



TUGAS AKHIR – RE 141581

***LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISI
PADA PROSES PRODUKSI BAHAN BAKAR
MINYAK (BBM) JENIS BENSIN DENGAN
PENDEKATAN METODE ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS (AHP)***

**HARMIRA PRIMANDA PUTRI
3313100001**

**Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

**DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**



TUGAS AKHIR – RE 141581

***LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISI
PADA PROSES PRODUKSI BAHAN BAKAR
MINYAK (BBM) JENIS BENSIN DENGAN
PENDEKATAN METODE ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS (AHP)***

HARMIRA PRIMANDA PUTRI
3313100001

Dosen Pembimbing:
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2017



FINAL PROJECT – RE 141581

***LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISI
PADA PROSES PRODUKSI BAHAN BAKAR
MINYAK (BBM) JENIS BENSIN DENGAN
PENDEKATAN METODE ANALYTICAL
HIERARCHY PROCESS (AHP)***

**HARMIRA PRIMANDA PUTRI
3313100001**

**Supervisor:
Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.**

**DEPARTMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil Engineering and Planning
Institut of Technology Sepuluh Nopember
Surabaya 2017**

LEMBAR PENGESAHAN

LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISI PADA PROSES PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) JENIS BENSIN DENGAN PENDEKATAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar
Sarjana Teknik
pada

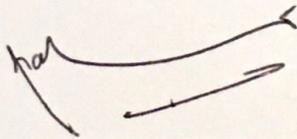
Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

HARMIRA PRIMANDA PUTRI

NRP: 3313100001

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir



Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

NIP: 19660116 199703 1 001



**LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISI PADA PROSES
PRODUKSI BAHAN BAKAR MINYAK (BBM) JENIS BENSIN
DENGAN PENDEKATAN METODE ANALYTICAL HIERARCHY
PROCESS (AHP)**

Nama : Harmira Primanda Putri
NRP : 3313100001
Jurusan : Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRAK

Fenomena pemanasan global dan pencemaran udara yang menjadi isu lingkungan yang disebabkan oleh aktivitas manusia. Sebagian besar aktivitas manusia berasal dari kegiatan transportasi yang membutuhkan BBM jenis bensin sebagai bahan baku untuk melakukan kegiatan tersebut. Emisi yang dihasilkan dari pembakaran bensin mengeluarkan emisi gas rumah kaca dan pencemar udara.

Berdasarkan emisi yang dihasilkan, dilakukan analisa terhadap produk bensin yang tidak hanya pada proses produksi saja, melainkan juga pada evaluasi *life cycle* produk. Penelitian ini mengidentifikasi dampak emisi yang dihasilkan dari proses produksi bensin menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA) yang merupakan metode untuk menganalisis dampak suatu produk terhadap lingkungan sepanjang siklus hidupnya. Siklus hidup yang dianalisa adalah proses eksplorasi dan produksi, proses pengolahan, proses pemasaran, dan penggunaan oleh masyarakat. Analisa LCA produk bensin akan menggunakan software SimaPro 8.3, dimana data yang diinput merupakan data bahan baku, data produk, dan data pemakaian energi atau pembakaran.

Dari metode tersebut didapatkan bahwa beban emisi yang dikeluarkan ke lingkungan pada sektor eksplorasi dan produksi adalah berupa emisi CO₂ dan CH₄ sebesar 1,95 ton CO₂/ton produk dan 0,725 ton CH₄/ton produk. Di sektor pengolahan mengeluarkan beban emisi sebesar 1,009 ton CO₂/ton produk; 4×10^{-5} ton CH₄/ton produk; $1,3 \times 10^{-4}$ ton SO₂/ton produk; dan 2×10^{-4} ton NO₂/ton produk. Sedangkan pada sektor pemasaran

memiliki beban emisi sebesar 11,04 ton CO₂/ton produk; 3,5 × 10⁻⁵ ton CH₄/ton produk serta sektor pengguna berdampak memiliki beban emisi sebesar 2,4 ton CO₂/ton produk; 0,001 ton CH₄/ton produk.

Penggunaan metode penelitian ini dapat mengetahui bahwa kegiatan *drilling, primary process* (CDU), pengisian alat transportasi, dan pemakaian BBM premium merupakan kegiatan yang memiliki beban lingkungan terbesar pada masing – masing sektor. Kegiatan diatas berdampak besar terhadap fenomena *ozone depletion* dan fenomena *global warming*. Alternatif terbaik guna mereduksi emisi yang terjadi pada proses eksplorasi dan produksi adalah pemanfaatan gas buang sebagai *fuel* pompa. Sedangkan pada proses pengolahan adalah adsorpsi dengan zeolit dan pengaplikasian *gas handling system* sebagai alternatif perbaikan pada proses pemasaran. Pada penggunaan menggunakan program pemerintah sebagai alternatifnya, yakni penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas.

Kata kunci: AHP, bensin, emisi, gas rumah kaca, LCA, pencemaran udara.

LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) EMISSION OF FUEL GASOLINE PRODUCTION PROCESS USING ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS (AHP)

Name : Harmira Primanda Putri
NRP : 3313100001
Study Programme : Environmental Engineering
Supervisor : Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT.

ABSTRACT

The phenomena of global warming and air pollution, the most recent environmental issues, are caused by human activities. Most of these human activities are the ones using petroleum (BBM) as their fuel. Emissions which are produced by the combustion of the petroleum fuel resulted in greenhouse gas (GHG) and air pollution.

This research identifies the emissions effects resulted by the production of petroleum Life Cycle Assessment (LCA) which is a method to analyse the effects of a product to its environment throughout its life cycle. The life cycle which will be analysed are exploration and production process, refining process, marketing process and its utilisation within society. The LCA analysis will be conducted using SimaPro 8.3 in which raw materials, products and utility data will be inputed.

According to this method, it is found that the emission that is discharged from the exploration and production are in the amount of 1,95 ton CO₂/ton product and 0,725 ton CH₄/ton product. The refining process comes out the emission of 1,009 ton CO₂/ton product; 4×10^{-5} ton CH₄/ton product; $1,3 \times 10^{-4}$ ton SO₂/ton product; and 2×10^{-4} ton NO₂/ton product. Meanwhile, for the marketing process has emission loading of 11,04 ton CO₂/ton product; $3,5 \times 10^{-5}$ ton CH₄/ton product and utilization stage has 2,4 ton CO₂/ton product; 0,001 ton CH₄/ton product.

The usage of this method finds that drilling, primary process (CDU), the filling of gasoline to the transportation and utilisation of Premium are the activities which have the most significant liabilities toward the environment in each sector.

All these activities have the biggest impact on ozone depletion and global warming. The best alternative to reduce emissions from the exploration and production process is through utilising waste gas as a pump fuel. Meanwhile, for the refining process is through adsorption using zeolite and applying handling system gas is used as an alternative in the marketing process. Government program is used as an alternative within the utilisation stage, which is through perfecting transportation planning and traffic management.

Keywords: AHP, air pollution, emission, greenhouse gas, LCA, petroleum.

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya sampaikan kepada Allah SWT karena atas Rahmat dan karunia-Nya saya dapat menyelesaikan laporan tugas akhir dengan judul “*Life Cycle Assessment (LCA) Emisi pada Proses Produksi Bahan Bakar Minyak (BBM) Jenis Bensin dengan Pendekatan Analytical Hierarchy Process (AHP)*”, dan saya sampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Rachmat Boedisantoso, MT. selaku dosen pembimbing tugas akhir, terima kasih atas kesediaan, kesabaran, bimbingan dan ilmu yang diberikan
2. Bapak Dr. Ir. Agus Slamet, M.Sc., Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD., dan Bapak Dr. Eng Arie Dipareza Syafe'i ST., MEPM selaku dosen penguji tugas akhir, terima kasih atas saran serta bimbingannya
3. Bapak Affan sebagai laboran jurusan teknik lingkungan yang telah membantu dan memfasilitasi ketika di Laboratorium
4. Bapak, Ibu dan Kakak saya yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk kelancaran tugas akhir saya
5. Teman-teman angkatan 2013 yang selalu memberikan semangat dan siap membantu saya

Saya menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu saya menerima saran agar penulisan laporan tugas akhir ini menjadi lebih baik. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pembaca.

Surabaya, Juli 2017

Penulis

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xix
BAB 1 LATAR BELAKANG	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Ruang Lingkup	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 Pemanasan Global	7
2.2 Pencemaran Udara	7
2.2.1 Sumber Pencemar Udara	8
2.2.2 Karakteristik Pencemar Udara	8
2.3 Gas Rumah Kaca	9
2.3.1. Karakteristik Emisi Gas Rumah Kaca	9
2.3.2 Gak Rumah Kaca di Industri Minyak dan Gas	10
2.4 Industri Minyak dan Gas	11
2.5 Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin	11
2.5.1 Karakteristik Bensin	11
2.5.2 Klasifikasi Bensin	13

2.6 Siklus Proses Produksi Bensin	14
2.6.1 Proses Ekplorasi	14
2.6.2 Proses Pengolahan di Kilang.....	15
2.6.3 Proses Distribusi	16
2.6.4 Penggunaan Bensin oleh Masyarakat	17
2.7 Life Cycle Assessment (LCA)	18
2.7.1 Tingkatan amatan dalam <i>Life Cycle Assessment</i>	18
2.7.2 Tahapan pada LCA.....	19
2.8 Pemilihan Software untuk Analisa LCA.....	20
2.9 Penggunaan Software SIMAPRO 8.3	22
2.10 Konsep <i>Multi-Criteria Decision Making</i> (MCDM)	26
2.11 <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	27
2.11.1 Tahapan AHP	27
2.11.2 Perhitungan bobot elemen.....	28
2.12 Penggunaan Software <i>Expert Choice</i>	29
2.13 Hubungan LCA dengan AHP	32
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN	33
3.1 Kerangka Penelitian.....	33
3.2 Tahapan Pelaksanaan Awal	33
3.2.1 Studi Literatur.....	35
3.2.2 Pengumpulan data	35
3.2.3 Analisis dan Pembahasan	35
3.3 Penginputan data dalam SimaPro 8.3.....	36
3.3.1 Penentuan <i>goal</i> dan <i>scope</i> dalam SimaPro 8.3	36
3.3.2 Analisis <i>Data Inventory</i> dalam SimaPro 8.3	36
3.3.3 <i>Impact Assesment</i> dalam SimaPro 8.3	37
3.3.4 <i>Interpretation</i> dalam SimaPro 8.3	38

3.4 Penentuan Alternatif dengan Pendekatan AHP dan Expert Choice	38
3.4.1Pemilihan Kriteria dalam Prosedur AHP	38
3.4.2Penentuan Alternatif dalam Prosedur AHP	38
3.4.3 <i>Purposive sampling</i>	38
3.5 Kesimpulan dan Saran	40
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Proses Eksplorasi dan Produksi BBM Jenis Bensin ...	41
4.1.1Proses Eksplorasi dan Produksi	41
4.1.2Data Bahan Baku, Data Produksi, dan Emisi yang Dihasilkan	42
4.1.3Hasil, Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Hidrokarbon (<i>Cruide Oil</i>)	45
4.2 Proses Pengolahan Produksi BBM Jenis Bensin	46
4.2.1Proses Pengolahan	46
4.2.2Data Bahan Baku, Data Produksi, dan Emisi yang Dihasilkan	53
4.2.3Hasil Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Premium	58
4.3 Proses Pemasaran Distribusi BBM Jenis Bensin	59
4.3.1 Proses Pemasaran	59
4.3.2Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Premium dan Pertamina	63
4.4 Proses Pemakaian Pengguna BBM Jenis Bensin	63
4.5 Analisa LCA Menggunakan SimaPro 8.3	65
4.5.1Penentuan <i>Goal and Scope</i>	65
4.5.2Penentuan Life Cycle Inventory	66
4.5.3Hasil <i>Life Cycle Inventory</i>	77
4.5.4Penilaian Dampak (<i>Life Cycle Impact Assessment</i>)....	84

4.6 Hubungan dan Alternatif Kegiatan dengan <i>Impact</i>	112
4.6.1 Proses Eksplorasi dan Produksi	112
4.6.2 Proses Pengolahan.....	117
4.6.3 Proses Pemasaran	120
4.6.4 Proses Penggunaan BBM oleh Pengguna	124
4.7 Pemilihan Alternatif Terbaik dengan AHP	125
4.7.1 Penyusunan Hierarki.....	126
4.7.2 Penilaian Kriteria dan Alternatif serta Penentuan Prioritas dengan Perbandingan Berpasangan	131
4.7.3 Konsistensi Logis Hasil Analisa	132
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	41
5.1 Kesimpulan	145
5.2 Saran	146
DAFTAR PUSTAKA	147
LAMPIRAN	153
BIOGRAFI PENULIS	189

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Bagan Alir Proses Pendistribusian	16
Gambar 2.2	Bagan Alir Tahapan LCA	19
Gambar 2.3	Penentuan <i>Goal</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)	22
Gambar 2.4	Penentuan <i>Scope</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)	23
Gambar 2.5	Data Inventory Process pada <i>Software</i> SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)	24
Gambar 2.6	Kriteria <i>Impact Assesment Characterisation</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)	24
Gambar 2.7	Kriteria <i>Impact Assesment Normalization</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)	25
Gambar 2.8	Kriteria <i>Impact Assesment Weighting</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)	25
Gambar 2.9	Kriteria <i>Impact Assesment Single Score</i> pada <i>Software</i> SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)	26
Gambar 2.10	Memasukkan <i>Goal</i> dan Kriteria (<i>Expert</i> <i>Choice</i> Tutorial)	29
Gambar 2.11	Pembobotan Perhitungan Perbandingan Antar Kriteria (<i>Expert Choice</i> Tutorial)	30
Gambar 2.12	Memasukkan Skala Prioritas Perhitungan Antar Kriteria (<i>Expert Choice</i> Tutorial)	30
Gambar 2.13	Memasukkan Pembobotan Antar Alternatif (<i>Expert Choice</i> Tutorial)	31
Gambar 2.14	<i>Sensitivity analysis</i> pada <i>Expert Choice</i> (<i>Expert Choice</i> Tutorial)	31
Gambar 3.1	Kerangka Penelitian	34
Gambar 3.2	Struktur Organisasi PT Pertamina Asset 2	39
Gambar 3.3	Struktur Organisasi PT Pertamina Refinery Unit III	39
Gambar 3.4	Struktur Organisasi PT Pertamina Pemasaran V	39
Gambar 4.1	Proses Eksplorasi pada PT Pertamina EP Field Prabumulih	41

Gambar 4.2	Proses Eksplorasi dan Produksi Produk Hidrokarbon	43
Gambar 4.3	Proses Pengolahan BBM Jenis Bensin di PT Pertamina RU III Plaju Palembang.....	48
Gambar 4.4	Proses Pengolahan Premium Jenis LOMC ON 72-75	49
Gambar 4.5	Proses Pengolahan Premium Jenis HOMC 98.....	50
Gambar 4.6	Proses Pengolahan Premium Jenis OFF SPEC	50
Gambar 4.7	Proses Pengolahan Premium Jenis HOMC ON Max 91.....	51
Gambar 4.8	Alur Proses Kegiatan Operasional di Proses Distribusi	59
Gambar 4.9	<i>Material Balance</i> Sumur Produksi	66
Gambar 4.10	<i>Material Balance Gathering Station</i>	67
Gambar 4.11	<i>Material Balance Glycol Dehydrator</i>	67
Gambar 4.12	<i>Material Balance</i> Tanki Timbun	68
Gambar 4.13	<i>Material Balance</i> Tanki Timbun	68
Gambar 4.14	<i>Material Balance Impor Process</i> Produk HOMC 92.....	69
Gambar 4.15	<i>Material Balance Primary Process</i> Crude Oil Unit	69
Gambar 4.16	<i>Material Balance Secondary Process</i> Produk LOMC ON 72-75.....	70
Gambar 4.17	<i>Material Balance Secondary Process</i> Produk HOMC ON Max 91	71
Gambar 4.18	<i>Material Balance Secondary Process</i> Produk HOMC 98.....	71
Gambar 4.19	<i>Material Balance Secondary Process</i> Produk OFF SPEC.....	72
Gambar 4.20	<i>Material Balance Finishing Product Process</i> Produk Premium.....	73
Gambar 4.21	<i>Material Balance Shipping Product Process</i> Produk Premium.....	73
Gambar 4.22	<i>Material Balance</i> Penerimaan melalui Dermaga Jetty	74
Gambar 4.23	<i>Material Balance</i> Penimbunan di Tanki Timbun.....	75

Gambar 4.24	<i>Material Balance</i> Pengisian BBM Menuju alat Transportasi Distribusi.....	75
Gambar 4.25	<i>Material Balance</i> Pendistribusian BBM Jenis Bensin.....	76
Gambar 4.26	<i>Material Balance</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin Oleh Pengguna	76
Gambar 4.27	<i>Network</i> Proses Produksi Produk BBM Jenis Bensin.....	78
Gambar 4.28	<i>Network</i> Proses Eksplorasi dan Produksi BBM Jenis Bensin	79
Gambar 4.29	<i>Network</i> Proses Pengolahan BBM Jenis Bensin.....	81
Gambar 4.30	<i>Network</i> Kegiatan <i>Blending</i> Proses Pengolahan BBM Jenis Bensin	82
Gambar 4.31	<i>Network</i> Proses Pemasaran Jenis Bensin	83
Gambar 4.32	<i>Network</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin Oleh Pengguna	84
Gambar 4.33	Diagram <i>Characterization</i> Proses Eksplorasi dan Produksi.....	88
Gambar 4.34	Diagram <i>Normalization</i> Proses Eksplorasi dan Produksi.....	90
Gambar 4.35	Diagram <i>Weighting Score</i> Proses Eksplorasi dan Produksi.....	91
Gambar 4.36	Diagram <i>Single Score</i> Proses Eksplorasi dan Produksi.....	92
Gambar 4.37	<i>Impact Assesment</i> Kegiatan <i>Drilling</i>	93
Gambar 4.38	Grafik <i>Characterization</i> Proses Pengolahan	94
Gambar 4.39	Grafik <i>Normalization</i> Proses Pengolahan.....	96
Gambar 4.40	Diagram <i>Weighting Score</i> Proses Pengolahan	97
Gambar 4.41	Diagram <i>Single Score</i> Proses Pengolahan	98
Gambar 4.42	<i>Impact Assessment</i> Kegiatan <i>Crude Oil Unit</i>	99
Gambar 4.43	Grafik <i>Characterization</i> Proses Pemasaran	101
Gambar 4.44	Grafik <i>Normalization</i> Proses Pemasaran	102
Gambar 4.45	Grafik <i>Weighting Score</i> Proses Pemasaran	104
Gambar 4.46	Grafik <i>Single Score</i> Proses Pemasaran	104
Gambar 4.47	<i>Impact Assessment</i> Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi.....	105

Gambar 4.48	Grafik <i>Characterization</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin	107
Gambar 4.49	Grafik <i>Normalization</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin	108
Gambar 4.50	Grafik <i>Weighting Score</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin	109
Gambar 4.51	Grafik <i>Single Score</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin	110
Gambar 4.52	<i>Impact Assessment</i> Kegiatan Penggunaan Bensin Premium oleh Pengguna	111
Gambar 4.53	Contoh Penentuan Hierarki.....	126
Gambar 4.54	Hierarki Proses Eksplorasi dan Produksi.....	128
Gambar 4.55	Hierarki Proses Pengolahan	129
Gambar 4.56	Hierarki Proses Pemasaran	130
Gambar 4.57	Hierarki Proses Penggunaan	131
Gambar 4.58	Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Eksplorasi dan Produksi.....	132
Gambar 4.59	Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Pengolahan.....	136
Gambar 4.60	Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Pemasaran	139
Gambar 4.61	Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Penggunaan oleh Masyarakat	142

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Software Analisa LCA	20
Tabel 2.2	Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan	28
Tabel 3.1	Identifikasi Kelompok Stakeholoder, Kepentingan, Pengaruh dan Dampak dalam Pengembangan Konsep	40
Tabel 4.1	Proses dan Teknologi pada Sektor Eksplorasi dan Produksi	42
Tabel 4. 2	Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses <i>Drilling</i>	44
Tabel 4. 3	Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses Distribusi ke Kilang Pengolahan	44
Tabel 4.4	Emisi yang Dihasilkan Dari Kegiatan Lain - Lain	45
Tabel 4.5	Data Produksi Minyak PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih Tahun 2016.....	46
Tabel 4.6	Hasil, Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Hidrokarbon	46
Tabel 4.7	Jumlah <i>Cruide Oil</i> yang Masuk pada Kilang 2016	47
Tabel 4.8	Proses Blending Produk Premium	52
Tabel 4.9	Data Perhitungan Emisi pada Proses Pemasaran BBM Bensin.....	52
Tabel 4.10	Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses <i>Primer &Secondary</i> Produk LOMC ON 72-75	53
Tabel 4.11	Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses <i>Primer &Secondary</i> Produk HOMC 98	54
Tabel 4.12	Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses <i>Primer &Secondary</i> Produk OFF SPEC	55
Tabel 4. 13	Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses <i>Primer &Secondary</i> Produk HOMC ON MAX 91	56
Tabel 4. 14	Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses <i>Primer &Secondary</i> Produk HOMC 92	57
Tabel 4. 15	Data Produksi BBM Jenis Bensin PT Pertamina RU III Plaju Palembang tahun 2016.....	58
Tabel 4.16	Hasil Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Premium.....	59

Tabel 4. 17	Emisi pada Proses Penerimaan.....	60
Tabel 4. 18	Kapasitas Tanki Timbun BBM Jenis Bensin di Tanjung Wangi	61
Tabel 4. 19	Data Kegiatan dan Emisi Proses Penyaluran	62
Tabel 4. 20	Data Produk dan Emisi Proses Penyaluran.....	62
Tabel 4. 21	Hasil Penggunaan Energi, Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Hidrokarbon.....	63
Tabel 4. 22	Produk Bensin dari Proses Pendistribusian.....	63
Tabel 4.23	Penentuan <i>Energy Content</i>	64
Tabel 4.24	Penentuan Faktor Emisi.....	64
Tabel 4.25	Perhitungan Beban Emisi pada Produk BBM Jenis Bensin	65
Tabel 4.26	<i>Characterization Factor</i>	86
Tabel 4.27	<i>Normalization Factor</i>	86
Tabel 4.28	<i>Weighting Factor</i>	87
Tabel 4. 29	Analisa <i>Characterization</i> Proses Eksplorasi dan Produksi	88
Tabel 4. 30	Analisa <i>Normalization</i> Proses Eksplorasi dan Produksi	89
Tabel 4. 31	Analisa <i>Weighting</i> dan <i>Single Score</i> Proses Eksplorasi dan Produksi.....	91
Tabel 4.32	<i>Impact Assessment</i> Kegiatan Drilling	93
Tabel 4. 33	Analisa <i>Characterization</i> Proses Pengolahan.....	95
Tabel 4. 34	Analisa <i>Normalization</i> Proses Pengolahan.....	95
Tabel 4. 35	Analisa <i>Weighting</i> dan <i>Single Score</i> Proses Pengolahan	98
Tabel 4.36	<i>Impact Assessment</i> Kegiatan Penghasil <i>Long Residue</i>	99
Tabel 4.37	Analisa <i>Characterization</i> Proses Pemasaran	100
Tabel 4.38	Analisa <i>Normalization</i> Proses Pemasaran.....	102
Tabel 4.39	Analisa <i>Weighting</i> dan <i>Single Score</i> Proses Pemasaran	103
Tabel 4. 40	<i>Impact Assessment</i> Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi	105
Tabel 4.41	Analisa <i>Characterization</i> Proses Penggunaan Bensin	106
Tabel 4.42	Analisa <i>Normalization</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin	108

Tabel 4.43 Analisa <i>Weighting</i> dan <i>Single Score</i> Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin	109
Tabel 4.44 <i>Impact Assessment</i> Kegiatan Penggunaan BBM Jenis Bensin Premium oleh Pengguna	111
Tabel 4. 45 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Eksplorasi dan Produksi.....	114
Tabel 4. 46 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Pengolahan	118
Tabel 4. 47 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Pemasaran	122
Tabel 4.48 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Penggunaan BBM Premium.....	124
Tabel 4. 49 Analisa Alternatif Terbaik Proses Eksplorasi dan Produksi.....	135
Tabel 4.50 Analisa Alternatif Terbaik Proses Pengolahan	137
Tabel 4.51 Analisa Alternatif Terbaik Proses Pemasaran	140
Tabel 4.52 Analisa Alternatif Terbaik Proses Penggunaan oleh Masyarakat	143

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 KUISIONER	153
Lampiran 1-A Kuisisioner Proses Eksplorasi dan Produksi	155
Lampiran 1-B Kuisisioner Proses Pengolahan	159
Lampiran 1-C Kuisisioner Proses Pemasaran	163
Lampiran 1-D Kuisisioner Proses Penggunaan oleh Masyarakat	167
Lampiran 2 HASIL KUISIONER	171
Lampiran 2-A Hasil Kuisisioner Proses Eksplorasi dan Produksi	173
Lampiran 2-B Hasil Kuisisioner Proses Pengolahan	177
Lampiran 2-C Hasil Kuisisioner Proses Pemasaran	180
Lampiran 2-D Hasil Kuisisioner Proses Penggunaan oleh Masyarakat	185

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pemanasan global dan pencemaran udara menjadi salah satu isu lingkungan yang dihadapi dunia saat ini. Pada fenomena pemanasan global ditandai dengan meningkatnya suhu permukaan bumi, yakni sebesar 0.74 ± 0.18 °C selama 1 abad terakhir (Utina, 2009). Fenomena pemanasan global juga mempengaruhi perubahan iklim yang sangat ekstrem dimana akan mengganggu proses yang ada di ekosistem hutan dan ekosistem lainnya (Suarsana dan Wahyuni, 2011). Pada pencemaran udara, ditandai dengan terjadinya penurunan kualitas udara yang mengganggu kesehatan manusia itu sendiri (Sandra, 2013). Penyebab utama dari kedua fenomena diatas diidentifikasi berasal dari emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara hasil aktivitas manusia (Solomon *et al.*, 2007).

