	<i>Problem and negative selection</i>	<i>Conception and engineering problem</i>
<i>Method example</i>	<i>AHP, ANP, ELECTRE, PROMETHEE, entropy, TOPSIS</i>	<i>Global criteria, compromise programming, goal programming, GPSTEM</i>

Sumber: (Ciptomulyono, 2010)

2.3.1 TOPSIS (*Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution*)

TOPSIS diperkenalkan oleh (C-L Hwang et al, 1981) adalah teknik MCDM yang memberi peringkat masing-masing *supplier* berdasarkan jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terpanjang dari solusi ideal. Pemilihan *supplier* adalah proses yang rumit karena banyak kriteria harus dipertimbangkan dalam membuat proses pengambilan keputusan, yang umumnya kompleks dan tidak terstruktur. Metode TOPSIS mengevaluasi dan menentukan bobot masing-masing pemasok dan hasil akhirnya membuat peringkat setiap *supplier*. TOPSIS dianggap telah menjadi teknik yang menguntungkan untuk memecahkan masalah multi kriteria. Hal ini terutama karena konsepnya mudah dimengerti dibandingkan dengan metode MCDM lain. TOPSIS didasarkan pada konsep bahwa *supplier* yang optimal harus memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal. Karena *decision makers* lebih memilih untuk menggunakan *linguistic scale* untuk memberikan angka dan bertanggung jawab atas ketidakjelasan dan ketidakpastian dalam prosedur penilaian, (Chen, 2011) mengusulkan untuk menggunakan metode *fuzzy* TOPSIS. Pada permasalahan pemilihan *supplier*, *fuzzy* TOPSIS lebih dipilih daripada *fuzzy* AHP, seperti terlihat pada perbandingan (Lima Junior et al , 2014). Mereka membuktikan *fuzzy* TOPSIS menghasilkan hasil yang konsisten ketika angka dari alternatif atau kriteria berubah, sementara *reversal ranking* terjadi pada *fuzzy* AHP. Mereka juga menunjukkan bahwa *fuzzy* TOPSIS menghasilkan hasil yang lebih baik daripada *fuzzy* AHP dalam banyak kasus dan membutuhkan sedikit data. Untuk

mengimplementasikan *fuzzy* TOPSIS untuk ranking *supplier* berdasarkan kriteria tradisional dan *green criteria*, dapat digunakan TFN (*Triangular Fuzzy Number*).

Tabel 2. 5 Criterion Scale

<i>Linguistic Variable</i>	<i>Triangular Fuzzy Number</i>
<i>Little Importance (LI)</i>	(0, 0, 0.25)
<i>Moderately Important (MI)</i>	(0, 0.25, 0.50)
<i>Important (I)</i>	(0.25, 0.50, 0.75)
<i>Very Important (VI)</i>	(0.50, 0.75, 1.00)
<i>Absolutely Important (AI)</i>	(0.75, 1.00, 1.00)

Sumber: (Zadeh, 1965)

Tabel 2. 6 Alternatif Rating Scale

<i>Linguistic Variable</i>	<i>Triangular Fuzzy Number</i>
<i>Very Low (VL)</i>	(0, 0, 0.25)
<i>Low (L)</i>	(0, 0.25, 0.50)
<i>Good (G)</i>	(0.25, 0.50, 0.75)
<i>High (H)</i>	(0.50, 0.75, 1.00)
<i>Very Hight (VH)</i>	(0.75, 1.00, 1.00)

Sumber: (Zadeh, 1965)

2.3.1.1 *Fuzzy Logic*

Menurut (Kusumadewi et al, 2006) logika *fuzzy* adalah suatu cara yang tepat untuk memetakan suatu ruang input ke dalam suatu ruang output, mempunyai nilai kontinyu. *Fuzzy* dinyatakan dalam derajat dari suatu keanggotaan dan derajat dari kebenaran. Oleh sebab itu sesuatu dapat dikatakan sebagian benar dan sebagian salah pada waktu yang sama. Ada beberapa alasan mengapa orang menggunakan logika *fuzzy*, antara lain:

1. Konsep logika fuzzy mudah dimengerti. Konsep matematis yang mendasari penalaran fuzzy sangat sederhana dan mudah dimengerti.
2. Logika fuzzy sangat fleksibel.
3. Logika fuzzy memiliki toleransi terhadap data-data yang tidak tepat.
4. Logika fuzzy mampu memodelkan fungsi-fungsi nonlinear yang sangat kompleks.

5. Logika fuzzy dapat membangun dan mengaplikasikan pengalaman para pakar secara langsung tanpa harus melalui proses pelatihan.
6. Logika fuzzy dapat bekerjasama dengan teknik-teknik kendali secara konvensional.
7. Logika fuzzy didasarkan pada bahasa alami

Himpunan *fuzzy* memiliki 2 atribut, yaitu:

1. Linguistik, yaitu penamaan suatu grup yang mewakili suatu keadaan atau kondisi tertentu dengan menggunakan bahasa alami, seperti: MUDA, PAROBAYA, TUA.
2. Numeris, yaitu suatu nilai (angka) yang menunjukkan ukuran dari suatu variable seperti: 40, 25, 50, dsb.

Pada penelitian Tugas akhir menggunakan himpunan *fuzzy* dengan atribut 24 negative24v.

2.3.1.2 Triangular Fuzzy Number (TFN)

Teori *fuzzy* diperkenalkan oleh (Zadeh, 1965) sebagai penambahan dari set gagasan klasik. *Fuzzy numbers* sangat berguna dalam menggambarkan sebuah pengukuran subjektifitas daripada nilai pasti (*exact value*). Dalam permasalahan pemilihan *supplier* dengan *fuzzy environment*, lebih banyak digunakan format *fuzzy numbers* adalah TFN. TFN dapat didefinisikan sebagai *triplet* (l, m, u) dengan fungsi sebagai berikut:

$$\mu_A = \begin{cases} 0 & x < l \\ \frac{x-l}{m-l} & l \leq x \leq m \\ \frac{u-x}{u-m} & m \leq x \leq u \end{cases} \quad (2-1)$$

TFN diatur berdasarkan tiga nilai penilaian, dimana *l* adalah *minimum possible value*, *m* adalah *the most possible value*, dan *u* adalah *maximum possible value*. Pada permasalahan ini digunakan *linguistic variable* untuk menghitung ketidakpastian dalam proses pembuatan keputusan karena cukup mudah untuk

merepresentasikan sebagai *fuzzy numbers*. Pada permasalahan ini digunakan 5 poin dari *linguistic scale* yang diusulkan oleh (Lau et al, 2003) seperti pada tabel 2.5 dan tabel 2.6 yang terdiri atas definisi *rating scale* untuk kriteria dan alternatif (*suppliers*). Dengan menggunakan *linguistic variable* ini, setiap pembuat keputusan dapat menentukan bobot untuk setiap kriteria pada *green criteria* dan untuk setiap kriteria pada kriteria tradisional. Bahkan setiap pembuat keputusan dapat menentukan bobot untuk setiap *suppliers* dengan mengacu kepada masing-masing kriteria dari 2 kriteria yang telah dijelaskan sebelumnya. Penentuan bobot untuk masing-masing kriteria tersebut berdasarkan pengetahuan dan pengalaman dari pembuat keputusan seperti kepentingan relatif dari masing-masing kriteria terhadap perusahaan tersebut. Penentuan bobot untuk *supplier* dengan mengacu pada kriteria yang dirumuskan dapat dilakukan dengan menggunakan data historis, studi kemampuan pada *supplier*, dan uji laboratorium serta analisis dari produk yang dibeli.

Nilai TFN di atas dikonversikan menjadi *crisp value* dengan menggunakan metode *Graded Mean Integration Representation* (GMIR), yang digunakan untuk menyelesaikan permasalahan *defuzzification* (Chen & Hsieh, 2000).

Kemudian, nilai $X_{ij} = (c_{ij}, a_{ij}, b_{ij})$; $i = 1, 2, \dots, n$; $j = 1, 2, \dots, m$; adalah nilai dari TFN. Dengan metode GMIR, GMIR $R(X_{ij})$ dari X_{ij} adalah pada persamaan 2-2:

$$R(X_{ij}) = \frac{c_{ij} + 4a_{ij} + b_{ij}}{6} \quad (2-2)$$

Setelah itu, dilakukan normalisasi dari *initial crisp value*. Nilai $R(X_{ij})$ dikurangkan dengan nilai maksimum dari masing-masing pengambil keputusan (Wardhani, et al., 2012). Rumus dapat dilihat pada persamaan 2-3:

$$S(X_{ij}) = R(X_{ij}) - R(X_i)_{max} \quad (2-3)$$

Kemudian nilai bobot untuk masing-masing kriteria dari pengambil keputusan ditentukan dengan membagi hasil $S(X_{ij})$ dengan total nilai $S(X_{ij})$ untuk semua kriteria. Rumus dapat dilihat pada persamaan 2-4:

$$\tilde{s}_{ij} = \frac{s(X_{ij})}{\sum_j^m s(X_{ij})} ; \text{ where } 0 \leq \tilde{s}_{ij} \leq 1 \quad (2-4)$$

2.3.1.3 Fuzzy TOPSIS Procedure

Langkah 1:

Dengan menggunakan *linguistic variables*, pembuat keputusan D_k , $k=1,2,\dots,k$, memberi bobot *linguistic* berubah menjadi TFN, w_i^k kepada masing-masing kriteria I , $i=1,2,\dots,n$, dan bobot *linguistic* berubah menjadi TFN, x_{ij}^k untuk masing-masing $j=1,2,\dots,m$, dengan mengacu pada masing-masing kriteria i . Pada penelitian ini, adalah *supplier* yang tersedia dan kriteria terkait *suppliers* serta kriteria tradisional maupun *green criteria*. Bobot tersebut lalu diagregasikan berdasarkan persamaan berikut:

$$\bar{w}_i = (l_i, m_i, u_i) = \frac{1}{k} (w_i^1 + w_i^2 + \dots + w_i^k) \quad (2-5)$$

$$\bar{x}_{ij} = (l_{ij}, m_{ij}, u_{ij}) = \frac{1}{k} (x_{ij}^1 + x_{ij}^2 + \dots + x_{ij}^k) \quad (2-6)$$

Dimana $w_i^k = (l_i^k, m_i^k, u_i^k)$, *fuzzy number* adalah bobot kriteria I diberikan oleh pembuat keputusan D_k , dan $x_{ij}^k = (l_{ij}^k, m_{ij}^k, u_{ij}^k)$, *fuzzy number* adalah bobot j dengan mengacu pada kriteria I yang diberikan oleh pembuat keputusan D_k .

Langkah 2:

Pada langkah ini, eliminasi unit yang berbeda menggunakan pendekatan normalisasi untuk bobot $\bar{x}_{ij}$:

$$r_{ij} = \left(\frac{l_{ij}}{u_j}, \frac{m_{ij}}{u_j}, \frac{u_{ij}}{u_j} \right) \quad (2-7)$$

Untuk setiap kriteria keuntungan I , dan

$$r_{ij} = \left(\frac{l_j}{u_{ij}}, \frac{l_j}{m_{ij}}, \frac{l_j}{l_{ij}} \right) \quad (2-8)$$

Untuk setiap kriteria biaya, I , dimana r_{ij} nilai normalisasi dari $\bar{x}_{ij}$ dan $u_j = \max u_{ij}$ dan $l_j = \min l_{ij}$. Kemudian kombinasikan matrix $[r_{ij}]_{m \times n}$ dengan vector $[\bar{w}_i]_{1 \times n}$ untuk membentuk matriks keputusan.

Langkah 3:

Pada langkah ini, masing-masing bobot w_i harus dikalikan dengan masing-masing bobot kriteria untuk mendapatkan *the weighted normalized fuzzy decision matrix* seperti pada persamaan berikut:

$$V = [v_{ij}]_{m \times n}, \text{ dimana } v_{ij} = r_{ij} \times w_i \quad (2-9)$$

Dengan kata lain, mendapatkan V dengan mengkalikan baris terakhir pada matriks keputusan yang didapatkan pada langkah 2, $\bar{w}_i$, dengan masing-masing baris pada matriks tersebut.

Langkah 4:

Langkah ini mengidentifikasi *Fuzzy Positive Ideal Solution* (FPIS) dan *Fuzzy Negative Ideal Solution* (FNIS). Seperti nilai normalisasi dari v_{ij} adalah dari 0 sampai 1, FPIS didefinisikan sebagai (1, 1, 1), sementara FNIS didefinisikan sebagai (0, 0, 0). Nilai ini digunakan untuk menghitung jarak antara solusi *positive ideal* (d_j^+) dan solusi *negative ideal* (d_j^-) dari masing-masing v_{ij} sebagai berikut:

$$d_j^+ = \sum_i^n d(v_{ij}, \text{FPIS}) \quad (2-10)$$

$$d_j^- = \sum_i^n d(v_{ij}, \text{FNIS}) \quad (2-11)$$

Dimana menghitung d_j^+ dan d_j^- menggunakan:

$$d(A, B) = \sqrt{\frac{1}{3} [(l_A - l_B)^2 + (m_A - m_B)^2 + (u_A - u_B)^2]} \quad (2-12)$$

Dimana $d(A, B)$ adalah jarak antara $A = (l_A, m_A, u_A)$ dan $B = (l_B, m_B, u_B)$.

Langkah 5:

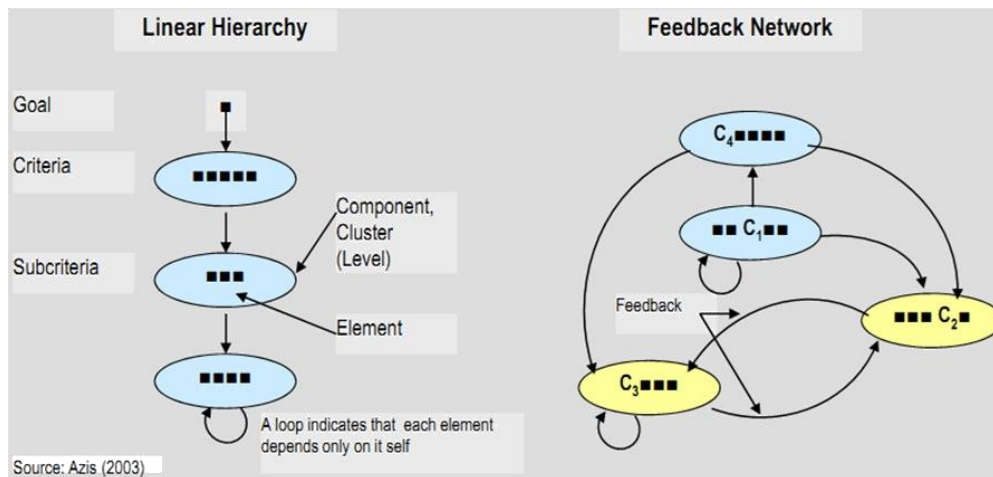
Pada langkah terakhir ini, dilakukan perankingan dari v_{ij} berdasarkan *closeness coefficient*, $CC_j, j = 1, 2, \dots, m$, dimana dapat dihitung sebagai berikut:

$$CC_j = \frac{d_j^-}{d_j^- + d_j^+} \quad (2-13)$$

2.3.2 Analytical Network Process (ANP)

Analytical Network Process (ANP) adalah teori pengembangan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam aspek kemampuan untuk interaksi ketergantungan dan umpan balik kemudian melakukan generalisasi dengan

supermatrix (Thomas L et al, 2003). Menurut (Thomas L et al, 2003) ANP dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan MCDM yang tidak dapat terstrukturkan dikarenakan ANP melihat interaksi dan ketergantungan antar elemen pada hirarki. Perbedaan AHP dengan ANP dapat dilihat pada gambar 2.2 :



Gambar 2. 2 Perbedaan Hirarki AHP Dengan ANP
Sumber: (Thomas L et al, 2003)

ANP mampu memodelkan sistem dengan *feedback* dimana suatu level memungkinkan mendominasi atau didominasi oleh level lain. ANP menggambarkan *interdependencies* sebagai sebuah anak panah searah maupun dua arah pada tiap kriteria yang berbeda. *Interdependencies* yang terjadi antara elemen atau kriteria dinamakan *outer dependencies*, sedangkan jika terjadi pada elemen atau kriteria yang sama dinamakan *inner dependencies*.

Pembobotan dengan ANP membutuhkan model yang merepresentasikan saling ketergantungan dan keterkaitan antar kriteria dan subkriteria yang dimiliki. Ada dua kontrol yang perlu diperhatikan dalam memodelkan sistem yang hendak diketahui bobotnya. Kontrol pertama yaitu kontrol hirarki yang menunjukkan keterkaitan kriteria dan subkriteria. Kontrol lainnya berupa kontrol keterkaitan yang menunjukkan adanya saling keterkaitan antar kriteria.

ANP telah dipakai luas sebagai metode pendekatan pengambilan keputusan salah satunya dalam pemilihan *supplier*. (Celebi et al, 2010) menggunakan pendekatan ANP untuk melakukan manajemen logistik pada industri manufaktur di

Turki, dimana mereka merumuskan tiga strategi yang akan dievaluasi dan dipilih yang terbaik, antara lain *in-house logistics*, *third party logistics*, dan *strategic alliance*. (Lee et al, 2009) menggunakan ANP untuk mengevaluasi *supplier* berdasarkan faktor lingkungan khususnya mengenai produk yang berpotensi memiliki bahan berbahaya.

(Gencer et al, 2007) dalam jurnal ilmiahnya menjelaskan tahapan membangun *Analytical Network Process* (ANP) seperti pada gambar 2.3. berikut merupakan tahapan ANP:

Langkah 1: Menganalisa permasalahan dan tujuan utama

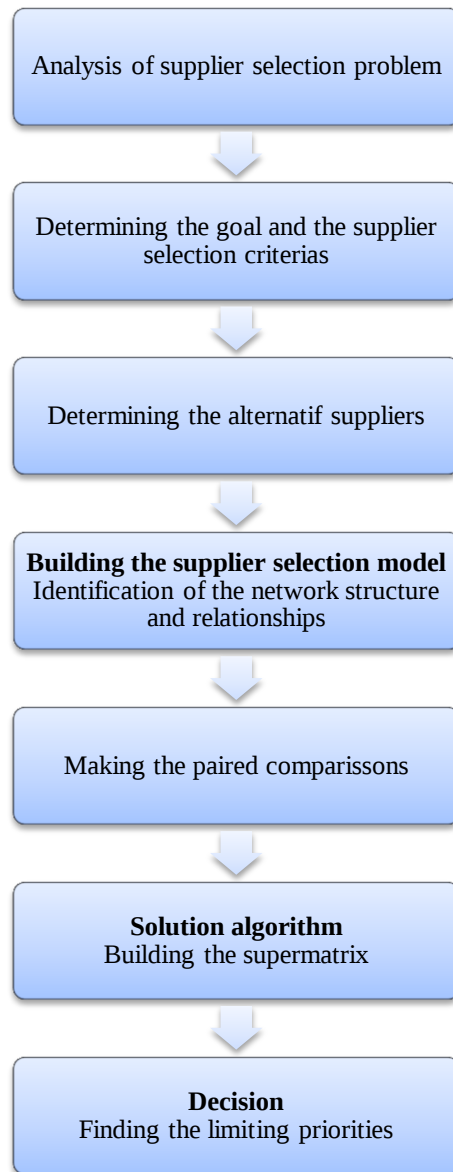
Tahapan pertama dari algoritma ANP yaitu menganalisa permasalahan yang ditangani. Dalam penelitian Tugas akhir ini, pemilihan *supplier* yang menjadi pokok bahasannya. Tujuan utama yaitu memilih *supplier* yang sesuai dengan harapan dan kriteria perusahaan.

Langkah 2: Menentukan kriteria, subkriteria, dan memodelkan dalam *network*

Untuk memodelkan pemilihan *supplier*, dibutuhkan kluster kriteria performansi *supplier* dan subkriterianya, yang kemudian dibangun model *network* yang saling mempengaruhi. Pada tahapan ini masing-masing elemen digambarkan hubungan saling berpengaruh baik antara kluster kriteria yang berbeda yang disebut *outer dependencies*, maupun hubungan pengaruh yang timbul masih dalam satu kluster kriteria yang disebut *inner dependencies*.

Langkah 3: Menentukan 29egative29ve awal *supplier*

Tahapan ini menentukan 29egative29ve awal *supplier* yang akan dipilih. Biasanya dipilih beberapa *supplier* yang secara administrasi dan kapasitas sudah memenuhi aturan perusahaan.