Emisi gas rumah kaca yang dilepaskan ke atmosfer dari aktivitas manusia yang berpotensi terhadap pemanasan global adalah CO₂ dan CH₄ (IPCC, 2006). Gas CO₂ dan CH₄ ini jika digabungkan akan menjadi CO₂e dimana CO₂e secara internasional telah ditetapkan sebagai ukuran yang digunakan untuk menentukan pengaruh gas rumah kaca terhadap lingkungan (Setiawati *et al.*, 2015). Sedangkan penyebab pencemaran udara dari hasil aktivitas manusia berasal dari transportasi, industri, dan pembuangan sampah. Aktivitas tersebut menghasilkan pencemar yakni partikel, gas dan energi (Ratnani, 2008).

Dari seluruh aktivitas manusia, 48% diantaranya berasal dari sektor transportasi yang membutuhkan bahan bakar fosil yakni minyak bumi. 88% diantaranya berasal dari transportasi jalan, dan sisanya berasal dari transportasi lainnya (ICCSR, 2010).

Transportasi di kota besar merupakan sumber pencemaran udara yang terbesar, dimana 70% pencemaran udara diperkotaan disebabkan oleh aktivitas kendaraan bermotor. Parameter polusi udara dari kendaraan bermotor seperti karbonmonoksida (CO), nitrogen oksida (NO_x), metana (CH₄), dan sulfur dioksida (SO_x) dapat menimbulkan efek terhadap

pemanasan global (Kusminingrum *et al.*, 2008). Di Surabaya, persentase sumber emisi CO₂ pada bidang transportasi melalui bahan bakar bensin sebesar 63,36% dan bahan bakar solar sebesar 23,64% (Ismayanti *et al.*, 2011).

Angka prosentase diatas diperkirakan akan terus meningkat mengingat jumlah kendaraan juga semakin bertambah tiap tahunnya. Peningkatan konsumsi bahan bakar bensin ini akan berdampak pula pada gas rumah kaca. Hal ini disebabkan karena gas CO₂ dan gas CH₄ yang dihasilkan dari proses pembakaran memiliki peran sebesar 50% dan 20% terhadap total gas rumah kaca (Rukaesih, dalam Nur *et al.*, 2009).

Dalam mempertimbangkan produk bensin terhadap pemanasan global, perlu dilakukan suatu kajian yang berfungsi untuk mengetahui hal yang terdapat pada bensin yang dapat menimbulkan gas rumah kaca. Kajian tersebut merupakan analisa yang digunakan terhadap produk bensin bermula saat produk tersebut hadir melalui proses eksplorasi hingga produk tersebut ke alam dengan cara penggunaan produk bensin oleh kendaraan bermotor.

Secara teoritis, sebuah produk bensin seharusnya tidak hanya dilakukan analisa pada proses produksi saja, melainkan juga pada evaluasi *life cycle* produk yang mementingkan dampak lingkungan. Cara yang dilakukan yakni dengan melakukan evaluasi dan mengidentifikasi hal-hal apa saja yang berpengaruh terhadap lingkungan (Palupi *et al.*, 2014). Gas rumah kaca yang dihasilkan pada produk bensin tidak hanya dihasilkan dari aktivitas produksi perusahaan, tetapi juga dapat dihasilkan dari aktivitas *supply chain*, dimana *supply chain* tersebut mencakup proses dari hulu ke hilir yaitu proses untuk mendapatkan bahan mentah hingga pendistribusiannya ke konsumen (Kautzar *et al.*, 2015).

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk menerapkan kegiatan diatas adalah dengan menggunakan *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA secara umum adalah suatu alat atau metode untuk menganalisis beban lingkungan di semua tahapan dalam siklus hidup dari produk dimulai dari ekstraksi sumber daya, melalui proses produksi bahan dan produk itu sendiri, dan penggunaan produk sampai produk itu dibuang dengan kata lain *cradle to grave* (Bruijn *et al.*, 2002).

Pada produk bensin, terdapat beberapa proses kegiatan yang akan dihitung beban lingkungannya. Kegiatan diatas merupakan proses yang ditempuh dalam proses produksi di perusahaan minyak dan gas. Kegiatan tersebut dimulai dari produk dalam keadaan mentah, yakni minyak mentah yang berasal dari proses eksplorasi, proses pengolahan di kilang yang mengubah minyak mentah menjadi produk bensin, proses pendistribusian serta penggunaan bensin oleh masyarakat.

Setelah mengetahui seluruh emisi yang dihasilkan pada seluruh kegiatan proses, dipilihlah satu proses yang menimbulkan emisi terbesar pada LCA. Dari kegiatan pemilihan proses ini nantinya akan dilakukan suatu alternatif pada satu proses tersebut untuk mengurangi dampak tersebut. Hal ini bertujuan untuk mengetahui penanganan terbaik untuk mereduksi gas rumah kaca yang dihasilkan.

Dalam mendapatkan alternatif yang terbaik, harus mempertimbangkan banyak kriteria yang termasuk dalam konsep *green supply chain*. Metode yang digunakan untuk melakukan pemilihan alternatif yang terbaik adalah metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP). Metode ini digunakan untuk menemukan skala rasio, baik dari perbandingan berpasangan yang diskrit maupun kontinyu (Darmanto *et al.*, 2014). Secara garis besar, metode AHP ini merupakan proses pemilihan alternatif yang dapat merubah nilai-nilai kualitatif menjadi nilai kuantitatif sehingga keputusan - keputusan yang diambil bisa lebih obyektif. AHP membentuk skor secara numerik untuk menyusun ranking setiap alternatif keputusan berbasis pada bagaimana sebaiknya alternatif itu dicocokkan dengan kriteria pembuat keputusan (Supriyono, *et al.*, 2007).

Dalam tahap pengolahan data ini digunakan software untuk mengetahui dampak lingkungan dan juga digunakan software untuk membobotkan dan memilih alternatif. Software yang digunakan untuk mengetahui dampak lingkungan pada proses LCA adalah *simaPro*. *SimaPro* merupakan suatu alat yang profesional yang dapat membantu di dalam suatu proses untuk menganalisa aspek-aspek yang berkaitan dengan lingkungan dari suatu produk yang diproduksi atau jasa (Santoso dan Ronald, 2012).

Dalam pembobotan dan memilih alternatif, digunakan software *Expert Choice* yang berguna untuk pembobotan pada setiap kriteria dan subkriteria sehingga didapatkan pembobotan berdasarkan pilihan responden (Nasution, 2013). Pembobotan dan pemilihan alternatif ini berdasarkan kuisioner yang diberikan pada para ahli mengenai proses produksi produk bensin.

1.2 Rumusan Masalah

Perumusan masalah dalam penelitian ini adalah identifikasi dampak emisi gas rumah kaca dan pencemaran udara dengan merumuskan kajian *life cycle assessment* (LCA) serta alternatif yang diberikan sebagai usulan perbaikan yang optimum guna emisi dengan menggunakan prosedur *analytical hierarchy process* (AHP) pada sistem produksi produk bahan bakar minyak (BBM) jenis bensin.

1.3 Tujuan Penelitian

- Tujuan Umum

Tujuan umum penelitian ini adalah identifikasi emisi yang dihasilkan dari setiap proses produksi BBM jenis bensin dan menentukan alternatif proses sebagai usulan perbaikan untuk mereduksi emisi pada industri minyak dan gas.

- Tujuan Khusus

Tujuan khusus penelitian ini adalah :

1. Mengetahui komponen kegiatan pada proses produksi yang menghasilkan emisi.
2. Menganalisa beban emisi dari setiap proses produksi bensin.
3. Menentukan alternatif dalam mereduksi emisi dari hasil penelitian dengan metode AHP sebagai landasan teori.

1.4 Ruang Lingkup

Ruang lingkup pada proposal ini adalah

1. Data yang digunakan dalam penelitian ini merupakan
 - Data primer berupa kuisioner yang disebarakan pada para ahli yang memahami pemilihan alternatif untuk mereduksi emisi
 - Data sekunder berupa emisi yang dihasilkan pada produk bensin, bahan baku yang digunakan serta data

- pendistribusian penggunaan selama 1 tahun terakhir pada proses eksplorasi, proses pengolahan di kilang.
2. Pengambilan data dilakukan di PT Pertamina Asset 2, PT Pertamina *Refinery Unit* III, dan PT Pertamina Pemasaran V Surabaya
 3. Penelitian menggunakan *software* Simapro 8.3 untuk mengidentifikasi LCA
 4. *Life Cycle Impact Assessment* (LCIA) yang digunakan ditentukan berdasarkan dampak terbesar dari emisi yang dihasilkan.
 5. Penelitian menggunakan *software* *Expert Choice* dalam prosedur AHP.
 6. Sistem yang dikaji adalah proses produksi BBM jenis bensin dimulai dari proses eksplorasi, proses pengolahan BBM jenis bensin, distribusi dan penggunaan bensin.
 7. Proses distribusi yang dikaji meliputi proses pendistribusian menggunakan *pipelline*, transportasi darat yakni kereta, truk tanki serta transportasi air.
 8. Produk bensin yang diteliti adalah BBM bensin jenis premium dan pertamax
 9. Indikator gas rumah kaca dan gas pencemar udara yang dianalisa yaitu karbon dioksida (CO₂), metana (CH₄), sulfat dioksida (SO₂), karbon monoksida (CO), dan nitrogen oksida (NO₂).

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian Tugas Akhir ini adalah:

1. Memberi informasi mengenai dampak lingkungan khususnya emisi dari tiap proses produksi produk bensin.
2. Memberikan masukan dalam upaya mereduksi emisi yang ditimbulkan dari proses produksi indsutri minyak dan gas.
3. Memberikan kriteria dan alternatif yang paling optimum pada perbaikan yang akan dilakukan dalam mereduksi emisi.
4. Sebagai bahan evaluasi industri minyak dan gas agar mampu menganalisa aktivitas produksinya yang ramah terhadap lingkungan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

Pada tinjauan pustaka ini, akan dijelaskan bagaimana peran industri minyak dan gas mempengaruhi emisi di Indonesia. Kegiatan industri minyak dan gas ini akan menghasilkan beberapa produk, salah satunya adalah bensin, dimana dalam proses pengolahannya menghasilkan emisi pada tiap komponen kegiatannya.

Dalam menghitung emisi yang dihasilkan, diperlukan suatu pendekatan *life cycle assessment* (LCA), yang merupakan kegiatan mengidentifikasi dan menghitung penggunaan energi. Hasil yang didapatkan dari LCA ini nantinya akan dilakukan analisa pada *software* SimaPro 8.3 dan mendapatkan suatu kesimpulan untuk alternatif perbaikan pada kegiatan pengolahan. Dari alternatif perbaikan yang dihasilkan, akan dipilih alternatif terbaik melalui konsep *multi-criteria decision making* (MCDM) dengan menggunakan pendekatan *analytical hierarchy process* (AHP).

2.1 Pemanasan Global

Pemanasan global atau *global warming* adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi. Peningkatan suhu permukaan bumi ini dihasilkan oleh adanya radiasi sinar matahari menuju ke atmosfer bumi, kemudian sebagian sinar ini berubah menjadi energi panas dalam bentuk sinar infra merah diserap oleh udara dan permukaan bumi. Sebagian sinar infra merah dipantulkan kembali ke atmosfer dan ditangkap oleh gas-gas rumah kaca yang kemudian menyebabkan suhu bumi meningkat. Gas-gas rumah kaca terutama berupa karbon dioksida, metana dan nitrogen oksida. Kontribusi besar yang mengakibatkan akumulasi gas-gas kimia ini di atmosfer adalah aktivitas manusia (Utina, 2009).

2.2 Pencemaran Udara

Dengan meningkatnya pembangunan fisik kota dan pusat – pusat industri, kualitas udara telah mengalami perubahan. Perubahan lingkungan udara disebabkan pencemaran udara, yaitu masuknya zat pencemar kedalam udara. Zat pencemar masuk kedalam udara berasal dari kegiatan yang bersifat alami dan

kegiatan antropogenik. Contoh sumber alami adalah akibat letusan gunung berapi, kebakaran hutan, dekomposisi biotik, debu, spora tumbuhan dan lain sebagainya (Ratnani, 2008). Terdapat sinar UV pada fenomena ini yang merupakan radiasi elektromagnetis terhadap panjang gelombang yang lebih pendek dari daerah dengan sinar tampak. Sinar ini memiliki bermacam indeks yang berarti sebagai prakiraan jumlah kerusakan kulit karena radiasi UV yang diperkirakan mencapai permukaan bumi pada waktu matahari tertinggi di langit. Jumlah radiasi UV yang mencapai permukaan adalah utamanya berhubungan dengan sudut Matahari, jumlah ozon di stratosfer, dan jumlah tutupan awan. Indeks UV berkisar dari 0 (malam hari) hingga 11 atau lebih (di tropis pada elevasi tinggi dalam keadaan langit cerah). Makin tinggi indeks UV, makin besar dosis radiasi UV yang merusak kulit.

2.2.1 Sumber Pencemar Udara

Pencemaran udara akibat kegiatan transportasi menghasilkan gas CO, NO₂, dan SO₂ (Ratnani, 2008).

2.2.2 Karakteristik Pencemar Udara

Berdasarkan sumber pencemar yang berasal dari kegiatan transportasi, berikut karakteristik masing-masing pencemar:

1. Karbon Monoksida (CO)

Bentuk karbon monoksida (CO) dalam udara sangat stabil dan mempunyai waktu tinggal selama 2-4 bulan. CO terbentuk akibat proses pembakaran bahan karbon yang digunakan sebagai bahan bakar secara tidak sempurna. Karakteristik CO adalah tidak berwarna, tidak berbau, dan tidak mempunyai rasa. Dalam lingkungan, CO dapat terbentuk secara ilmiah, namun sumber utamanya adalah manusia (Budianto, 2008).

2. Sulfur Oksida (SO₂)

Di alam, pencemaran oleh sulfur dihasilkan dari gas yang tak berwarna (sulfur dioksida (SO₂) dan Sulfur trioksida (SO₃)) dan gas berwarna yakni sulfur oksida (SO_x). Sulfur dioksida mempunyai karakteristik bau yang tajam dan tidak mudah terbakar di udara, sedangkan sulfur trioksida adalah komponen yang tidak reaktif. Pencemaran SO_x menimbulkan

dampak pada manusia dan hewan, kerusakan pada tanaman terjadi pada kadar 0,5 ppm (Budianto, 2008).

3. Nitrogen Dioksida (NO₂)

Oksida nitrogen (NO₂) adalah kelompok gas nitrogen yang terdapat di atmosfer yang terdiri atas nitrogen monoksida (NO) dan nitrogen dioksida (NO₂). Pada kadar 50-100 ppm dapat menyebabkan peradangan paru-paru untuk paparan selama satu menit (Budianto, 2008).

2.3 Gas Rumah Kaca

Indonesia merupakan negara kepulauan, dengan garis pantai yang panjang. Di samping itu, Indonesia memiliki letak geografis dan kondisi geologis yang rentan terhadap bencana. Hal ini merupakan beban bagi Indonesia sehingga perlu dilakukan antisipasi perubahan iklim dengan melakukan upaya mitigasi dari perubahan tersebut.

Penanganan perubahan iklim dapat diatasi dengan pembangunan nasional dimana nantinya perencanaan perubahan iklim sejalan dengan perencanaan pembangunan nasional. Kebijakan dan strategi dari perencanaan pembangunan yang dimaksud adalah untuk menurunkan emis gas rumah kaca (GRK) di sektor transportasi udara atau yang disebut dengan program Rencana Aksi Nasional Gas Rumah Kaca (RAN-GRK).

Salah satu perencanaan yang di atas adalah mengurangi gas rumah kaca kumulatif secara signifikan pada tahun 2020. (RAN-GRK, 2010). Indonesia berkomitmen untuk berpartisipasi aktif serta berkontribusi dalam rangka penanganan perubahan iklim dan penurunan emisi gas rumah kaca yang telah dituangkan dalam Peraturan Presiden (Perpres) nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Gas Rumah Kaca dan Perpres nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional.

2.3.1. Karakteristik Emisi Gas Rumah Kaca

A. Karbon dioksida (CO₂)

Karbon dioksida adalah gas rumah kaca antropogenik yang paling penting. Karbon dioksida dapat diemisikan melalui sejumlah cara yakni secara alami (siklus karbon) dan melalui

aktivitas manusia seperti pembakaran bahan bakar fosil (IPCC, 2006).

B. Metana (CH_4)

Metana dihasilkan dari berbagai kegiatan manusia dan sumber sumber alam. Kegiatan manusia seperti produksi bahan bakar fosil, peternakan, dan pengelolaan limbah melepaskan metana ke atmosfer. Diperkirakan emisi metana secara global terkait dengan kegiatan manusia. Beberapa contoh sumber emisi metana secara alami adalah lahan basah, gas hidrat, lapisan es, laut, badan air tawar, dan kebakaran hutan (EPA, 2011).

C. Dinitro Oksida (N_2O)

Dinitro oksida (N_2O) diproduksi dari kedua sumber yaitu dari alam dan kegiatan terkait manusia. Kegiatan yang terkait adalah pengelolaan tanah pertanian dan industri, produksi asam adipat, dan nitra serta pembakaran bahan bakar fosil dan limbah padat (IPCC, 2006).

2.3.2 Gak Rumah Kaca di Industri Minyak dan Gas

Menurut Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral (2013), jenis GRK yang diemisikan oleh sektor energi adalah karbon dioksida (CO_2), metan (CH_4) dan dinitro oksida (N_2O). Emisi CH_4 dan N_2O dari pembakaran bahan bakar fosil biasanya sangat kecil dibandingkan terhadap emisi CO_2 . Emisi CH_4 dan (N_2O) dari pembakaran bahan bakar fosil kurang signifikan bila dibandingkan dengan emisi CO_2 . Dari total emisi GRK sebesar 1.415,9 juta ton CO_2 ekuivalen pada tahun 2000, emisi CO_2 , mempunyai pangsa terbesar yaitu 82%, diikuti oleh emisi CH_4 (16%) dan N_2O (2%) (*Second National Communication*, 2010).

Emisi CO_2 sebagai bagian dari gas rumah kaca memegang peranan penting dalam mengontrol suhu permukaan bumi dibanding gas rumah kaca lainnya. Hal ini dikarenakan CO_2 konsentrasinya paling besar walaupun dengan indeks pemanasan global yang paling kecil. Dari fenomena diatas akan menghasilkan kontribusi terhadap perubahan suhu menjadi paling dominan diantara gas rumah kaca lainnya (Samiaji, 2011).

Proses produksi yang akan menghasilkan gas nantinya akan dibakar (*flared*) dan dibuang (*vented*). Kegiatan ini tidak hanya menghamburkan gas alam yang memiliki nilai ekonomi tinggi,

tetapi juga berkontribusi terhadap perubahan iklim melalui emisi CO₂. Sekitar 150 miliar meter kubik (bcm) gas alam dibakar dan dibuang setiap tahun di seluruh dunia, dan bertambah sekitar 400 juta ton emisi CO₂ secara global (Kementerian Keuangan, 2015).

2.4 Industri Minyak dan Gas

Sumber energi dari fosil terutama minyak dan gas bumi merupakan sumber energi yang masih menjadi pilihan utama untuk digunakan pada kebutuhan manusia. Salah satu kebutuhannya adalah bahan bakar yang digunakan pada sektor industri, transportasi, dan pembangkit tenaga. Peningkatan pemanfaatan produk minyak dan gas bumi (migas) mengakibatkan pertumbuhan dan ekspansi pada kegiatan industri migas. Hal tersebut akan melibatkan proses kegiatan eksplorasi, eksploitasi dan pengolahan migas yang semakin banyak pula.

Perkembangan industri migas merupakan salah satu kegiatan yang menghasilkan limbah dan berpotensi mencemari lingkungan. Pencemaran ini dapat terjadi mulai dari kegiatan hulu (*up stream*) hingga kegiatan usaha hilir (*down stream*). Kegiatan hulu merupakan tahap eksplorasi yang meliputi penyelidikan geologi hingga pengeboran dan tahap eksploitasi yakni pengambilan dan produksi migas. Pada kegiatan hilir terdapat tahap pengolahan (*refinery*), pengangkutan (pendistribusian), penyimpanan (*storage*), dan niaga (Sulistiyono, 2015).

Industri minyak dan gas Indonesia menghadapi masalah berupa penurunan produksi minyak dan gas dikarenakan terdapat perbedaan yang sangat jauh antara pasokan dengan kebutuhan. Penurunan produksi diakibatkan oleh beberapa isu, yakni dikarenakan infrastruktur, teknologi serta peningkatan permintaan yang cukup signifikan (Pertamina, 2007).

2.5 Bahan Bakar Minyak Jenis Bensin

2.5.1 Karakteristik Bensin

Bensin adalah salah satu produk hasil pengolahan minyak bumi dan merupakan zat cair yang memiliki kemampuan berbeda dibanding BBM jenis lainnya. Berikut karakteristik pada bensin adalah sebagai berikut (Wiratmaja, 2010):

1. Kecepatan Penguapan

Kecepatan penguapan pada bensin diartikan sebagai mudah tidaknya bensin tersebut mengalami penguapan pada kondisi tertentu, kondisi ini akan terjadi apabila disekitar bensin terdapat kandungan oksigen yang cukup dan disertai dengan temperatur yang cukup, makin tinggi temperatur maka makin cepat juga molekul-molekul bensin mengalami penguapan.

2. Kecenderungan Berdetonasi

Kecenderungan bensin untuk berdetonasi dinyatakan dalam bilangan oktan, bilangan oktan pada bensin ialah bilangan bulat yang terdiri dari beberapa persen campuran iso-oktana dan heptana, bilangan iso-oktana diberi nilai 100 sedangkan heptana diseri nilai nol. Jika bensin memiliki bilangan oktan 86, maka bensin tersebut memiliki campuran 86% iso-oktana dan 24% heptana.

3. Kadar Belerang (sulfur)

Kadar belerang yang tinggi pada bensin dapat mengganggu proses pembakaran dan merusak komponen mesin. Batas kadar belerang yang ditetapkan yaitu 2% dan dianjurkan agar lebih kecil dari batas tersebut.

4. Kadar Damar

Kadar damar pada bensin dapat menyebabkan kerusakan pada mesin seperti katup, saluran pembuangan dan torak karena damar memiliki sifat yang mudah menempel. Selain memiliki dampak buruk terhadap mesin, kadar damar dapat menurunkan bilangan oktan pada bensin saat berada didalam tanki penyimpanan. Jadi semakin lama proses penyimpanan bensin maka kandungan damar akan semakin bertambah, batas kadar damar yang ditoleransi maksimum 10 mg tiap 100 cm³ volume bensin.

5. Titik Beku

Suhu dimana bensin mulai mengalami pembekuan disebut dengan titik beku bensin. Proses pembekuan pada bensin dapat terjadi jika didalam bensin tersebut

memiliki kandungan aromatis, aromatis-aromatis inilah yang akan mengalami pembekuan pada suhu tertentu. Apabila proses pembekuan terjadi, hal ini dapat menyebabkan penyumbatan pada saluran alir bensin. Untuk daerah yang memiliki cuaca yang dingin maka bensin yang digunakan pada mesin kendaraan harus memiliki titik beku yang rendah, sekitar -50°C .

6. Titik Embun

Suhu dimana bensin mulai mengalami pengembunan disebut dengan titik embun bensin. Saat penggunaan bensin yang memiliki titik embun yang tinggi, maka tetesan bensin yang belum menguap pada saluran isap dapat ikut masuk kedalam silinder sehingga penggunaan bensin menjadi boros. Pada dasarnya, titik embun pada kendaraan bermotor dibatasi dengan 140°C .

7. Titik Nyala

Titik nyala bensin adalah suhu terendah dimana uap bensin yang telah bercampur dengan udara dapat terbakar jika terkena percikan api, titik nyala bensin berkisar antara -15°C sampai -43°C .

8. Berat Jenis

Berat jenis bensin sering dinyatakan dalam skala standar API (*American Petroleum Institute*), dengan standar $67,8^{\circ}\text{API}$ atau $0,71-0,77 \text{ g/cm}^3$.

2.5.2 Klasifikasi Bensin

Bahan Bakar Minyak (BBM) jenis bensin merupakan nama umum untuk beberapa jenis BBM yang diperuntukkan untuk mesin dengan pembakaran dengan pengapian. Di Indonesia terdapat beberapa jenis bahan bakar jenis bensin yang memiliki nilai mutu pembakaran berbeda. Nilai mutu jenis BBM bensin ini dihitung berdasarkan nilai RON (Randon Otcane Number). Berdasarkan RON tersebut maka BBM bensin dibedakan menjadi 3 jenis yaitu (Pertamina, 2015):

1. Premium (RON 88)

Premium adalah bahan bakar minyak jenis distilat berwarna kekuningan yang jernih. Warna kuning tersebut akibat adanya zat pewarna tambahan (*dye*). Penggunaan premium pada

umumnya adalah untuk bahan bakar kendaraan bermotor bermesin bensin, seperti : mobil, sepeda motor, motor tempel dan lain-lain. Bahan bakar ini sering juga disebut motor gasoline atau petrol.

2. Pertamax (RON 92)

Pertamax merupakan BBM jenis bensin yang ditujukan untuk kendaraan yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan tanpa timbal. Pertamax juga direkomendasikan untuk kendaraan yang diproduksi diatas tahun 1990 terutama yang telah menggunakan teknologi setara dengan *electronic fuel injection* dan *catalytic converters*.

3. Pertamax Plus (RON 95)

Jenis BBM ini telah memenuhi standar performance *International World Wide Fuel Charter* (WWFC). Ditujukan untuk kendaraan yang berteknologi mutakhir yang mempersyaratkan penggunaan bahan bakar beroktan tinggi dan ramah lingkungan.