Gambar 2. 3 Tahapan ANP
Sumber: (Gencer et al, 2007)

Langkah 4: Pairwise comparison

Tahap ini akan dilakukan *pairwise comparison* atau perbandingan berpasangan dengan melihat pada kriteria kontrol pada level yang lebih tinggi maupun rendah. Skala perbandingan yang digunakan menggunakan *linguistic variables* mengikuti metode TOPSIS yang telah dijelaskan sebelumnya. Jika

perbandingan berpasangan telah selesai, 31legati prioritas w didapatkan dengan formulasi sebagai berikut:

$$A \times W = \lambda \text{Max } W \quad (2-14)$$

Dengan A adalah matriks perbandingan berpasangan dan λMax adalah *eigenvector* yang merupakan bobot prioritas matriks yang kemudian digunakan untuk menyusun *supermatrix*.

Langkah 5: Menghitung rasio konsistensi (*Consistency Ratio*)

Proses perbandingan elemen atau kriteria terdapat kemungkinan permasalahan konsistensi dari *pairwise comparison*. Rasio konsistensi memberikan suatu *judgement* numeric terhadap perbandingan elemen apakah terjadi ketidakkonsistenan. Rasio konsistensi dirumuskan dengan formulasi berikut ini:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2-15)$$

$$CI = \frac{\lambda \text{Max} - n}{n - 1} \quad (2-16)$$

Dimana:

CI : *Consistency Index*

RI : *Random Consistency Index*

n : Jumlah yang dibandingkan

Rasio konsistensi diperoleh dari perbandingan antara indeks konsistensi dengan nilai indeks konsistensi random (RI). Menurut (Thomas L et al, 2003) vektor prioritas diterima jika nilai CR kurang dari sama dengan 0.1 (beberapa masih memberi toleransi CR kurang dari sama dengan 0.2) namun jika melebihi maka permasalahan harus dikaji ulang dan dilakukan penilaian kembali.

Langkah 6: Membangun *supermatrix*

Metode ANP menggunakan formasi *supermatrix* untuk menyatakan resolusi pengaruh saling ketergantungan antara kelompok elemen baik kriteria maupun subkriteria.

Supermatrix awal akan membentuk matriks tak berbobot yang disebut *unweighted supermatrix*. Karena ada masing-masing kolom masih terdiri dari beberapa nilai *eigenvector* yang mana dijumlahkan menjadi satu (kolom stokastik). *Supermatrix* perlu dirubah menjadi model stokastik untuk membentuk prioritas yang terbatas (*limiting priorities*). Sehingga dengan alasan untuk mendapatkan bobot kepentingan *supermatrix*, pertama kali, pengaruh antar kluster kriteria ditentukan yang menghasilkan nilai *eigenvector* dan pengaruh kluster satu dengan lainnya.. kemudian *supermatrix* yang belum terbobotkan dikalikan dengan bobot prioritas dari kluster dimana akan menghasilkan *supermatrix* berbobot (*weighted supermatrix*). Langkah terakhir *supermatrix* akan menjadi *steady state* dengan mengalikan *supermatrix* berbobot dengan dirinya sendiri hingga nilai pada baris *supermatrix* dikonversikan menjadi nilai yang sama pada kolom matriks. Pada posisi ini, *supplier* dengan prioritas tertinggi sudah dapat ditentukan.

Langkah 7: Memperoleh keputusan alternatif terbaik

Setelah serangkaian tahapan ANP, diperoleh perbandingan berpasangan dan mendapatkan *weight* pada masing-masing kriteria serta dari *supermatrix* akan menunjukkan pilihan alternatif terbaik.

2.4 Multi Objective Decision Making (MODM)

Pendekatan *Compromise Programming* digunakan untuk mencari solusi kompromi terbaik yang menghasilkan penyimpangan minimal dari solusi ideal. Hal menarik dari *Compromise Programming* adalah perbandingan jarak dari titik efisien yang berbeda ($x^l, l = 1, 2, \dots, m$) dari solusi ideal sebagai titik referensi. Titik ideal dinotasikan x^* , nilai jarak x^* dari titik ideal diberikan atribut n yang diukur sepanjang koordinat n , hal ini dapat dijelaskan dengan rumus berikut ini:

$$dp = \left[\sum_{i=1}^n \left[w_i (x_i^* - x_i^l) \right]^p \right]^{1/p} \quad l = 1, 2, \dots, m \quad (2-17)$$

Penyimpangan individu ($x_i^* - x_i^l$) dapat ditingkatkan ke setiap ($p = 1, 2, \dots, \infty$), sebelum mereka dijumlahkan, dan jika bobot w_i ($0 < w_i < 1$ dan $\sum I w_i = 1$) dapat

ditambahkan terhadap penyimpangan-penyimpangan yang berbeda. Untuk $p \rightarrow \infty$, ukuran jarak menurun menjadi sebagai berikut :

$$d_{p \rightarrow \infty} = \max_i \left(w_i (x_i^* - x_i^l) \right) \quad (2-18)$$

$$I = 1, 2, \dots, n$$

$$l = 1, 2, \dots, m$$

Ketika tujuan merupakan dimensi-dimensi yang berbeda, ukuran jarak perlu dibenarkan untuk membuat tujuan individu sepadan. Karena itu penting untuk menggunakan penyimpangan-penyimpangan 33egative daripada penyimpangan absolute. Hal ini dapat ditunjukkan dengan rumus berikut ini:

$$dp = \left[\sum_{i=1}^n \left[w_i \cdot \frac{x_i^* - x_i^l}{x_i^*} \right]^p \right]^{1/p} \quad (2-19)$$

$$l = 1, 2, \dots, m$$

Untuk beberapa pilihan dari bobot w_i dan p , solusi kompromi adalah salah satu yang didapat dengan memperkecil ukuran jarak subyek yang diberikan untuk sekumpulan batasan. Untuk masalah *multi objective*, titik ideal didefinisikan sebagai 33egati dari solusi ideal individu, $Z^* = (f_1^*, f_2^*, \dots, F_k^*)$, karena semua multi obyektif bertujuan meminimasi penyimpangan dari setiap fungsi tujuan individu, yang dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$dp = \left[\sum_{l=1}^k \left[w_l \cdot \frac{f_l^* - f_l(x)}{f_l^*} \right]^p \right]^{1/p} \quad (2-20)$$

Dimana w_l adalah bobot dari tujuan, dan f_l^* adalah solusi optimal individu.

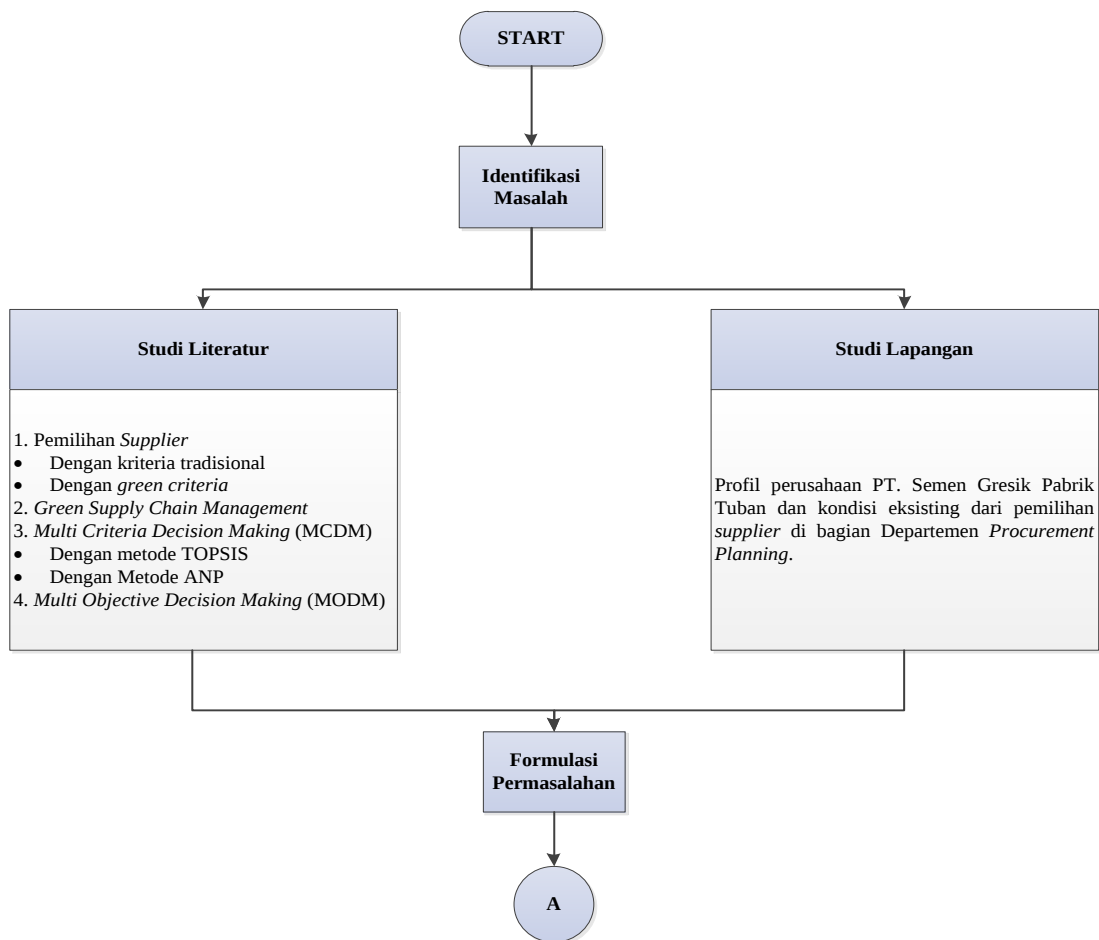
(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

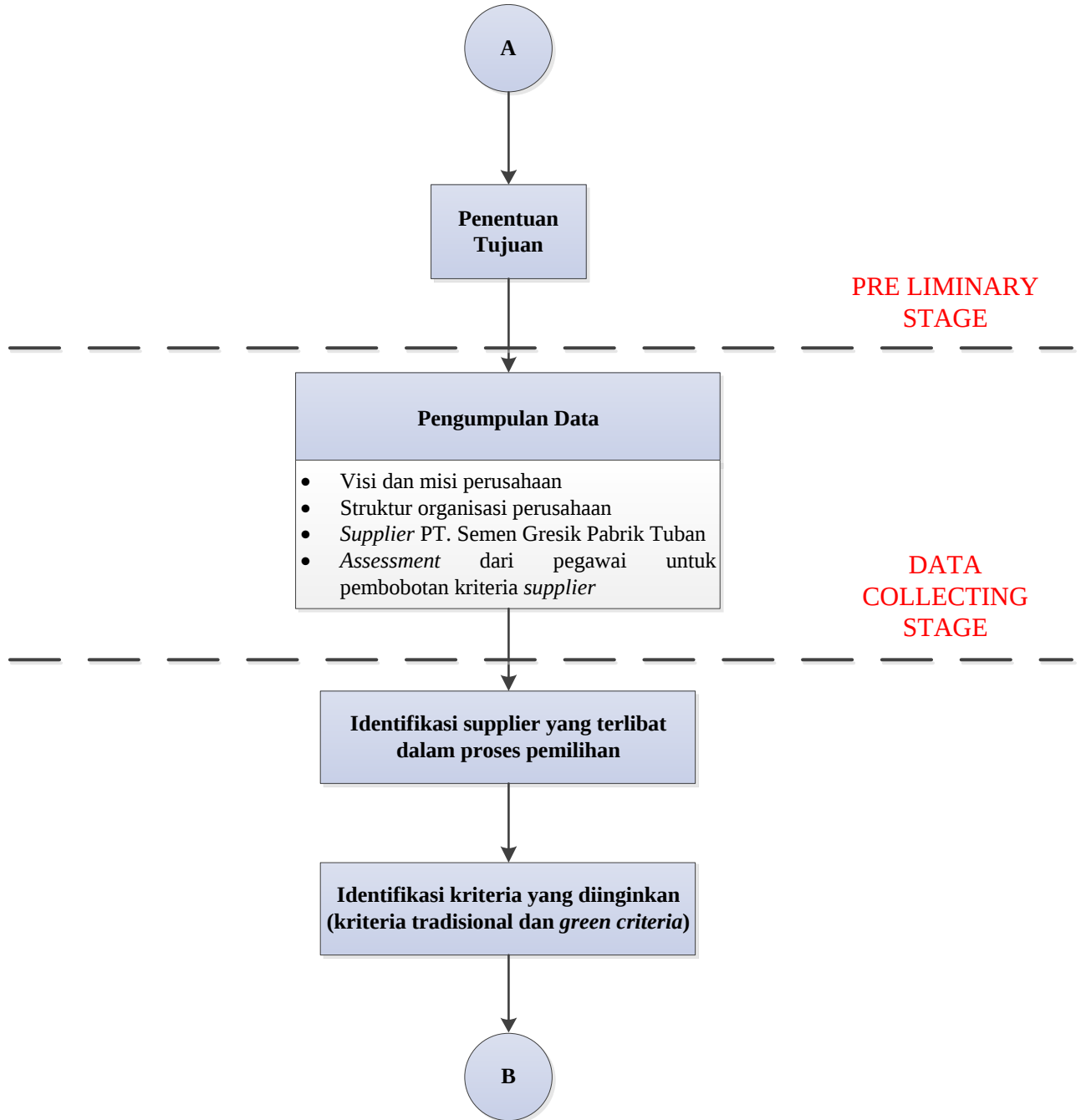
Pada bab ini akan membahas mengenai metodologi penelitian tugas akhir yang meliputi *flowchart* dari pengerjaan penelitian tugas akhir dan penjelasan *flowchart* tersebut.

3.1 *Flowchart* Pengerjaan Penelitian Tugas akhir

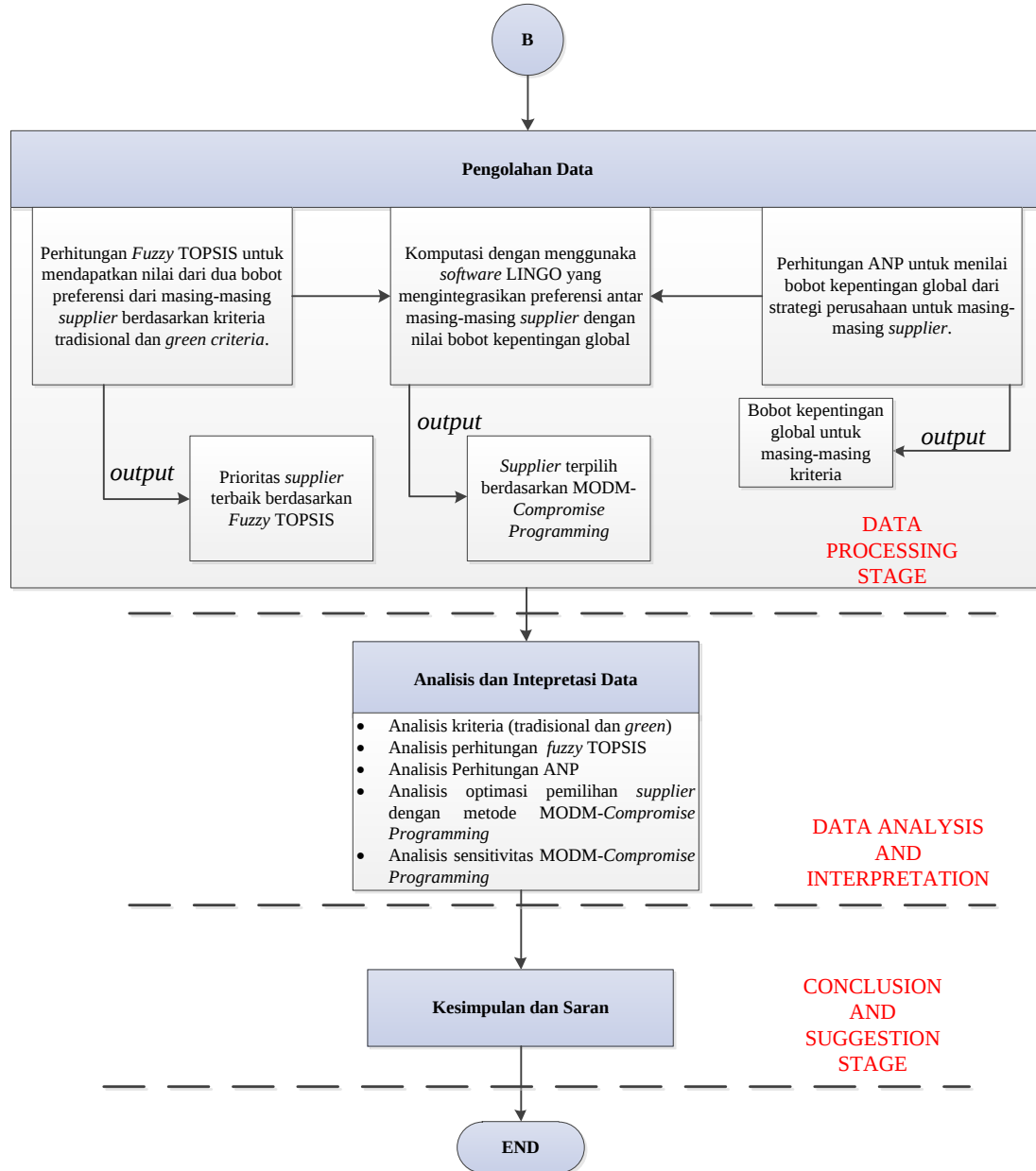
Pada sub bab ini akan membahas mengenai *flowchart* dari penelitian tugas akhir ini:



Gambar 3. 1 *Flowchart* Pengerjaan Penelitian Tugas akhir



Gambar 3. 2 Flowchart Pengerjaan Penelitian Tugas akhir



Gambar 3. 3 Flowchart Pengerjaan Penelitian Tugas akhir

3.2 Penjelasan Flowchat Penelitian

Pada sub bab ini akan menjelaskan mengenai penjelasan dari *flowchart* di atas, yang terdiri dari 5 tahap yaitu tahap awal (*pre liminary stage*), tahap pengumpulan data (*data collecting stage*), tahap pengolahan data (*data processing*

stage), tahap analisis dan interpretasi data (*analysis and interpretation stage*), dan tahap kesimpulan dan saran (*conclusion and suggestion stage*).

3.2.1 Tahap Awal (*Pre Liminary Stage*)

Tahap ini adalah tahap awal dari pengerjaan penelitian tugas akhir. Pada tahap ini, identifikasi permasalahan harus diselaraskan dengan literatur penelitian tugas akhir. Perusahaan yang dijadikan sebagai objek amatan untuk penelitian tugas akhir ini adalah PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. Identifikasi dari permasalahan yang terjadi pada perusahaan objek amatan juga harus diselaraskan dengan topic penelitian tugas akhir. Permasalahan yang diangkat dari objek amatan tersebut adalah pemilihan *supplier*. Permasalahan tersebut diangkat karena metode pemilihan *supplier* yang dilakukan di sana belum menerapkan suatu pertimbangan lingkungan. Hal tersebut sangat kontras dengan sertifikasi yang didapatkan yaitu mengenai sistem manajemen lingkungan (ISO14001). Sertifikasi tersebut mengharuskan perusahaan/organisasi yang telah mendapatkannya harus menerapkan klausa persyaratan yang diberikan sebelumnya pada seluruh proses bisnis yang dilakukan. Identifikasi permasalahan tersebut juga didukung oleh studi 38literature yang dilakukan dan studi lapangan yang telah diamati sebagai alasan/pembuktian apakah hipotesis yang akan dihasilkan benar atau tidak. Jika hipotesis yang dihasilkan kurang tepat, maka kondisi eksisting harus diidentifikasi kembali. Jika hipotesis yang dihasilkan tepat, maka rekomendasi yang diberikan dari penelitian Tugas akhir ini dapat dipertimbangkan untuk mengatasi permasalahan yang terjadi dalam kondisi eksisting. Identifikasi permasalahan mengacu pada kondisi eksisting dan dibandingkan untuk mencapai kondisi ideal.

Studi 38literature pada penelitian Tugas akhir ini digunakan sebagai panduan penelitian dengan teori yang kuat dan relevan dengan identifikasi permasalahan sebelumnya. Studi 38literature diambil dari kompilasi literature dari berbagai sumber seperti buku, artikel, jurnal ilmiah, penelitian sebelumnya yang terkait, dan lain-lain. Studi literature tersebut dibagi menjadi hal kritis dari penelitian tugas akhir ini antara lain pemilihan *supplier* yang terdiri atas 2 kriteria yaitu tradisional dan *green criteria*,

green supply chain management, *Multi Criteria Decision Making* (MCDM) yang terdiri atas metode TOPSIS dan ANP, dan *Multi Objective Decision Making* (MODM) dengan metode *Compromise Programming*. Sedangkan studi lapangan dilakukan untuk mengetahui profil perusahaan objek amatan penelitian Tugas akhir, dan kondisi eksisting dari pemilihan *supplier* yang dilakukan. Informasi dan data didapatkan langsung dari observasi dan diskusi dengan pegawai perusahaan.