2.6 Siklus Proses Produksi Bensin

Proses produksi produk bensin adalah proses eksploitasi, proses pengolahan di kilang, proses distribusi dan penggunaan oleh masyarakat.

2.6.1 Proses Ekplorasi

Proses eksplorasi (*exploration*) merupakan bagian dari kegiatan hulu produksi bensin yang ditujukan untuk mengeluarkan minyak mentah (*crude oil*) dari reservoir di dalam bumi ke permukaan. Proses eksploitasi terdiri dari pemboran (*drilling*), penyelesaian sumur, pembangunan sarana pengangkutan minyak mentah yang dihasilkan, dan penyimpanan (Purwatiningsih dan Masykur,2012).

Emisi kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas bumi menurut Undang – Undang No 13 Tahun 2009 bersumber dari:

- a. Proses pembakaran yang meliputi emisi dari mesin pembakaran dalam, pembakaran luar, pengolahan panas, dan suar bakar
- b. Proses unit pelepasan dehidrasi *glicol*; dan

- c. *Fugitive* yang meliputi emisi akibat kebocoran katup, flensa (*flange*), pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, *drain/blowdown*, kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya, emisi dari tanki timbun dan instalasi pengolahan air limbah, serta uji kepala selubung (*casing head test*).

2.6.2 Proses Pengolahan di Kilang

Proses pengolahan di kilang terhadap BBM jenis bensin merupakan proses lanjutan dari proses eksploitasi. Proses pengolahan di kilang terdapat 5 bagian yakni (Pertamina, 2015):

A. Proses Distilasi

Proses pemisahan atau distilasi dilakukan pada unit proses *Crude Distillation Unit* (CDU) dan *High Vacuum Unit* (HVU). Kegiatan ini dilakukan untuk melakukan penyulingan berdasarkan titik didih, dengan hasil akhir berupa LPG, naphtha, kerosene, solar, bottoms, propylene, green coke. Untuk bensin, dibutuhkan rentang karbon sebesar c 6-c 11 dengan titik didih 65-85 °C.

B. Proses Konversi

Proses Konversi adalah proses untuk mengubah ukuran dan struktur senyawa hidrokarbon. proses ini dilakukan untuk melakukan perengkahan, pembentukan atau *reforming* yang dilakukan pada unit proses FCC, RFCC, *delayed coker*, *visbreaker*, dan *platforming*. Hasil akhir dari proses ini adalah LPG, naphtha, kerosene, solar, bottoms, propylene, green coke.

C. Proses Pengolahan

Proses yang bertujuan untuk menyiapkan fraksi-fraksi hidrokarbon untuk diolah lebih lanjut, juga untuk diolah menjadi produk akhir.

D. Formulasi dan Pencampuran (*Blending*)

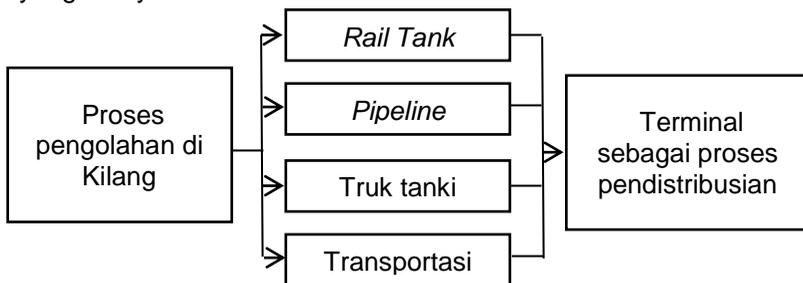
Proses pencampuran fraksi-fraksi hidrokarbon dan penambahan bahan aditif untuk mendapatkan produk akhir dengan spesifikasi tertentu. Pada bensin, terdapat sekitar 22 bahan pencampur yang dapat ditambahkan pada proses pengolahannya. Salah satunya adalah *tetra ethyl lead* (TEL).

Dari setiap kegiatan pengolahan minyak dan gas menghasilkan emisi. Emisi unit pengolahan minyak menurut Undang – Undang No 13 Tahun 2009 bersumber dari:

- a. Proses pembakaran yang meliputi sumber emisi dari mesin pembakar dalam, turbin gas, ketel uap, pembangkit uap, pemanas proses, dan suar bakar.
- b. Proses produksi yang meliputi emisi dari regenerasi katalis unit perengkahan katalitik alir, emisi dari proses decoking, kegiatan penangkapan sulfur, dan unit pengolahan ulang sulfur sistem claus.
- c. *Fugitive* yang meliputi emisi akibat kebocoran katup, flensa, pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponennya, serta emisi dari tanki timbun dan instalasi pengolahan air limbah.

2.6.3 Proses Distribusi

Menurut Ivan (2012), distribusi didefinisikan sebagai distribusi material dan produk dalam kuantitas serta tempat yang tepat. Distribusi barang mengacu pada hubungan yang ada diantara titik produksi, yakni kilang hingga titik persebarannya yakni SPBU yang menyalurkan ke konsumen.



Sumber: Rohman, 2009

Gambar 2.1 Bagan Alir Proses Pendistribusian

Dalam gambar diatas, digambarkan bagaimana proses pendistribusian produk bensin dari proses pengolahan di kilang. Produk bensin yang dihasilkan nantinya akan didistribusikan ke terminal, yang didalamnya terdapat beberapa tanki sebagai penyimpanan. Proses pendistribusian menuju kilang dilakukan

dengan 4 cara yakni *rail tank wagon*, *pipeline*, truk tanki, dan transportasi air yakni kapal.

- *Rail Tank Wagon* (RTW), Angkutan bahan bakar minyak dengan kereta api, dilakukan di Jawa, Sumatra Utara dan Sumatra Selatan.
- Mobil atau truk tangka, mengangkut bahan bakar minyak dari instalasi/depot ke depot lainnya atau ke konsumen, SPBU agen dan pangkalan.
- Kapal tanker, digunakan untuk mengangkut bahan bakar minyak dari kilang ke instalasi/depot di seluruh Indonesia.
- Terminal, menerima dan menampung bahan bakar minyak untuk didistribusikan lagi ke depot lainnya atau ke konsumen. Jumlah depot di seluruh Indonesia sebanyak 175 terdiri 96 buah *seafed depot*, 25 *inland depot* dan 54 depot pengisian pesawat udara (DPPU),serta 12 terminal/instalasi.
- Tanki timbun, berada di dalam terminal yang digunakan sebagai tempat penyimpanan BBM sebelum didistribusikan ke pengguna (Rohman, 2009).

Emisi kegiatan distribusi minyak dan gas menurut Undang – Undang No 13 Tahun 2009 bersumber dari:

- a. Proses pembakaran yang berasal dari mesin pembakar dalam.
- b. *Fugitive* yang meliputi emisi akibat kebocoran dari katup, flensa, pompa, kompresor, alat pelepas tekanan, kebocoran dari peralatan proses produksi dan komponen-komponennya, serta emisi dari tanki timbun dan instalasi pengolahan air limbah.

2.6.4 Penggunaan Bensin oleh Masyarakat

Menurut Peraturan Menteri ESDM No 34 Tahun 2014, konsumen penggunaan bensin dapat dikategorikan menjadi:

1. Usaha mikro, digunakan dalam mesin perkakas yang motor penggeraknya menggunakan bensin.
2. Usaha perikanan, digunakan dalam motor tempel oleh nelayan kecil serta pembudi daya ikan skala kecil (kincir).
3. Usaha pertanian, digunakan dalam mesin pertanian yang melakukan usaha tani tanaman pangan, hortikultura.

4. Transportasi, digunakan dalam kendaraan bermotor sepeda motor, mobil serta transportasi air.
5. Pelayanan Umum, digunakan dalam krematorium dan tempat ibadah untuk proses pembakaran.

2.7 Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) adalah suatu pendekatan *cradle to grave* yang mencakup keseluruhan dari daur hidup produk (Pringgajaya *et al.*, 2012). LCA dapat digunakan untuk mempelajari dampak, baik dari produk maupun fungsi yang diharapkan dari produk tersebut (Tapia M. *et al.*, 2008).

LCA secara umum juga merupakan metode untuk mengidentifikasi dan menghitung penggunaan energi, penggunaan sumber daya alam, pembuangan pada lingkungan, serta mengevaluasi dan menerapkan kemungkinan perbaikan lingkungan. Oleh karena itu, LCA dapat digunakan untuk membantu strategi dalam pembuatan keputusan, untuk meningkatkan kualitas produk dan proses serta mempelajari aspek lingkungan dari suatu produk.

Fase tahapan dari LCA adalah *goal and scope*, *life cycle inventory*, *life cycle impact assesment*, dan *life cycle interpretation*. Fase – fase ini diatur dalam standar ISO, meliputi ISO:14040 tentang prinsip umum LCA, ISO:14041 tentang inventori dan *goal and scope*, ISO:14042 tentang *impact assesment* serta ISO:14043 tentang interpretasi dari LCA.

2.7.1 Tingkatan amatan dalam *Life Cycle Assessment*

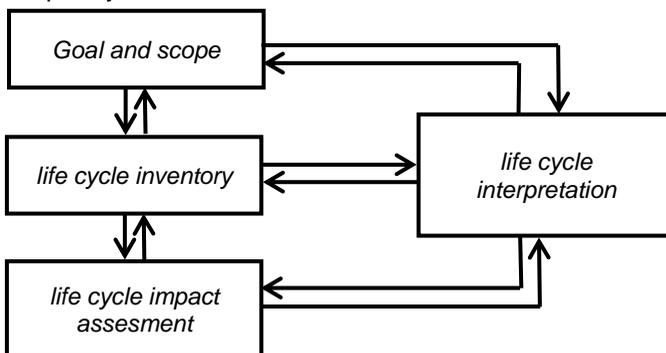
Tingkatan amatan yang diamati dalam LCA adalah sebagai berikut:

1. Geografis
Tempat pelaksanaan aktivitas manufaktur berpengaruh besar terhadap dampak yang dihasilkan terhadap lingkungan. Proses produksi yang dilakukan di tempat berbeda akan menghasilkan emisi yang berbeda.
2. Ekstraksi bahan baku
Siklus hidup produk dimulai dengan perpindahan bahan bakudan sumber energi dari bumi (EPA, 2006)

3. *Material processing* dan manufaktur
 Proses yang terjadi adalah penentuan bahan yang dijadikan produk, proses manufaktur dari *raw material* hingga menjadi produk yang didistribusikan kepada konsumen. Terdapat 3 bagian pada *material processing* dan manufaktur yakni:
 - *Material manufacture*
 Melibatkan aktivitas yang mengubah *raw material* menjadi suatu produk.
 - *Product fabrication*
 Merupakan bagian dimana produk yang sudah jadi sudah siap untuk diisi atau dikemas.
 - *Filling packaging distribution*
 Merupakan bagian akhir dan persiapan untuk dikirim (EPA, 2006).
4. *Use re-use maintenance*
 Setelah didistribusikan pada konsumen, seluruh aktivitas yang berhubungan dengan waktu turut diperhitungkan (EPA, 2006).
5. *Recycle waste management*
 Pada tahap ini memperhitungkan kebutuhan energi dan buangan ke lingkungan (EPA, 2006).

2.7.2 Tahapan pada LCA

Terdapat beberapa tahapan untuk melakukan identifikasi dan evaluasi produk menggunakan LCA. Berikut adalah tahapannya:



Gambar 2.2 Bagan Alir Tahapan LCA

1. Definisi tujuan dan cakupan (*goal and scope definition*)
Merupakan petunjuk yang dapat membantu konsistensi dari penelitian LCA. Tujuan harus menunjukkan alasan dilakukannya penelitian dan untuk apa penelitian tersebut. Ruang lingkup penjelasan penelitian metode yang dipakai, asumsi, dan batasan.
2. Tahap input analisis *inventory (life cycle inventory)*
Melakukan inventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan ruang lingkup studi. Tujuan analisis ini adalah untuk menunjukkan pengaruh lingkungan per bagian *life cycle*.
3. Tahap perdugaan dampak (*life cycle impact assessment*)
Evaluasi terhadap dampak potensi terhadap lingkungan dengan menggunakan hasil dari *life cycle inventory* dan menyediakan informasi untuk menginterpretasikan pada fase terakhir (Hermawan, *et al.*, 2013).
4. Tahap intepretasi (*life cycle interpretation*)
Tahap akhir analisis daur hidup memberikan simpulan, rekomendasi, dan pengambilan keputusan.

2.8 Pemilihan Software untuk Analisa LCA

Dalam beberapa tahun terakhir, kebutuhan analisa LCA menggunakan software menjadi semakin penting. Terdapat banyak software yang dapat mewedahi kegiatan analisa tersebut. Kualitas software yang baik dapat dilihat berdasarkan struktur, *display of process*, transparansi, database, metode kalkulasi, serta metodologinya. Berikut adalah contoh beberapa software untuk menganalisa LCA.

Tabel 2.1 Software Analisa LCA

Aplikasi	Supprots full LCI dan LCIA	Bahasa	Main Database	Special Area
CCaLC Tool	Ada	Inggris	CCaLC database (Ecolnvent)	Tidak Ada

Lanjutan Tabel 2.1

Aplikasi	Supports full LCI dan LCIA	Bahasa	Main Database	Special Area
Ecoinvent waste	Tidak	Inggris	Ecoinvent Database	Waste Management
GaBi	Ada	Inggris	Gabi Database	Tidak Ada
Open LCA	Ada	Inggris	Tidak Ada	Tidak Ada
SimaPro	Ada	Inggris, Italia	SimaPro database	Tidak Ada

Sumber: Lehtinen *et al.*, 2011

SimaPro merupakan sebuah software yang digunakan untuk melakukan analisis LCA. SimaPro merupakan suatu alat yang profesional yang dapat membantu di dalam suatu proses untuk menganalisa aspek yang berkaitan dengan lingkungan dari suatu produk yang diproduksi (Santoso dan Ronald, 2012).

SimaPro memiliki kelebihan dibandingkan software lainnya, diantaranya sebagai berikut (Pre, 2014):

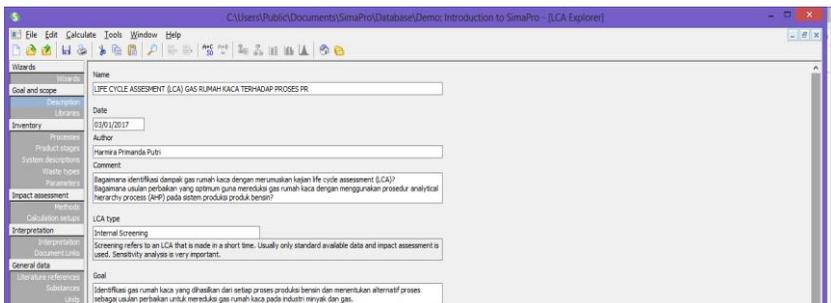
- Bersifat fleksibel
- Dapat digunakan secara *multi-user-version* sehingga dapat menginput data secara berkelompok meskipun berbeda lokasi
- Memiliki metode dampak yang beragam
- Dapat menginventarisasi data dalam jumlah banyak
- Data yang didapatkan memiliki nilai transparansi yang tinggi, dimana hasil interaktif analisis dapat melacak hasil lainnya kembali ke asal-usulnya.

- Mudah terhubung dengan perangkat lain, salah satunya adalah AHP
- Hadir dengan 3 versi yang diklasifikasikan berdasarkan pengguna
 - SimaPro *Compact*: untuk mengatur tugas kompleks
 - SimaPro *Analyst*: untuk melakukan permodelan siklus hidup dan berisi fitur analisis yang canggih
 - SimaPro *Developer*: untuk untuk menciptakan alat penilaian siklus hidup yang berdedikasi dengan fitur diperpanjang

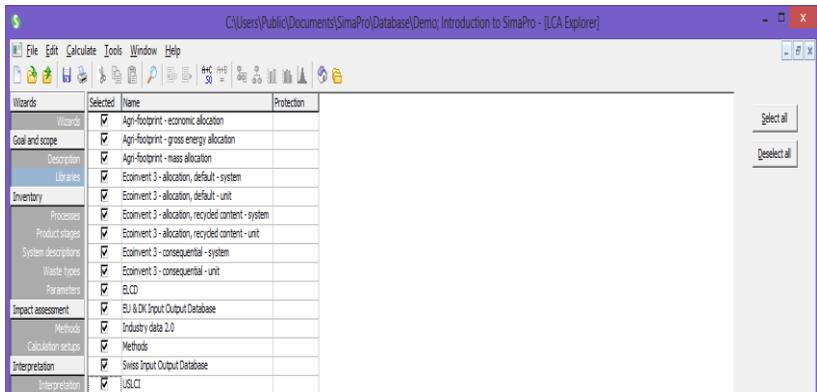
2.9 Penggunaan Software SIMAPRO 8.3

SimaPro 8.3 adalah *software* generasi ke-8 dari interpretasi penggunaan metode *life cycle assesment*, dimana memiliki tujuan untuk menganalisa dan membandingkan lingkungan dari suatu produk. Hasilnya akan mengkalkulasi inputan seperti kuantitas dan kualitas bahan baku dan menghasilkan outputan suatu nilai grafik. Terdapat beberapa tahapan pada SimaPro yakni:

- a) Menentukan tujuan dan ruang lingkup
 - *Text field*, untuk menginput data dan tujuan melakukan penelitian LCA
 - Pemilihan *libraries*, untuk memilih metode



Gambar 2.3 Penentuan Goal pada Software SimaPro 8.3(SimaPro Tutorial)



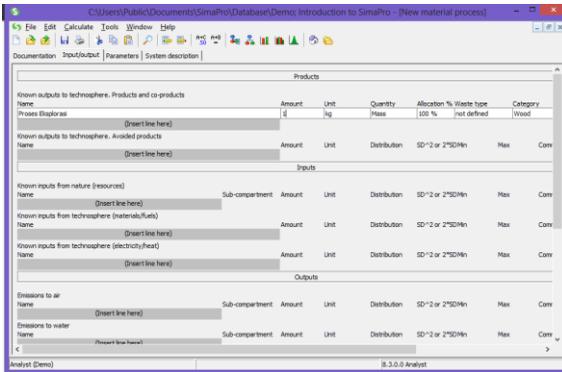
Gambar 2.4 Penentuan Scope pada Software SimaPro 8.3(SimaPro Tutorial)

Pada tahap ini dipilih *scope* penelitian yang dipilih adalah *Ecoinvent database*. *Scope* ini dipilih dikarenakan fokus terhadap:

- Input
Input data yang dimasukkan merupakan sumber material dan energi. Pada proses produksi bensin di setiap proses mengeluarkan gas rumah kaca.
- Output
Output yang diharapkan adalah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari proses produksi bensin.

b) Melakukan inventarisasi

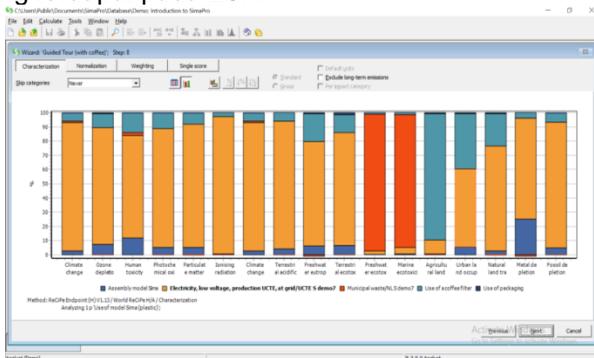
- *Process*, menunjukkan hal hal yang termasuk dalam proses produksi suatu produk yang membutuhkan data seperti material yang digunakan dan energi yang digunakan.
- *Product stages*, mendeskripsikan bagaimana suatu produk diproduksi, digunakan, dan dibuang.
- *System description*, rekaman terpisah untuk mendeskripsikan struktur dari sistem
- *Waste types*, terdapat *waste scenarios* dan *disposal scenarios*



Gambar 2.5 Data Inventory Process pada Software SimaPro 8.3(SimaPro Tutorial)

Pada tahap ini diinput data, seperti proses pada produksi bensin yang menghasilkan emisi gas rumah kaca. Kemudian dimasukkan beban emisi yang dihasilkan, dimana data ini dalam jumlah per tahun.

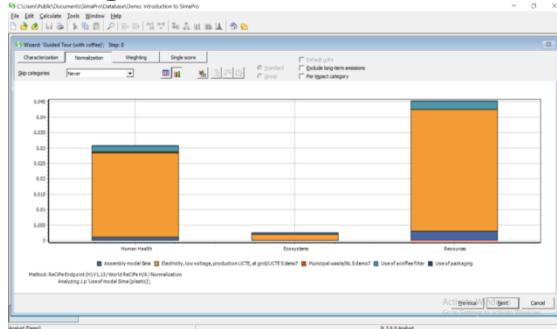
- c) Penilaian terhadap cemaran
- *Characterisation*, merupakan senyawa kimia pada suatu proses yang memiliki kontribusi pada 14 *impact category* yang terdapat pada LCA.



Gambar 2.6 Kriteria Impact Assessment Characterisation pada Software SimaPro 8.3 (SimaPro Tutorial)

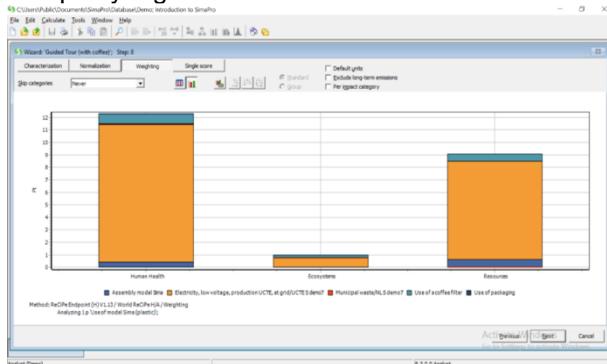
- *Normalization*, merupakan penilaian dengan membandingkan hasil dari *impact category indicator*

dengan buku acuan atau nilai normal. Hal ini bertujuan untuk menyeragamkan satuan dari segala *impact categories* dan juga untuk menunjukkan kontribusi dari *impact categories*



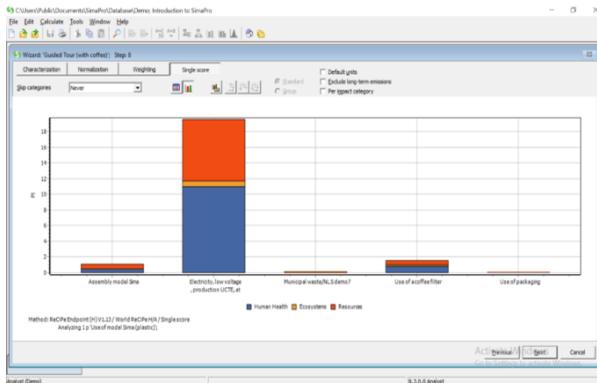
Gambar 2.7 Kriteria *Impact Assessment Normalization* pada Software SimaPro 8.3(SimaPro Tutorial)

- *Weighting*, proses mengkalikan *impact category indicator* dengan *weighting score* dan diakumulasikan sebagai *total score*. Tahap ini memberikan bobot terhadap kategori dampak yang berbeda.



Gambar 2.8 Kriteria *Impact Assessment Weighting* pada Software SimaPro 8.3(SimaPro Tutorial)

- *Single score*, proses yang memperlihatkan produksi yang mempunyai dampak terhadap lingkungan.



Gambar 2.9 Kriteria *Impact Assessment Single Score* pada *Software SimaPro 8.3*(SimaPro Tutorial)

- Interpretasi data
Mengevaluasi suatu kesimpulan untuk digambarkan dan bagaimana dapat dipertanggung jawabkannya.

2.10 Konsep *Multi-Criteria Decision Making (MCDM)*

Menurut Rahardjo *et al.* (2000), *multi-criteria decision making* (MCDM) merupakan teknik pengambilan keputusan dari beberapa pilihan alternatif yang ada. Di dalam MCDM ini mengandung unsur *attribute*, obyektif, dan tujuan.

- *Attribute* menerangkan, memberi ciri kepada suatu obyek.
- Obyektif menyatakan arah perbaikan atau kesukaan terhadap *attribute*. Obyektif dapat pula berasal dari *attribute* yang menjadi suatu obyektif jika pada *attribute* tersebut diberi arah tertentu.
- Tujuan ditentukan terlebih dahulu.

Ada dua macam kategori dari *Multi-criteria decision making* (MCDM), yaitu :

1. *Multiple Objective Decision Making (MODM)*
Multiple Objective Decision Making (MODM) menyangkut masalah perancangan (*design*), di mana teknik-teknik matematik optimasi digunakan, untuk jumlah alternatif yang sangat besar dan untuk menjawab pertanyaan apa (*what*) dan berapa banyak (*how much*). Contohnya adalah *benefit cost analysis* (BCA).
2. *Multiple Attribute Decision Making (MADM)*

Multiple Attribute Decision Making (MADM), menyangkut masalah pemilihan, dimana analisa matematis tidak terlalu banyak dibutuhkan atau dapat digunakan untuk pemilihan hanya terhadap sejumlah kecil alternatif saja. Metode *Analytical Hierarchy Process (AHP)* dan *Analytical Networking Process (ANP)* merupakan contohnya.

2.11 Analytical Hierarchy Process (AHP)

Analytic Hierarchy Process (AHP) adalah suatu teori umum tentang pengukuran yang digunakan untuk menemukan skala rasio, baik dari perbandingan berpasangan yang diskrit maupun kontinyu. AHP digunakan untuk menyelesaikan suatu permasalahan yang kompleks dengan kriteria yang diambil cukup banyak. Kompleksitas ini disebabkan struktur permasalahan yang belum jelas dan minimnya data informasi statistik dari masalah yang dihadapi (Darmanto *et al.*, 2014).

AHP menguraikan masalah yang kompleks menjadi suatu hirarki. Hirarki didefinisikan sebagai suatu representasi dari sebuah permasalahan yang kompleks dalam suatu struktur multi level dimana level pertama adalah tujuan, yang diikuti level faktor, kriteria, sub kriteria hingga alternatif. Dengan hirarki, suatu masalah yang kompleks dapat diuraikan ke dalam kelompok yang kemudian diatur agar tampak lebih terstruktur dan sistematis.

Bagian terpenting dari AHP adalah tahap penilaian perbandingan berpasangan, yaitu melakukan penilaian antara faktor pada suatu tingkat hirarki. Perbandingan ini dilakukan untuk menentukan tingkat kepentingan kriteria.

2.11.1 Tahapan AHP

Dalam pendekatan AHP dilakukan langkah sebagai berikut (Yancadianti, 2015):

1. Mendefinisikan masalah dan menentukan solusi yang diinginkan
2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan utama
3. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi pengaruh setiap elemen terhadap tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya.

4. Mendefinisikan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh jumlah penilaian sebanyak $n \times \frac{n-1}{2}$, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.
5. Menghitung nilai vektor eigen dan menguji konsistensinya.

2.11.2 Perhitungan bobot elemen

Penilaian pada beberapa alternatif, dimaksudkan untuk membandingkan nilai atau karakter pilihan berdasarkan tiap kriteria yang ada. Hasil dari penilaian adalah nilai yang merupakan karakter dari masing-masing alternatif. Penilaian dengan membandingkan nilai pada masing-masing kriteria guna mencapai tujuan yang diinginkan. Prosedur penilaian perbandingan berpasangan dalam AHP, mengacu pada skor penilaian yang telah dikembangkan oleh Thomas L Saaty. Skala penilaian perbandingan berpasangan dapat dilihat pada Tabel 2.2 sebagai berikut:

Tabel 2.2 Skala Penilaian Perbandingan Berpasangan

Tingkat kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Kedua elemen sama penting	Elemen A1 dan A2 sama sama penting
3	Elemen yang satu sedikit lebih penting	Elemen A1 cukup penting dibandingkan A2
5	Elemen yang satu lebih penting	Elemen A1 lebih penting dibandingkan A2
7	Satu elemen sangat lebih penting	Elemen A1 sangat penting dibandingkan dengan A2
9	Satu elemen mutlak lebih penting	Elemen A1 mutlak lebih penting dibandingkan A2
2,4,6,8	Nilai tengah diantara dua penilaian yang berdampingan	Nilai ini diberikan jika diperlukan kompromi memilih skala

Sumber: Saaty, 2008

Didalam AHP nantinya akan didapatkan 2 elemen yakni A1 dan A2 dimana 2 elemen ini akan dikalikan. Tingkat kepentingan dari hasil perkalian ini akan ditentukan berdasarkan tabel diatas. Jika kedua elemen merupakan elemen yang memiliki tingkat kepentingan yang sama, maka komponen tersebut masuk dalam kategori tingkat kepentingan 1. Dalam pengambilan data,

misalnya dengan menggunakan kuisioner, prosedur perbandingan berganda.

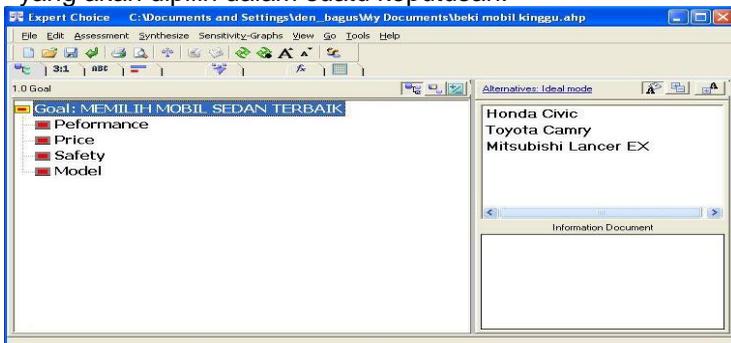
2.12 Penggunaan Software *Expert Choice*

Expert Choice adalah sebuah aplikasi sebagai alat bantu implementasi model-model dalam *Decision Support System* (DSS) dalam sebuah perusahaan ataupun untuk keperluan akademik (Nasution, 2013). *Expert Choice* digunakan sebagai salah satu tool untuk membantu para pengambil keputusan dalam menentukan keputusan. EC menawarkan beberapa fasilitas mulai dari input data-data kriteria, dan beberapa alternatif pilihan, sampai dengan penentuan tujuan. EC mudah dioperasionalkan dengan *interface* yang sederhana. Kemampuan lain yang disediakan adalah mampu melakukan analisis secara kuantitatif dan kualitatif sehingga hasilnya rasional. Didukung dengan gambar grafik dua dimensi membuat EC semakin menarik. EC didasarkan pada metode/ proses hirarki AHP.

Cara menggunakannya adalah dengan cara sebagai berikut (Lestari, 2009):

1. Memasukkan *goal*, kriteria, dan alternatif

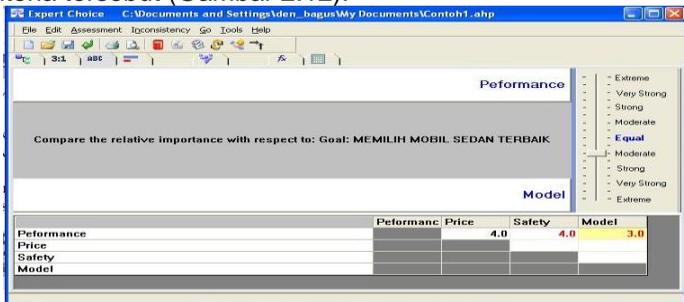
Pada kolom *goal* merupakan hal yang ingin dicapai pada penelitian dalam pemilihan suatu keputusan. Pada kolom kriteria merupakan komponen yang dijadikan pertimbangan bagi peneliti untuk pemilihan keputusan terbaik. Disisi lain, terdapat kolom alternatif yang ditulis penulis sebagai output yang akan dipilih dalam suatu keputusan.



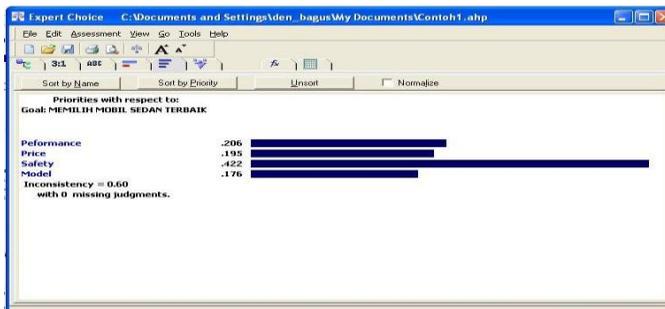
Gambar 2.10 Memasukkan Goal dan Kriteria (*Expert Choice* Tutorial)

2. Pembobotan dan Skala Prioritas

Sebelum melakukan perhitungan, kriteria yang telah ditetapkan pada tahap sebelumnya akan dilakukan proses pembobotan. Pembobotan berdasarkan kebutuhan peneliti dalam melakukan penelitian kemudian dilakukan perhitungan dengan membandingkan satu kriteria terhadap kriteria lainnya. Nilai yang dimasukkan pada perhitungan merupakan angka kepentingan dimana setiap angka sudah memiliki sifat kepentingan yang berbeda (Gambar 2.11). Setelah pembobotan, peneliti melakukan skala prioritas dari seluruh kriteria tersebut (Gambar 2.12).



Gambar 2.11 Pembobotan Perhitungan Perbandingan Antar Kriteria (*Expert Choice Tutorial*)

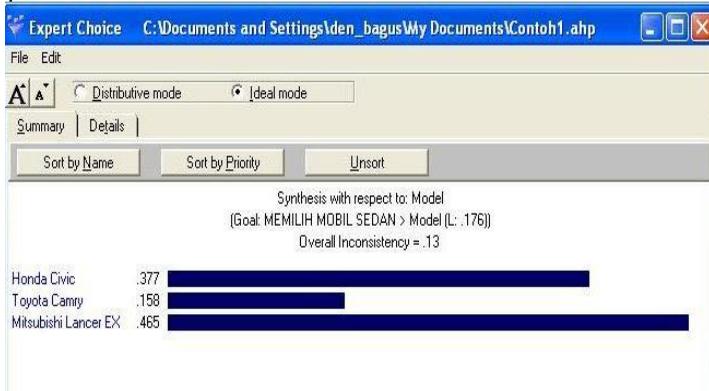


Gambar 2.12 Memasukkan Skala Prioritas Perhitungan Antar Kriteria (*Expert Choice Tutorial*)

3. Menghasilkan jawaban atau keputusan yang dianjurkan

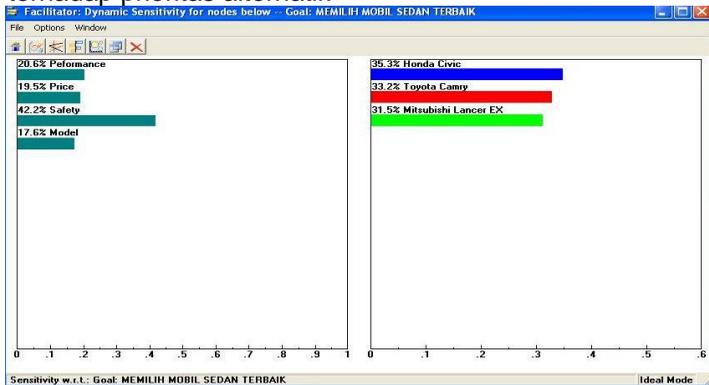
Tahap ini merupakan tahap akhir dalam pengambil keputusan dengan *Expert Choice*. Terdapat 2 tahap yakni:

- *Synthesizing* untuk mendapatkan hasil
Merupakan hasil sintesa pada alternatif dimana dilakukan pembobotan terlebih dahulu sesuai dengan kebutuhan peneliti.



Gambar 2.13 Memasukkan Pembobotan Antar Alternatif (*Expert Choice* Tutorial)

- *Sensitivity analysis*
Sensitivity Analysis dilakukan untuk mengetahui variasi dari prioritas kriteria untuk mengamati sejauh mana efeknya terhadap prioritas alternatif.



Gambar 2.14 Sensitivity analysis pada *Expert Choice* (*Expert Choice* Tutorial)

Dalam memilih kriteria pada setiap masalah pengambilan keputusan perlu memperhatikan kriteria sebagai berikut:

1. Lengkap, mencakup aspek penting dan digunakan dalam mengambil keputusan
2. Operasional, setiap kriteria mempunyai arti bagi pengambil keputusan
3. Tidak berlebihan, menghindari adanya kriteria yang mengandung pengertian yang sama
4. Minimum, diusahakan agar jumlah kriteria minimum untuk mempermudah pemahaman

2.13 Hubungan LCA dengan AHP

LCA adalah pendekatan *cradle to grave* yang dimulai dengan pengumpulan bahan baku dari bumi untuk menciptakan produk dan berakhir pada titik ketika semua bahan dikembalikan ke bumi. LCA memungkinkan estimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dari semua tahapan dalam siklus hidup produk, sehingga akan diketahui bagian mana yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar (EPA, 2006). Setelah diketahui dampaknya maka akan diperoleh beberapa alternatif perbaikan untuk masing-masing kegiatan dalam *supply chain*. Alternatif perbaikan yang diusulkan untuk masing-masing rantai dapat digunakan sebagai dasar pembuatan alternatif untuk *life cycle* yang ada sehingga didapatkan *supply chain* yang sesuai dengan konsep *green supply chain management* (Putri, 2014).

Adapun pemilihan alternatif dengan mempertimbangkan beberapa kriteria yang ada melalui pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Menurut Yancadianti, *et al.*, (2015), AHP adalah sebuah kerangka untuk mengambil keputusan dengan efektif atas persoalan yang kompleks dengan menyederhanakan dan mempercepat proses pengambilan keputusan. Persoalan diatas dipecahkan dengan menata variabel dalam susunan hirarki, memberi nilai numerik pada pertimbangan subjektif tentang pentingnya tiap variabel, dan mensintesis pertimbangan untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas dan pengaruh paling tinggi. AHP membantu memecahkan persoalan yang kompleks dengan menstruktur suatu hirarki kriteria, pihak yang berkepentingan, hasil dan dengan menarik berbagai pertimbangan guna mengembangkan bobot.

BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

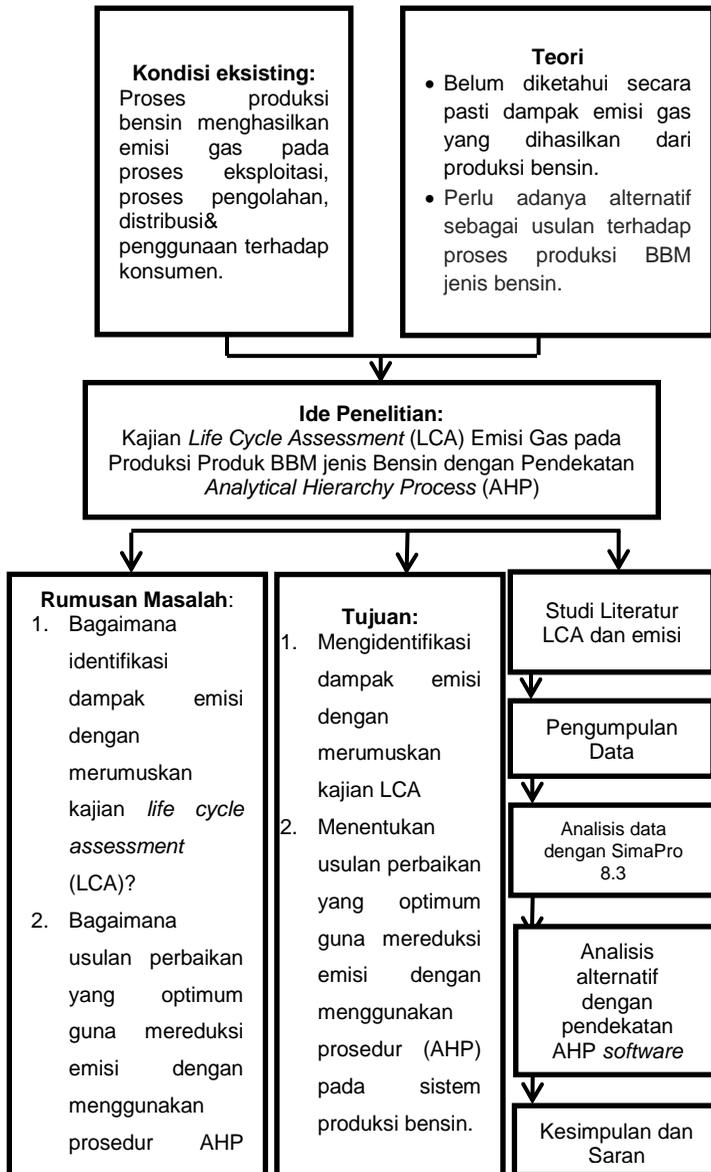
Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah – langkah yang akan digunakan dalam penelitian sehingga berjalan secara sistematis yang bertujuan untuk memudahkan pelaksanaan penelitian. Langkah – langkah yang diterapkan nantinya akan menjadi masukan pada langkah berikutnya.

3.1 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian merupakan gambaran awal untuk memudahkan penelitian dengan cara memberikan arahan agar menjadi sistematis dan mudah dipahami. Kerangka penelitian ini juga membantu dalam penyusunan laporan dari hasil tugas akhir. Susunan metode ini didasarkan pada tujuan penelitian yakni mengidentifikasi emisi gas yang dihasilkan pada proses produksi produk BBM jenis bensin dan mendapatkan solusi alternatif pada proses produksi tersebut. Dengan tujuan tersebut, dikembangkan menjadi ide penelitian, studi literatur, pengumpulan data lapangan, menganalisis emisi gas dengan *Life Cycle Assessment* (LCA) menggunakan SimaPro 8.3, menentukan kebijakan alternatif hasil LCA. Alternatif yang dihasilkan kemudian akan dipilih sesuai tingkat kepentingannya menggunakan *Expert Choice* dengan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* (AHP). Kerangka penelitian selengkapnya dapat dilihat pada Gambar 3.1.

3.2 Tahapan Pelaksanaan Awal

Tahapan yang dilakukan adalah tahapan pengumpulan data sekunder, tahap analisis melalui metode LCA dengan memasukkan data bahan baku yang digunakan serta emisi yang dihasilkan pada SimaPro 8.3. Dari hasil analisis, diketahui dampak lingkungan yang ditimbulkan dan alternatif perbaikan pada masing masing kegiatan produksi. Alternatif pada LCA akan dipilih dengan nilai perhitungan pada *Expert Choice* oleh keputusan pendekatan AHP.



Gambar 3.15 Kerangka Penelitian

3.2.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan untuk mendapatkan teori yang menunjang pelaksanaan penelitian dan menjadi batasan kedalaman pengerjaan. Pada penelitian ini, literatur yang digunakan adalah *text book*, jurnal penelitian, artikel, *website*, tugas akhir, tesis, dan sebagainya. Literatur yang terdapat pada penelitian ini adalah mengenai LCA emisi pada perusahaan minyak dan gas, emisi dari pemakaian bahan baku pada tiap proses serta literatur lainnya yang menunjang pelaksanaan penelitian ini.

3.2.2 Pengumpulan data

Pengumpulan data yang digunakan adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapatkan dari hasil pengamatan dan data kuisisioner responden pada masing masing unit kegiatan proses produksi. Data sekunder merupakan data yang didapatkan dari industri minyak dan gas. Data primer dan sekunder ini digunakan untuk memperkuat hasil tugas akhir.

- Pengumpulan data primer
Data primer yang digunakan pada penelitian ini adalah data kuisisioner oleh 5 responden pada masing masing unit kegiatan proses produksi. Hasil dari data ini nantinya akan digunakan untuk menentukan alternatif kebijakan pada pendekatan AHP.
- Pengumpulan data sekunder
Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini adalah jumlah bahan baku yang digunakan pada tiap proses produksi, emisi yang dihasilkan pada tiap proses produksi, jumlah produk dalam sekali produksi, data distribusi penyebaran produk serta jumlah kendaraan bermotor pengguna produk bensin di Surabaya.

3.2.3 Analisis dan Pembahasan

Data sekunder yang telah diperoleh akan diinput kedalam *software* SimaPro 8.3 untuk menganalisis *Life Cycle Assessment* (LCA). Penginputan data berupa data bahan baku, energi dan emisi yang dihasilkan dari setiap proses produksi produk. Data yang telah diinput akan menghasilkan jumlah gas rumah kaca tiap ton produk. Terdapat 14 *impact category*, namun peneliti

hanya memfokuskan pada *impact* yang berkaitan dengan emisi (pencemaran udara dan gas rumah kaca).

3.3 Penginputan data dalam SimaPro 8.3

Data yang telah dikumpulkan dilakukan proses input data bahan baku, emisi, jumlah produk yang dihasilkan serta data distribusi pada perusahaan minyak dan gas. Langkah – langkah dalam penginputan data pada simaPro dapat dilihat pada sub bab 2.9.

3.3.1 Penentuan *goal* dan *scope* dalam SimaPro 8.3

Merupakan petunjuk yang dapat membantu konsistensi dari penelitian LCA. Penentuan tujuan dan cakupan didasarkan kepada tujuan penelitian, identifikasi emisi pada proses produksi bensin di industri minyak dan gas dan merumuskan dampak lingkungan akibat permasalahan tersebut. Dilakukan pula penentuan batasan penelitian, dengan menggunakan batasan *ecoinvent system process*. *Scope* ini dipilih dikarenakan fokus pada 2 hal yakni pada saat input dan output. Pada input, penelitian ini termasuk pada sumber material dan energi. Pada output penelitian termasuk emisi dan dampak lingkungan yang dihasilkan dari produksi produk bensin. Pada tahap ini berfokus terhadap dampak gas rumah kaca yang dihasilkan.

3.3.2 Analisis *Data Inventory* dalam SimaPro 8.3

Merupakan kegiatan inventarisasi masukan dan keluaran yang berhubungan dengan ruang lingkup studi. Pada tahap ini, data yang dikumpulkan pada primer maupun sekunder dilakukan konversi menjadi data per hari. Kegiatan inventarisasi yang dilakukan yakni memasukkan bahan baku, kegiatan pembakaran dan emisi yang dikeluarkan. Pemilihan bahan baku dan kegiatan pembakaran menggunakan *database* negara Asia dikarenakan karakteristik kegiatan hulu hingga hilir produksi produk bensin memiliki persamaan dengan negara Asia, salah satunya adalah China. Menurut Indra (2007), karakteristik minyak bumi yang dihasilkan dapat dilihat dari hasil-hasil analisa tentang *spesifik gravity*, *API gravity*, persentase volume residu, dan kandungan sulfur unsur-unsur logam. Penelitian lebih lanjut menunjukkan bahwa komposisi atau sifat-sifat karakteristik dari minyak bumi itu mempunyai hubungan yang erat dengan stratigrafi atau geologi dari daerah mana minyak bumi itu dihasilkan. Akhirnya, derajat atau tingkat pengubahan panas yang diakibatkan oleh kedalaman pemendaman merupakan factor utama dalam menentukan

komposisi minyak bumi. Tetapi factor-faktor geologi lain, aktivitas bakteri anaerobic dan perubahan kimia juga menaikan peranan dalam menentukan komposisi akhir daripada minyak bumi.

3.3.3 Impact Assesment dalam SimaPro 8.3

Dampak lingkungan yang dihasilkan akan dilakukan penilaian menggunakan metode EDIP 2003. Pemilihan metode ini didasarkan atas *impact* yang sesuai dengan peneliti, dimana akan lebih meneliti ke bidang udara. Hasil penginputan data *life inventory* diperoleh grafik dari setiap proses dimana menunjukkan nilai *impact assessment* yang menjadi prioritas. Prioritas *impact assessment* pada penelitian ini akan dipilih berdasarkan besarnya dampak yang ditimbulkan oleh emisi gas rumah kaca dan gas pencemar udara. Sehingga dari 14 *impact assessment* dieleminasi sesuai dengan jumlah emisi yang diinput.

3.3.3.1 Characterization

Characterization adalah mengalikan senyawa-senyawa kimia yang berkontribusi pada *impact category* dengan *characterization factor* untuk menggambarkan kontribusi relatif substansi tersebut. Dimana besar emisi yang dihasilkan dari setiap kegiatan yang mempengaruhi 14 *impactcategory*. 14 *impact category* tersebut adalah *climate change, stratosphericozone depletion, photochemical ozone formation, acidification, nutrient enrichment, human toxicity via air, human toxicity via water, human toxicity via soil, ecotoxicity water (acute), ecotoxicity water (chronic), dan ecotoxicity soil (chronic)*.

3.3.3.2 Normalization

Normalization melakukan pembagian nilai yang diperoleh dari *impact category* yang telah dipilih dengan nilai normal. *Impact category* terpilih penelitian ini ditentukan berdasarkan dampak terbesar yang timbul akibat kegiatan industri minyak dan gas.

3.3.3.3 Weighting

Weighting melakukan pembobotan pada *impact categories*, dimana hasil dari *impact category* akan dikalikan dengan *weighting factor* dan diakumulasi sehingga mendapat *total score*.

3.3.3.4 Single Score

Single score merupakan klasifikasi semua nilai dari *impact category* berdasarkan proses ataupun material pembentuknya. Hasil dari *single score* akan didapatkan faktor yang berkontribusi pada dampak lingkungan, baik dari material ataupun proses.

3.3.4 Interpretation dalam SimaPro 8.3

Tahap akhir analisis daur hidup memberikan alternatif pada tiap proses produksi. Alternatif yang dihasilkan lebih dari 1 untuk tiap proses sehingga diperlukan kebijakan dengan pendekatan tertentu untuk menentukan yang terbaik.

3.4 Penentuan Alternatif dengan Pendekatan AHP dan *Expert Choice*

Pada tahap ini dipilih alternatif terbaik pada hasil interpretasi pada LCA dengan menggunakan pendekatan AHP. Pemilihan yang dilakukan adalah berdasarkan data primer pada kuisioner responden yang berada pada masing masing kegiatan produksi. Pemilihan responden berdasarkan metode sampling tidak acak yakni *purposive sampling* dimana peneliti memilih subjek berdasarkan kriteria spesifik yang ditetapkan berdasarkan kemampuan subjek dalam pemilihan alternatif guna mereduksi emisi pada industri minyak dan gas. Kuisioner yang tersedia merupakan pemilihan satu alternatif terbaik pada satu proses. Dari pemilihan alternatif, akan dilakukan perhitungan beban elemen dengan *expert choice*. Langkah – langkah dalam penentuan alternatif dalam *software Expert Choice* dapat dilihat pada sub bab 2.12.

3.4.1 Pemilihan Kriteria dalam Prosedur AHP

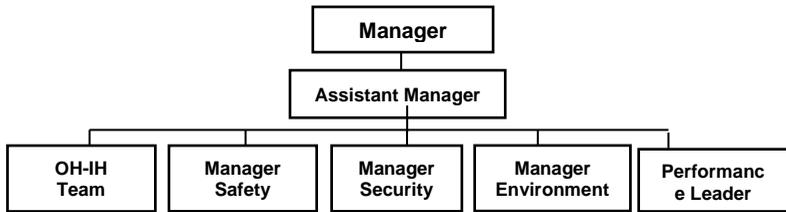
Dari hasil *life cycle assessment* akan diketahui grafik perbandingan pencemar lingkungan. Kriteria yang dipilih berdasarkan alternatif yang dikelurkan pada simaPro.

3.4.2 Penentuan Alternatif dalam Prosedur AHP

Alternatif yang digunakan guna mereduksi emisi pada industri minyak dan gas berdasarkan output alternatif yang dihasilkan pada proses LCA di SimaPro.