Setelah melakukan kedua studi tersebut, permasalahan untuk penelitian dapat diformulasikan. Permasalahan untuk penelitian tugas akhir ini adalah bagaimana untuk memilih *supplier* untuk pembuatan pompa *hydrant* sebagai *supporting system* kegiatan operasional perusahaan untuk PT. Semen Gresik Pabrik Tuban dengan melihat dari aspek lingkungan sebagaimana sertifikasi yang didapatkan sebelumnya yaitu ISO 14001 dan optimasi pemilihan *supplier* sebagai *continuous improvement* yang akan memberikan rekomendasi untuk mendukung aktifitas pemilihan *supplier* perusahaan agar optimal dan menerapkan ISO 14001 ke dalam salah satu proses bisnisnya. Terakhir pada tahap awal ini adalah menetapkan tujuan penelitian. Identifikasi kriteria dari pemilihan *supplier* dengan menggunakan pendekatan *green supplier selection* dalam hal *green supply chain management* dengan menggunakan metode *fuzzy TOPSIS* dan ANP dan mengoptimasikan alokasi *order* dari masing-masing *supplier* terpilih dengan menggunakan pendekatan *Multi Objective Decision Making* (MODM) dengan metode *Compromise Programming*.

3.2.2 Tahap Pengumpulan Data (*Data Collecting Stage*)

Pada tahap ini, pengumpulan data terkait dengan penelitian tugas akhir yang dilakukan. Pengumpulan data bertujuan untuk mendapatkan data yang akan digunakan untuk mendukung pengolahan data yang akan dilakukan pada penelitian Tugas akhir ini. Pada pengumpulan data ini, proses bisnis dari perusahaan diidentifikasi. Langkah ini sangat penting karena dalam melakukan penelitian, proses bisnis terkait dengan perusahaan harus diidentifikasi secara rinci agar dapat terlihat hubungan antara permasalahan yang diangkat dari penelitian dengan proses bisnis

perusahaan. Pada tahap pengumpulan data ini, data yang dikumpulkan adalah kriteria tradisional untuk memilih *supplier* secara umum, *green criteria* yang berdasarkan ISO 14001. Berikut adalah data-data yang dibutuhkan pada tahap ini dapat dilihat pada tabel 3.1 (untuk kriteria tradisional) dan tabel 3.2 (untuk *green criteria*):

Tabel 3. 1 Kriteria Tradisional Dalam Pemilihan *Supplier*

Kriteria	Sub Kriteria
Quality	<i>Quality-related certificates</i>
	<i>Capability of quality management</i>
	<i>Capability of handling abnormal quality</i>
Technology Capability	<i>Technology level</i>
	<i>Capability of R&D</i>
	<i>Capability of design</i>
	<i>Capability of preventing pollution</i>
Product Life Cycle Cost	<i>Cost of component disposal</i>
Green Image	<i>Ratio of green customers to total customers</i>
	<i>Social responsibility</i>
Pollution Control	<i>Air emissions</i>
	<i>Waste water</i>
	<i>Solid wastes</i>
	<i>Energy consumptions</i>
	<i>Use of harmful materials</i>
Environmental Management	<i>Environmental-related certificates</i>
	<i>Continuous monitoring and regulatory compliance</i>
	<i>Green process planning</i>
	<i>Internal control process</i>
Green Product	<i>Recycle</i>
	<i>Green packaging</i>
Green Competencies	<i>Materials used in the supplied components that reduce the impact</i>
	<i>Ability to alter process and product for reducing the impact</i>

Sumber: (Lee et al, 2009)

Rincian data yang dibutuhkan dalam tahap pengumpulan data ini dibagi menjadi 4 data utama. Pertama adalah data yang dibutuhkan adalah visi dan misi perusahaan sebagai strategi perusahaan yang akan menghasilkan kriteria keputusan dan merefleksikan panduan bisnis proses perusahaan. Yang kedua adalah data struktur organisasi perusahaan untuk melihat perusahaan secara fungsional. Ketiga adalah data mengenai kriteria-kriteria yang dibutuhkan (tradisional dan *green criteria*). Keempat adalah data yang dibutuhkan untuk mengoptimasikan

permasalahan pemilihan *supplier* yaitu data harga tender *supplier*, harga pada setiap fase pekerjaan, upah pekerjaan, *demand* dan *supply*, data waktu kirim untuk masing-masing *supplier*.

Tabel 3. 2 *Green Criteria* Berdasarkan ISO 14001

Kriteria	Sub Kriteria
Context	Pemahaman proses bisnis
	Persyaratan pihak tertarik (<i>interested party</i>)
	<i>Environmental Management System scope</i>
Leadership	Arahan strategis pengelolaan lingkungan
	Kebijakan lingkungan organisasi
	Peran dan tanggung jawab lingkungan
Planning	Resiko dan peluang penerapan EMS
	Komitment kebijakan
Support	Sumber daya untuk mendukung EMS
	<i>Controlling EMS</i>
	Manajemen dokumen informasi
Operations	<i>Controlling</i> proses EMS dari operasional
	<i>Response Process</i>
Evaluation	<i>Environmental performances</i>
	<i>Organizations Environmental Performance</i>
	<i>Internal audit methods, schedules, and requirements</i>
Improvement	<i>EMS Improvement</i>
	<i>Kesesuaian EMS</i>

Sumber: ISO 14001

3.2.3 Tahap Pengolahan Data (*Data Processing Stage*)

Pada tahap ini, pengolahan data dilakukan berdasarkan data yang didapatkan data tahap sebelumnya yaitu tahap pengumpulan data.

Pertama adalah proses identifikasi kriteria tradisional menurut Lee et al (2009) dan *green criteria* berdasarkan ISO 14001. Kemudian kedua kriteria tersebut dihitung dengan menggunakan metode *fuzzy TOPSIS* untuk mendapatkan nilai dari dua bobot preferensi dari masing-masing *supplier* berdasarkan kriteria tradisional dan *green criteria*. Dari perhitungan dengan menggunakan metode *fuzzy TOPSIS* akan

meghasilkan *output* preferensi dari pengambil keputusan atau *ranking supplier* terbaik berdasarkan kriteria tradisional dan *green criteria*.

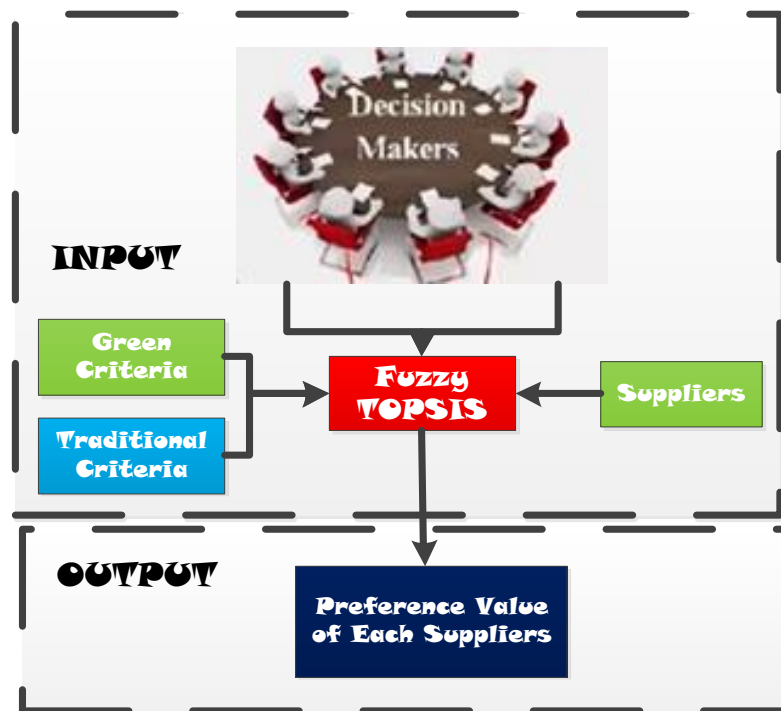
Kedua adalah proses identifikasi kriteria tradisional yang telah ditetapkan sebelumnya dengan asumsi kriteria diambil dari literatur Lee et al (2009) yang biasa diterapkan oleh industri manufaktur dalam hal pemilihan *supplier* dan *green criteria* yang diambil dari literatur ISO 14001 untuk pemilihan *supplier* industri manufaktur. Kemudian kedua kriteria tersebut dicari bobot kepentingan global dengan menggunakan metode ANP.

Pada langkah pertama dan kedua proses pengambilan data berupa kuisisioner yang akan diberikan dan diisi oleh *expert* dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. *Expert judgement* dilakukan oleh pegawai PT. Semen Gresik Pabrik Tuban pada unit *Procurement Planning* yang merupakan pegawai dengan pengalaman kerja yang baik, pendidikan akhir yang tinggi, dan merupakan kepercayaan dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban sendiri karena pengalaman kerja untuk menangani pemilihan *supplier*.

Ketiga adalah proses optimasi pemilihan *supplier* dengan menggunakan pendekatan *Multi Objective Decision Making* (MODM) dengan metode *Compromise Programming*. Perhitungan ini akan menggunakan *software* LINGO yang mengintegrasikan nilai preferensi untuk masing-masing *supplier* (*output* dari *fuzzy TOPSIS*) dan bobot kepentingan global (*output* dari ANP). *Output* yang dihasilkan oleh metode ini adalah *supplier* terpilih berdasarkan metode MODM-*Compromise Programming*. Setelah terdapat *output* yang dihasilkan, kemudian dilakukan uji sensitivitas untuk mengetahui akibat dari perubahan parameter-parameter dalam model *compromise programming* untuk permasalahan penelitian terhadap perubahan kinerja sistem pemilihan *supplier* dalam upaya untuk memaksimalkan fungsi tujuannya.

3.2.3.1 Model Penelitian Untuk Pendekatan MCDM

Pada Sub bab ini akan menjelaskan mengenai model yang digunakan pada penelitian Tugas akhir ini dapat dilihat pada gambar 3.4 (untuk model *fuzzy* TOPSIS) dan gambar 3.5 (untuk model ANP).



Gambar 3. 4 Model *Fuzzy* TOPSIS



Gambar 3. 5 Model ANP

3.2.3.2 Model Optimasi Untuk Pendekatan MODM-Compromise Programming

Tujuan pendekatan MODM ini adalah untuk memilih *supplier* terhadap tujuan dan batasan kendala yang ditentukan sebelumnya. Pendekatan MODM ini menggunakan metode *Compromise Programming* untuk mendapatkan nilai solusi kompromi untuk objektif yang telah ditentukan.

Pendekatan *Compromise Programming* digunakan untuk mencari solusi kompromi terbaik yang menghasilkan penyimpangan minimal dari solusi ideal. Pada penelitian tugas akhir ini, pengolahan data menggunakan metode *compromise programming* dilakukan dengan melakukan identifikasi tujuan, variabel keputusan, dan formulasi tujuan dan kendala.

Pengembangan model mengacu pada tujuan optimalisasi yang diinginkan yaitu meminimumkan harga proyek untuk pemilihan *supplier* dan memaksimumkan nilai dari kriteria tradisional dan *green*. Variabel keputusan yang akan dicari solusi optimalnya dalam pemilihan *supplier* adalah *supplier* yang dipilih untuk pemenuhan *demand* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban dalam penanganan proyek pembuatan pompa *hydrant*.

a. Tahap Perancangan Model Fungsi Objektif

Model fungsi objektif ini didasarkan pada dua pertimbangan yaitu: meminimumkan harga proyek untuk pemilihan *supplier* dan memaksimumkan nilai dari kriteria tradisional dan *green* sebagai implementasi minimasi dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses pemilihan *supplier* berdasarkan hasil metode MCDM sebelumnya yaitu nilai preferensi pengambil keputusan dari metode *fuzzy TOPSIS* dan bobot kepentingan setiap kriteria dari metode ANP.

- Fungsi Objektif Meminimumkan Harga Negosiasi

Fungsi objektif minimasi harga negosiasi berkaitan dengan keuangan perusahaan dalam mendanai proyek pembuatan pompa *hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban yang akan diminimalkan harga proyek dari *supplier* yang akan dipilih.

Fungsi objektif minimasi harga negosiasi berkaitan dengan keuangan perusahaan dalam mendanai proyek pembuatan pompa *hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban yang akan diminimalkan harga proyek dari *supplier* yang akan dipilih.

$$\text{Min} \left(\sum_{i=1} HT_i \times x_i \right)$$

HT_i = harga tender dari setiap *supplier* i

x_i = jumlah *supplier* yang akan dipilih oleh PT. Semen Gresik Pabrik Tuban

- Fungsi Objektif Meminimumkan Dampak Lingkungan

Fungsi objektif minimasi dampak lingkungan diimplementasikan berdasarkan memaksimumkan nilai dari kriteria tradisional dan *green* dari *output* metode MCDM berupa *fuzzy* TOPSIS untuk preferensi *supplier* dan ANP untuk bobot kepentingan *supplier* dari masing-masing kriteria.

$$\text{Max} \left(\sum_{i=1} PW_{Ti} \times x_i \right) + \left(\sum_{i=1} PW_{Gi} \times x_i \right)$$

PW_{Ti} = bobot preferensi *supplier* untuk *output* MCDM pada kriteria tradisional

PW_{Gi} = bobot preferensi *supplier* untuk *output* MCDM pada kriteria *green*

b. Perancangan Model Fungsi Kendala

Model fungsi kendala didasarkan pada pertimbangan harga pada setiap fase pekerjaan, *demand* dan *supply* dari setiap *supplier*, waktu kirim untuk setiap *supplier*, dan ongkos kirim pada setiap *supplier*.

- Fungsi kendala harga total material untuk seluruh fase pekerjaan

Variabel yang dihasilkan dalam fungsi kendala ini meliputi variabel dari *output fuzzy* TOPSIS dan ANP pada metode MCDM sebelumnya. *Output* tersebut sebagai pertimbangan apabila harga total material untuk seluruh fase pekerjaan dilihat dari kriteria tradisional (yang sebagai mana diterapkan perusahaan) dan *green criteria* dari ISO 14001 mengenai pemilihan *supplier*.

$$\left(\sum_{i=1} PW_{Ti} \times x_i \right) + \left(\sum_{i=1} PW_{Gi} \times x_i \right) \times C_i \leq \left(\sum_{i=1} Pf_{GTopsis i} \times C \right)$$

C_i = harga pada setiap fase pekerjaan untuk setiap *supplier*

C = harga total pekerjaan

$Pf_{G\ Topsis\ i}$ = preferensi untuk setiap *supplier* pada *output fuzzy TOPSIS*

- Fungsi Kendala *Demand* dan *Supply*

Fungsi kendala ini diasumsikan biner karena setiap *supplier* memenuhi *demand* dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

$$\sum_{i=1} x_i = 1$$

- Fungsi Kendala Waktu Kirim

$$\sum_{i=1} x_i \times DT_i \leq DT$$

DT_i = waktu kirim yang dibutuhkan untuk pekerjaan I dari setiap *supplier*

3.2.4 Tahap Analisa dan Interpretasi Data (*Data Analysis and Interpretation Stage*)

Pada tahap ini, analisa dan interpretasi data dilakukan berdasarkan hasil dari pengolahan data sebelumnya. Terdapat beberapa analisa yaitu analisa dari metode pemilihan *supplier* yang digunakan oleh perusahaan, analisa kriteria tradisional dan *green criteria*, analisa perhitungan dengan menggunakan metode *fuzzy TOPSIS*, analisa dengan menggunakan metode ANP, analisa optimasi pemilihan *supplier* dengan menggunakan metode MODM-*Compromise Programming*, analisa dari uji sensitivitas.

3.2.5 Tahap Kesimpulan dan Saran (*Conclusion and Suggestion Stage*)

Pada tahap ini, dilakukan penjelasan yang berupa penarikan kesimpulan dari seluruh tahap yang dilakukan pada penelitian tugas akhir ini yang menjawab tujuan penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Kesimpulan tersebut berupa kesimpulan mengenai pemilihan *supplier* untuk perusahaan yang telah tersertifikasi ISO 14001 mengenai sistem manajemen lingkungan agar lebih optimal dan optimasi pemilihan

supplier. Terdapat juga saran-saran yang membangun baik untuk perusahaan objek amatan yaitu PT. Semen Gresik Pabrik Tuban dan saran untuk penulis sendiri. Saran tersebut juga berguna untuk perbaikan maupun pengembangan dari penelitian ini Tugas akhir ini.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan membahas mengenai pengambilan data dan hasil pengolahan data. Data tersebut bersumber dari internal perusahaan melalui wawancara langsung, kuisioner, dan data pendukung lainnya.

4.1 Profil Perusahaan

PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, sebelumnya bernama PT Semen Gresik (Persero) Tbk. Merupakan perusahaan yang bergerak di bidang industri semen. Diresmikan di Gresik pada tanggal 7 Agustus 1957 oleh Presiden RI pertama dengan kapasitas terpasang 250.000 ton semen per tahun.

Pada tanggal 8 Juli 1991 saham Perseroan tercatat di Bursa Efek Jakarta dan Bursa Efek Surabaya (kini menjadi Bursa Efek Indonesia) serta merupakan BUMN pertama yang *go public* dengan menjual 40 juta lembar saham kepada masyarakat. Komposisi pemegang saham pada saat itu: Negara RI 73% dan masyarakat 27%.

Pada bulan September 1995, Perseroan melakukan Penawaran Umum Terbatas I (*Right Issue I*), yang mengubah komposisi kepemilikan saham menjadi Negara RI 65% dan masyarakat 35%. Pada tanggal 15 September 1995 PT Semen Gresik berkonsolidasi dengan PT Semen Padang dan PT Semen Tonasa. Total kapasitas terpasang Perseroan saat itu sebesar 8,5 juta ton semen per tahun.

Pada tanggal 17 September 1998, Negara RI melepas kepemilikan sahamnya di Perseroan sebesar 14% melalui penawaran terbuka yang dimenangkan oleh Cemex S.A.deC.V., perusahaan semen global yang berpusat di Meksiko. Komposisi kepemilikan saham berubah menjadi Negara RI 51%, masyarakat 35%, dan Cemex 14%. Kemudian tanggal 30 September 1999 komposisi kepemilikan saham berubah menjadi: Pemerintah Republik Indonesia 51,0%, masyarakat 23,4% dan Cemex 25,5%.

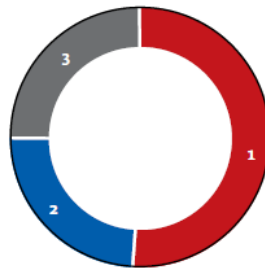
Pada tanggal 27 Juli 2006 terjadi transaksi penjualan saham Cemex Asia Holdings Ltd. Kepada Blue Valley Holdings PTE Ltd. Sehingga komposisi

kepemilikan saham berubah menjadi Negara RI 51,0% Blue Valley Holdings PTE Ltd. 24,9%, dan masyarakat 24,0%. Pada akhir Maret 2010, Blue Valley Holdings PTE Ltd, menjual seluruh sahamnya melalui *private placement*, sehingga komposisi pemegang saham Perseroan berubah menjadi Pemerintah 51,0% dan 50egati 48,9%.

2006

Blue Valley Holdings membeli seluruh 24,9% Cemex kepemilikan saham SMGR, nilai kapitalisasi: Rp 21.5 triliun. Kepemilikan:

- Pemerintah Indonesia : 51%
- Publik : 24,1%
- Blue Valley : 24,9%
- Memulai tahap pembangunan 2 pabrik semen baru dan 1 pembangkit listrik.



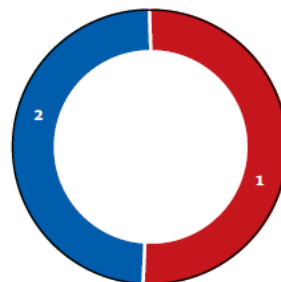
1. Pemerintah Indonesia	51 %
2. Publik	24,1%
3. Cemex	24,9%

Gambar 4. 1 Saham Semen Gresik Tahun 2006
Sumber: PT. Semen Indonesia

2010

Tanggal 31 Maret, Blue Valley Holdings, menjual seluruh kepemilikan saham SMGR. Nilai pasar (April, 2010): Rp72,3,1 triliun. Kepemilikan:

- Pemerintah Indonesia : 51%
- Publik : 49%



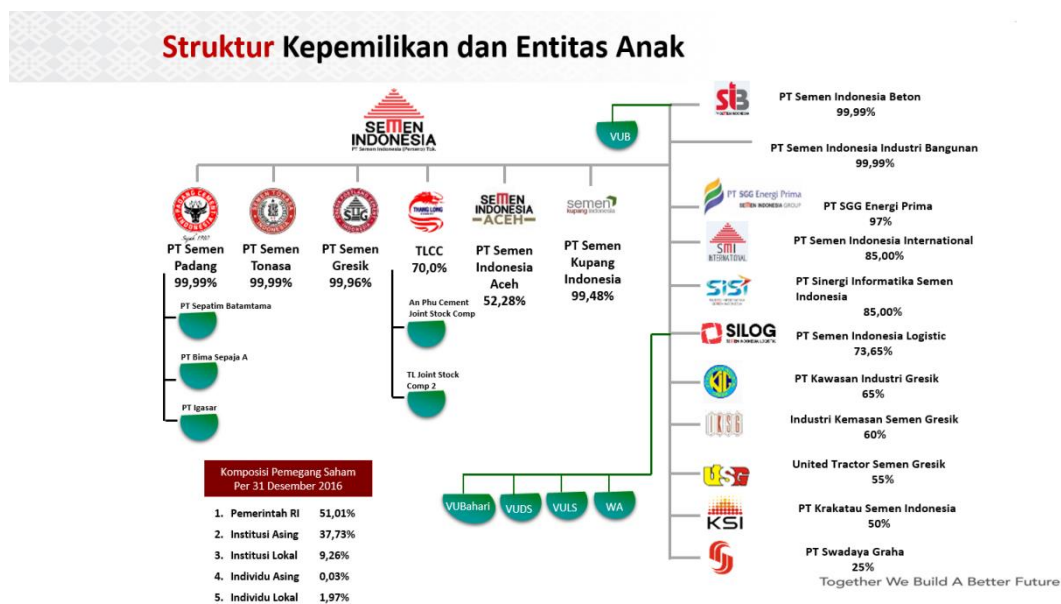
1. Pemerintah Indonesia	51%
2. Publik	49%

Gambar 4. 2 Saham Semen Gresik Tahun 2010
Sumber: PT. Semen Indonesia

Pada April tahun 2012, Perseroan berhasil menyelesaikan pembangunan pabrik Tuban IV berkapasitas 2,5 juta ton. Setelah menjalani masa *commissioning*, pada bulan Juli 2012 pabrik baru tersebut diserahterimakan, diikuti peresmian operasional komersial pada bulan Oktober 2012. Selanjutnya, pada kuartal ketiga 2012, Perseroan juga berhasil menyelesaikan pembangunan pabrik semen Tonasa V di Sulawesi. Pabrik baru berkapasitas 2,5 juta ton tersebut menjalani masa *commissioning* sejak September 2012, dan ditargetkan mulai beroperasi komersial pada kuartal pertama 2013.

Pada tanggal 20 Desember 2012 Perseroan resmi mengambil alih 70% kepemilikan saham Than Long Cement Joint Stock Company (TLCC) dari Hanoi General Export-Import Joint Stock Company (Geleximco) di Vietnam, berkapasitas 2,3 juta ton. Aksi korporasi ini menjadikan Perseroan tercatat sebagai BUMN multinasional yang pertama di Indonesia.

Pada tanggal 07 Januari 2013 Perseroan resmi berperan sebagai *Strategic Holding Company* sekaligus merubah nama, dari PT Semen Gresik (Persero) Tbk menjadi PT Semen Indonesia (Persero) Tbk.



Gambar 4. 3 Struktur Kepemilikan dan Entitas Anak
Sumber: PT. Semen Indonesia

4.1.1 *Visi dan Misi Perusahaan*

PT. Semen Gresik memiliki yang digunakan sebagai arahan dalam melakukan proses bisnis untuk *outcome* yang lebih baik. Hal tersebut direfleksikan dengan adanya visi dan misi perusahaan. Visi dan misi perusahaan menyajikan apa yang perusahaan inginkan dan bagaimana cara mendapatkannya. Berikut merupakan visi dan misi dari PT. Semen Gresik:

Visi: “Menjadi Perusahaan Persemenan Internasional Yang Terkemuka Di Asia Tenggara”

Misi:

1. Mengembangkan usaha persemenan dan industri terkait yang berorientasikan kepuasan konsumen.
2. Mewujudkan perusahaan berstandar internasional dengan keunggulan daya saing dan sinergi untuk meningkatkan nilai tambah secara berkesinambungan.
3. Mewujudkan tanggung jawab sosial serta ramah lingkungan.
4. Memberikan nilai terbaik kepada para pemangku kepentingan (*stakeholders*).
5. Membangun kompetensi melalui pengembangan sumber daya manusia.

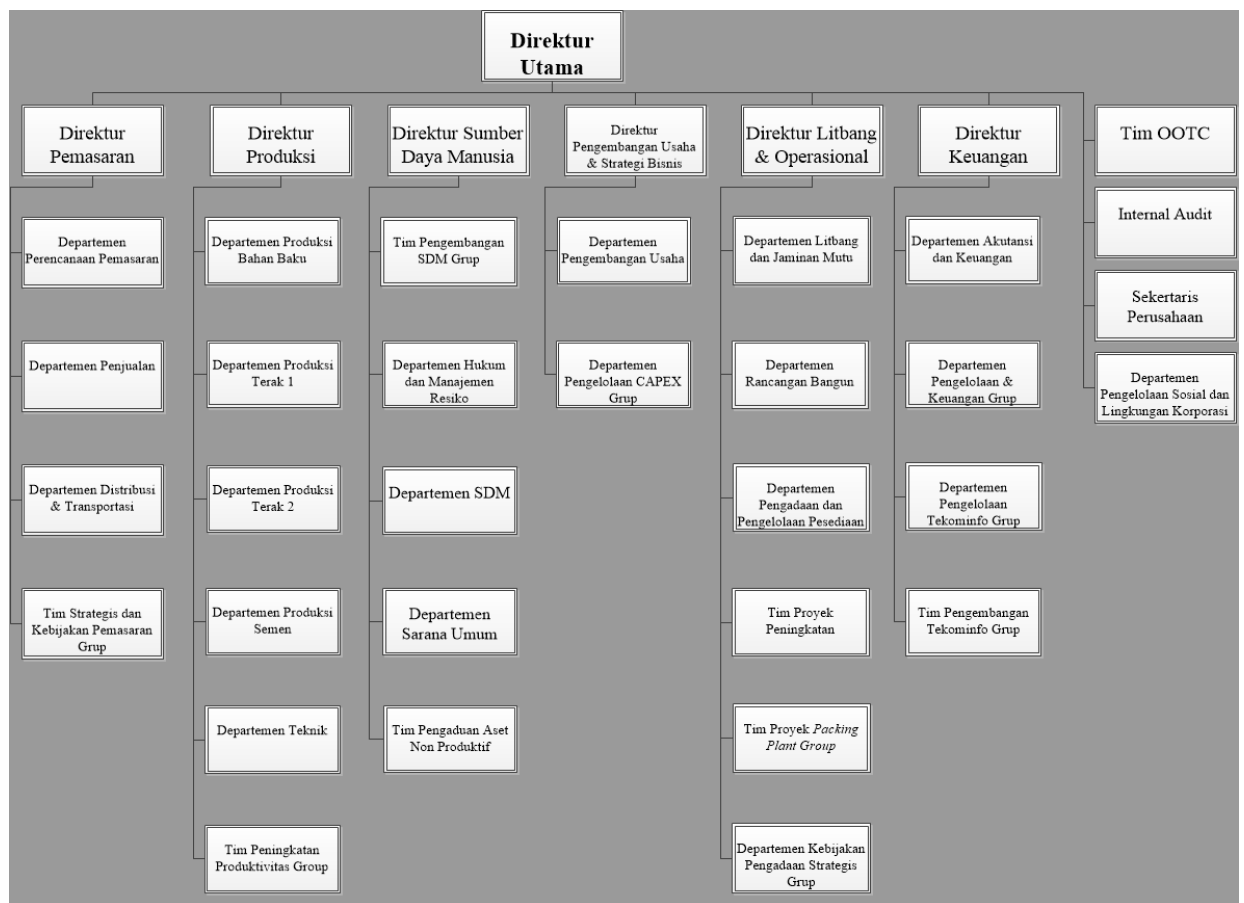
4.1.2 *Struktur Organisasi PT. Semen Gresik*

Struktur organisasi memberikan wewenang pada setiap bagian perusahaan untuk melaksanakan tugas yang dibebankan padanya juga mengatur sistem dan hubungan struktural antara fungsi-fungsi atau orang-orang dalam hubungan satu dengan yang lainnya dalam melaksanakan fungsi mereka. Adapun struktur organisasi PT. Semen Gresik berbentuk organisasi garis (*line organization*) yang tertuang dalam Surat Keputusan Direksi Nomor : 001/Kpts/Dir/2014, tentang Struktur Organisasi di PT. Semen Gresik:

Berikut ini adalah tugas, wewenang dan tanggung jawab Dewan Direksi yang ada di PT.Semen Gresik:

- Direktur Utama

Bertugas memimpin dan bertanggung jawab secara mutlak terhadap seluruh operasional pabrik, termasuk didalamnya adalah penandatanganan *Memorandum Of Understanding*. Direktur Utama membawahi langsung Direktur Pemasaran, Direktur Produksi, Direktur Sumber Daya Manusia, Direktur Pengembangan Usaha dan Strategi, Direktur Litbang dan Operasional, Direktur Keuangan. Tim *Office of The CEO*, Internal Audit, Sekretaris Perusahaan, dan Departemen Pengelolaan Sosial dan Lingkungan Korporasi.



Gambar 4. 4 Struktur Organisasi PT. Semen Gresik

Sumber: PT. Semen Gresik

- **Direktur Pemasaran**

Bertugas untuk meningkatkan permintaan serta bertanggung jawab dalam masalah penjualan dan perencanaan transportasi dan berhak mengambil kebijakan

tertentu tanpa dicampuri pihak lain dalam sistem pemasarannya. Direktur pemasaran membawahi satu tim dan tiga departemen, yaitu Tim Strategi dan Kebijakan, Departemen Perencanaan Pemasaran, Departemen Penjualan, Departemen Distribusi dan Transportasi.

- **Direktur Produksi**

Bertugas mengawasi kegiatan proses produksi serta bertanggung jawab pada pelaksanaan kegiatan produksi mulai dari pengadaan bahan baku sampai dihasilkan produk semen. Direktur Produksi membawahi Tim Peningkatan Produktivitas Grup, Departemen Produksi Bahan Baku, Departemen Produksi Terak, Departemen Produksi Semen, dan Departemen Teknik.

- **Direktur Sumber Daya Manusia**

Bertanggung jawab dalam mengawasi sumber daya manusia, baik pengembangan, manajemen risiko yang kemungkinan terjadi serta menangani sarana umum yang berfungsi untuk menunjang produktivitas sumber daya manusia. Direktur Sumber Daya Manusia membawahi Tim Pengembangan SDM Grup, Departemen Hukum dan Manajemen Risiko, Departemen Sumber Daya Manusia, Departemen Sarana Umum, dan Tim Pengaduan Aset Non Produktif.

- **Direktur Pengembangan Usaha dan Strategi Bisnis**

Bertugas dan bertanggung jawab dalam pengembangan usaha dan strategi baru dengan mengembangkan perusahaan, pengembangan strategi, dan perluasan bahan baku sehingga dapat menghasilkan produk-produk yang lebih baik. Direktur ini membawahi Departemen Pengelolaan CAPEX Grup dan Departemen Pengembangan Perusahaan

- **Direktur Litbang dan Operasional**

Bertugas untuk menghasilkan inovasi atau penemuan baru untuk peningkatan efisiensi pabrik. Bertanggung jawab terhadap segala peralatan yang digunakan atau kondisi sekitar pabrik dalam menunjang peningkatan mutu produk. Direktur Litbang dan Operasional mempunyai wewenang untuk menentukan kelayakan suatu alat atau kondisi di sekitar pabrik. Direktur Litbang dan Operasional

juga menangani masalah pengadaan, penyimpanan, dan pengelolaan barang . Direktur Litbang dan Operasional membawahi Departemen Kebijakan Pengadaan Strategis Grup, Tim Proyek *Packing Plant* Grup, Tim Proyek Pabrik Baru dan *Power Plant* Grup (Tim Proyek Peningkatan), Departemen Litbang dan Jaminan Mutu, Departemen Rancang Bangun, Departemen Pengadaan dan Pengelolaan Persediaan.

- Direktur Keuangan

Bertugas dan bertanggung jawab dalam keseluruhan keuangan pabrik, termasuk urusan hutang maupun piutang, serta mengelola teknologi informasi. Direktur keuangan membawahi Departemen Akutansi dan Keuangan, Departemen Pengelolaan dan Keuangan Grup, Departemen Pengelolaan Tekominfo Grup, dan Tim Pengembangan Tekominfo Grup/SG.

4.1.3 Sertifikasi Manajemen Semen Indonesia

Sistem Manajemen Semen Indonesia (SMSG) meliputi:

1. Sistem Manajemen Mutu ISO 9001:2008

ISO 9001:2008 adalah suatu 55egative internasional untuk sistem manajemen mutu / kualitas. ISO 9001:2008 menetapkan persyaratan – persyaratan dan rekomendasi untuk desain dan penilaian dari suatu sistem manajemen mutu. ISO 9001:2008 bukan merupakan 55egative produk, karena tidak menyatakan persyaratan – persyaratan yang harus dipenuhi oleh sebuah produk (barang atau jasa). ISO 9001:2008 hanya merupakan 55egative sistem manajemen kualitas. Namun, bagaimanapun juga diharapkan bahwa produk yang dihasilkan dari suatu sistem manajemen kualitas internasional, akan berkualitas baik (55egative). Sehingga dapat disimpulkan bahwa *Quality Management Systems* (ISO 9001:2008) adalah merupakan prosedur terdokumentasi dan praktek – praktek 55egative untuk manajemen sistem, yang bertujuan menjamin kesesuaian dari suatu proses dan produk (barang atau jasa) terhadap kebutuhan atau persyaratan tertentu, dimana kebutuhan atau persyaratan tertentu tersebut ditentukan atau dispesifikasikan oleh pelanggan dan organisasi.

2. Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001:2004

ISO 14001:2004 adalah sistem manajemen yang dinamis, dimana dapat diterapkan bersama sistem manajemen mutu ISO 9001:2000 dan dapat disesuaikan dengan dengan perubahan organisasi dan industri, perubahan peraturan / perundangan yang berlaku maupun perubahan ilmu dan teknologi.

3. Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) OHSAS 18001:2007

Pada tahun 1996, Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia mengeluarkan Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor : PER.05/MEN/1996 tentang Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3). Dimana pada pasal 3 Peraturan Menteri tersebut menjelaskan bahwa setiap perusahaan yang mempekerjakan tenaga kerja sebanyak 100 orang atau lebih dan/atau mengandung potensi bahaya yang ditimbulkan oleh karakteristik proses atau bahan produksi yang dapat menyebabkan kecelakaan kerja seperti peledakan, kebakaran, pencemaran dan penyakit akibat kerja, wajib menerapkan SMK3. Garis Besar Program Training SMK3 :

- Dasar – dasar Keselamatan dan Kesehatan Kerja
- Maksud dan Tujuan Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) OHSAS 18001:2007
- Pengenalan dan interpretasi Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) OHSAS 18001:2007
- Metode Penyusunan SMK3
- Mengelola Kinerja SMK3 di tempat kerja
- *Hazard Identification and Risk Assessment*
- Implementasi dan Sertifikasi SMK3

4. Sistem Manajemen Laboratorium SNI-19-17025. Dan Sistem Akreditasi Laboratorium Pengujian Bahan dari KAN ISO/IEC 17025:2005

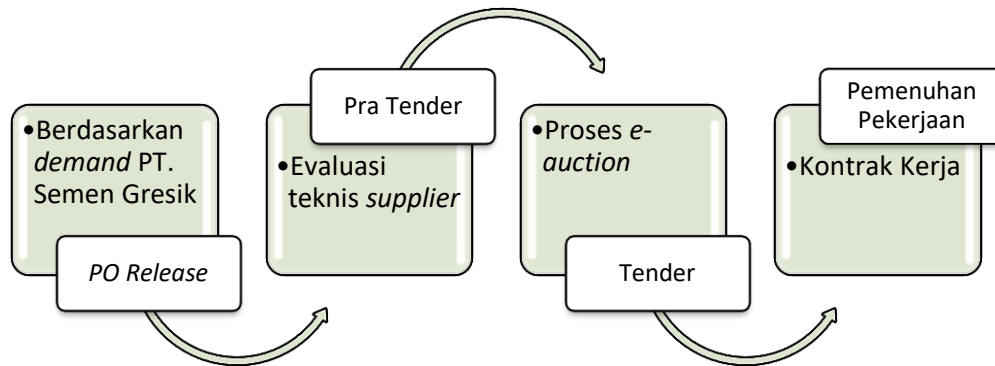
Sistem Manajemen Mutu SNI 19-17025-2000 merupakan standar nasional mengenai sistem mutu pada laboratorium pengujian dengan tujuan agar dapat

memberikan kepastian mutu untuk memenuhi persyaratan pelanggan dengan harapan pelanggan menjadi puas. SNI 19-17025-2000 merupakan revisi dari ISO *Guide 25* yang telah dilakukan oleh Badan Standardisasi Nasional (BSN). Laboratorium Pengujian Balai Besar Industri Agra (BBIA) menerapkan SNI 19-17025-2000 sejak laboratorium pengujian BBIA diakreditasi oleh Komite Akreditasi Nasional (KAN)-BSN pada bulan Nopember 1999, Laboratorium Pengujian BBIA menerapkan sistem manajemen mutu SNI 19-17025-2000 untuk memenuhi permintaan pelanggannya sebagai konsistensi di bidang laboratorium pengujian yang selalu bergerak dinamis sesuai dengan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi. Sistem manajemen mutu SNI 19-17025-2000 lebih memberi kepastian mutu kepada pelanggannya baik pelanggan eksternal maupun pelanggan internal yang tidak dapat dipungkiri untuk mengantisipasi terhadap era perdagangan bebas yang untuk AFTA sudah dimulai pada tahun 2001. Kajian ini bertujuan untuk melihat kepastian mutu yang diberikan oleh laboratorium pengujian BBIA kepada pelanggannya melalui penerapan (peragaan) SNI 19-17025-2000 dengan menggunakan metode evaluasi.

4.1.4 *Pemilihan Supplier PT. Semen Gresik*

Berikut ini adalah *flowchart* mengenai pemilihan *supplier* pada PT. Semen Gresik:

Prosedur pemilihan *supplier* pada PT. Semen Gresik dimulai pada permintaan awal yang dibutuhkan oleh *user*. Permintaan awal tersebut dikirim melalui departemen keuangan dan akan dikirim permintaan tersebut kepada departemen pengadaan dan pengelolaan persediaan dalam bentuk *purchasing order release* atau draft permintaan dari *user* yang bersangkutan baik untuk bidang produksi semen maupun operasional perusahaan. Departemen pengadaan dan pengelolaan produksi kemudian membuka registrasi persyaratan untuk *supplier* yang berminat menangani proyek atau *order* tersebut dengan teknologi *e-procurement* yang dimiliki.



Gambar 4. 5 Prosedur Pemilihan Supplier PT. Semen Gresik
Sumber: PT. Semen Gresik

Draft *purchasing order* tersebut kemudian diteruskan dari departemen pengadaan dan pengelolaan persediaan kepada departemen teknik untuk selanjutnya dilakukan evaluasi teknis terhadap *supplier* yang telah memenuhi kriteria *recruitment* dari departemen pengadaan dan pengelolaan persediaan. Departemen teknis akan menyeleksi *supplier* mana yang memenuhi kriteria evaluasi teknis yang telah ditetapkan sebelumnya oleh PT. Semen Gresik. Kriteria pemilihan *supplier* pada tahap evaluasi teknis ini dibagi menjadi 2, yaitu kriteria pemilihan *supplier* dengan material dan kriteria pemilihan *supplier* dengan tanpa material.