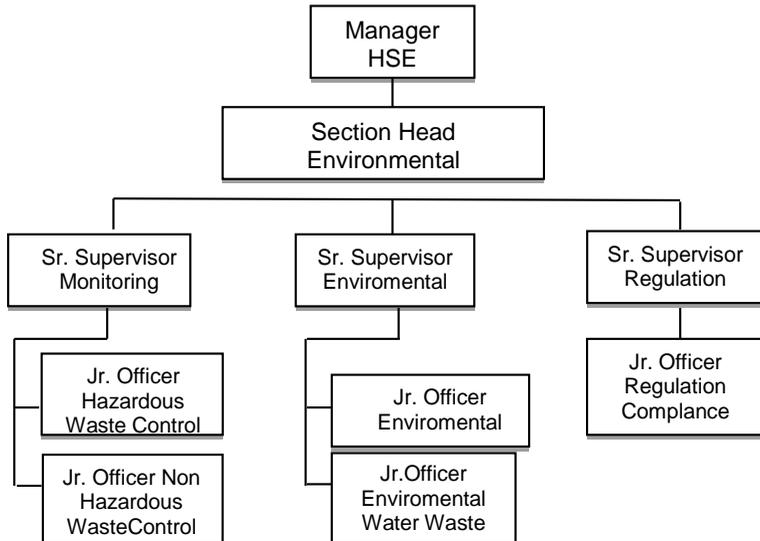
3.4.3 *Purposive sampling*

Jumlah responden adalah sebanyak 5 untuk masing masing proses dikarenakan angka 5 sudah cukup mewakili atas responden yang terdapat pada struktur HSSE masing masing proses, yakni manager HSSE, *head section environmental*, ahli udara serta *environmental staff*. Pada pemilihan sampel ini dilakukan *stakeholder analysis* yang berfungsi untuk memberi pembobotan dan skala kepentingan atas jawaban yang diberikan dalam prosedur AHP.



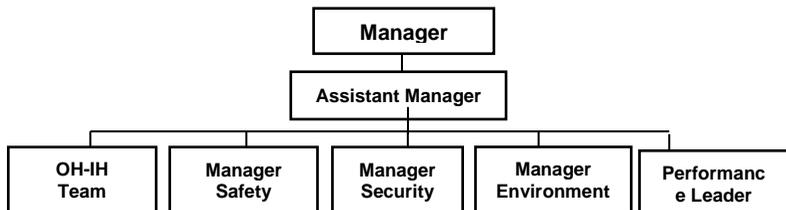
Sumber: Pertamina, 2015

Gambar 3.16 Struktur Organisasi PT Pertamina Asset 2



Sumber: Pertamina, 2015

Gambar 3.17 Struktur Organisasi PT Pertamina Refinery Unit III



Sumber: Pertamina, 2015

Gambar 3.18 Struktur Organisasi PT Pertamina Pemasaran V

Dari penentuan responden, akan dilakukan pembobotan dan skala kepentingan berdasarkan tabel berikut:

Tabel 3.3 Identifikasi Kelompok Stakeholoder, Kepentingan, Pengaruh dan Dampak dalam Pengembangan Konsep

Stakeholder	Kepentingan Stakeholder	Pengaruh Stakeholder	Dampak Kepentingan (+)(-)
Manager HSE	Mengawasi bertanggung jawab, perlindungan dan pencemaran lingkungan.	Pihak yang memberi keputusan	+
<i>Head Section Environment</i>	Merencanakan, mengorganisasikan kegiatan K3 dan lingkungan	Pihak yang memberi keputusan	+
<i>Environmental Staff</i>	Menerapkan dan mensosialisasikan program HSE, pemantauan dan evaluasi lingkungan	Pihak yang memberi keputusan	+
Ahli Udara	Memahami mengenai permasalahan dan penanganan udara	Pihak yang memberi keputusan	+

3.5 Kesimpulan dan Saran

Hasil analisis dan pembahasan yang didapatkan akan memunculkan kesimpulan dan saran. Kesimpulan yang didapat merupakan hubungan antara penelitian dengan literatur yang diperoleh sebagai referensi serta tujuan dilaksanakannya penelitian. Kesimpulan berisi mengenai informasi dampak lingkungan terhadap emisi pada masing masing kegiatan produksi dan gas dan aternatif pada permasalahan pada perusahaan minyak dan gas. Saran yang diberikan merupakan untuk menyempurnakan hasil analisa sehingga bersifat memiliki keberlanjutan.

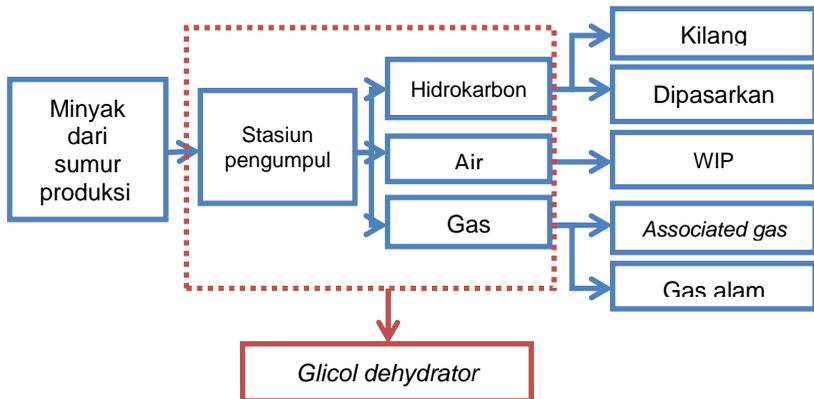
BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1 Proses Eksplorasi dan Produksi BBM Jenis Bensin

Pada proses ini akan dijelaskan ke dalam 3 tahap. Tahap pertama merupakan alur proses bagaimana *crude oil* diambil dari perut bumi hingga didistribusikan menuju kilang. Tahap kedua merupakan proses *mass balance* dimana data yang disajikan mengenai bahan baku yang digunakan, data produksi yang dihasilkan, serta emisi yang dikeluarkan pada masing – masing proses. Serta pada tahap terakhir merupakan hasil emisi dari 1 ton produk itu sendiri.

4.1.1 Proses Eksplorasi dan Produksi

Kegiatan eksplorasi dan produksi minyak dan gas secara umum diawali dengan kegiatan pemboran eksplorasi dan produksi. Secara garis besar prosesnya dapat dilihat pada gambar berikut:



Sumber: PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, 2017

Gambar 4.19 Proses Eksplorasi pada PT Pertamina EP Field Prabumulih
Minyak diproduksi melalui sumur produksi dan dikumpulkan ke dalam stasiun pengumpul (*gathering station*), dimana dilakukan pemisahan hidrokarbon, air terproduksi dan gas di separator, yakni *glycol dehydrator*.

Proses *glycol dehydration* adalah proses pemisahan kandungan air yang terdapat dalam natural gas menggunakan glikol (bahan kimia dari jenis alkohol). *Feed gas* dikontakkan dengan glikol dalam kolom yang disebut *contactor* atau *absorber* sehingga

terjadi perpindahan massa air antara gas dengan glikol. *Treated gas* akan keluar menuju proses selanjutnya melalui bagian atas *contactor*, sedangkan glikol akan diregenerasi dan disirkulasikan kembali untuk melanjutkan fungsinya.

Minyak hasil pemisahan yang sudah ditampung di tanki (*storage tank*) selanjutnya akan dikirim ke kilang pengolahan untuk kebutuhan energi dalam negeri dan dipasarkan sebagai minyak mentah. Pengiriman melalui pipa, truk tanki/kapal. Gas yang sudah dipisahkan dari sumur dapat berupa *associated gas* maupun gas alam. *Associated gas* dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar *engine* yang di proses pada *power plant* untuk utilitas dan dikomersialisasikan. Sisa *associated gas* yang tidak termanfaatkan akan dibakar di flare untuk aspek keselamatan. Gas alam yang dihasilkan dari sumur produksi langsung dialirkan ke konsumen. Air terproduksi dialirkan ke *Water Injection Pulp* (WIP) untuk diinjeksikan ke sumur injeksi sebagai *pressure maintenance*.

4.1.2 Data Bahan Baku, Data Produksi, dan Emisi yang Dihasilkan

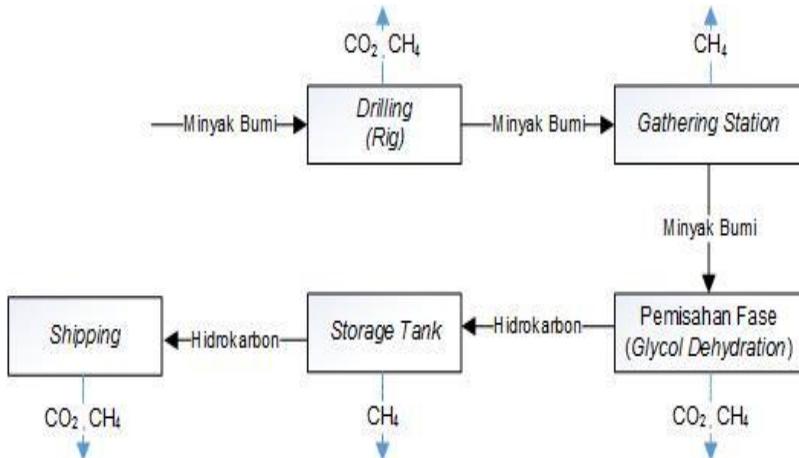
Berdasarkan uraian proses sebelumnya, terdapat beberapa teknologi yang digunakan, dimana pada teknologi ini membutuhkan bahan bakar sebagai energi serta menghasilkan emisi. Teknologi yang akan diteliti dibatasi hanya yang berkaitan dengan pengambilan hidrokarbon untuk diolah ke kilang pengolahan. Berikut teknologi yang digunakan untuk menghasilkan hidrokarbon (*cruide oil*) sebagai berikut.

Tabel 4.4 Proses dan Teknologi pada Sektor Eksplorasi dan Produksi

Proses	Teknologi yang Digunakan	Fungsi
<i>Drilling</i>	Sumur Produksi	Mengambil minyak dari perut bumi
<i>Gathering Station</i>	<i>Storage Tank</i>	Menampung sementara minyak hasil proses <i>drilling</i>
Pemisahan fase	<i>Glicol Dehydrator</i>	Memisahkan hidrokarbon, air dan gas
<i>Shipping</i>	<i>Pipeline</i>	Memasarkan hasil hidrokarbon untuk diolah

Sumber: PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, 2017

Berikut adalah gambaran mengenai proses *in and out* berdasarkan Tabel 4.1 dari kegiatan eksplorasi dan produksi hidrokarbon.



Sumber: PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, 2017

Gambar 4.20 Proses Eksplorasi dan Produksi Produk Hidrokarbon

Dari gambar diatas, diketahui bahwa pada tiap proses akan menghasilkan produk yang sama dikarenakan terdapat proses yang bertujuan hanya untuk mengambil minyak bumi dari dasar permukaan bumi pada *drilling* serta berfungsi sebagai tempat penampung sementara pada *gathering station* dan *storage tank*. Hanya pada proses pemisahan fase, produk yang dihasilkan berbeda dengan material yang masuk.

Disamping itu, tiap proses ini menghasilkan emisi dari proses tersebut. Berikut data bahan baku, produksi, penggunaan energi, serta emisi yang dihasilkan hingga proses pendistribusian hidrokarbon ke kilang pengolahan. Selain data diatas, terdapat data lain – lain yang ikut berperan dalam menghasilkan emisi. Data ini meliputi emisi dari kegiatan diluar produksi yang menunjang kegiatan proses eksplorasi dan produksi. Berikut hasil dari emisi yang dikeluarkan.

Tabel 4.5 Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses *Drilling*

No	Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran			Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)	
	Material	Unit Proses	Produk	Jumlah Produk	Satuan	Bahan Bakar	Jumlah	Satuan	CO ₂	CH ₄
1	Minyak Bumi	<i>Drilling</i>	Minyak Bumi	1122336	ton/thn	Solar	1329760	ton/tahun	39,89	572,99
2	Minyak Bumi	<i>Storage Tank</i>	Minyak Bumi	1122336	ton/thn	-	-	-	-	0,002
3	Minyak Bumi	<i>Glycol Dehydrator</i>	Hidrokarbon	2412,6	ton/thn	Feed Gas	12030400	ton/thn	3,82	28,7
4	Hidrokarbon	<i>Storage Tank</i>	Hidrokarbon	2412,6	Ton/thn	-	-	-	-	0,000823

Sumber: PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, 2017

Tabel 4.6 Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses Distribusi ke Kilang Pengolahan

Kegiatan Produksi			Jarak yang Ditempuh	Faktor Emisi (Gg/km)*				Emisi yang Dihasilkan (Gg/thn)			
Jenis Pendistribusian	Produk yang Diangkut	Satuan		CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
Pipa	2412,6	ton/thn	345 km	4,9 x 10 ⁻⁷	5,4 x 10 ⁻⁶	-	-	0,000169	0,001863	-	-

*) Pedoman Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional, 2012

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 Emisi yang Dihasilkan Dari Kegiatan Lain - Lain

No	Jenis Kegiatan	Emisi (ton/thn)	
		CO ₂	CH ₄
1	Penggunaan Kendaraan	4055	-
2	Emisi Fugitive Peralatan Produksi	79,9	1148

Sumber: PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, 2017

Pada Tabel 4.2 diketahui bahwa dari 4 jenis proses dan teknologi yang digunakan untuk mengambil hidrokarbon, mengeluarkan emisi yang ikut serta dalam emisi gas rumah kaca. Selain itu diketahui pula produk hasil proses dari masing – masing proses beserta dengan kegiatan pembakaran yang dilakukan dalam melakukan kegiatan proses tersebut.

Pada Tabel 4.3 merupakan data dari perhitungan hasil emisi yang dihasilkan dari kegiatan *shipping* yang dilakukan menggunakan *pipeline*. Perhitungan ini dihitung berdasarkan adanya data jarak dari *pipeline* dari proses eksplorasi dan produksi menuju kilang pengolahan. Emisi yang dihasilkan merupakan hasil perhitungan dengan faktor emisi yang bersumber dari pedoman peraturan yang berlaku.

Pada Tabel 4.4 diketahui bahwa pada proses eksplorasi dan produksi memiliki jenis kegiatan lain diluar operasional yang berperan dalam menyumbangkan emisi gas rumah kaca. Kegiatan non-operasional dari proses ini terdiri dari kegiatan transportasi dengan menggunakan kendaraan dan emisi fugitive dari kegiatan produksi.

4.1.3 Hasil, Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Hidrokarbon (*Cruide Oil*)

Setelah mengetahui proses pada sektor eksplorasi dan produksi, didapatkan produksi minyak dan cadangan minyak yang merupakan hasil produksi akhir dari proses eksplorasi dan minyak. Produk minyak yang dimaksud merupakan hidrokarbon yang diambil dari perut bumi dan telah dilakukan pemisahan oleh separator sehingga dihasilkan hidrokarbon/minyak murni.

Dengan mengetahui data bahan baku, kegiatan pembakaran dan emisi yang dihasilkan pada masing – masing proses, perlu dilakukannya perhitungan intensitas emisi per satuan produk. Hal ini bertujuan untuk mengetahui emisi yang dihasilkan per satuan

produk. Berikut adalah hasil data produksi minyak/hidrokarbon yang berhasil diambil pada tahun 2016:

Tabel 4.8 Data Produksi Minyak PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih Tahun 2016

Produk	Jenis Produksi	Jumlah Produksi	Total Produksi
Minyak	Produksi Minyak	18968 BOPD	2412,6 ton/thn
	Cadangan Minyak	279060,92 MBOE	

Sumber: PT Pertamina EP Asset 2 Prabumulih, 2017

Setelah mengetahui jumlah bahan baku, emisi yang dihasilkan serta jumlah produk yang dihasilkan, peneliti membaginya dengan jumlah produk. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa energi yang dibutuhkan dan emisi yang dihasilkan dari 1 ton produk hidrokarbon. Total emisi yang dimasukkan merupakan jumlah emisi dari seluruh proses, termasuk proses pendistribusian menuju kilang pengolahan dan proses lain – lain di luar proses produksi yang ikut serta menyumbangkan emisi. Berikut adalah perhitungannya:

Tabel 4.9 Hasil, Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Hidrokarbon

Jumlah Produk	Jumlah Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)		Jumlah Emisi yang Dihasilkan per Satuan Produk (ton/thn)	
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄
2412,6 ton/tahun	4178,61	1750,4	$\frac{4178,612}{2412,6}$ = 1,95	$\frac{1750,49}{2412,6}$ = 0,725

Sumber: Hasil Perhitungan

4.2 Proses Pengolahan Produksi BBM Jenis Bensin

Kegiatan pengolahan minyak di kilang secara umum diawali dengan penampungan *crude oil* yang sudah ditampung. Seperti pada proses EP, proses pengolahan juga akan dibahas melalui 3 tahap, yakni dengan alur proses, proses *mass balance*, dan emisi yang dihasilkan pada tiap produk.

4.2.1 Proses Pengolahan

Pada proses pengolahan terdapat 3 proses, yakni *primary*, *secondary*, dan *finishing product*. Hasil dari proses ini terdapat 5 jenis produk yang diolah sebelum memasuki *finishing process*

dengan kegiatan *blending*. Namun hanya terdapat 4 jenis produk yang sebelumnya diolah menggunakan *primary process* dan *secondary process*. Hal ini dikarenakan 1 jenis produk merupakan produk *import* dari kilang jenis *High Octane Migas Component 92* sebesar 2.633.041 ton. Gambar seluruh proses pada proses pengolahan dapat dilihat pada Gambar 4.3.

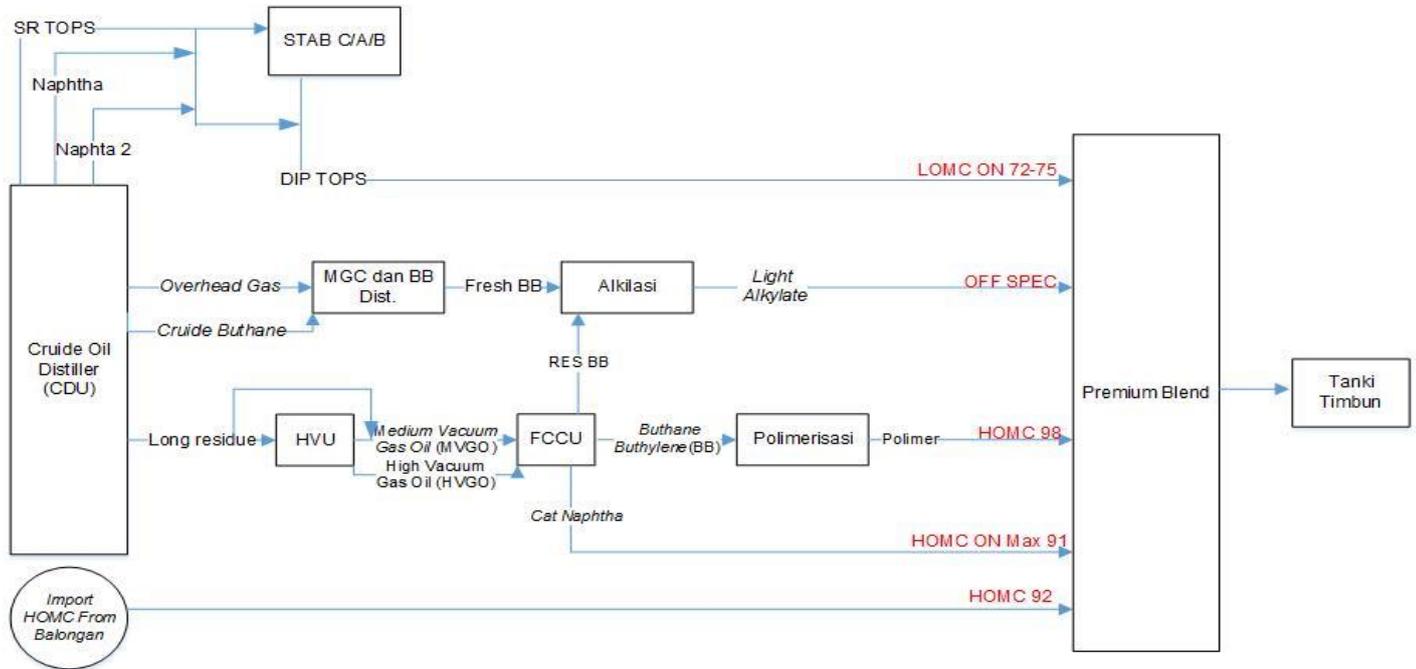
4.2.1.1 Primary Process

Minyak mentah yang dihasilkan dari proses EP ditampung pada *Crude Distiller Unit* (CDU). Pada unit ini terjadi *primary processing* yang merupakan proses utama di kilang. Tujuannya adalah memisahkan campuran hidrokarbon yang terdapat di *crude oil* menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan. Pemisahan dilakukan berdasarkan titik didih, perbedaan kelarutan, titik leleh, dan ukuran molekul. Proses pengolahan dimulai dengan penerimaan minyak mentah yang berasal dari *shipping* proses eksplorasi dan produksi menggunakan kapal dan pipa. Sebelum dilakukan proses lebih lanjut, *step* pertama yang dilakukan pada pengolahan adalah penerimaan *crude oil* dari proses eksplorasi dan produksi, dimana *crude oil* ini merupakan bahan utama. Berikut adalah jumlah minyak mentah yang diterima pada kilang Plaju.

Tabel 4.10 Jumlah *Crude Oil* yang Masuk pada Kilang 2016

Bulan	Jumlah Penerimaan Crude Oil	
	Pipa	Kapal
Januari	1.499.034	1.941.202
Februari	1.313.224	1.186.806
Maret	1.374.390	1.222.833
April	1.323.712	1.188.471
Mei	1.339.291	1.198.162
Juni	1.268.832	1.249.098
Juli	1.317.977	1.236.606
Agustus	1.336.427	1.186.731
September	1.271.478	1.157.297
Oktober	1.314.846	1.049.919
November	1.166.654	670.164
Desember	1.280.797	1.195.422
TOTAL	15.806.662	14.482.711

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017



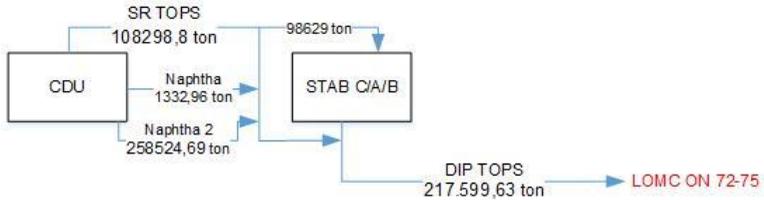
Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

Gambar 4.21 Proses Pengolahan BBM Jenis Bensin di PT Pertamina RU III Plaju Palembang

4.2.1.2 Secondary Process

Pada proses pengolahan produk premium, terdapat 4 macam pengolahan setelah melalui CDU. Berikut adalah prosesnya berdasarkan jenis produk premium:

1. LOMC ON 72-75



Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

Gambar 4.22 Proses Pengolahan Premium Jenis LOMC ON 72-75

Dari CDU akan dihasilkan *Straight Run TOPS* (SR TOPS) dengan berat sebesar 108298,8 ton/tahun pada tahun 2016 11,76%, dimana 8,88% akan diproses lanjut menuju unit *Stabilizer C/A/B*. *Stabilizer C/A/B* merupakan proses sekunder yang berfungsi untuk memisahkan SR Top dari unit CD III & IV menjadi komponen yaitu isopentana dan isoheksana dengan menggunakan distilasi bertekanan. Produk hasil pengolahan ini adalah salah satunya adalah DiisoheksanTop (DIH Top). Sisa SR TOPS lainnya akan bergabung bersama *naphtha* dan *naphtha 2* yang akan berubah menjadi DIH Top. *Naphtha* merupakan jenis hidrokarbon cair produk kilang minyak yang digunakan sebagai bahan baku produksi komponen bensin oktan tinggi. DIH Top yang dihasilkan sebesar 217599,63 ton merupakan LOMC.

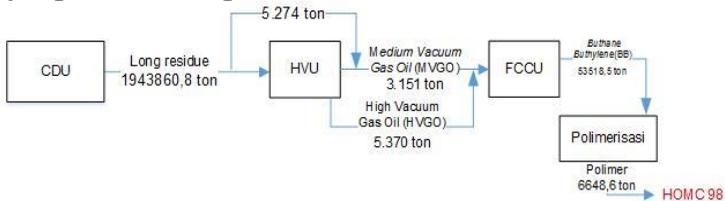
2. HOMC 98

Proses pengolahan produk ini dapat dilihat pada Gambar 4.5. Setelah melalui *primary processing*, akan dihasilkan *long residue* pada unit CDU II – V sebesar 1936772,1 ton/tahun pada 2016. *Long residue* adalah fraksi dari minyak bumi yang memiliki rantai karbon paling besar dengan nilai titik didih yang tinggi. Selanjutnya, fraksi ini harus diolah lagi di unit *High Vacuum Unit* (HVV) untuk menurunkan titik didihnya sehingga lebih ringan.

Namun, hanya 99,73% yang masuk ke HVU sisanya *long residue* ini akan langsung diklasifikasikan sebagai *Medium Vacuum Gas Oil (MVGO)*.

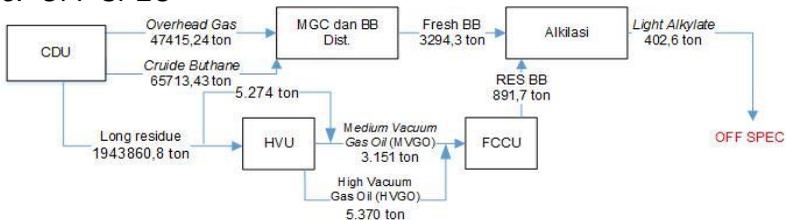
MVGO adalah gas yang terbentuk akibat oleh kegiatan distilasi dengan titik didih yang tidak terlalu panas maupun dingin. MVGO merupakan hasil olahan proses yang terdapat di HVU dengan mengkombinasikan produk *High Vacuum Gas Oil (HVGO)* dan penambahan *long residue*.

MVGO akan masuk ke dalam unit *Fluidized Cracking Catalytic Unit (FCCU)* untuk mengkonversi VGO dan *long residue* dengan proses *catalytic cracking*. Pada tahap ini zat yg akan dipecah dan dikontakkan dengan katalis *fluidized bed*. Salah satu hasil dari proses tersebut adalah *Buthane Buthylene (BB)* yang akan dilakukan polimerisasi, yakni dengan reaksi antarpropilen dengangasH₂ sehingga mengeluarkan polimer sebesar 6648,6 ton yang disebut dengan HMC 98.



Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017
Gambar 4.23Proses Pengolahan Premium Jenis HMC 98

3. OFF SPEC

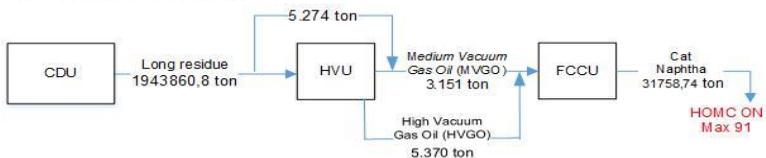


Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017
Gambar 4.24Proses Pengolahan Premium Jenis OFF SPEC
 Setelah melalui *primaryprocessing*, akan dihasilkan *overhead gas* dan *crude buthane* dimana seluruhnya akan diproses lebih lanjut menuju unit *Motor Gas Compressor (MGC)* dan *BB Distiller*.

Pada unit MGCtekanangasakan dinaikkan menggunakan *compressor* kemudian aliran didinginkan pada *cooler* dan pada unit BB *Distiller* akan memisahkan *buthane* dan *propane* berdasarkan kecepatan penguapan yang terjadi akibat adanya perbedaan tekanan. Salah satu hasil dari proses tersebut adalah *fresh BB (FBB)*, yang merupakan komponen *buthane* dengan nilai C yang paling rendah.

Produk FBB ini kemudian digabungkan dengan produk RES BB, yang merupakan komponen *buthane* hasil polimerisasi. Produk ini kemudian dilakukan proses alkilasi, terjadireaksi antara senyawa olefin dan isoparafin menggunakan katalis H_2SO_4 . Tujuan dari proses alkilasi adalah untuk mengolah *buthane* menjadi avigas dan menaikkan nilai oktan dari produk yang diinginkan. Salah satu hasil proses adalah *light alkylate* yang dibedakan menjadi *on spec* dan *off spec*. Pada proses ini, *off spec* akan digunakan untuk menjadi produk premium sebesar 402,6 ton.

4. HOMO ON Max 91



Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

Gambar 4.25 Proses Pengolahan Premium Jenis HOMO ON Max 91

Jenis ini hampir sama pengolahannya dengan jenis HOMO 98, namun berbeda di produk akhir. Di *Fluidized Cracking Catalytic Unit (FCCU)* merupakan unit yang mengkonversi VGO dan *long residue* dengan proses *catalytic cracking*. Pada tahap ini zat yg akan dipecah dan dikontakkan dengan katalis *fluidized bed*. Dalam produk HOMO ON Max 91, akan menghasilkan *cat naphtha* yang langsung tergolong menjadi jenis HOMO ON Max 91 sebesar 107037,15 ton. *Cat naphtha* sendiri adalah suatu hidrokarbon ringan yang memiliki titik didih pada rentang titik didih bahan bakar.

4.2.1.3 Finishing Product Process

Seluruh jenis produk akan dilakukan *finishing product* dengan cara menambahkan zat aditif ke dalam *blending pool*. Setelahnya, produk premium akan dimasukkan kedalam tanki timbun dimana akan menghasilkan emisi CH₄ sebesar 0,81 ton/tahun. Untuk mendapatkan produk premium, terjadi pencampuran antara jenis produk LOMC dan HOMC dicampurkan dengan produk *naphtha* yang berasal dari CDU. Proses *blending* ini tidak ada data emisi yang ditimbulkannya karena dinilai terlalu sedikit. Berikut adalah hasil jumlah premium yang dihasilkan dari *finishing process*.

Tabel 4.11 Proses Blending Produk Premium

Bahan Baku		Proses Penambahan Zat Aditif		Hasil Blending Premium	
Material	Jumlah	Zat Aditif	Jumlah	Premium (ton/thn)	Premium (barrels)
LOMC	217599,6	Naphtha	129928,82	796329	6264393
HOMC	448800,5				
Total	666400,1				

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

4.2.1.4 Shipping Process

Kegiatan pemasaran pendistribusian BBM jenis bensin merupakan kegiatan *loading unloading* produk bensin dari kilang menuju Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM). Pengiriman dilakukan dengan kapal tanker dengan *loading* dan pengiriman dengan *pipeline* dari unit pengolahan ke TBBM yang merupakan sebuah tempat dimana BBM di terima, ditimbun, dan disalurkan ke berbagai wilayah. Dari kegiatan ini diketahui menimbulkan emisi CH₄ yang diketahui dari proses pengiriman BBM jenis premium sesuai dengan jumlah premium yang diangkut. Berikut adalah jumlah bensin yang diangkut dari kilang menuju TBBM pada tahun 2016.

Tabel 4.12 Data Perhitungan Emisi pada Proses Pemasaran BBM Bensin

Jenis Alat Transportasi	Jumlah Premium yang Diangkut		Beban Emisi CH ₄ (ton/thn)
	bbls	ton	
Pengiriman BBM by Loading	2152065	273312,255	6,407
Pengiriman BBM by Pipa	4112328	522265,65	11,3585

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

4.2.2 Data Bahan Baku, Data Produksi, dan Emisi yang Dihasilkan

4.2.2.1 LOMC ON 72-75

Berikut adalah data bahan baku, data produksi dan emisi yang dihasilkan dari produksi

Tabel 4.13 Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses *Primer & Secondary* Produk LOMC ON 72-75

No	Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran		Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)			
	Material	Unit	Produk	Jumlah	Total (ton)	Bahan Bakar	Jumlah (ton)	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
1	Cruide Oil	CDU	SR TOPS	108298,8	368156,4	Fuel Oil	4065,3	3216,25	0,07	0,56	3,02
						Ref Gas	9062,66				
			Naphtha	259857,65		Mix Gas	9743,24				
2	Naphta dan SR TOPS	-	DIP	118970,63	217599,6	-	-	-	-	-	-
	SR TOPS	STA B C/A/B		98629		Steam	11530	-	0,5	-	-
Produk LOMC ON 72-75								217599,63	ton		

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

4.2.2.2 HOMC 98

Berikut adalah data bahan baku, data produksi dan emisi yang dihasilkan dari produksi HOMC 98.

Tabel 4.14 Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses *Primer & Secondary* Produk HOMC 98

No	Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran		Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)			
	Material	Unit Proses	Produk	Jumlah Produk	Total (ton)	Bahan Bakar	Jumlah (ton)	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
1	Crude Oil	CDU	Long residue	1943860	1943860	Fuel Oil	1567,13	158866	2,99	7,6	0,33
						Ref Gas	4679,58				
						Mix Gas	5422,6				
2	Long residue	HVU	HVGO	5370	8521	Fuel Oil	1263,6	16120,8	0,37	3,49	28,8
			Ref Gas	2144,5							
			Mix Gas	2188,6							
3	Long residue	-	MVGO	5274	13794	-	-	16120,8	0,37	3,49	28,8
		HVU		Fuel Oil		1263,61					
				Ref Gas		2144,48					
				Mix Gas		2188,6					
HVGO	-	5370	-	-	-	-					
4	MVGO	FCCU	BB	53518,5	53518	Ref Gas	8157,7	13657	-	8,2	7,6
						Mix Gas	8352,4				
5	BB	Polimerisasi	Polimer	6648,6	6648,6	Ref Gas	684,98	3981,3	0,07	0,01	2,41
						Mix Gas	770,45				
Produk Jenis HOMC 98								6648,6 ton			

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

4.2.2.3 OFF SPEC

Berikut adalah data bahan baku, data produksi dan emisi yang dihasilkan dari produksi OFF SPEC.

Tabel 4.15 Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses *Primer & Secondary* Produk OFF SPEC

No	Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran		Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)			
	Material	Unit	Produk	Jumlah (ton)	Total (ton)	Bahan Bakar	Jumlah (ton)	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
1	Crude Oil	CDU	Overhead gas	47415	113128	Fuel Oil	90,4	9165	0,17	0,44	0,02
			Crude Buthane	65713		Ref Gas	269,9				
						Mix Gas	312,8				
2	O.gas & Crude Buthane	SRMGC	Compri mate	23120,3	23120,3	-	-	-	-	-	-
3	Comprim ate	BBMGC	Conde sate	8906,07	8906,07	Mix Gas	3,09	15,75	0,0002	-	0,01
						Ref Gas	2,66				
4	Condesate	BB Dist	Fresh BB	3294,3	4186	Mix Gas	340,2	1764	0,021	0,005	1,1
						Ref Gas	305,1				
5	Buthane Buthylene	Polimeri sasi	RBB	891,7	4186	Mix Gas	92,45	477,7	0,008	0,001	0,29
						Ref Gas	682,2				

Lanjutan Tabel 4.12

No	Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran		Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)			
	Material	Unit	Produk	Jumlah (ton)	Total (ton)	Bahan Bakar	Jumlah (ton)	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
6	Fresh BB & RES BB	Alkilasi	Light Alkylate	402,6	402,6	Mix Gas	158,2	798,3	0,014	0,003	0,49
						Ref Gas	133,3				
Total OFF SPEC								402,6 ton			

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

4.2.2.4 HOMC ON Max 91

Berikut adalah data bahan baku, data produksi dan emisi yang dihasilkan dari produksi ON Max 91.

Tabel 4.16 Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses *Primer & Secondary* Produk HOMC ON MAX 91

No	Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran		Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)			
	Material	Unit	Produk	Jumlah (ton)	Total (ton)	Bahan Bakar	Jumlah (ton)	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
1	Crude Oil	CDU	Long residue	194386,76	194386,76	Fuel Oil	1567,1	158866	3	7,6	0,33
						Ref Gas	4679,5				
						Mix Gas	5422,6				
2	Long residue	HVU	HVGO	5370	8521	Fuel Oil	1263,6	16120	0,3	3,49	28,8
			Ref Gas	2144,5							
			MVGO	3151		Mix Gas	2188,6				

Lanjutan Tabel 4.13

No	Kegiatan Produksi					Kegiatan Pembakaran		Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)			
	Material	Unit	Produk	Jumlah (ton)	Total (ton)	Bahan Bakar	Jumlah (ton)	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
3	Long residue	-	MVGO	5274	13794	-	-	-	-	-	-
		HVU		3151		FuelOil	732,8	9350,1	0,2	2,02	16,7
						RefGas	1243,8				
	HVGO	-		5370		Mix Gas	1269,38				
4	MVGO	FCCU	Cat Naphtha	31758,74	31758,74	Ref Gas	2039,4	27315	-	16,39	15,3
					Mix Gas	2088,1					
Produk Jenis HOMC ON Max 91								31758,74 ton			

4.2.2.5 HOMC 92

Berikut adalah data bahan baku, data produksi dan emisi yang dihasilkan dari produksi HOMC 92. Jenis produk HOMC 92 ini merupakan hasil produk dari kilang Balongan yang dikirim melalui *pipeline*.

Tabel 4.17 Data Bahan Baku, Produksi dan Emisi pada Proses *Primer & Secondary* Produk HOMC 92

Kegiatan Produksi				Kegiatan Pendistribusian			Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)			
Material	Unit	Produk	Jumlah Produk	Bahan Bakar	Jumlah	Sat	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
HOMC 92	-	HOMC 92	334712	-	-	-	-	1,26	-	-
Produk Jenis HOMC 92							334712,2 ton			

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

4.2.3 Hasil Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Premium

Setelah mengetahui proses pada sektor pengolahan, didapatkan produksi BBM jenis premium yang merupakan hasil produksi akhir dari proses pengolahan. Produk yang dimaksud merupakan premium yang telah diolah melalui *primary*, *secondary* hingga *finishing product process*.

Dengan mengetahui data bahan baku, kegiatan pembakaran dan emisi yang dihasilkan pada masing – masing proses, perlu dilakukannya perhitungan intensitas emisi per satuan produk. Hal ini bertujuan untuk mengetahui emisi yang dihasilkan per satuan produk.

Untuk mengetahui emisi yang dihasilkan per satuan produk, dilakukan pembagian dari jumlah bensin yang terproduksi dengan total emisi yang dikeluarkan. Jumlah BBM bensin yang terproduksi merupakan jumlah bensin keluaran produk *finishing product process* pada Tabel 4.8 sebelumnya. Sehingga didatkan jumlah BBM bensin yang terproduksi pada tahun 2016 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Data Produksi BBM Jenis Bensin PT Pertamina RU III Plaju Palembang tahun 2016

Hasil Blending Premium	
Premium (ton/thn)	Premium (barrels)
796329	6264393

Sumber: PT Pertamina RU III Plaju Palembang, 2017

Setelah mengetahui jumlah bahan baku, emisi yang dihasilkan serta jumlah produk yang dihasilkan, peneliti membaginya dengan jumlah produk. Hal ini bertujuan untuk mengetahui berapa energi yang dibutuhkan dan emisi yang dihasilkan dari 1 ton produk premium. Total emisi yang dimasukkan merupakan jumlah emisi dari seluruh proses, termasuk proses pendistribusian menuju proses pemasaran dan proses lain – lain di luar proses produksi yang ikut serta menyumbangkan emisi. Berikut adalah perhitungannya:

Tabel 4.19 Hasil Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Premium

Jumlah Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)				Jumlah Emisi yang Dihasilkan per Satuan Produk(ton/thn)			
CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂	CO ₂	CH ₄	SO ₂	NO ₂
803707	32,95	105	169	1,009	4x10 ⁻⁵	1,3x10 ⁻⁴	2x10 ⁻⁴

Sumber: Hasil Perhitungan

4.3 Proses Pemasaran Distribusi BBM Jenis Bensin

Proses pemasaran distribusi BBM jenis bensin ini merupakan kegiatan lanjutan dari proses pengolahan di kilang. Setelah menjadi produk siap pakai, premium ini kemudian akan disalurkan menuju TBBM dan selanjutnya SPBU yang nantinya akan digunakan oleh masyarakat. Pada tahun 2016, konsumsi energi yang dibutuhkan adalah sebesar 285744 kWh dengan intensitas energi 0,45 kWh/kL.

4.3.1 Proses Pemasaran

Proses operasional pada pemasaran BBM jenis bensin merupakan seluruh kegiatan transportasi yang dilakukan dari mulai BBM masuk pada TBBM hingga BBM didistribusikan ke SPBU. Dalam pelaksanaannya, terdapat beberapa *step* kegiatan yang dilakukan. Berikut adalah gambaran umum rangkaian kegiatan operasional. Kegiatan utama yang dilaksanakan pada proses pemasaran distribusi adalah sebagai berikut.



Gambar 4.26 Alur Proses Kegiatan Operasional di Proses Distribusi

1. Penerimaan melalui Sistem Perpipaan di Jetty

Suplai BBM ini berasal dari kilang Balongan, Cilacap, Kalbut, dan transit terminal Manggis melalui jalur laut dengan

menggunakan kapal tanker yang bersandar di *jetty*. *Jetty* sendiri adalah dermaga dermaga apung yang umumnya digunakan untuk kapal-kapal penumpang pada dermaga angkutan sungai/danau yang tidak membutuhkan konstruksi yang kuat untuk menahan muatan barang yang akan diangkut dengan kapal. BBM yang telah dibongkar dari kapal tanker akan dipompa menuju tanki timbun sesuai dengan kapasitasnya. Jumlah BBM bensin yang diterima pada tahun 2016 adalah sebanyak 616185,8 kL dan 195892,8 kL untuk produk premium dan pertamax. Pada kegiatan ini, emisi yang dihasilkan hanyalah emisi *fugitive* yang berasal dari komponen *valve*, *flange*, dan pompa yang dipakai pada proses penerimaan. Proses penghasil emisi *fugitive* berasal dari penerimaan di dermaga itu sendiri dan pemakaian pompa *back loading* guna menerima BBM yang berasal dari kapal. Berikut adalah data dari jumlah komponen dan perhitungan emisi tersebut.

Jumlah valve pada dermaga (n) = 10 buah
 Faktor emisi CH₄ = 3,86 kg/tahun (metode SGS)
 Jumlah emisi = $\frac{koef\ CH_4 \times n \times FE}{1000\ kg/ton}$
 $= \frac{0,7 \times 10 \times 3,86}{1000\ kg/ton} = 0,027\ ton/thn$

Tabel 4.20 Emisi pada Proses Penerimaan

Komponen	Jumlah Komponen(*)		Emisi <i>Fugitive</i> CH ₄ (ton/thn)(**)	
	Dermaga	Pompa <i>Back Loading</i>	Dermaga	Pompa <i>Back Loading</i>
<i>Valve</i>	10	33	0,027	0,089
<i>Flange</i>	29	112	0,078	0,302
Pompa	-	5	-	0,0135

Sumber:

* PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

** Hasil Perhitungan

2. Penimbunan di Tanki Timbun

Kegiatan ini dilakukan pada area *tank yard* dimana secara garis besar meliputi penimbunan produk di dalam tanki timbun dan *tank cleansing* setiap 5-6 tahun sekali. Pada masing – masing tanki timbun dilengkapi oleh sarana pengukuran ketinggian minyak, *water sprinkler* sebagai pendingin, sumur pantau sebagai indentifikasi kebocoran tanki, *oil catcher* sebagai jebakan minyak, dan tanggul. Berikut adalah data tanki timbun BBM jenis bensin di Tanjung Wangi yang terdiri dari jumlah tanki dan emisi yang dikeluarkan. Pada tahap ini, emisi yang dikeluarkan berasal dari tanki timbun itu sendiri dan emisi *fugitive* dari komponen *valve* dan *flange* yang ada di tanki.

Tabel 4.21 Kapasitas Tanki Timbun BBM Jenis Bensin di Tanjung Wangi

Produk	Penerimaan (kL)	Jumlah Tanki	Emisi CH ₄ (ton)	
			Tanki	Fugitive
Pertamax	195892,8	3	0,041	1,16
Premium	616185,8	4	0,219	

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

3. Pengisian BBM ke alat Transportasi Distribusi

Kegiatan penyaluran terdiri dari pengisian ke mobil tanki/RTW di *filling shed* dan loading ke tanker. Pengisian BBM ke dalam mobil tanki dilakukan pada *filling shed*, yakni dengan mempompa BBM dan tanki timbun melalui sistem perpipaan dalam bangsal pengisian dan selanjutnya dimasukkan ke truk tanki dengan *loading arm* melalui *manhole* yang ada di atas truk. Sedangkan pada kapal tanker, dilakukan melalui sistem perpipaan dari tanki timbun. Kegiatan pengisian BBM ini dipengaruhi oleh 3 komponen yakni mesin dan genset *tugboat* sebagai alat kegiatannya dan *filling shed* sebagai kegiatan penyalurannya. *Filling shed* adalah sebuah rumah yang digunakan untuk pengisian minyak kedalam mobil tanki. Didalam *filling shed* ini terdapat meter arus dan *loading arm*. *Loading arm* sendiri adalah suatu system pipa fleksibel yang

menjadi lengan pengisi yang menghubungkan pipa penyaluran dengan mobil tanki menggunakan *quick coupling*.

Tabel 4.22 Data Kegiatan dan Emisi Proses Penyaluran

Item	Kegiatan Pembakaran (ton solar/tahun)	Emisi yang Dihasilkan (ton CO ₂ /tahun)
Mesin Tugboat	4,08	13
Genset Tugboat	74,6	237,902
<i>Filling Sheed</i>	-	299,77

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

4. Pendistribusian

Penyaluran BBM dilakukan dengan mengisi truk tanki yang kemudian didistribusikan ke area kabupaten Banyuwangi, Bondowoso, Situbondo, Besuki, dan Jember. Sedangkan untuk kapal tanker, akan mengirimkan BBM ke TBBM Camplong (Madura), TBBM Sanggaran (Bali), dan TBBM Kupang (NTT). Pada pendistribusian, produk premium dan pertamax menggunakan mobil tanki dan kapal tanker sebagai alat pendistribusiannya. Data pemakaian BBM dan emisi yang dihasilkan dari kegiatan pendistribusian tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.20.

Selain itu pada kegiatan ini terdapat fasilitas tera untuk mengukur tinggi akurasi volume cairan produk di dalam mobil tanki dan *filling point* sebagai fasilitas pengisi dari tanki timbun ke truk tanki/kapal tanker. Pada proses pendistribusian ini merupakan kegiatan yang dihitung dari keluarnya produk premium dan pertamax dari TBBM dengan emisi yang dihasilkannya.

Tabel 4.23 Data Produk dan Emisi Proses Penyaluran

Produk	Thruput (kL)	Emisi CO ₂ (ton)
Premium	42235,4	37,55
Pertamax	13121,0	14,22

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

4.3.2 Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Premium dan Pertamina

Proses pemasaran menghasilkan 2 produk dengan 2 kegiatan, yakni proses operasional dan penunjang. Perhitungan yang digunakan merupakan pembagian dari emisi yang dihasilkan dengan jumlah produk yang dihasilkan. Berikut adalah perhitungan beban emisi yang dihasilkan per produk:

Tabel 4. 24 Hasil Penggunaan Energi, Emisi yang Dihasilkan dalam 1 ton Produk Hidrokarbon

Jumlah Produk	Jumlah Emisi yang Dihasilkan (ton/thn)		Jumlah Emisi yang Dihasilkan per Satuan Produk(ton/thn)	
	CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄
55356,4 ton	610979	1,93	11,04	3,5 x 10 ⁻⁵

Sumber: Hasil Perhitungan

4.4 Proses Pemakaian Oleh Pengguna BBM Jenis Bensin

Proses pemakaian BBM jenis bensin oleh pengguna merupakan tahap terakhir *life cycle*. Di proses ini nantinya BBM akan digunakan sehingga bukti fisiknya akan hilang dan meninggalkan sebagai emisi. Perhitungan yang akan diteliti adalah menggunakan data pemakaian BBM jenis bensin yang dipasarkan oleh proses pendistribusian. Data produk bensin yang diproduksi adalah sebagai berikut.

Tabel 4.25 Produk Bensin dari Proses Pendistribusian

Produk	Throughput (kL)
Premium	42235,4
Pertamax	13121,0

Sumber: PT Pertamina S&D Region V TBBM Tanjung Wangi, 2017

Pada perhitungan ini nantinya akan menghitung sebanyak 3 parameter yakni CO₂, CH₄ dan NO₂. Perhitungan beban emisi ini menggunakan metode Tier-1 karena pada CO₂ data yang didapatkan hanya jumlah pemakaian bahan bakar dari masing masing kendaraan saja serta pada CH₄ dan NO₂ tidak diketahui kondisi operasional dari kendaraan dan tak ada alat pengendali.

Sebelum menghitung, dicari nilai *energy content* pada kendaraan operasional yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 4.26 Penentuan *Energy Content*

Tipe	Nama Produk	<i>Energy Content</i>	Satuan
Petroleum Products	Aviation gasoline	33,62	MJ/L
	Motor gasoline	34,66	
	Kerosene	37,68	
	Diesel	38,68	
	Light fuel oil	38,68	
	Heavy fuel oil	41,73	

Sumber : Aube, 2001

Setelahnya menentukan faktor emisi untuk masing – masing paramater. Berikut adalah nilai faktor emisi CO₂ dan CH₄.

Tabel 4.27 Penentuan Faktor Emisi

Fuel Type	Faktor Emisi (kg/TJ)	
	CO ₂	CH ₄
Motor Gasoline	69300	33

Sumber: US EPA, 2004

Setelah mendapat nilai *energy content* dan faktor emisi, dihitunglah beban emisi dari produk premium dan pertamax. Berikut adalah perhitungannya pada produk premium.

Diketahui:

Jumlah *throughput* produk premium = 42235,4 kL
 = $4,2 \times 10^7$ L
 Energy Content = 34,66 MJ/L
 Faktor Emisi CO₂ = 69300 kg/TJ

Sehingga nilai beban emisi CO₂ adalah:

$$\begin{aligned}
 &= \text{Jumlah } throughput(L) \times \text{energy content} \left(\frac{MJ}{L} \right) \times 10^{-6} \frac{TJ}{MJ} \times FE \left(\frac{kg}{TJ} \right) \times 10^{-3} \frac{ton}{kg} \\
 &= 4,2 \times 10^7 \times 34,66 \times 10^{-6} \times 69300 \times 10^{-3} \\
 &= 100881,4 \text{ ton CO}_2
 \end{aligned}$$

Perhitungan beban emisi lainnya dapat dilihat pada Tabel 4.25 berikut:

Tabel 4.28 Perhitungan Beban Emisi pada Produk BBM Jenis Bensin

Jenis BBM	Throughput (kL)	Beban Emisi (ton)		Beban Emisi per Satuan Produk (ton)	
		CO ₂	CH ₄	CO ₂	CH ₄
Premium	42235,4	100881,4	48,04	2,4	0,001
Pertamax	13121,0	31225,2	14,87	2,37	0,001

Sumber: Hasil Perhitungan

4.5 Analisa LCA Menggunakan SimaPro 8.3

Pengolahan data penilaian dampak lingkungan menggunakan *software* SimaPro 8.3. untuk mengolah data menggunakan *software* ini maka diperlukan beberapa tahapan yakni penentuan *goal and scope*, *life cycle inventory*, penentuan dampak lingkungan, dan interpretasi data. Lingkup pada penelitian ini terbatas pada *cradle to grave* dimulai dari pengambilan minyak bumi dari perut bumi hingga pemakaian BBM oleh pengguna.

Pada tahapan *life cycle inventory* maka dilakukan ekstraksi material yang digunakan pada proses pengolahan BBM jenis bensin. Sedangkan pada tahapan penentuan dampak lingkungan dilakukan beberapa tahapan yakni *normalization* dan *characterization*. Hasil dari intepretasi data akan menunjukkan dampak terbesar dari sebuah proses untuk selanjutnya dilakukan upaya perbaikan.