4.2 Identifikasi Kriteria

Sebelumnya, penilaian terhadap model kriteria telah dilakukan oleh pengambil keputusan. Kriteria tersebut mencakup kriteria tradisional dan *green criteria*. Kriteria tradisional memiliki 8 kriteria dengan 23 sub kriteria, sedangkan *green criteria* memiliki 7 kriteria dengan 18 sub kriteria. Total kriteria yang dihasilkan untuk dilakukan penilaian adalah 41 penilaian kriteria pemilihan *supplier* untuk menangani proyek pembuatan pompa *hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

Pendekatan *Multi Criteria Decision Making* yang diterapkan adalah dengan menggunakan metode *Fuzzy TOPSIS* dan metode *ANP*. Metode *Fuzzy TOPSIS* digunakan untuk memilih preferensi *supplier* berdasarkan kedua kriteria pemilihan *supplier* tersebut. Sedangkan metode *ANP* digunakan untuk menghasilkan bobot berdasarkan kedua metode tersebut.

4.3 Pendekatan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM)

Tujuan dari pendekatan MCDM adalah untuk mendapatkan preferensi kriteria yang diinginkan dan menghasilkan nilai bobot. Data pengambil keputusan mempertimbangkan 5 aspek, yaitu: posisi jabatan, pengalaman kerja, pendidikan terakhir, keahlian, dan sertifikasi yang dimiliki. Kelima aspek tersebut dipertimbangkan karena keperluan penilaian kriteria dalam laporan tugas akhir ini menyangkut penilaian mendalam terhadap *supplier* yang akan memenuhi *demand* dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

Penilaian kriteria yang diberikan kepada pengambil keputusan dengan menggunakan 5 skala penilaian. Berikut merupakan 5 skala penilaian kriteria:

Tabel 4. 1 Skala Penilaian Kriteria

Skala	Linguistic Variable
1	Little Importance (LI)
2	Moderately Important (MI)
3	Important (I)
4	Very Important (VI)
5	Absolutely Important (AI)

Setelah dilakukan penilaian tersebut kemudian data penilaian tersebut dikonversikan dengan menggunakan metode *triangular fuzzy number*. Nilai dari *triangular fuzzy number* dapat dilihat pada lampiran. Kemudian *triangular fuzzy number* tersebut dikonversikan kembali dengan menggunakan metode *Graded Mean Integration Representation* (GMIR) untuk *defuzzification*. Perhitungan GMIR untuk keperluan *defuzzificatio* dapat dilihat pada persamaan 2-2 sampai dengan persamaan 2-4. Kemudian nilai $R(X_{ij})$ dari metode GMIR *defuzzification* dapat dilihat pada

lampiran 3. Berikut merupakan hasil dari perhitungan GMIR yang menghasilkan peringkat nilai preferensi *expert* untuk masing-masing kriteria (tradisional dan *green*) yang ditunjukkan pada tabel 4.5 dan tabel 4.6.

Tabel 4. 2 Hasil Bobot Pengambil Keputusan Untuk Kriteria Tradisional

Kriteria Tradisional	Decision Makers			Preferensi DM
	DM 1	DM 2	DM 3	
C1	0	0	0	0
C2	0.014925373	0	0.014925373	0.012186516
C3	0.032835821	0	0	0.01895777
C4	0.032835821	0.014925373	0.014925373	0.022536819
C5	0.032835821	0.014925373	0	0.020824328
C6	0.032835821	0.014925373	0.014925373	0.022536819
C7	0.014925373	0.014925373	0.032835821	0.022536819
C8	0.032835821	0.032835821	0.032835821	0.032835821
C9	0.032835821	0.014925373	0.014925373	0.022536819
C10	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C11	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C12	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C13	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C14	0.032835821	0.032835821	0.032835821	0.032835821
C15	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C16	0.014925373	0	0	0.008617168
C17	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C18	0.014925373	0	0.032835821	0.020824328
C19	0	0.014925373	0	0.008617168
C20	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C21	0.032835821	0.014925373	0.014925373	0.022536819
C22	0	0.014925373	0.014925373	0.012186516
C23	0.014925373	0.014925373	0.032835821	0.022536819

Tabel 4. 3 Hasil Bobot Pengambil Keputusan Untuk Green Criteria

Kriteria Green	Decision Makers			Preferensi DM
	DM 1	DM 2	DM 3	
C1	0	0.030864198	0	0.000549983
C2	0.030864198	0.030864198	0.030864198	0.001649949
C3	0.030864198	0.030864198	0.030864198	0.001649949
C4	0	0.030864198	0	0.000549983
C5	0	0.030864198	0.067901235	0.003211901
C6	0.030864198	0.030864198	0.030864198	0.001649949
C7	0.067901235	0.030864198	0	0.003211901
C8	0	0.030864198	0	0.000549983

Kriteria Green	Decision Makers			Preferensi DM
	DM 1	DM 2	DM 3	
C9	0.030864198	0.030864198	0	0.001099966
C10	0	0.030864198	0.030864198	0.001099966
C11	0.030864198	0.030864198	0.030864198	0.001649949
C12	0	0	0	0
C13	0	0	0	0
C14	0	0.030864198	0.030864198	0.001099966
C15	0.030864198	0.030864198	0.030864198	0.001649949
C16	0	0	0	0
C17	0.030864198	0	0	0.000549983
C18	0	0.030864198	0	0.000549983

Selanjutnya adalah tahap *fuzzy* TOPSIS untuk mendapatkan nilai preferensi pengambil keputusan dari setiap kriteria (tradisional & *green*) terhadap 61 *supplier*.

4.3.1 Metode Fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)

Setelah dilakukan penilaian oleh pengambil keputusan, dari metode TOPSIS ini akan menghasilkan nilai preferensi dari pengambil keputusan untuk setiap kriteria (tradisional & *green*) terhadap setiap 61 *supplier*. Penilaian dilakukan oleh expert yang bersangkutan. Pengolahan data *fuzzy* untuk keperluan perhitungan *fuzzy* TOPSIS dapat dilihat pada persamaan 2-2 sampai dengan persamaan 2-4. Perhitungan metode *fuzzy* TOPSIS dapat dilihat dalam lampiran 5 untuk pengolahan *fuzzy* TOPSIS kriteria tradisional dan lampiran 6 untuk pengolahan *fuzzy* TOPSIS *green* criteria. Berikut merupakan hasil dari perhitungan *fuzzy* TOPSIS yang menghasilkan peringkat nilai preferensi untuk masing-masing *supplier* berdasarkan kriteria tradisional yang ditunjukkan pada tabel 4.7.

Tabel 4. 4 Nilai Preferensi Untuk Kriteria Tradisional

	Alternatif			
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4
Positif	0.005493072	0.006046633	0.003996163	0.000751139
Negatif	0.002958828	0.002525379	0.004424330	0.006399173
Preferensi	0.350078483	0.294607508	0.525424104	0.894950210

	Alternatif			
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4
Ranking	3	4	2	1

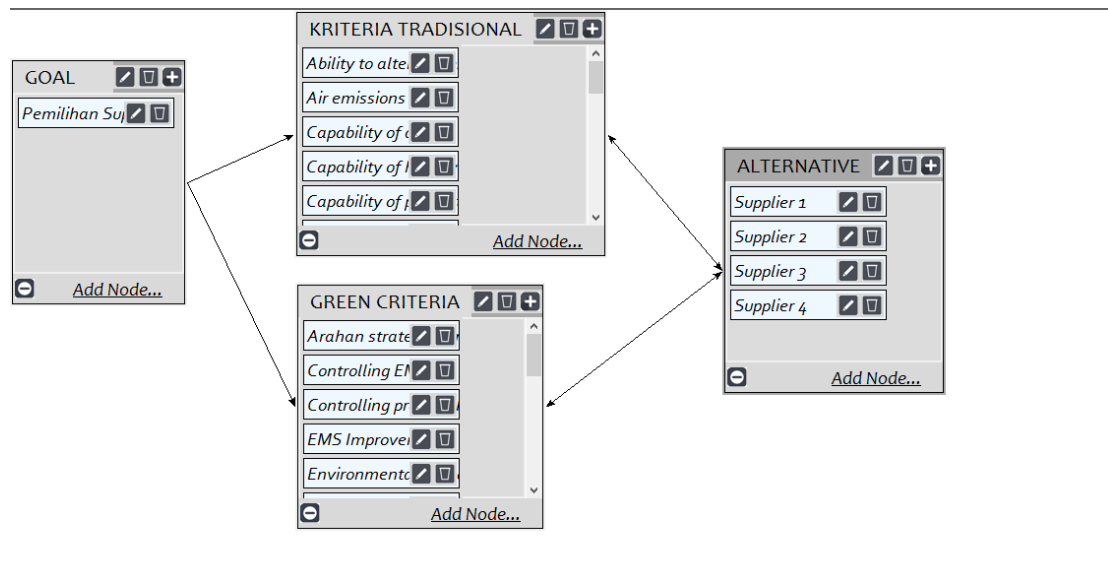
Berikut merupakan hasil dari perhitungan *fuzzy* TOPSIS yang menghasilkan peringkat nilai preferensi untuk masing-masing *supplier* berdasarkan *green criteria* yang ditunjukkan pada tabel 4.8.

Tabel 4. 5 Nilai Preferensi Untuk *Green Criteria*

	Alternatif			
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4
Positif	0.000000000	0.000952960	0.000985536	0.000986274
Negatif	0.000986274	0.000035345	0.000000781	0.000000000
Preferensi	1.000000000	0.035763482	0.000791922	0.000000000
Ranking	1	2	3	4

4.3.2 Metode Analytical Network Process (ANP)

Pada metode ANP ini menggunakan bantuan *software Super Decision* pada setiap penilaian masing-masing kriteria (tradisional dan *green*) untuk setiap masing-masing *supplier*. Berikut merupakan model rancangan ANP:



Gambar 4. 6 Model Analytical Network Process (ANP)
Sumber: Software Super Decision

Berdasarkan model ANP tersebut terlihat setiap kluster pada *software* ANP mengalami interdependensi antar satu sama lain. Hal tersebut sesuai dengan konsep ANP dimana untuk setiap kriteria dan alternatif memiliki hubungan ketergantungan.

Setelah dibuat model ANP, kemudian dilakukan penilaian dalam *software Super Decision* yang dilakukan oleh pengambil keputusan Dudus Ahmad sebagai konsultan alternatif untuk permasalahan pemilihan *supplier*. *Software Super Decision* akan menghasilkan bobot kepentingan untuk masing-masing kriteria. Berikut hasil *software Super Decision* terhadap masing-masing kriteria:

Tabel 4. 6 Nilai Bobot Kepentingan Untuk Kriteria Tradisional

Inconsistency	0.08798		Normalized + Idealized
Name	Normalized	Idealized	
<i>Ability to alter process and product for reducing the impact</i>	0.025696778	0.199941116	0.22563789
<i>Air emissions</i>	0.065782576	0.511840111	0.57762269
<i>Capability of design</i>	0.060383674	0.469832413	0.53021609
<i>Capability of handling abnormal quality</i>	0.03096236	0.240911483	0.27187384
<i>Capability of preventing pollution</i>	0.02274646	0.176985327	0.19973179
<i>Capability of quality management</i>	0.016253946	0.126468464	0.14272241
<i>Capability of R&D</i>	0.018143827	0.141173226	0.15931705
<i>Continuous monitoring and regulatory compliance</i>	0.035465649	0.275950609	0.31141626
<i>Cost of component disposal</i>	0.009273389	0.072154248	0.08142764
<i>Energy consumptions</i>	0.010430717	0.081159171	0.09158989
<i>Environmental-related certificates</i>	0.06603064	0.513770249	0.57980089
<i>Green packaging</i>	0.049548304	0.385524726	0.43507303
<i>Green process planning</i>	0.123446662	0.960511995	1.08395866
<i>Internal control process</i>	0.046538018	0.362102331	0.40864035

Inconsistency	0.08798		Normaliz ed + Idealized
Name	Normalized	Idealized	
<i>Materials used in the supplied components that reduce the impact</i>	0.128521729	1	1.12852173
<i>Quality-related certificates</i>	0.007191984	0.055959287	0.06315127
<i>Ratio of green customers to total customers</i>	0.008523938	0.066322937	0.07484688
<i>Recycle</i>	0.008264683	0.064305727	0.07257041
<i>Social responsibility</i>	0.008717644	0.067830121	0.07654777
<i>Solid wastes</i>	0.028759262	0.223769652	0.25252891
<i>Technology level</i>	0.09486579	0.73813036	0.83299615
<i>Use of harmful materials</i>	0.126876497	0.987198806	1.1140753
<i>Waste water</i>	0.007575473	0.058943129	0.0665186
			8.7807855

Tabel 4. 7 Nilai Bobot Kepentingan Untuk Green Criteria

Inconsistency	0.09764		Normaliz ed + Idealized
Name	Normalized	Idealized	
<i>Arahan strategis pengelolaan lingkungan</i>	0.100254118	0.500052423	0.60030654
<i>Controlling EMS</i>	0.058083815	0.289713311	0.34779713
<i>Controlling proses EMS dari operasional</i>	0.03814934	0.190283157	0.2284325
<i>EMS Improvement</i>	0.017775789	0.088662955	0.10643874
<i>Environmental Management System scope</i>	0.165459026	0.825284671	0.9907437
<i>Environmental performances</i>	0.010538326	0.052563582	0.06310191
<i>Internal audit methods, schedules, and requirements</i>	0.013692259	0.068294925	0.08198718
<i>Kebijakan lingkungan organisasi</i>	0.011961213	0.059660727	0.07162194

Inconsistency	0.09764		Normalize d + Idealized
Name	Normalized	Idealized	
Kesesuaian EMS	0.06163757 8	0.30743894 4	0.3690765 2
Komitment kebijakan	0.20048721 6	1	1.2004872 2
Manajemen dokumen informasi	0.01173908 5	0.05855278 6	0.0702918 7
<i>Organizations Environmental Performance</i>	0.01409347 6	0.07029613 1	0.0843896 1
Pemahaman proses bisnis	0.04068924 9	0.20295183 7	0.2436410 9
Peran dan tanggung jawab lingkungan	0.18302716 7	0.91291191	1.0959390 8
Persyaratan pihak tertarik (<i>interested party</i>)	0.01597792 4	0.07969547 7	0.0956734
Resiko dan peluang penerapan EMS	0.01482675 6	0.07395362 3	0.0887803 8
<i>Response Process</i>	0.023144	0.11543878 3	0.1385827 8
Sumber daya untuk mendukung EMS	0.01846366 1	0.09209395 7	0.1105576 2
			5.9878492

Dari hasil *software* tersebut, akan menghasilkan nilai bobot keseluruhan untuk kriteria tradisional yaitu dengan menjumlahkan setiap nilai *normalized* dengan nilai *idealized* untuk masing-masing kriteria. Kemudian untuk mendapatkan nilai bobot kepentingan untuk setiap kriteria didapatkan dengan memperhitungkan rumus sebagai berikut:

$$\text{Nilai Bobot Kepentingan} = \frac{\text{Nilai Total Normalized} + \text{Idealized}}{\text{Nilai Total Normalized untuk setiap kriteria}}$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan nilai bobot kepentingan untuk setiap kriteria (tradisional dan *green*). Berikut merupakan perhitungan nilai bobot kepentingan dari setiap kriteria:

$$\text{Bobot Kepentingan Kriteria Tradisional} = \frac{8.7807855}{8.7807855 + 5.9878492}$$

$$\text{Bobot Kepentingan Kriteria Tradisional} = 0.594556347$$

$$\text{Bobot Kepentingan Kriteria Tradisional} = \frac{5.9878492}{5.9878492 + 8.7807855}$$

$$\text{Bobot Kepentingan Kriteria Tradisional} = 0.405443653$$

Hasil perhitungan tersebut mendapatkan hasil nilai bobot kepentingan dari setiap kriteria, yaitu untuk kriteria tradisional menghasilkan bobot 59% (dengan pembulatan) dan untuk *green criteria* menghasilkan bobot 41% (dengan pembulatan).

4.4 Metode Multi Objective Decision Making (MODM)

Pada sub bab ini akan menjelaskan mengenai pengolahan data optimasi untuk pendekatan MODM dengan metode *compromise programming* dengan model yang telah dirancang pada bab 3.2.3 dan juga hasil dari metode *compromise programming* untuk menentukan pemilihan *supplier* untuk pembuatan pompa *hydrant* pada PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

4.4.1 Tahap Pengolahan Data Dari Model Optimasi

Pada tahap pengolahan data ini diperlukan data-data untuk keperluan optimasi MODM dalam pemilihan *supplier* untuk pembuatan pompa *hydrant* pada PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. Data-data tersebut antara lain adalah data harga tender dari masing-masing *supplier*, *output* pada pendekatan MCDM (bobot preferensi untuk setiap *supplier* berdasarkan kriteria tradisional dan *green criteria*), *output* dari metode fuzzy TOPSIS, harga pada setiap fase pekerjaan, *demand* dan *supply*, dan waktu kirim untuk masing-masing *supplier*. Berikut merupakan penurunan model optimasi untuk pendekatan MODM pada metode *compromise programming*.

- Fungsi Tujuan

Pada fungsi tujuan optimasi menggunakan metode *compromise programming* ini, untuk fungsi tujuan minimasi harga membutuhkan data harga tender dari masing-masing *supplier*.

$$\text{Min } 160000000x_1 + 105300000x_2 + 61289000x_3 + 47501000x_4$$

Untuk fungsi tujuan minimasi harga membutuhkan data harga tender dari masing-masing *supplier*. Berikut merupakan data hasil *output* MCDM (*fuzzy TOPSIS* untuk nilai preferensi dan ANP untuk bobot) untuk kriteria tradisional (tabel 4.12) dan *green criteria* (tabel 4.13).

Tabel 4. 8 Data Output MCDM Berdasarkan Kriteria Tradisional

Supplier	Preferensi	Bobot	Preferensi Bobot
1	0.302374775	0.594556347	0.179778842
2	0.286228087		0.170178726
3	0.522941541		0.310918212
4	0.871831214		0.518352781

Tabel 4. 9 Data Output MCDM Berdasarkan Green Criteria

Supplier	Preferensi	Bobot	Preferensi Bobot
1	1	0.405443653	0.405443653
2	0.030077498		0.012194731
3	0.000669158		0.000271306
4	0		0

$$\text{Max } (0.179778842 + 0.405443653)x_1 + (0.170178726 + 0.012194731)x_2 \\ + (0.310918212 + 0.000271306)x_3 + (0.518352781 + 0)x_4$$

$$\text{Max } 0.585222495x_1 + 0.182373456x_2 + 0.311189518x_3 \\ + 0.518352781x_4$$

- Fungsi Kendala

PT. Semen Gresik Pabrik Tuban menganggarkan untuk proyek kegiatan operasional yaitu pembuatan pompa *hydrant* ini sebesar Rp 84,400,000,00.

Data yang dibutuhkan selain data harga total material untuk setiap fase pekerjaan adalah data *output* MCDM yaitu bobot preferensi untuk masing-masing *supplier* berdasarkan kriteria tradisional dan *green criteria*. Berikut merupakan data bobot preferensi untuk masing-masing *supplier* berdasarkan kriteria tradisional dan *green criteria* pada tabel 4.15.

Tabel 4. 10 Total Bobot Preferensi Untuk Maing-Masing Supplier

Supplier	Bobot preferensi
1	0.585222495
2	0.182373456
3	0.311189518
4	0.518352781
TOTAL	1.597138251

$$\begin{aligned}
 & (0.585222495 \times Rp81,076,399.00)x_1 + (0.182373456 \times Rp91,526,832.00)x_2 \\
 & + (0.311189518 \times Rp47,030,200.00)x_3 \\
 & + (0.518352781 \times Rp34,758,100.00)x_4 \\
 & \leq (1.597138 \times Rp84,800,000)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \mathbf{Rp\ 47,447,732.50x_1 + Rp\ 16,692,064.69x_2 + Rp\ 14,635,305.26x_3} \\
 & \mathbf{+ Rp\ 18,016,957.81x_4 \leq Rp\ 135,437,323.65}
 \end{aligned}$$

Data *demand* dan *supply* diasumsikan menjadi biner (1 dan 0), karena data yang didapatkan untuk *supply* dari masing-masing *supplier* memenuhi *demand* dari PT. Semen Gresik Pabrik Tuban untuk pembuatan kegiatan operasional yaitu pompa *hydrant*. Berikut merupakan fungsi kendala pada *demand* dan *supply*.

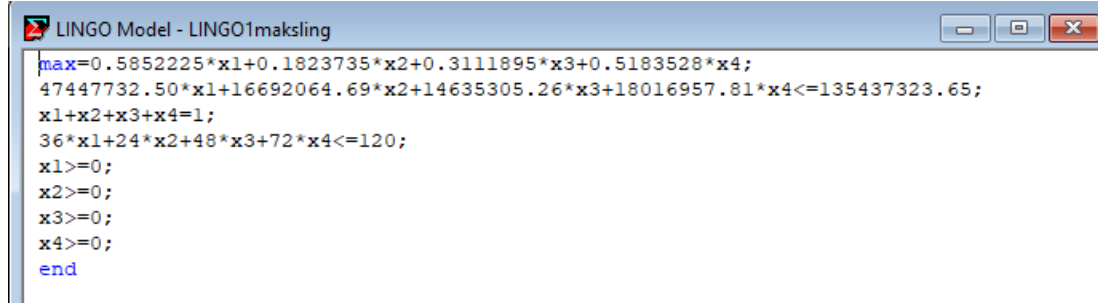
$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

PT. Semen Gresik Pabrik Tuban memiliki ketentuan untuk pengiriman produk/jasa untuk pemenuhan proyek tersebut selama maksimal 120 jam atau 5 hari kerja untuk *supplier* yang berdomisili di daerah Jawa Timur.

$$36x_1 + 24x_2 + 48x_3 + 72x_4 \leq 120$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

Berikut merupakan model matematika untuk fungsi tujuan maksimasi lingkungan sebagai implementasi dari meminimalkan dampak lingkungan ditampilkan pada gambar 4.7 untuk model matematika dalam *software* LINGO.

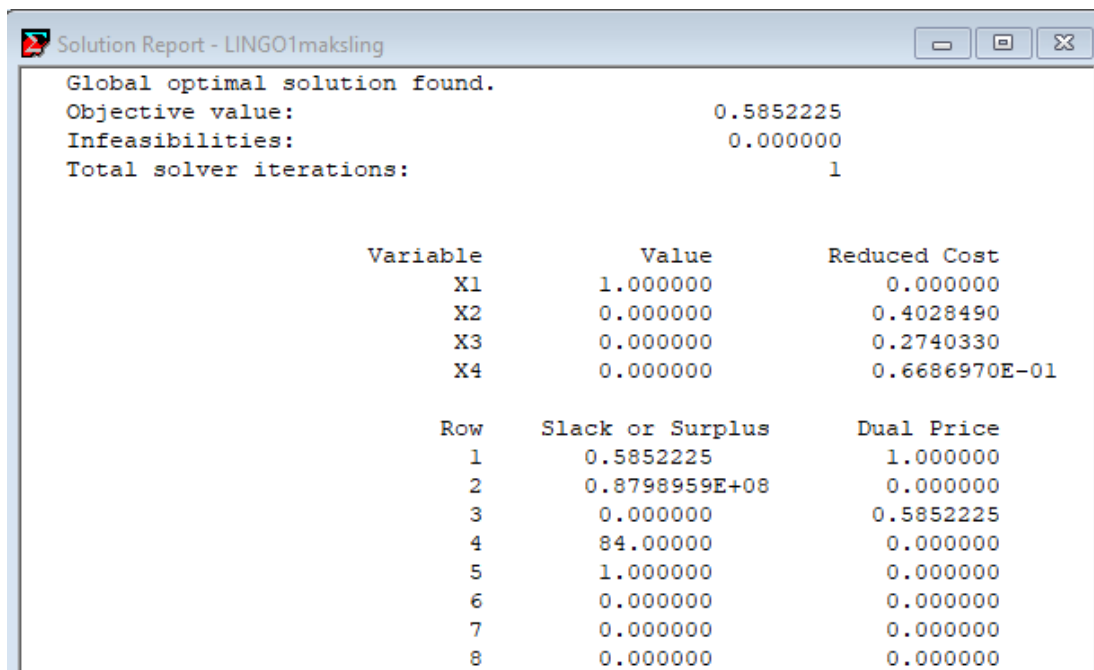


```
LINGO Model - LINGO1maksling
max=0.5852225*x1+0.1823735*x2+0.3111895*x3+0.5183528*x4;
47447732.50*x1+16692064.69*x2+14635305.26*x3+18016957.81*x4<=135437323.65;
x1+x2+x3+x4=1;
36*x1+24*x2+48*x3+72*x4<=120;
x1>=0;
x2>=0;
x3>=0;
x4>=0;
end
```

Gambar 4. 7 Model Matematika Software LINGO 11 Untuk Fungsi Tujuan Maks Ling
Sumber: Software Lingo

Berikut merupakan hasil *running software* LINGO pada model matematika untuk fungsi tujuan maksimasi lingkungan sebagai implementasi dari meminimalkan dampak lingkungan ditampilkan pada gambar 4.8.

Berdasarkan hasil *running* pada *software* LINGO pada gambar 4.8, dapat diketahui *objective value* untuk model maksimasi tersebut bernilai 0.5852225. Untuk *reduced cost* pada variabel X2 bernilai 0, sehingga dapat disimpulkan bahwa jika mengganti nilai 0 menjadi 1 satuan, maka nilai *objective value* akan berkurang sebanyak 0.4028490 (asumsi *ceteris paribus*), begitupun untuk variabel X3 dan X4 dengan nilai masing-masing *reduced cost*.



The screenshot shows the 'Solution Report - LINGO1maksling' window. It displays the following information:

Global optimal solution found.
 Objective value: 0.5852225
 Infeasibilities: 0.000000
 Total solver iterations: 1

Variable	Value	Reduced Cost
X1	1.000000	0.000000
X2	0.000000	0.4028490
X3	0.000000	0.2740330
X4	0.000000	0.6686970E-01

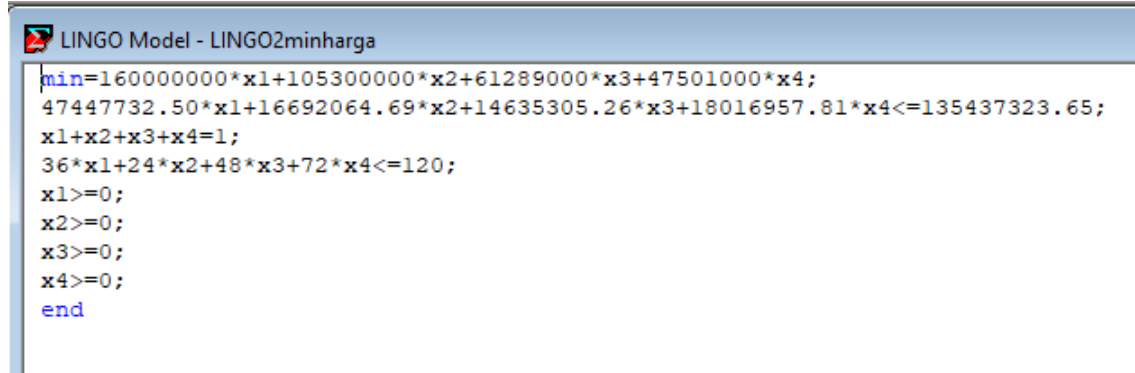
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.5852225	1.000000
2	0.8798959E+08	0.000000
3	0.000000	0.5852225
4	84.00000	0.000000
5	1.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000

Gambar 4. 8 Hasil Optimasi Software LINGO 11 untuk Fungsi Tujuan Maks Ling
Sumber : Software Lingo 11

Untuk *slack or surplus*, berdasarkan gambar 4.8 untuk row 1 memiliki nilai *slack or surplus* sebesar 0.5852225, artinya bahwa masih ada sumberdaya yang tersisa atau tidak terpakai dengan solusi yang dikeluarkan oleh LP. Kondisi *slack* sebanyak 0.5852225. Begitupun seterusnya untuk masing-masing row.

Untuk *dual price* hampir sama dengan *reduced cost* dimana *reduced cost* menceritakan mengenai hubungan *objective function value* dengan *value* atau konstanta, maka *dual price* menjelaskan hubungan *objective function value* dengan *constrain* atau kendala. Jika nilai pada row diganti menjadi 1 satuan, jika kendala diganti menjadi 1 satuan, maka perlu untuk menambahkan nilai sebesar 1 untuk *objective function value*, begitupun seterusnya pada nilai masing-masing row.

Berikut merupakan model matematika untuk fungsi tujuan minimasi harga tender untuk masing-masing *supplier* ditampilkan pada gambar 4.9 untuk model matematika dalam software LINGO.



```
min=160000000*x1+105300000*x2+61289000*x3+47501000*x4;  
47447732.50*x1+16692064.69*x2+14635305.26*x3+18016957.81*x4<=135437323.65;  
x1+x2+x3+x4=1;  
36*x1+24*x2+48*x3+72*x4<=120;  
x1>=0;  
x2>=0;  
x3>=0;  
x4>=0;  
end
```

Gambar 4. 9 Model Matematika Software LINGO 11 Untuk Fungsi Tujuan Min Harga
Sumber: Software Lingo

Berikut merupakan hasil *running software* LINGO pada model matematika untuk fungsi tujuan minimasi harga tender untuk masing-masing *supplier* ditampilkan pada gambar 4.10.

Berdasarkan hasil *running* pada *software* LINGO pada gambar 4.9, dapat diketahui *objective value* untuk model minimasi tersebut bernilai 0.047501. Untuk *reduced cost* pada variabel X1 bernilai 0, sehingga dapat disimpulkan bahwa jika mengganti nilai 0 menjadi 1 satuan, maka nilai *objective value* akan bertambah sebanyak 0.00112499 (asumsi *ceteris paribus*), begitupun untuk variabel X2 dan X3 dengan nilai masing-masing *reduced cost*.

Untuk *slack or surplus*, berdasarkan gambar 4.9 untuk row 1 memiliki nilai *slack or surplus* sebesar 0.047501, artinya bahwa masih ada sumberdaya yang tersisa atau tidak terpakai dengan solusi yang dikeluarkan oleh LP. Kondisi *slack* sebanyak 0.047501. Begitupun seterusnya untuk masing-masing row.

Solution Report - LINGO2minharga

Global optimal solution found.

Objective value: 0.4750100E+08

Infeasibilities: 0.000000

Total solver iterations: 1

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	0.1124990E+09
X2	0.000000	0.5779900E+08
X3	0.000000	0.1378800E+08
X4	1.000000	0.000000

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.4750100E+08	-1.000000
2	0.1174204E+09	0.000000
3	0.000000	-0.4750100E+08
4	48.000000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	0.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	1.000000	0.000000

Gambar 4. 10 Hasil Optimasi Software LINGO 11 untuk Fungsi Tujuan Min Harga
Sumber : Software Lingo 11

4.4.2 Hasil Compromise Programming

Pada pengolahan *compromise programming* ini, dilakukan dengan mempertimbangkan 2 kriteria, yaitu kriteria tradisional dan *green criteria*. Untuk perhitungan *compromise programming* untuk kriteria tradisional dapat dilihat pada tabel 4.17. Untuk hasil pada kriteria tradisional adalah sebagai berikut:

$$d_p = \left[0.59 \left(\left(\frac{0.047501 - (0.16x_1 + 0.1053x_2 + 0.061289x_3 + 0.047501x_4)}{0.047501} \right) + \left(\frac{0.5852 - (0.5852x_1 + 0.1824x_2 + 0.3112x_3 + 0.5184x_4)}{0.5852} \right) \right)^{\frac{1}{1}} \right]$$

$$d_p = 0.59 \times \left(\frac{2 - (-0.745222495x_1 - 0.287673456x_2 - 0.372478518x_3 - 0.565853781x_4)}{0.0277987} \right)$$

$$d_p = 1.18 + 0.439681272x_1 + 0.169727339x_2 + 0.219762326x_3 + 0.333853731x_4$$

$$Max L = 0.439681272x_1 + 0.169727339x_2 + 0.219762326x_3 + 0.333853731x_4$$

Subject to

$$Rp\ 47,447,732.50x_1 + Rp\ 16,692,064.69x_2 + Rp\ 14,635,305.26x_3 + Rp\ 18,016,957.81x_4 \\ \leq Rp\ 135,437,323.65$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$36x_1 + 24x_2 + 48x_3 + 72x_4 \leq 120$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

$$x_1^* = 0; x_2^* = 1; x_3^* = 0; x_4^* = 0$$

$$Z^* = 0.1697273$$

$$d_p = 1.0102727$$

Tabel 4. 11 Hasil *Compromise Programming* Untuk Kriteria Tradisional Berdasarkan Fungsi Tujuan Optimasi

w		Lingkungan		Harga		sum f
		f	f*w	f	f*w	
0.59	x1	0.585222495	0.3452813	0.16	0.0944	0.4396813
	x2	0.182373456	0.1076003	0.1053	0.062127	0.1697273
	x3	0.311189518	0.1836018	0.061289	0.0361605	0.2197623
1.18	x4	0.518352781	0.3058281	0.047501	0.0280256	0.3338537
	Z	0.1697273				
	dp	1.0102727				

Sedangkan untuk *green criteria* menurut ISO 14001 sebagai implementasi pemilihan *supplier* adalah seperti pada tabel 4.12:

$$d_p = \left[0.41 \left(\left(\frac{0.047501 - (0.16x_1 + 0.1053x_2 + 0.061289x_3 + 0.047501x_4)}{0.047501} \right) + \left(\frac{0.5852 - (0.5852x_1 + 0.1824x_2 + 0.3112x_3 + 0.5184x_4)}{0.5852} \right) \right)^{\frac{1}{1}} \right]$$

$$d_p = 0.59 \times \left(\frac{2 - (-0.745222495x_1 - 0.287673456x_2 - 0.372478518x_3 - 0.565853781x_4)}{0.0277987} \right)$$

$$d_p = 0.82 + 0.305541223x_1 + 0.117946117x_2 + 0.152716192x_3 + 0.232000005x_4$$

$$Max\ L = 0.305541223x_1 + 0.117946117x_2 + 0.152716192x_3 + 0.232000005x_4$$

Subject to

$$Rp\ 47,447,732.50x_1 + Rp\ 16,692,064.69x_2 + Rp\ 14,635,305.26x_3 + Rp\ 18,016,957.81x_4 \\ \leq Rp\ 135,437,323.65$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$36x_1 + 24x_2 + 48x_3 + 72x_4 \leq 120$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

$$x_1^* = 0; x_2^* = 1; x_3^* = 0; x_4^* = 0$$

$$Z^* = 0.1179461$$

$$d_p = 0.7020539$$

Tabel 4. 12 Hasil *Compromise Programming* Untuk *Green Criteria* Berdasarkan Optimasi

w		Lingkungan		Harga		sum f
		f	f*w	f	f*w	
0.41	x1	0.585222495	0.2399412	0.16	0.0656	0.3055412
	x2	0.182373456	0.0747731	0.1053	0.043173	0.1179461
	x3	0.311189518	0.1275877	0.061289	0.0251285	0.1527162
0.82	x4	0.518352781	0.2125246	0.047501	0.0194754	0.2320001
Z		0.1179461				
dp		0.7020539				

BAB 5

ANALISA DAN INTEPRETASI DATA

Pada bab ini akan membahas mengenai analisa dan intepretasi dari hasil data yang telah diolah di bab sebelumnya. Analisa dan intepretasi data tersebut terdiri dari analisa kriteria tradisional dan *green criteria* dalam pemilihan *supplier*, analisa pendekatan MCDM dengan menggunakan metode *fuzzy TOPSIS* dan ANP, dan analisa pendekatan MODM dengan menggunakan metode *compromise programming*.

5.1 Analisa Kriteria Dalam Pemilihan *Supplier*

Pada sub bab ini akan membahas mengenai analisa dari kriteria pemilihan *supplier* dalam pembuatan pompa *hydrant* di PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. Kriteria yang ditetapkan dalam pemilihan *supplier* ini menggunakan 2 kriteria yaitu kriteria tradisional yang diambil dari pemilihan *supplier* secara general dalam industri manufaktur dan *green criteria* yang diambil dari pemilihan *supplier* berdasarkan ISO 14001. Berikut merupakan analisa dari kedua kriteria, yaitu kriteria tradisional dan *green criteria*:

5.1.1 Analisa Kriteria Tradisional

Kriteria tradisional dalam penmilihan *supplier* ini diambil berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh Lee et al (2009) untuk pemilihan *supplier* pada industri manufaktur yang sering diterapkan. Berikut merupakan kriteria tradisional menurut Lee et al (2009) yang digunakan dalam pemilihan *supplier* pada penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 5.1:

Tabel 5. 1 Tabel Kriteria Tradisional Manurut Lee et al (2009)

No. Kriteria	Kriteria	No. Sub Kriteria	Sub Kriteria	Deskripsi
1	<i>Quality</i>	1.1	<i>Quality-related certificates</i>	Kualitas produk sesuai sertifikasi perusahaan.

No. Kriteria	Kriteria	No. Sub Kriteria	Sub Kriteria	Deskripsi
		1.2	<i>Capability of quality management</i>	Manajemen quality control.
		1.3	<i>Capability of handling abnormal quality</i>	Penanggulangan produk cacat.
2	Technology Capability	2.1	<i>Technology level</i>	Teknologi yang dipakai.
		2.2	<i>Capability of R&D</i>	Inovasi produk.
		2.3	<i>Capability of design</i>	Desain produk.
		2.4	<i>Capability of preventing pollution</i>	Penanggulangan polusi.
3	Product Life Cycle Cost	3.1	<i>Cost of component disposal</i>	Biaya penanggulangan produk cacat.
4	Green Image	4.1	<i>Ratio of green customers to total customers</i>	Perbandingan kepuasan pelanggan.
		4.2	<i>Social responsibility</i>	Tanggung jawab lingkungan.
5	Pollution Control	5.1	<i>Air emissions</i>	Waste pada udara.
		5.2	<i>Waste water</i>	Waste pada air.
		5.3	<i>Solid wastes</i>	Waste padat.
		5.4	<i>Energy consumptions</i>	Konsumsi energi.
		5.5	<i>Use of harmful materials</i>	Menggunakan bahan produksi ramah lingkungan.
6	Environmental Management	6.1	<i>Environmental-related certificates</i>	Sertifikasi mengenai manajemen lingkungan.

No. Kriteria	Kriteria	No. Sub Kriteria	Sub Kriteria	Deskripsi
		6.2	<i>Continuous monitoring and regulatory compliance</i>	Evaluasi kinerja <i>supplier</i> .
		6.3	<i>Green process planning</i>	Kebijakan sertifikasi manajemen lingkungan.
		6.4	<i>Internal control process</i>	Pelatihan pegawai untuk meningkatkan <i>awareness</i> terhadap lingkungan.
7	Green Product	7.1	<i>Recycle</i>	Daur ulang limbah yang ramah lingkungan.
		7.2	<i>Green packaging</i>	<i>Packaging</i> produk yang ramah lingkungan.
8	Green Competencies	8.1	<i>Materials used in the supplied components that reduce the impact</i>	Bahan baku yang ramah lingkungan.
		8.2	<i>Ability to alter process and product for reducing the impact</i>	Penanggulangan produk terhadap lingkungan.

Berdasarkan kriteria tradisional pada tabel 5.1, kriteria tradisional dipengaruhi oleh kapabilitas *supplier* untuk menghasilkan produk. Kriteria tradisional pada tabel 5.1 yang diterapkan pada penelitian tugas akhir ini mempertimbangkan kualitas produk dan juga teknologi yang diterapkan untuk membuat produknya. Adapun kriteria yang menyangkut mengenai dampak lingkungan tidak terlalu

diperhatikan karena kriteria tersebut banyak dianggap sebagai formalitas mengenai pembuatan produk pada industri manufaktur pada umumnya.