4.5.1 Penentuan *Goal and Scope*

Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui proses manakah yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan khususnya yang berkaitan dengan pencemaran udara maupun *global warming*. Pada setiap unit proses berfokus pada penggunaan energi (bahan bakar/listrik) dan emisi yang dikeluarkan. Metode yang digunakan *Environmental Design of Industrial Products* (EDIP) 2003 dengan batasan *impact assessment* penelitian ini adalah *global warming 100a*, *ozone depletion*, *ozone formation*, dan *human toxicity*. Lingkup penelitian ini merupakan proses yang terjadi pada proses

eksplorasi dan produksi (Gambar 4.2), proses pengolahan (Gambar 4.3), proses pemasaran (Gambar 4.8) serta penggunaan BBM jenis bensin oleh pengguna. Dari masing – masing proses tersebut akan menghasilkan emisi berupa CO₂, CH₄, SO₂, dan NO₂, dimana emisi tersebut akan memiliki dampak terhaap *impact assessment* peneliti.

4.5.2 Penentuan Life Cycle Inventory

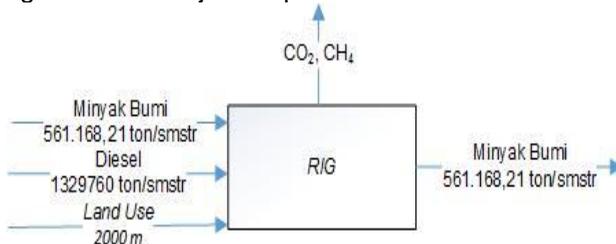
Untuk melakukan penilaian ekstraksi dibutuhkan input data yang meliputi kesetimbangan material, energi yang digunakan, serta emisi yang dihasilkan. Data yang digunakan secara spesifik didapat dari perusahaan selama produksi satu tahun yakni 2016.

4.5.2.1 Life Cycle Inventory pada Proses Eksplorasi dan Produksi

Pada *life cycle inventory* ini akan dilakukan satu per satu berdasarkan unit proses. *Inventory* ini berisi mengenai *material balance* pada masing masing proses.

A. Life Cycle Inventory pada Sumur Produksi

Pada sumur produksi terjadi kegiatan *drilling* yang merupakan kegiatan awal pada proses eksplorasi dan produksi. Pada proses ini terjadi pengambilan minyak bumi dari perut bumi dari dalam sumur produksi dengan menggunakan solar sebagai bahan bakar mesinnya. Selain itu, kegiatan ini juga membutuhkan sumber daya alam pendukung berupa *land use* pada pembuatan sumur dengan kedalaman 2000 m. Dengan menghasilkan minyak bumi, kegiatan ini mengeluarkan emisi CO₂ dan CH₄. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.9 berikut.



Gambar 4.27 Material Balance Sumur Produksi

B. Life Cycle Inventory pada Gathering Station

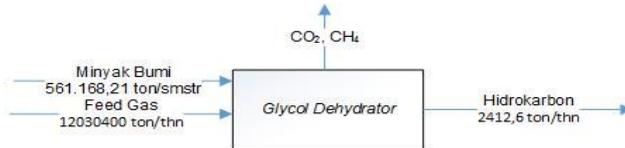
Pada *gathering station* tidak ada perubahan bentuk maupun jumlah produk, yakni minyak bumi. *Gathering station* merupakan proses lanjutan dari kegiatan *drilling* yang bertujuan untuk menampung sementara minyak bumi yang diperoleh dari kegiatan *drilling* dan mengeluarkan emisi CH_4 akibat dari penimbunan tersebut. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.10 berikut.



Gambar 4.28 *Material Balance Gathering Station*

C. Life Cycle Inventory pada Glycol Dehydrator

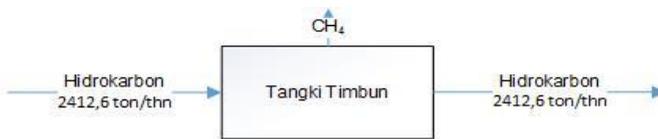
Pada kegiatan ini dilakukan pemisahan minyak bumi menjadi 3 fasa yakni air, gas dan hidrokarbon. Pada proses pembuatan BBM hanya memerlukan fasa hidrokarbon saja yang nantinya akan diproduksi ke kilang pengolahan. Kegiatan *glycol dehydrator* menggunakan *feed gas* sebagai absorbans untuk menyerap cairan dari minyak bumi. Emisi pada kegiatan ini juga berasal dari CO_2 dan CH_4 . *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.11 berikut.



Gambar 4.29 *Material Balance Glycol Dehydrator*

D. Life Cycle Inventory pada Tanki Timbun

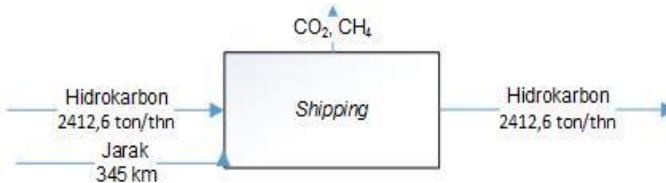
Pada tanki timbun tidak ada perubahan bentuk maupun jumlah produk, yakni hidrokarbon. Pada tanki timbun ini bertujuan untuk menampung sementara hidrokarbon yang diperoleh dari kegiatan pemisahan fasa dan mengeluarkan emisi CH_4 akibat dari penimbunan tersebut. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.12 berikut.



Gambar 4.30 *Material Balance* Tanki Timbun

E. Life Cycle Inventory pada Kegiatan Shipping

Pada kegiatan *shipping* ini dilakukan menggunakan *pipeline* yang dikirim menuju kilang pengolahan di Plaju, Palembang dengan jarak 345 km serta mengeluarkan emisi CO₂ dan CH₄. Emisi CH₄ ini dihasilkan akibat dari kegiatan *shipping* menggunakan *pipeline* yang menimbulkan adanya emisi *fugitive*. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.13 berikut.



Gambar 4.31 *Material Balance* Tanki Timbun

4.5.2.2 Life Cycle Inventory pada Proses Pengolahan

Proses pengolahan produk premium menghasilkan 4 jenis produk yang berasal dari *primary process* yang sama namun berbeda pada *secondary process*. Sedangkan terdapat 1 produk yang tidak dikarenakan produk ini merupakan produk import dari kilang Balongan yang telah melewati *primary* dan *secondary process*. Pada *life cycle inventory* ini akan dilakukan satu per satu berdasarkan jenis proses produksi. *Inventory* ini berisi mengenai *material balance* pada masing masing proses.

A. Life Cycle Inventory pada Import Process

Pada *import process* ini hanya menghasilkan 1 jenis produk yakni HOMC 92 sehingga tidak ada sumber emisi dari stasioner, hanya pada proses *shipping* saja. Pada kegiatan ini membutuhkan proses distribusi dengan *pipeline* dan menghasilkan emisi CH₄ dari kegiatan tersebut. *Material*

balance pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.14 berikut.



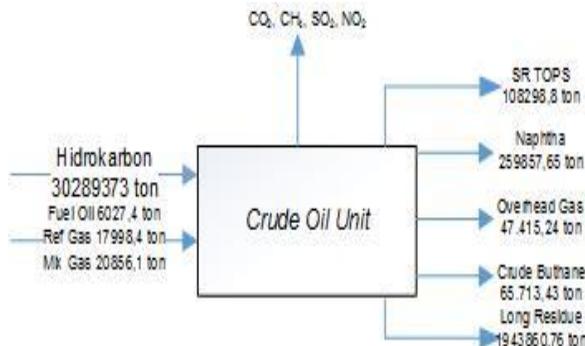
Gambar 4.32 *Material Balance Impor Process Produk HMC 92*

B. Life Cycle Inventory pada Non-Import Process

Pada *non-import process* ini menghasilkan 4 jenis produk yakni LOMC ON 72-75, HMC ON Max 91, HMC 98, serta OFF SPEC. Produk ini melewati *primary process* dan *secondary process* yang berbeda tiap jenis produknya.

• Life Cycle Inventory pada Primary Process

Pada *primary process* produk ini, dilakukan menggunakan unit CDU. CDU menghasilkan 12 produk, namun pada pengolahan BBM jenis bensin ini hanya berfokus 5 produk saja, yakni SR TOPS, *naphtha*, *gas*, *crude buthane*, dan *long reidue*. CDU merupakan unit pengolah hidrokarbon hasil proses eksplorasi menjadi beberapa produk berdasarkan perbedaan fraksi yang dimiliki. CDU ini menggunakan *fuel oil*, *mix gas*, dan *ref gas* sebagai kegiatan pembakarannya dan menghasilkan emisi CO₂, CH₄, SO₂, dan NO₂ dari kegiatan tersebut. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.15 berikut.



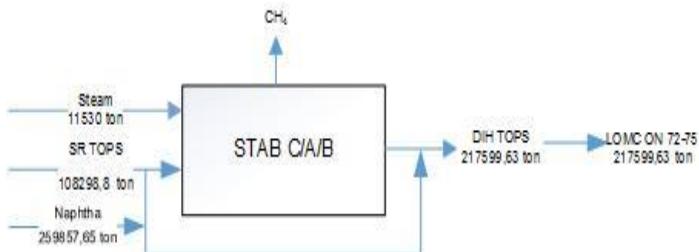
Gambar 4.33 *Material Balance Primary Process Crude Oil Unit*

• **Life Cycle Inventory pada Secondary Process**

Pada *secondary process* produk ini, dilakukan menggunakan beberapa unit, yakni STAB C/A/B, MGC dan BB Dist, alkilasi, polimerisasi, HVU serta FCCU. Pada *life cycle inventory secondary process* akan dilakukan berdasarkan jenis produk.

1. LOMC ON 72-75

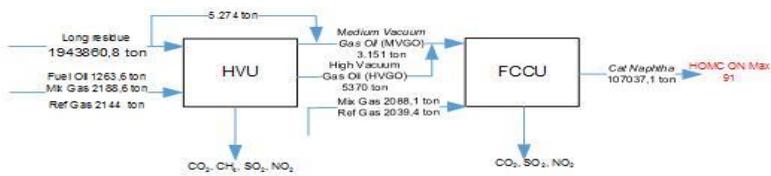
Pada produk LOMC hanya membutuhkan unit STAB C/A/B yang menggunakan *steam* sebagai kegiatan pembakaran. Disamping itu terdapat penambahan naphtha ke dalam produk SR TOPS tanpa harus dilakukan proses ke dalam unit apapun dalam pembentukan produk LOMC ini. *Naphtha* yang ditambahkan merupakan produk yang dihasilkan pula pada CDU. Unit STAB C/A/B ini mengeluarkan emisi metana atau CH₄.



Gambar 4.34 Material Balance Secondary Process Produk LOMC ON 72-75

2. HOMC ON Max 91

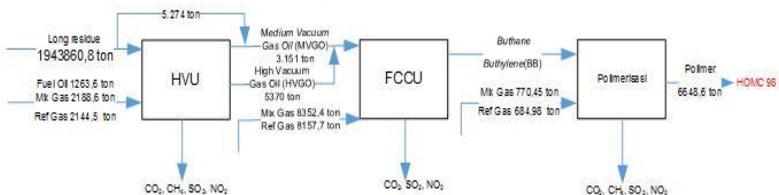
Produk ini menggunakan unit HVU dan FCCU yang menggunakan gas sebagai kegiatan pembakarannya. Secara umum, produk ini harus melalui kegiatan distilasi dan perengkahan menggunakan zeolit agar fraksi minyak yang dihasilkan sesuai dengan yang diinginkan. Seperti pada Gambar 4.17, bahwa untuk mendapatkan produk HOMC ON Max 91, maka adanya proses penambahan *long residue* pada MVGO tanpa proses apapun. Kegiatan produksi ini menghasilkan pula emisi CO₂, CH₄, SO₂, serta NO₂.



Gambar 4.35 Material Balance Secondary Process Produk HOMC ON Max 91

3. HOMC 98

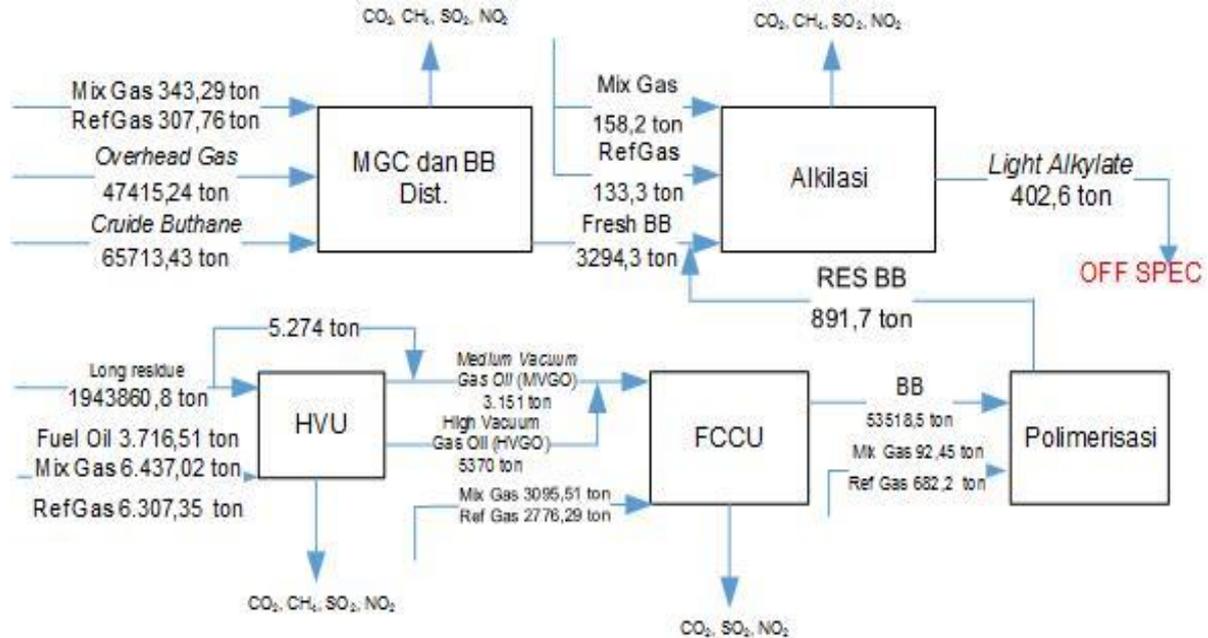
Produk HOMC 98 ini merupakan produk lanjutan dari HOMC ON Max 91 dengan penambahan proses polimerisasi didalamnya. Dalam proses kegiatan yang menggunakan unit HVU, FCCU, dan polimerisasi membutuhkan gas sebagai kegiatan pembakarannya. Produk ini setelah dilakukan kegiatan distilasi dan perengkahan dengan zeolit, dilanjutkan dengan kegiatan polimerisasi, yakni dengan mencampurkan reaksiantarapropilen dengan gas H_2 dengan bantuan katalis menjadi produk butiran *homopolymer polypropilene*. Kegiatan ini menghasilkan pula emisi CO_2 , CH_4 , SO_2 , serta NO_2 pada kegiatannya.



Gambar 4.36 Material Balance Secondary Process Produk HOMC 98

4. OFF SPEC

Pada produk OFF SPEC membutuhkan beberapa unit yang seluruhnya menggunakan gas sebagai kegiatan pembakarannya, terkecuali pada unit HVU yakni *fuel oil*. Unit untuk memproduksi produk OFF SPEC ini untuk menaikkan tekanan, distilasi dan perengkahan dengan zeolit. Pada tiap unit ini menghasilkan emisi CO_2 , CH_4 , SO_2 , serta NO_2 .



Gambar4.37 Material Balance Secondary Process Produk OFF SPEC

C. Life Cycle Inventory pada *Finishing Product Process*

Finishing product process merupakan proses akhir pada pengolahan produk premium dengan cara *blending*. Produk premium merupakan campuran produk LOMC, HOMC (98, On Max 91, OFF SPEC, dan 92), serta *naphtha* dari produk CDU. Pada kegiatan *blending* ini tidak terdapat data yang menunjukkan emisi yang dikeluarkan. Kegiatan *blending* ini hanya berupa kegiatan penambahan zat aditif, yakni *naphtha*. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.20 berikut.



Gambar 4.38 *Material Balance Finishing Product Process* Produk Premium

D. Life Cycle Inventory pada *Shipping Product Process*

Shipping product process merupakan proses pengiriman produk premium yang akan dikirimkan menuju Terminal Bahan Bakar Minyak (TBBM). Pada produk premium, pengiriman dilakukan menggunakan *loading* dengan kapal tanker dan pipa dari kilang pengolahan. Dari kegiatan ini, diketahui menghasilkan emisi CH_4 yang dihasilkan dari emisi *fugitive*. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.21 berikut.



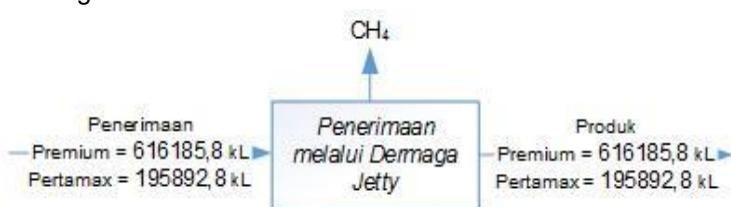
Gambar 4.39 *Material Balance Shipping Product Process* Produk Premium

4.5.2.3 Life Cycle Inventory pada Proses Pemasaran

Pada *life cycle inventory* kegiatan ini terdiri dari beberapa kegiatan operasional dan penunjang. Kegiatan operasional merupakan kegiatan yang berkaitan langsung dengan kegiatan pendistribusian produk BBM dari kilang menuju ke SPBU atau TBBU lainnya. Sedangkan pada kegiatan penunjang merupakan kegiatan yang dihasilkan dari pekerjaan di kantor. Berikut adalah penjelasan dan material balance dari masing – masing kegiatan.

1. Penerimaan melalui Sistem Perpipaan di Jetty

Pada tahap ini tidak ada data yang menjelaskan mengenai kegiatan penggunaan energi yang digunakan serta data yang menyangkut mengenai jumlah emisi yang dihasilkan dari kegiatan tersebut. Kegiatan penerimaan hanya berlangsung secara bagaimana produk bensin masuk ke dalam proses pemasaran dengan hanya mengeluarkan emisi *fugitive* dari *valve*, *flange* dan pompa. Sehingga *material balance* pada kegiatan ini terdapat Gambar 4.22 sebagai berikut.



Gambar 4.40Material Balance Penerimaan melalui Dermaga Jetty

2. Penimbunan di Tanki Timbun

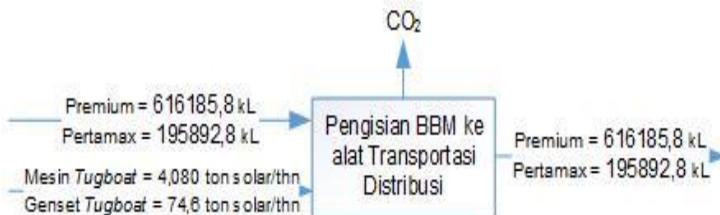
Penimbunan ini merupakan tempat penampungan sementara sebelum produk didistribusikan menuju SPBU dengan alat transportasi pendistribusian. Pada kegiatan ini tidak terjadi perubahan bentuk produk, tetapi mengeluarkan emisi dari kegiatan tersebut. Emisi CH₄ yang dihasilkan merupakan emisi *fugitive* yang ditimbulkan dari *valve*, kompresor yang terdapat didalamnya. *Material balance* pada penimbunan dapat dilihat pada Gambar 4.23 berikut.



Gambar 4.41 Material Balance Penimbunan di Tanki Timbun

3. Pengisian BBM ke alat Transportasi Distribusi

Terdapat beberapa kegiatan pengisian BBM jenis bensin untuk penyaluran. Sebelum dimasukkan kedalam alat transportasi pendistribusian (truk tanki/kapal tanker), produk BBM dari tanki timbun akan dikeluarkan menggunakan sistem perpipaan untuk kapal tanker dan menggunakan *filling shed* ke dalam truk tanki. Untuk melakukan kegiatan diatas, membutuhkan alat pompa dan genset untuk menunjang kegiatan diatas tersebut. Mesin dan genset *tugboat* ini membutuhkan solar dalam melakukan kegiatannya. Dalam pengisian menuju alat transportasi, kegiatan ini mengeluarkan emisi CO₂ yang disebabkan oleh pemakaian *tugboat*. *Material balance* pada kegiatan ini dapat dilihat pada Gambar 4.24 berikut.

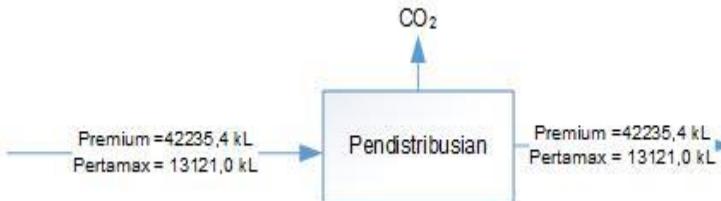


Gambar 4.42 Material Balance Pengisian BBM ke alat Transportasi Distribusi

4. Pendistribusian

Kegiatan pendistribusian merupakan kegiatan utama dari proses pemasaran. Pendistribusian BBM jenis bensin hanya

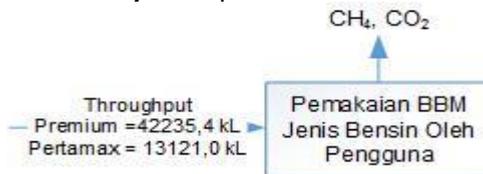
menggunakan 2 alat kendaraan yakni truk tanki dan kapal tanker. Pendistribusian yang dilakukan diharapkan dapat menuju depo kecil terlebih dahulu hingga pada akhirnya menuju SPBU kepada masyarakat. Emisi CO₂ merupakan emisi yang dihasilkan dari kegiatan pendistribusian oleh alat transportasi. *Material balance* proses pendistribusian dapat dilihat pada Gambar 4.25 berikut.



Gambar 4.43 *Material Balance* Pendistribusian BBM Jenis Bensin

4.5.2.4 *Life Cycle Inventory* pada Proses Penggunaan Bensin Oleh Pengguna

Pada *life cycle inventory* proses penggunaan hanya melakukan *material balance* dengan memasukkan *input* pemakaian BBM jenis bensin yang digunakan serta emisi yang ditimbulkan sebagai *output*. Pada penelitian ini mengasumsi bahwa jumlah BBM bensin yang keluar dari proses pemasaran merupakan satu *life cycle* yang akan habis oleh pengguna selama satu tahun. Dari kegiatan tersebut, dihitung nilai emisi yang dikeluarkan dengan metode IPCC, yakni emisi CH₄ dan CO₂ yang diakibatkan oleh kegiatan transportasi dengan penggunaan BBM jenis premium dan pertamax sebagai kegiatan pembakarannya. *Material balance* pada kegiatan ini ditunjukkan pada Gambar 4.26 berikut.



Gambar 4.44 *Material Balance* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin Oleh Pengguna

4.5.3 Hasil *Life Cycle Inventory*

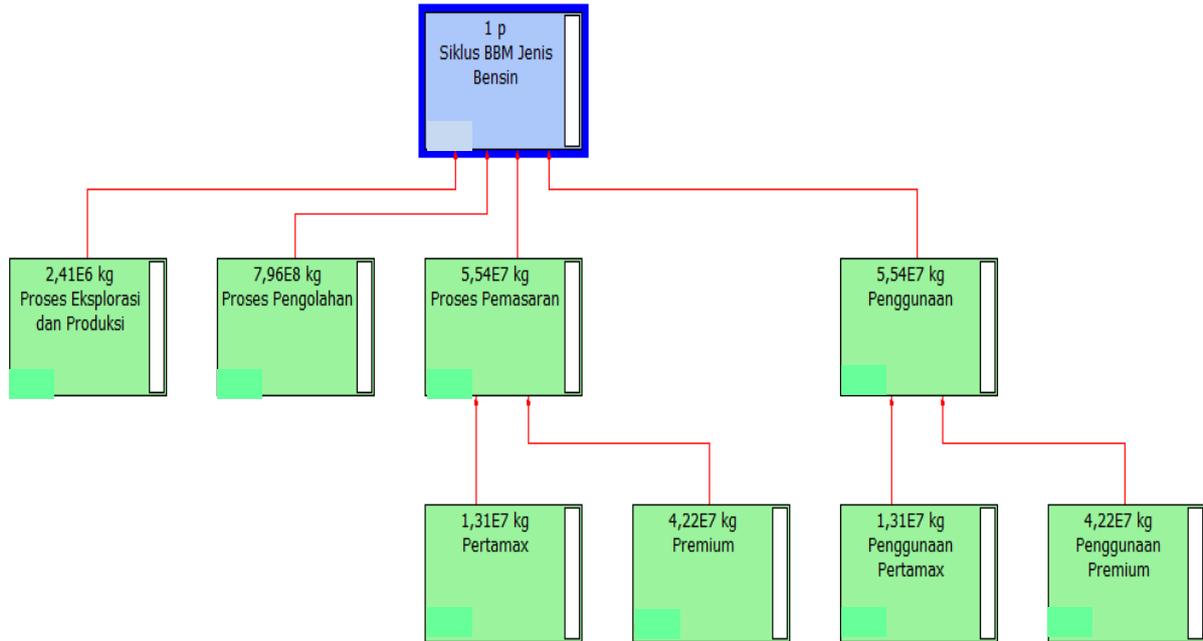
Setelah pengumpulan data melalui *life cycle inventory*, dilakukan proses identifikasi dengan *goal and scope* serta menghitung input dan output dari sistem produk pada *life cycle inventory* (LCI). Hasil pengolahan data LCI akan menghasilkan *network* yang memberikan informasi hubungan dari setiap proses yang menghasilkan dampak ke lingkungan.

Pada *network* didapatkan diagram yang menunjukkan keterkaitan antar proses yang dihubungkan oleh garis merah. Gambar *network* ini berjalan dari bawah menuju atas, dimana kegiatan yang berada dibawah merupakan pendukung dari adanya kegiatan yang berada diatasnya. Selain itu, ketebalan garis merah menandakan beban emisi yang dikeluarkan oleh antar kegiatan. Semakin tebal garisnya, maka emisi yang dikeluarkan juga semakin besar.