5.1.2 Analisa Green Criteria

Green criteria dalam pemilihan *supplier* ini diambil berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh sertifikasi 14001 untuk pemilihan *supplier* pada industri manufaktur yang harus diterapkan pada proses pemilihan *supplier*. Berikut merupakan *green criteria* menurut ISO 14001 yang digunakan dalam pemilihan *supplier* pada penelitian tugas akhir ini dapat dilihat pada tabel 5.2:

Tabel 5. 2 Tabel Green Criteria Menurut ISO 14001

No. Kriteria	Kriteria	No. Sub Kriteria	Sub Kriteria	Deskripsi
1	Context	1.1	Pemahaman proses bisnis	Tingkat <i>awareness</i> terhadap dampak lingkungan.
		1.2	Persyaratan pihak tertarik (<i>interested party</i>)	
		1.3	<i>Environmental Management System scope</i>	
2	Leadership	2.1	Arahan strategis pengelolaan lingkungan	Kebijakan mengenai manajemen lingkungan.
		2.2	Kebijakan lingkungan organisasi	
		2.3	Peran dan tanggung jawab lingkungan	
3	Planning	3.1	Resiko dan peluang penerapan EMS	Pengukuran manajemen lingkungan.
		3.2	Komitment kebijakan	

No. Kriteria	Kriteria	No. Sub Kriteria	Sub Kriteria	Deskripsi
4	Support	4.1	Sumber daya untuk mendukung EMS	Kegiatan evaluasi sumber daya mengenai penerapan manajemen lingkungan.
		4.2	<i>Controlling</i> EMS	
		4.3	Manajemen dokumen informasi	
5	Operations	5.1	<i>Controlling</i> proses EMS dari operasional	Penerapan manajemen lingkungan.
		5.2	<i>Response Process</i>	
6	Evaluation	6.1	<i>Environmental performances</i>	Kegiatan evaluasi total mengenai penerapan manajemen lingkungan.
		6.2	<i>Organizations Environmental Performance</i>	
		6.3	<i>Internal audit methods, schedules, and requirements</i>	
7	Improvement	7.1	EMS <i>Improvement</i>	Penyesuaian sertifikasi.
		7.2	Kesesuaian EMS	

Berdasarkan *green criteria* pada tabel 5.2 diatas, kriteria tersebut memperhatikan seluruh aspek pada pembuatan produk dalam industri manufaktur. Kriteria tersebut bersifat mengikat untuk industri yang telah mendapatkan sertifikasi ISO 14001, dimana perusahaan yang telah mendapatkan sertifikasi ISO 14001 wajib untuk menerapkan kriteria-kriteria pada tabel 5.2 dalam hal pemilihan *supplier* sebagai *supporting system* dalam pembuatan produknya. Kriteria tersebut tidak hanya memperhatikan dalam segi produk dan proses pembuatannya, melainkan lebih dari itu yaitu memperhatikan bagaimana arahan strategis dari *top management* perusahaan mengenai dampak lingkungan dari pembuatan produk dan kualitas produk, perencanaan sistem manajemen lingkungan yang akan diterapkan untuk

proses bisnis perusahaan, sumber daya yang dimiliki, proses produksi, evaluasi proses bisnis, dan juga *continuous improvement* yang akan diterapkan perusahaan.

5.2 Analisa Pendekatan *Multi Criteria Decision Making* (MCDM)

Pada sub bab ini akan membahas mengenai analisa dari hasil pendekatan MCDM yaitu dengan menggunakan metode *fuzzy* TOPSIS dan ANP. Berikut merupakan analisa dari kedua metode tersebut:

5.2.1 Analisa Metode Fuzzy TOPSIS (*Technique for Order Preference by Smilarity for Ideal Solution*)

Metode ini memiliki prinsip dasar yaitu bahwa *80egative80ve* yang terpilih haruslah memiliki jarak terdekat dari solusi ideal dan jarak terjauh dari solusi *80egative-ideal*. Solusi ideal positif didefinisikan sebagai jumlah dari seluruh nilai terbaik yang dapat dicapai untuk setiap atribut, sedangkan solusi *80egative-ideal* terdiri dari seluruh nilai terburuk yang dapat dicapai untuk setiap atribut. TOPSIS mempertimbangkan keduanya, jarak terhadap solusi ideal positif dan terhadap solusi ideal *80egative* dengan mengambil kedekatan *80egative* terhadap solusi ideal positif. Berikut merupakan analisa dari hasil *fuzzy* TOPSIS yang dihasilkan dari pengolahan data pada bab 4 sebelumnya.

Tabel 5. 3 Hasil Fuzzy TOPSIS untuk Kriteria Tradisional

	Alternatif			
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4
Positif	0.001771756	0.001834427	0.001197676	0.000297349
Negatif	0.000767940	0.000735620	0.001312867	0.002022630
Preferensi	0.302374775	0.286228087	0.522941541	0.871831214
Ranking	3	4	2	1

Dari hasil akhir metode *fuzzy* TOPSIS pada tabel 5.3 untuk kriteria tradisional terhadap setiap *80egative80ve* kriteria didapatkan hasil nilai preferensi pengambil keputusan yaitu *supplier* 4 menempati preferensi nomor 1 dengan nilai 0.871831214 dengan jarak solusi positif sebesar 0.000297349 dan jarak solusi *80egative* adalah 0.002022630. Keputusan untuk pemilihan *supplier* berdasarkan

kriteria tradisional adalah memilih *supplier* 4 untuk memenuhi *demand* PT. Semen Gresik untuk pembuatan pompa *hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

Tabel 5. 4 Hasil Fuzzy TOPSIS untuk *Green Criteria*

	Alternatif			
	Supplier 1	Supplier 2	Supplier 3	Supplier 4
Positif	0.000000000	0.000076615	0.000078609	0.000078654
Negatif	0.000078654	0.000002376	0.000000053	0.000000000
Preferensi	1.000000000	0.030077498	0.000669158	0.000000000
Ranking	1	2	3	4

Dari hasil akhir metode *fuzzy TOPSIS* pada tabel 5.4 untuk *green criteria* terhadap setiap 81egative81ve kriteria didapatkan hasil nilai preferensi pengambil keputusan yaitu *supplier* 1 menempati preferensi nomor 1 dengan nilai 1 dengan jarak solusi positif sebesar 0.000000000 dan jarak solusi 81egative adalah 0.000078654. Keputusan untuk pemilihan *supplier* berdasarkan *green criteria* adalah memilih *supplier* 1 untuk memenuhi *demand* PT. Semen Gresik untuk pembuatan pompa *hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

5.2.2 Analisa Metode ANP (*Analytical Network Process*)

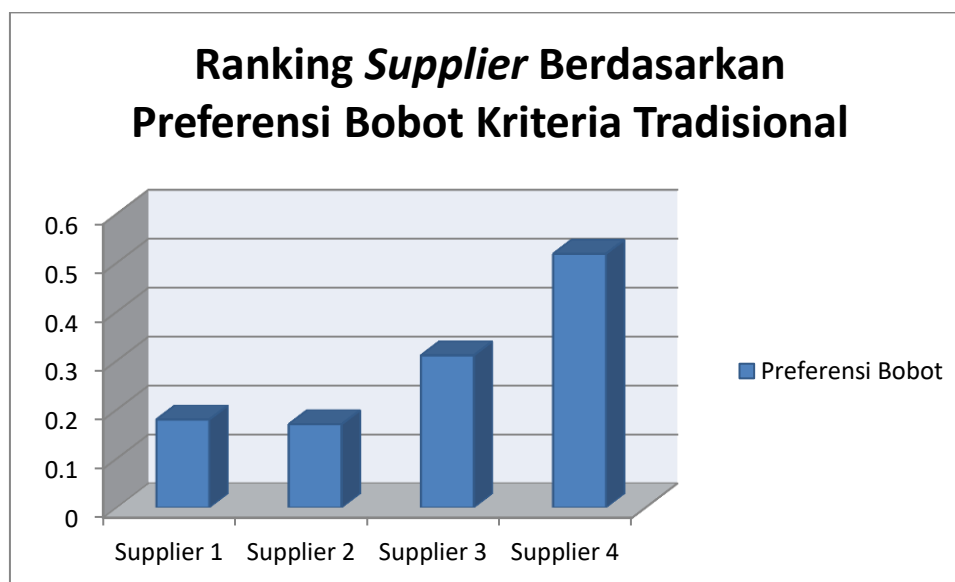
KRITERIA TRADISIONAL	0.5945563
GREEN CRITERIA	0.4054437

Dari hasil ANP ini menghasilkan bobot kepentingan global untuk masing-masing kriteria yang dijadikan pertimbangan dalam hal pemilihan *supplier*. Untuk bobot kepentingan global dari kriteria tradisional menghasilkan bobot 0.59, sedangkan untuk bobot kepentingan dari *green criteria* menghasilkan bobot kepentingan global sebesar 0.41. Hal ini menjadikan untuk kriteria tradisional memang masih dianggap lebih penting untuk penerapan pemilihan *supplier*. Penulis mengasumsikan bahwa penerapan pemilihan *supplier* berdasarkan *green criteria*

masih belum tepat untuk diterapkan karena arahan strategis yang masih belum mempertimbangkan dampak lingkungan dalam proses bisnis pemilihan *supplier*.

5.2.3 Kesimpulan Metode Multi Criteria Decision Making (MCDM)

Berdasarkan dua metode MCDM yang telah diolah pada bab 4 sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa hasil kedua metode MCDM berdasarkan dua kriteria (tradisional dan *green*) tetap menghasilkan hasil ranking *supplier* yang sama untuk masing-masing kriteria. Berikut merupakan grafik ranking *supplier* berdasarkan masing-masing kriteria yang digambarkan pada gambar 5.1 dan gambar 5.2:



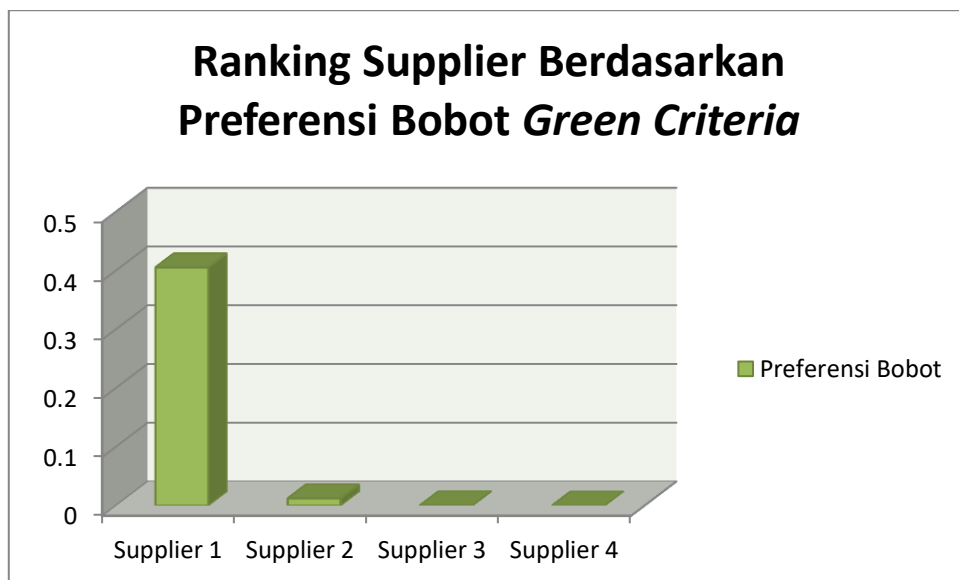
Gambar 5. 1 Ranking Supplier Berdasarkan Preferensi Bobot Kriteria Tradisional

Dari proses penilaian dengan menggunakan dua metode MCDM, dapat diketahui manfaat dari dua metode MCDM yaitu:

1. Kedua metode MCDM tersebut mempertimbangkan berbagai kriteria yang saling bertentangan (*conflicting*) dan kriteria yang bersifat interdependensi. Dalam penelitian tugas akhir ini, dengan berbagai kriteria pemilihan *supplier* (baik kriteria tradisional ataupun *green criteria*), menggunakan pendekatan MCDM dengan metode *fuzzy* TOPSIS dan ANP dapat

memudahkan proses pembuatan preferensi pemilihan *supplier*, yaitu dengan proses penilaian.

2. Dapat dengan mudah dikerjakan dengan menggunakan skala penilaian untuk masing-masing kriteria dari kedua pendekatan MCDM. Hal tersebut dapat memfasilitasi *multi decision maker* dalam penentuan pemilihan *supplier* dan sangat berguna untuk proses pembobotan dan perankingan preferensi dalam pemilihan *supplier*.



Gambar 5. 2 Ranking Supplier Berdasarkan Preferensi Bobot *Green Criteria*

Sementara untuk kelemahan dari pendekatan MCDM dari kedua metode (*fuzzy TOPSIS* dan ANP) dapat diketahui yaitu:

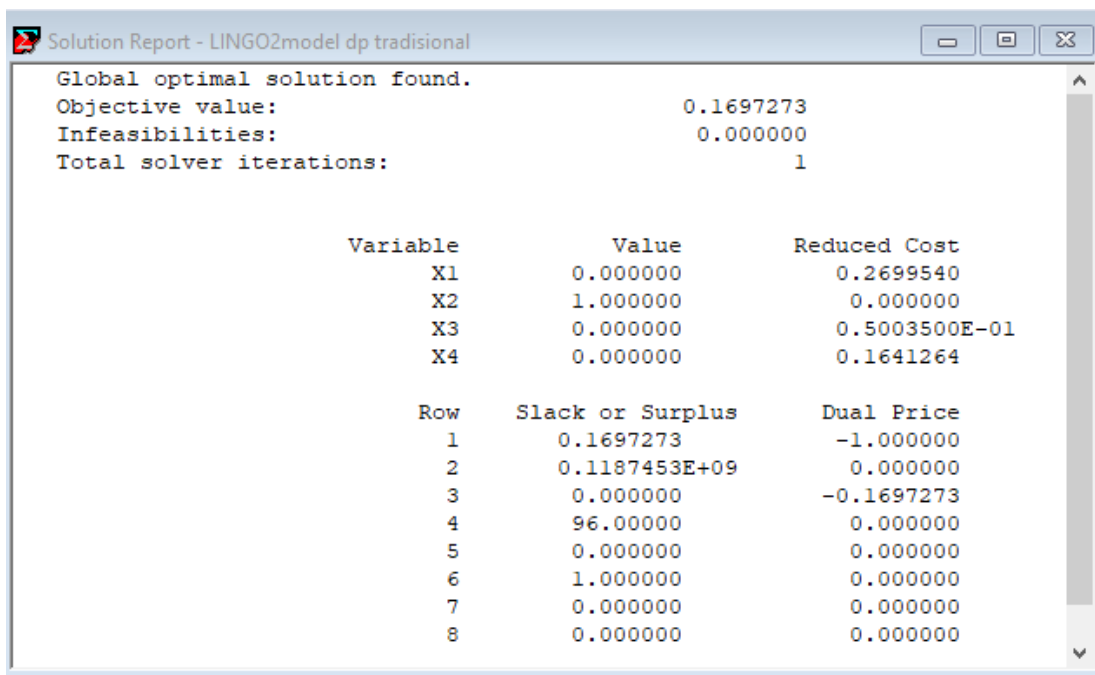
1. Tidak dapat digunakan untuk pengambil keputusan tunggal.
2. Metode lain dapat juga digunakan untuk proses pembobotan dan pembuatan ranking preferensi dalam banyak kasus.

5.3 Analisa Pendekatan *Multi Objective Decision Making* (MODM)

Pada sub bab ini akan membahas mengenai analisa dari hasil MODM yaitu dengan menggunakan metode *compromise programming*. Berikut merupakan hasil analisa dari metode *compromise programming*:

5.3.1 Analisa Metode *Compromise Programming*

Berdasarkan pengolahan data pada bab 4 sebelumnya, optimasi dengan menggunakan metode *compromise programming* ini menghasilkan solusi kompromi dengan hasil penentuan *supplier* terpilih yaitu *supplier* 2 untuk mengerjakan proyek pembuatan pompa *hydrant* pada PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. Hasil tersebut dilihat berdasarkan 2 kriteria, yaitu kriteria tradisional dan *green criteria*. Kedua kriteria tersebut menghasilkan *output* penentuan *supplier* terpilih yang sama. Berikut merupakan hasil *running* pada *software* LINGO untuk solusi kompromi pada kriteria tradisional yang ditampilkan pada gambar 5.3.



The screenshot shows a window titled "Solution Report - LINGO2model dp tradisional". It displays the following information:

Global optimal solution found.
Objective value: 0.1697273
Infeasibilities: 0.000000
Total solver iterations: 1

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	0.2699540
X2	1.000000	0.000000
X3	0.000000	0.5003500E-01
X4	0.000000	0.1641264

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.1697273	-1.000000
2	0.1187453E+09	0.000000
3	0.000000	-0.1697273
4	96.00000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	1.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000

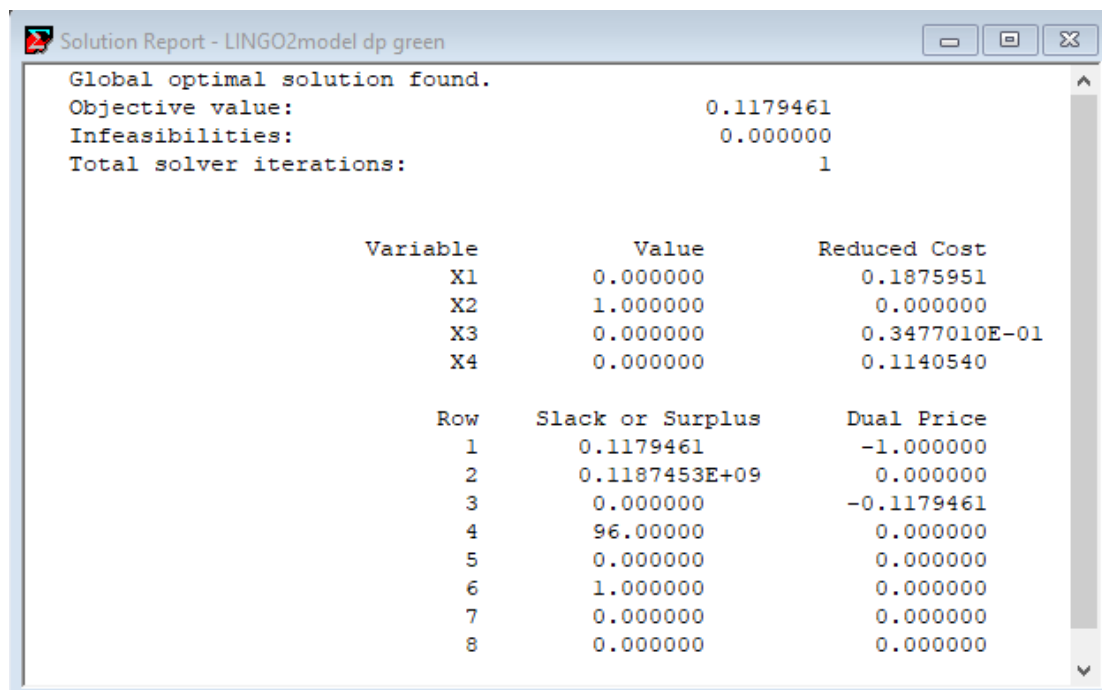
Gambar 5. 3 Hasil Solusi Kompromi Untuk Kriteria Tradisional
Sumber: Software Lingo

Berdasarkan hasil *running* pada *software* LINGO pada gambar 5.3, dapat diketahui *objective value* untuk model maksimasi tersebut bernilai 0.1697273. Untuk

reduced cost pada variabel X1 bernilai 0, sehingga dapat disimpulkan bahwa jika mengganti nilai 0 menjadi 1 satuan, maka nilai *objective value* akan berkurang sebanyak 0.2699540 (asumsi *ceteris paribus*), begitupun untuk variabel X3 dan X4 dengan nilai masing-masing *reduced cost*.

Untuk *slack or surplus*, berdasarkan gambar 5.3 untuk row 1 memiliki nilai *slack or surplus* sebesar 0.1697273, artinya bahwa masih ada sumberdaya yang tersisa atau tidak terpakai dengan solusi yang dikeluarkan oleh LP. Kondisi *slack* sebanyak 0.1697273. Begitupun seterusnya untuk masing-masing row.

Untuk *dual price* hampir sama dengan *reduced cost* dimana *reduced cost* menceritakan mengenai hubungan *objective function value* dengan *value* atau konstanta, maka *dual price* menjelaskan hubungan *objective function value* dengan *constrain* atau kendala. Jika nilai pada row 1 diganti menjadi 1 satuan, maka perlu untuk mengurangi nilai sebesar 1 untuk *objective function value*, begitupun seterusnya pada nilai masing-masing row.



Solution Report - LINGO2model dp green

Global optimal solution found.
 Objective value: 0.1179461
 Infeasibilities: 0.000000
 Total solver iterations: 1

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	0.1875951
X2	1.000000	0.000000
X3	0.000000	0.3477010E-01
X4	0.000000	0.1140540

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.1179461	-1.000000
2	0.1187453E+09	0.000000
3	0.000000	-0.1179461
4	96.00000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	1.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000

Gambar 5. 4 Hasil Solusi Kompromi Untuk *Green Criteria*
 Sumber: Software Lingo

Berdasarkan hasil *running* pada *software* LINGO pada gambar 5.4, dapat diketahui *objective value* untuk model maksimasi tersebut bernilai 0.11794641. Untuk *reduced cost* pada variabel X1 bernilai 0, sehingga dapat disimpulkan bahwa jika mengganti nilai 0 menjadi 1 satuan, maka nilai *objective value* akan berkurang sebanyak 0.1875951 (asumsi *ceteris paribus*), begitupun untuk variabel X3 dan X4 dengan nilai masing-masing *reduced cost*.

Untuk *slack or surplus*, berdasarkan gambar 5.4 untuk row 1 memiliki nilai *slack or surplus* sebesar 0.11794641, artinya bahwa masih ada sumberdaya yang tersisa atau tidak terpakai dengan solusi yang dikeluarkan oleh LP. Kondisi *slack* sebanyak 0.11794641. Begitupun seterusnya untuk masing-masing row.

Untuk *dual price* hampir sama dengan *reduced cost* dimana *reduced cost* menceritakan mengenai hubungan *objective function value* dengan *value* atau konstanta, maka *dual price* menjelaskan hubungan *objective function value* dengan *constrain* atau kendala. Jika nilai pada row 1 diganti menjadi 1 satuan, maka perlu untuk mengurangi nilai sebesar 1 untuk *objective function value*, begitupun seterusnya pada nilai masing-masing row.

Berdasarkan hasil perhitungan solusi kompromi untuk kriteria tradisional dan *green criteria*, dapat disimpulkan bahwa *supplier 2* adalah *supplier* terpilih untuk menangani proyek kegiatan operasional yaitu pembuatan pompa *hydrant* pada PT. Semen Gresik Pabrik Tuban dapat dilihat pada tabel 5.5 untuk matriks *tradeoff* pengambilan keputusan.

Tabel 5. 5 Matriks *Tradeoff* Untuk Pengambilan Keputusan Pemilihan *Supplier*

				Solusi Kompromi	
				Tradisional	Green
	x1	1	0	0	0
	x2	0	0	1	1
	x3	0	0	0	0
Fungsi Tujuan	x4	0	1	0	0
Z(Maks Lingkungan)		0.585222495	0.51835278	0.182373456	0.182373456
Z(Min Harga)		1.6	0.47501	0.1053	0.1053

5.3.2 Analisa Sensitivitas Pada Metode Compromise Programming Dalam Pemilihan Supplier

Pada sub bab ini akan menjelaskan mengenai analisa sensitivitas untuk hasil *compromise programming*. Berikut merupakan hasil perhitungan analisa sensitivitas untuk kriteria tradisional pada metode *compromise programming*. Analisa sensitivitas dilakukan dengan mengganti bobot pada formulasi *compromise programming* untuk kriteria tradisional, dari bobot 0.59 menjadi 0.25 yang ditampilkan pada tabel 5.6.

$$d_p = \left[0.25 \left(\left(\frac{0.047501 - (0.16x_1 + 0.1053x_2 + 0.061289x_3 + 0.047501x_4)}{0.047501} \right) + \left(\frac{0.5852 - (0.5852x_1 + 0.1824x_2 + 0.3112x_3 + 0.5184x_4)}{0.5852} \right) \right)^{\frac{1}{1}} \right]$$

$$d_p = 0.25 \times \left(\frac{2 - (-0.745222495x_1 - 0.287673456x_2 - 0.372478518x_3 - 0.565853781x_4)}{0.0277987} \right)$$

$$d_p = 0.5 + 0.186306x_1 + 0.071918x_2 + 0.093120x_3 + 0.141463x_4$$

$$\text{Max } L = 0.186306x_1 + 0.071918x_2 + 0.093120x_3 + 0.141463x_4$$

Subject to

$$\text{Rp } 47,447,732.50x_1 + \text{Rp } 16,692,064.69x_2 + \text{Rp } 14,635,305.26x_3 + \text{Rp } 18,016,957.81x_4$$

$$\leq \text{Rp } 135,437,323.65$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

$$36x_1 + 24x_2 + 48x_3 + 72x_4 \leq 120$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

$$x_1^* = 0; x_2^* = 1; x_3^* = 0; x_4^* = 0$$

$$Z^* = 0.071918$$

$$d_p = 0.4281$$

Berikut merupakan analisa sensitivitas dilakukan dengan mengganti bobot pada formulasi *compromise programming* untuk *green criteria*, dari bobot 0.41 menjadi 0.75 yang ditampilkan pada tabel 5.7.

Solution Report - LINGO2model dp tradisional sensitivity		
Global optimal solution found.		
Objective value:		0.7191800E-01
Infeasibilities:		0.000000
Total solver iterations:		1
Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	0.1143880
X2	1.000000	0.000000
X3	0.000000	0.2120200E-01
X4	0.000000	0.6954500E-01
Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.7191800E-01	-1.000000
2	0.1187453E+09	0.000000
3	0.000000	-0.7191800E-01
4	96.00000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	1.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000

Gambar 5. 5 Hasil Optimasi *Software LINGO 11* Pada Analisa Sensitivitas *Compromise Programming* Untuk Kriteria Tradisional
Sumber: *Software LINGO*

Tabel 5. 6 Hasil Analisa Sensitivitas *Compromise Programming* Untuk Kriteria Tradisional Berdasarkan Fungsi Tujuan Optimasi

w		Lingkungan		Harga		sum f
		f	f*w	f	f*w	
0.25	x1	0.585222495	0.1463056	0.16	0.04	0.186306
	x2	0.182373456	0.0455934	0.1053	0.026325	0.071918
	x3	0.311189518	0.0777974	0.061289	0.0153223	0.093120
0.5	x4	0.518352781	0.1295882	0.047501	0.0118753	0.141463
	Z	7.192E-02				
	dp	4.281E-01				

$$d_p = \left[0.75 \left(\left(\frac{0.047501 - (0.16x_1 + 0.1053x_2 + 0.061289x_3 + 0.047501x_4)}{0.047501} \right) + \left(\frac{0.5852 - (0.5852x_1 + 0.1824x_2 + 0.3112x_3 + 0.5184x_4)}{0.5852} \right) \right)^{\frac{1}{1}} \right]$$

$$d_p = 0.75 \times \left(\frac{2 - (-0.745222495x_1 - 0.287673456x_2 - 0.372478518x_3 - 0.565853781x_4)}{0.0277987} \right)$$

$$d_p = 1.5 + 0.558916871x_1 + 0.215755092x_2 + 0.279358888x_3 + 0.424390336x_4$$

$$\text{Max } L = 0.558916871x_1 + 0.215755092x_2 + 0.279358888x_3 + 0.424390336x_4$$

Subject to

$$\text{Rp } 47,447,732.50x_1 + \text{Rp } 16,692,064.69x_2 + \text{Rp } 14,635,305.26x_3 + \text{Rp } 18,016,957.81x_4 \\ \leq \text{Rp } 135,437,323.65$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$$

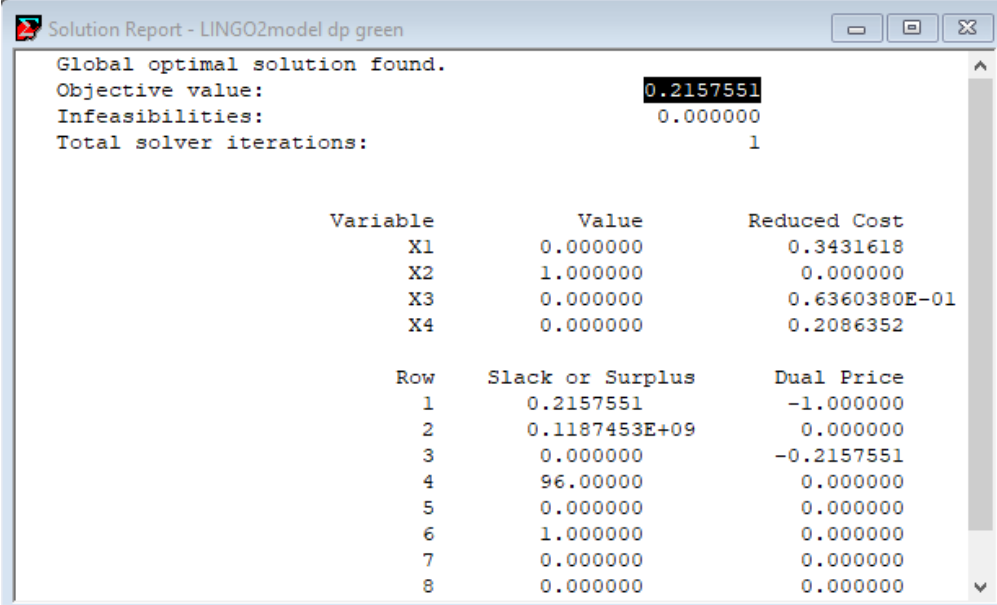
$$36x_1 + 24x_2 + 48x_3 + 72x_4 \leq 120$$

$$x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0$$

$$x_1^* = 0; x_2^* = 1; x_3^* = 0; x_4^* = 0$$

$$Z^* = 0.2157551$$

$$d_p = 1.2842449$$



Solution Report - LINGO2model dp green

Global optimal solution found.
 Objective value: 0.2157551
 Infeasibilities: 0.000000
 Total solver iterations: 1

Variable	Value	Reduced Cost
X1	0.000000	0.3431618
X2	1.000000	0.000000
X3	0.000000	0.6360380E-01
X4	0.000000	0.2086352

Row	Slack or Surplus	Dual Price
1	0.2157551	-1.000000
2	0.1187453E+09	0.000000
3	0.000000	-0.2157551
4	96.00000	0.000000
5	0.000000	0.000000
6	1.000000	0.000000
7	0.000000	0.000000
8	0.000000	0.000000

Gambar 5. 6 Hasil Optimasi Software LINGO 11 Pada Analisa Sensitivitas *Compromise Programming* Untuk Kriteria Tradisional

Sumber: Software LINGO

Tabel 5. 7 Hasil Analisa Sensitivitas *Compromise Programming* Untuk Kriteria Tradisional Berdasarkan Fungsi Tujuan Optimasi

w		Lingkungan		Harga		sum f
		f	f*w	f	f*w	
0.75	x1	0.585222495	0.4389169	0.16	0.12	0.5589169
	x2	0.182373456	0.1367801	0.1053	0.078975	0.2157551
	x3	0.311189518	0.2333921	0.061289	0.0459668	0.2793589
1.5	x4	0.518352781	0.3887646	0.047501	0.0356258	0.4243903
Z		0.2157551				
dp		1.2842449				

Berdasarkan hasil analisa sensiivitas *compromise programming* untuk masing-masing kriteria, dapat disimpulkan bahwa *supplier* 2 tetap tidak berubah pada solusi kompromi dalam hal pemilihan *supplier* untuk memenuhi proyek kegiatan operasional yaitu pembuatan pompa *hydrant* pada PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan membahas mengenai kesimpulan dari hasil penelitian tugas akhir ini dan saran sebagai tambahan untuk penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berikut merupakan saran yang dihasilkan dari penelitian tugas akhir ini:

1. Berdasarkan hasil pengolahan *fuzzy TOPSIS* dari kedua kriteria (tradisional dan *green*), dapat disimpulkan bahwa kedua kriteria menghasilkan hasil peringkat *supplier* yang berbeda. Untuk kriteria tradisional menempatkan *supplier* 4 sebagai pilihan terbaik untuk pemilihan *supplier* pada pembuatan pompa *hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban, sedangkan untuk *green criteria* menempatkan *supplier* 1 sebagai pilihan terbaik untuk pemilihan *supplier* pada pembuatan pompa *hydrant* PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. Hal ini disebabkan karena pada proses penilaian yang dilakukan oleh pengambil keputusan, untuk penilaian pada kriteria tradisional, pengambil keputusan lebih memilih *supplier* berdasarkan harga proyek terendah tanpa memperhatikan manajemen lingkungan yang diterapkan oleh *supplier* tersebut. Sedangkan sebaliknya, untuk *green criteria* pengambil keputusan memilih *supplier* berdasarkan manajemen lingkungan yang diterapkan oleh *supplier*.
2. Berdasarkan hasil pengolahan metode ANP dengan menggunakan *software Super Decision*, kriteria tradisional masih dianggap lebih relevan untuk penerapan pemilihan *supplier* pada perusahaan dibandingkan dengan mempertimbangkan *green criteria* dari ISO 14001. Hal ini disebabkan karena arahan strategis yang masih belum jelas mengenai pemilihan *supplier* untuk penerapan sertifikasi ISO 14001 dalam penerapan pemilihan *supplier*.
3. Berdasarkan pengolahan optimasi pemilihan *supplier* dengan metode *compromise programming* untuk kriteria tradisional dan *green criteria* dan

berdasarkan hasil analisa sensitivitas, dapat disimpulkan bahwa *supplier* 2 adalah *supplier* yang tepat dan optimal untuk memenuhi proyek kegiatan operasional yaitu proyek pembuatan pompa *hydrant* pada PT. Semen Gresik Pabrik Tuban.

6.2 Saran

Berikut merupakan saran yang dihasilkan berdasarkan proses pengerjaan penelitian tugas akhir ini:

1. Data yang didapatkan dari perusahaan untuk keperluan penelitian tugas akhir ini masih kurang lengkap untuk optimalnya hasil dari penelitian tugas akhir ini.
2. Seharusnya untuk perusahaan yang sudah mendapatkan sertifikasi ISO 14001 tentang sistem manajemen lingkungan, haruslah menerapkan ke dalam semua proses bisnisnya termasuk pada proses pemilihan *supplier* ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Buyukozkan, G., & Cifci, G. (2012). A Novel Hybrid MCDM Approach Based On Fuzzy DEMATEL, Fuzzy ANP and Fuzzy TOPSIS To Evaluate Green Suppliers. *3000-11*, 39.
- Celebi, D., Bayraktar, D., & Bingol, L. (2010, April 3). Analytical Network Process for logistics management: A case study in a small electronic appliances manufacturer. *Computers & Industrial Engineering*, 58(3), 432-441.
- Chen, S., & Hsieh, C. (2000). Representation, ranking, distance, and similarity of L-R type fuzzy number and application. *Australian Journal of Intelligent Information Processing Systems*, 6(4), 217-229.
- Chen, Y.-J. (2011, May 1). Structured methodology for supplier selection and evaluation in a supply chain. *Information Science*, 181(9), 1651-1670.
- Ciptomulyono, S. U. (Performer). (2010). *Paradigma Pengambilan Keputusan Multikriteria Dalam Perspektif Pengembangan Proyek Dan Industri Yang Berwawasan Lingkungan*. Pidato Pengukuhan Guru Besar Jurusan Teknik Industri ITS, Surabaya, Jawa Timur, Indonesia.
- C-L, H., & K, Y. (1981). *Methods fo multiple attribute decision making* (Vol. 186). Berlin/Heidelberg.
- Gencer, c., & Gulpinar, D. (2007). Analytic Network Process in Supplier Selection: A Case Study in an Electronic Firm. *Journal of Applied Mathematical Modeling*.
- Govindan, K., Rajendra, S., Sarkis, J., & Murugesan, P. (2013). Multi criteria decision making approches for green supplier evaluation and selection. *A literature review*.
- Hamdan, S., & Cheaitou, A. (2017). Supplier Selection And Order Allocation With Green Criteria: An MCDM And Multi-Objective Optimization Approach. *Computers And Operations Research*, 81, 305-548.

- Ho, W., Xu, X., & Dey, P. (2010, April 1). Multi-criteria decision making approaches for supplier evaluation and selection: A literature review. (O. a. Group, Ed.) *European Journal of Operational Research*, 202(1), 16-24.
- Hu, J. (2004). *Supplier selection determination and centralized purchasing decisions*. Ph.D. thesis, Washington State University.
- Humphrey, P., Li, W., & Chan, L. (2004). The impact of supplier development on buyer-supplier performance. *International Journal of Management Science*.
- Igarashi, M., & de Boer L, F. (2013). What is required for greener supplier selection? *A literature review and conceptual model development*(19), 63-247.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo Retantyo. (2006). *Fuzzy Multi-Attribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Kusumadewi, S., Hartati, S., Harjoko, A., & Wardoyo, R. (2006). *Fuzzy MultiAttribute Decision Making (Fuzzy MADM)*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lau, H., Wong, C., Lau, P., Pun, K., Chin, K., & Jiang, B. (2003). A fuzzy multi-criteria decision support procedure for enhancing information delivery in extended enterprise networks. *Engineering Applications*, 16(1), 1-9.
- Lee, Amy H.I Kang, H.-Y., Hsu, C.-F., & Hun, H.-C. (2009). A Green Supplier Selection Model For High-Tech Industry. *Expert Systems With Applications*, 36, 7917-7927.
- Lima Junior, F., Osiro, L., & Carpinetti, L. (2014). A Comparison Between Fuzzy AHP And Fuzzy TOPSIS Methods To Supplier Selection. *Appl Soft Comput*(21), 194-209.
- Mafakheri, F., Breton, F., & Ghoniem, A. (2011). Production Economics. *Supplier Selection-Order Allocation: A Two-Stage Multiple Criteria Dynamic Programming Approach*, 132, 7-52.
- Mettler, T., & Rohner, P. (2009, October 1). Supplier Relationship Management: A Case Study in the Context of Health Care. *Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research*, 4(3), 58-71.

- Ninlawan, P., Seksan, P., Tossapol, K., & Pilada, W. (2010). The Implementation of Green Supply Chain Management Practices In Electronics Industry.
- Sarkis, J., Qinghua, & Lai, K.-h. (2011). J. Production Economics. *An Organizational Theoretic Review Of Green Supply Chain Management Literature*, 130, 1-15.
- Tbk, P. S. (2007, Desember 17). *RINGKASAN KINERJA PENGELOLAAN LINGKUNGAN PT SEMEN INDONESIA (PERSERO)* Tbk. Retrieved Maret 22, 2018, from RINGKASAN KINERJA PENGELOLAAN LINGKUNGAN PT SEMEN INDONESIA (PERSERO) Tbk: <http://proper.menlh.go.id/portal/filebox/DRKPL%202013%20SEMEN%20INDONESIA%20-%20GRESIK.pdf>
- Thomas L, S., & Whitaker, R. (2003). The Analytic Hierarchy Process (AHP) For Decision Making And The Analytic Network Process (ANP) For Decision Making With Dependence And Feedback. In *Foundation, Creative Decision*. Ellsworth Avenue.
- Wardhani, I. K., Usadha, I. N., & Irawan, M. (2012). Seleksi Supplier Bahan Baku dengan Metode TOPSIS Fuzzy MADM (Studi Kasus PT. Giri Sekar Kedaton, Gresik). *Jurnal Sains dan Seni POMITS*, I(1), 1-6.
- Ware NP, Singh SP, & Banwet DK. (2014). A Mixed-Integer No-Linear Program To Model Dynamic Supplier Selection Problem. *Expert Sys Appl*, 41, 671-8.
- Yeh W-C, C.-C. (2011). Using Multi-Objective Genetic Algorithm For Partner Selection In Green Supply Chain Problems. (4244-53), 38.
- Zadeh, L. (1965). J(Zadeh) Fuzzy Sets.pdf. *Inf Control*(8).

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIOGRAFI PENULIS



Penulis lahir di Yogyakarta pada tanggal 6 Februari 1996 dengan nama lengkap Muhammad Irfan Barmisto atau biasa dipanggil dengan nama Irfan. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Al-Istiqomah Tangerang, Madrasah Ibtidaiyah Al-Istiqomah Tangerang, SMPN 9 Tangerang, dan SMAN 8 Tangerang. Pada tahun 2014 penulis diterima sebagai mahasiswa di Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Selama masa perkuliahan penulis aktif dalam kegiatan organisasi mahasiswa diantaranya sebagai Staff Departemen Ligkar Kampus di Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS 15/16 dan Wakil Kepala Departemen Lingkar Kampus di Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS 16/17. Selain aktif di organisasi yang bergerak dalam bidang internal himpunan, penulis juga aktif di bidang minat bakat Unit Mahasiswa Teknik Industri ITS sebagai manajer badminton dan aktif dalam cabor tersebut dan cabor tenis meja. Penulis juga aktif pada kegiatan di luar HMTI ITS yaitu pada organisasi *Young Engineers and Scientists Summit* 2017. Selain itu penulis juga mengikuti beberapa pelatihan selama perkuliahan, diantaranya adalah ESQ, Gerigi ITS 2014, Latihan Keterampilan Manajemen Mahasiswa (LKMM Pra-TD), dan *Quality Improvement Engineering Training*. Selain itu, penulis juga sempat menjuarai berbagai *event* olahraga selama kuliah di ITS, diantaranya adalah Juara 3 cabang olahraga badminton pada FTI *Olympic Games* 2015, Juara 3 cabang olahraga tenis meja pada Dies Natalis 2014, dan Juara 1 cabang olahraga tenis meja pada FTI *Olympic Games* 2016, 2017, dan 2018. Penulis melaksanakan kegiatan Kerja Praktek di PT. GMF Aeroasia periode Juli-Agustus 2017 dan melaksanakan magang penelitian di PT. Semen Gresik Pabrik Tuban. Pada bidang akademik, penulis menekuni bidang keahlian *Multi Criteria Decision Making*, *Procurement*, Sistem Dinamik, *Human Reliability*, dan *Knowledge*

Management. Untuk informasi lebih lanjut mengenai hasil penelitian tugas akhir, penulis dapat dihubungi melalui email di muhirfanbarmisto96@gmail.com.