Network keseluruhan proses produk BBM jenis bensin dimulai dari proses eksplorasi dan produksi, pengolahan, pemasaran serta penggunaan oleh pengguna. Pada Gambar 4.27 merupakan *network* keseluruhan proses. Dari *network* tersebut dapat dilihat bahwa *life cycle* dari BBM jenis bensin dipengaruhi oleh 4 jenis proses, yakni eksplorasi dan produksi, pengolahan, pemasaran, dan penggunaan oleh masyarakat.

Berbeda dengan proses eksplorasi dan pengolahan, proses pemasaran dan penggunaan dibagi menjadi 2, dikarenakan pada penelitian ini, produk BBM jenis bensin yang diteliti menghasilkan 2 produk yakni premium dan pertamax pada tahun 2016. Pada proses pemasaran maupun proses penggunaan tidak ada perbedaan proses atau kegiatan dalam memasarkan kedua produk tersebut.

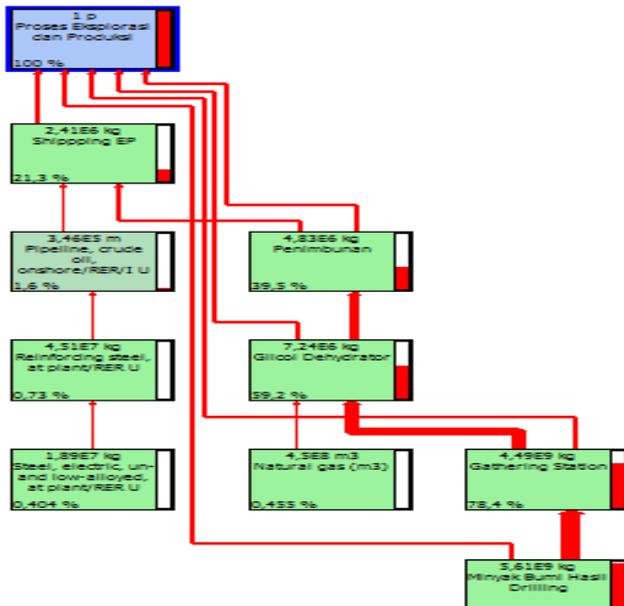
Setelah mengetahui gambar *network* keseluruhan yang menggambarkan mengenai satu *life cycle* dari produk BBM jenis bensin, maka akan dilakukan *network* pada satu proses untuk mengetahui lebih mendalam mengenai emisi yang dihasilkan pada masing – masing kegiatan dalam satu proses. Dengan melakukan kegiatan tersebut, dapat diketahui kegiatan mana yang memiliki beban lingkungan terbesar pada 1 proses serta menjabarkan penyebab kegiatan dengan beban emisi yang terbesar.



Gambar 4.45 Network Proses Produksi Produk BBM Jenis Bensin

4.5.3.1 Proses Eksplorasi dan Produksi

Proses eksplorasi dan produksi terdiri dari 5 kegiatan, yakni *drilling*, *gathering station*, *glycol dehydration*, penimbunan tanki timbun serta *shipping*. Gambar *network* pada proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.28. Dari *network* tersebut diketahui bahwa garis merah pada kegiatan *drilling* menuju *gathering station* memiliki ketebalan garis yang paling besar. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan solar dalam kegiatan *drilling* dan kegiatan pendistribusian menuju *gathering station* adalah penyebab utama kegiatan ini memiliki beban emisi terbesar. Pemakaian solar dalam kegiatan *drilling* digunakan sebagai bahan bakar pompa untuk mengangkat minyak bumi ke atas permukaan tanah. Sedangkan pemakaian solar pada kegiatan pendistribusian menuju *gathering station* digunakan oleh alat transportasi yang membawa minyak bumi tersebut ke dalam area pengumpulan sementara.



Gambar 4.46 Network Proses Eksplorasi dan Produksi BBM Jenis Bensin

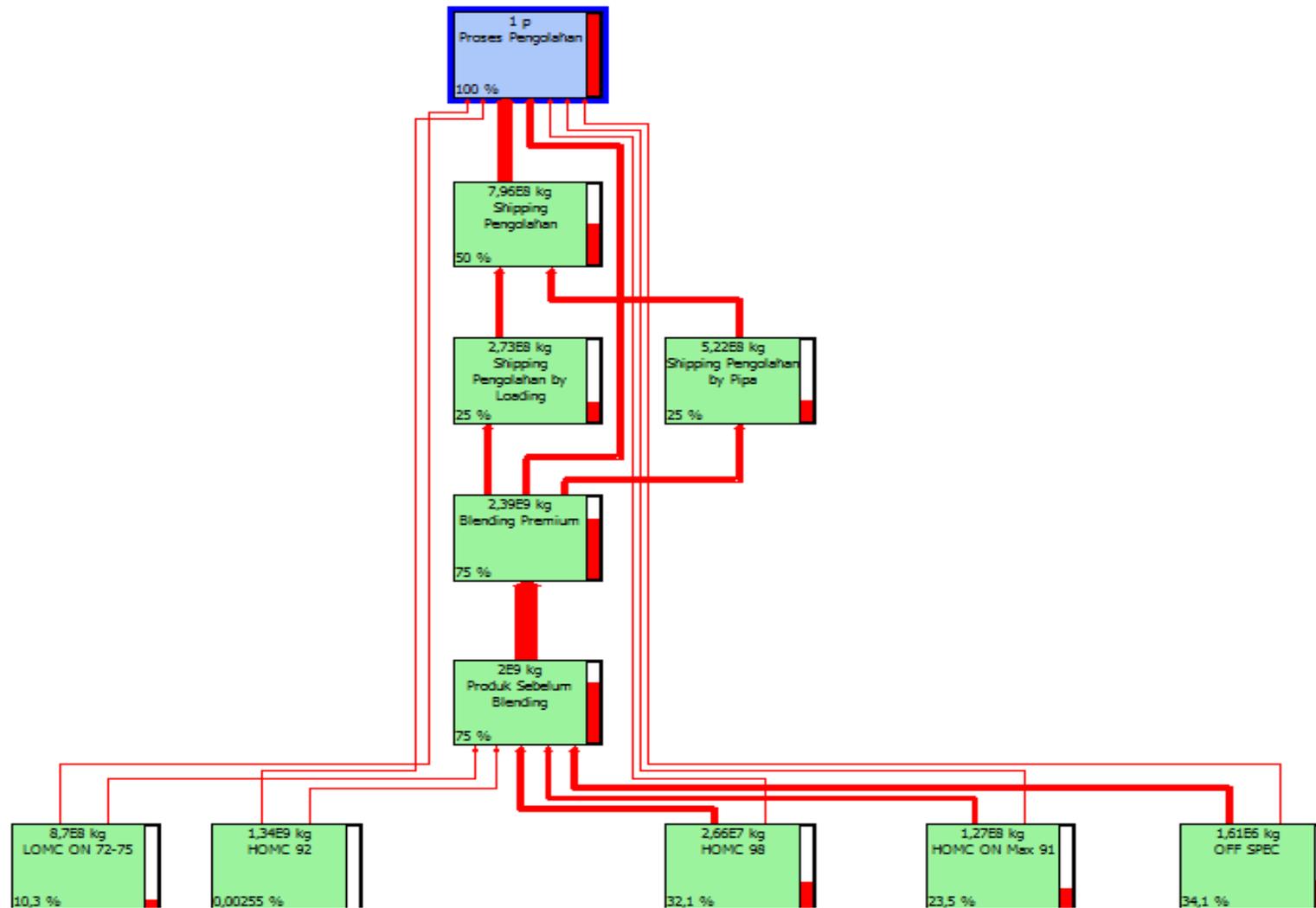
4.5.3.2 Proses Pengolahan

Pada tahun 2016, proses pengolahan di kilang hanya memproduksi bensin jenis premium saja. Sebelum memasuki *finishing product process*, terdapat 5 jenis produk premium dimana 1 produk tidak melalui *primary* dan *secondary process* dikarenakan produk tersebut merupakan produk *import* dari kilang lainnya. *Primary* dan *secondary process* dalam proses pengolahan terdiri 4 proses, sesuai dengan jenis produknya, yakni jenis LOMC dan HOMC 98, HOMC On Max 91, serta OFF SPEC. Unit proses yang dilakukan pada *primary* dan *secondary process* telah dijelaskan sebelumnya pada Gambar 4.3.

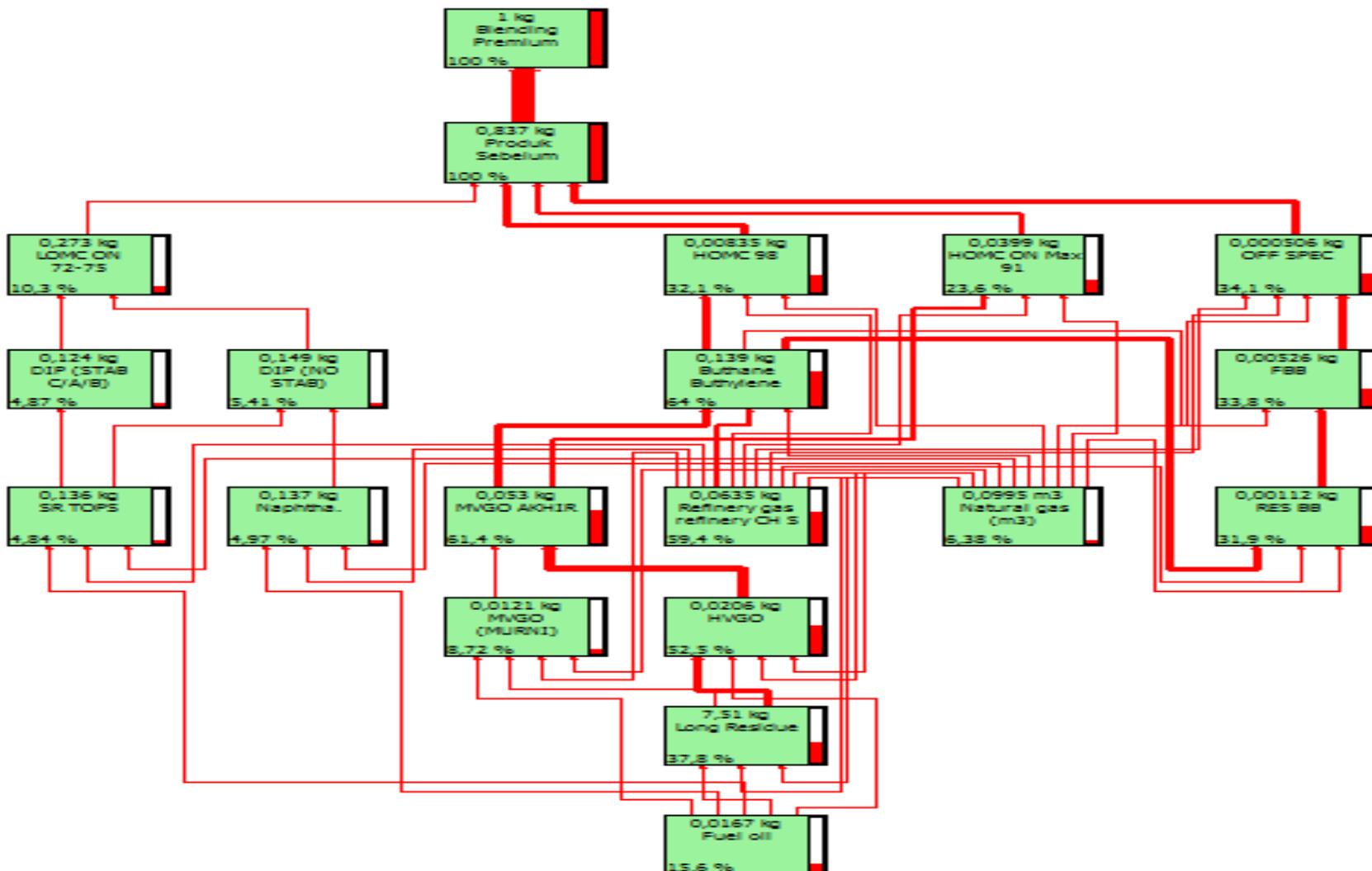
Seluruh jenis produk kemudian akan memasuka *finishing product process* dengan kegiatan *blending*, yakni penambahan zat aditif *naphtha*. Hasil pencampuran *blending* ini kemudian akan ditampung sementara dalam tanki penimbunan yang selanjutnya akan didistribusikan ke proses pemasaran dengan kegiatan *shipping*.

Network pada proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.29 (halaman 82) dan Gambar 4.30 (halaman 83). Pada Gambar 4.29 dapat dilihat bahwa kegiatan *blending* merupakan kegiatan dengan ketebalan garis yang paling besar. Hal ini disebabkan oleh pembebanan jumlah produk yang masuk ke dalam tanki *blending* bukan dikarenakan kegiatan *blending* itu sendiri. Oleh karena itu, perlu dilakukan *networking* kembali dari kegiatan *blending* untuk mengetahui jenis produk premium mana yang menghasilkan beban emisi terbesar sehingga menjadi penyebab menumpuknya beban emisi pada kegiatan *blending*.

Pada Gambar 4.30 menunjukkan *networking* dari kegiatan *blending* itu sendiri. *Netwroking* tersebut menunjukkan bahwa kegiatan perubahan *High Vacuum Gas Oil* (HVGO) menjadi *Medium Vacuum Gas Oil* (MVGO) memiliki ketebalan garis yang paling besar. Besar beban emisi yang dihasilkan dari kegiatan perubahan produk ini disebabkan oleh unit sebelumnya yakni *Crude Distillation Unit* (CDU), bukan pada unit *High Vacuum Unit* (HVU). HVU merupakan unit penghasil produk HVGO dan MVGO namun penyebabnya justru dari *long residue* yang merupakan hasil olahan CDU.



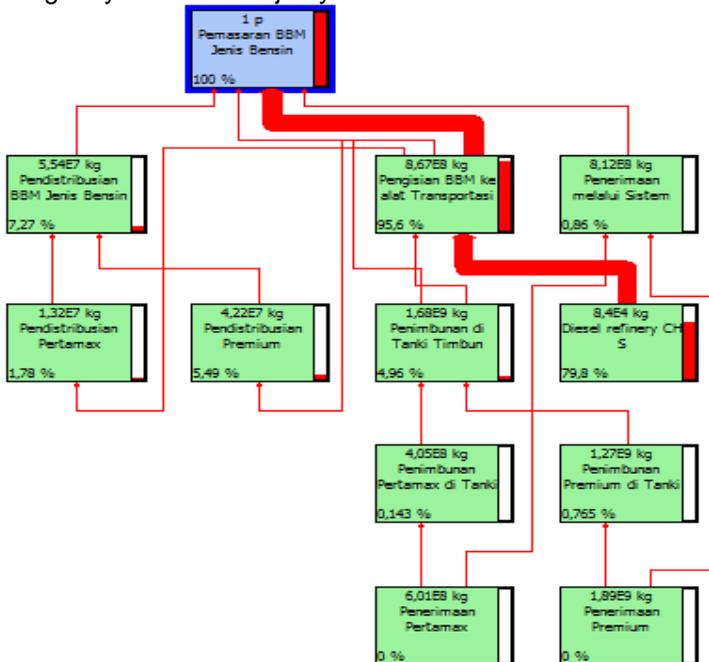
Gambar 4.47 Network Proses Pengolahan BBM Jenis Bensin



Gambar 4.48 Network Kegiatan *Blending* Proses Pengolahan BBM Jenis Bensin

4.5.3.3 Proses Pemasaran

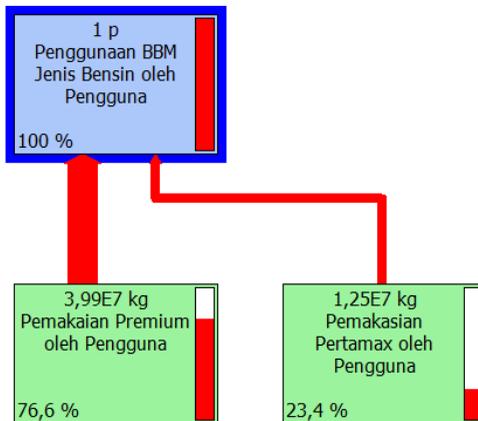
Proses pemasaran BBM jenis bensin terdiri dari proses penerimaan dengan sistem *jetty*, penimbunan, pengisian ke alat transportasi, serta pendistribusian ke pengguna. Pada proses pemasaran menghasilkan 2 produk bensin, yakni premium dan pertamax. Kedua jenis bensin ini melalui proses kegiatan dengan penanganan yang sama. Dapat dilihat pada Gambar 4.31 mengenai gambar *network* pada proses pemasaran. *Networking* pemasaran menunjukkan bahwa kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi merupakan kegiatan dengan beban emisi terbesar. Hal ini disebabkan oleh penggunaan solar dalam kegiatannya, yakni dengan menggunakan mesin dan genset *tugboat*. Penyebab lainnya adalah pada proses pengisian ini akan mengeluarkan gas ke atmosfer dimana gas ini belum ada penanganannya untuk selanjutnya.



Gambar 4.49 Network Proses Pemasaran Jenis Bensin

4.5.3.4 Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin

Proses penggunaan BBM jenis bensin oleh pengguna terdiri dari 2 proses yakni pemakaian premium dan pertamax oleh pengguna. Gambar *network* pada proses ini dapat dilihat pada Gambar 4.32. Dari *network* tersebut dapat dikatakan bahwa penggunaan premium merupakan kegiatan dengan beban emisi terbesar oleh pengguna pada tahun 2016. Kegiatan ini disebabkan oleh masih banyaknya penggunaan premium pada tahun 2016 dimana premium merupakan BBM jenis bensin yang memiliki harga paling murah dan paling mudah untuk ditemukan bila dibandingkan dengan pertamax.



Gambar 4.50 *Network* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin Oleh Pengguna

4.5.4 Penilaian Dampak (*Life Cycle Impact Assessment*)

Setelah dilakukan *networking*, akan diketahui proses yang paling berkontribusi terhadap dampak ke lingkungan. Selanjutnya akan dilakukan penilaian dampak sebanyak 4 kali, yakni *characterization*, *normalization*, *weighting score*, serta *single score*.

Pada tahap penilaian dampak dilakukan penentuan dampak terhadap lingkungan yang telah diperoleh dari tahapan *life cycle inventory* (LCI). Metode pada *software* simaPro yang dipakai

adalah EDIP 2003. Metode EDIP 2003 dipilih karena merupakan metode yang cocok bagi perusahaan minyak dan gas. *Database* yang dimiliki dari metode ini meliputi keseluruhan proses *material balance* dari produksi BBM jenis bensin dari proses eksplorasi dan produksi, hingga berakhir pada penggunaannya oleh masyarakat.

Penilaian dampak yang dilakukan *software* *simaPro* adalah membandingkan secara langsung hasil LCI dalam setiap kategori. Dengan menggunakan metode EDIP 2003 akan dihasilkan 19 *impact*, namun pada penelitian ini akan difokuskan pada dampak yang berpengaruh pada gas rumah kaca dan pencemaran udara. *Impact* yang akan diteliti adalah *global warming*, *ozone depletion*, *human toxicity via air*, serta *ozone formation via human*. Berikut ini adalah penjelasan mengenai masing – masing yang akan dibahas.

a. *Global warming*

Impact ini membahas tentang efek yang ditimbulkan dari peningkatan suhu di atmosfer. Konsekuensi kemungkinan yang terjadi akibat efek tersebut mengakibatkan gas rumah kaca dengan mencairnya es gletser dan perubahan iklim regional. Satuan dari *impact* ini adalah CO_{2eq} .

b. *Ozone depletion*

Impact ini membahas tentang berkurangnya lapisan ozon yang terdapat di lapisan atmosfer. Penipisan lapisan ozon akan menyebabkan lebih banyak sinar radiasi ultra-violet memasuki bumi, yang membuat efek negatif pada kesehatan manusia. Satuan dari *impact* ini adalah $kg\ CFC^{-11}$.

c. *Human toxicity via air*

Impact ini membahas tentang emisi dari beberapa zat (seperti logam berat) yang dapat berdampak pada kesehatan manusia. Emisi ini dapat melalui beberapa elemen, salah satunya adalah udara. Satuan dari *impact* ini adalah m^3 .

d. *Ozone formation via human*

Impact ini membahas tentang terbentuk ozon akibat adanya radikal peroksi hasil produk dari reaksi antara VOC dan nitrogen oksida. Pembentukan ozon ini dalam konsentrasi tinggi dapat membahayakan bagi kesehatan manusia. Satuan dari *impact* ini adalah *person.ppm.h*.

Penilaian dampak keseluruhan ini nantinya akan dihitung sebanyak 4 kali, yakni sebagai berikut:

a. *Characterization*

Characterization merupakan tahapan dimana semua zat dikalikan dengan faktor yang mencerminkan kontribusi relatif mereka terhadap dampak lingkungan, mengukur seberapa besar dampak produk atau jasa memiliki di setiap kategori dampak. *Characterization* menggunakan faktor konversi, yakni *characterization factor* yang berguna untuk mengkonversi hasil LCI agar menjadi indikator terhadap *impact* yang dipilih peneliti. *Characterization factor* dari 4 *impact* diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.29 *Characterization Factor*

<i>Impact Assessment</i>	Unit	<i>Characterization Factor</i>
<i>Global Warming</i>	kg CO ₂ eq	GWP 100
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	-
<i>Human Toxicity via Air</i>	m ³	-
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.ppm.h	POCP

Sumber: simaPro 8.3

b. *Normalization*

Normalization merupakan proses analisa data, dimana membandingkan indikator dampak dengan antara kategori dampak. Prosedur ini menormalkan hasil indikator dengan membagi dengan nilai referensi yang dipilih. Dengan kata lain, *normalization* merupakan perbandingan dampak. *Normalization factor* dari 4 *impact* diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.30 *Normalization Factor*

<i>Impact Assessment</i>	Unit	<i>Characterization Factor</i>
<i>Global Warming</i>	ton CO ₂ eq	8,7
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	0,2
<i>Human Toxicity via Air</i>	m ³	9,18E+09
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.ppm.h	20

Sumber: simaPro 8.3

c. *Weighting* dan *Single Score*

Weighting score merupakan proses yang memberikan bobot terhadap kategori dampak yang berbeda berdasarkan kepentingan peneliti. Pembobotan ini penting karena kategori dampak juga harus mencerminkan tujuan studi dan nilai-nilai *stakeholder*. *Single score* merupakan hasil dari *weighting score* yang berdasarkan proses kegiatan. Nilai *weighting* dan *single score* didapatkan dari nilai *normalization* dikalikan dengan *characterization factor* masing – masing *impact* sehingga dihasilkan dalam satuan yang sama, yakni satuan *single score* (Pt).

Weighting factor dari 4 *impact* diatas adalah sebagai berikut:

Tabel 4.31 *Weighting Factor*

<i>Impact Assessment</i>	Unit	<i>Characterization Factor</i>
<i>Global Warming</i>	ton CO ₂ eq	1,3
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	23
<i>Human Toxicity via Air</i>	m ³	1,1
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.ppm.h	1,2

Sumber: simaPro 8.3

4.5.4.1 Proses Eksplorasi dan Produksi

Setelah dilakukan *networking* pada Gambar 4.28, akan diketahui bahwa pada kegiatan *drilling* minyak bumi merupakan kegiatan yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan oleh pemakaian bahan bakar solar terhadap kegiatannya dan memproduksi minyak bumi dalam jumlah yang besar. Sebelum mengetahui kegiatan dengan *impact* terbesar, dilakukan analisa *impact assessment* secara keseluruhan. Berikut adalah *impact assessment* pada proses eksplorasi dan produksi.

- *Analisa Characterization*

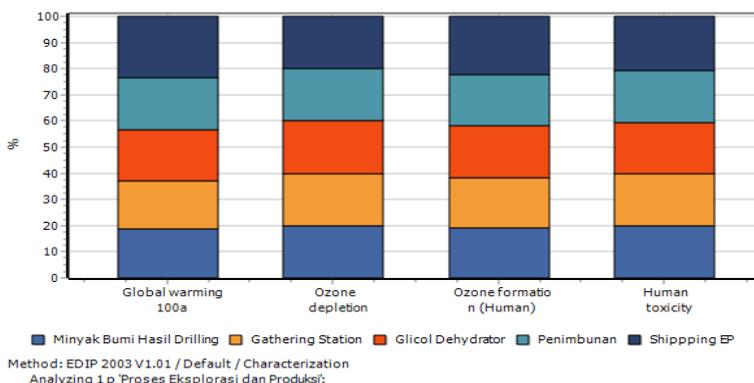
Pada analisa *characterization* ini diketahui bahwa masing – masing kegiatan pada proses eksplorasi dan produksi memiliki nilai potensi yang sama terhadap masing – masing *impact* dalam satuan persen. Hal ini menandakan bahwa

perlu ada analisa berikutnya untuk mengetahui kegiatan dan *impact* apa dengan beban emisi terbesar. Berikut ini adalah analisa *characterization* dari proses eksplorasi dan produksi dalam Tabel 4.29 dan Gambar 4.33. Dalam kegiatan *drilling* menghasilkan nilai terbesar pada *impact human toxicity* namun angka ini belum bisa dipastikan terbesar, mengingat satuan antara *impact* tidaklah sama.

Tabel 4.32 Analisa *Characterization* Proses Eksplorasi dan Produksi

Impact	Kegiatan				
	Drilling	Gathering Station	Glycol Dehydration	Penimbunan	Shipping
Global Warming	8,55E+08	8,55E+08	9,04E+08	9,04E+08	1,09E+09
Ozone Depletion	6800	6800	6800	6800	6810
Human Toxicity via Air	1,04E+14	1,04E+14	1,04E+14	1,05E+14	1,08E+14
Ozone Formation via Human	1,29E+6	1,29E+6	1,33E+6	1,33E+6	1,5E+6

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.51 Diagram *Characterization* Proses Eksplorasi dan Produksi

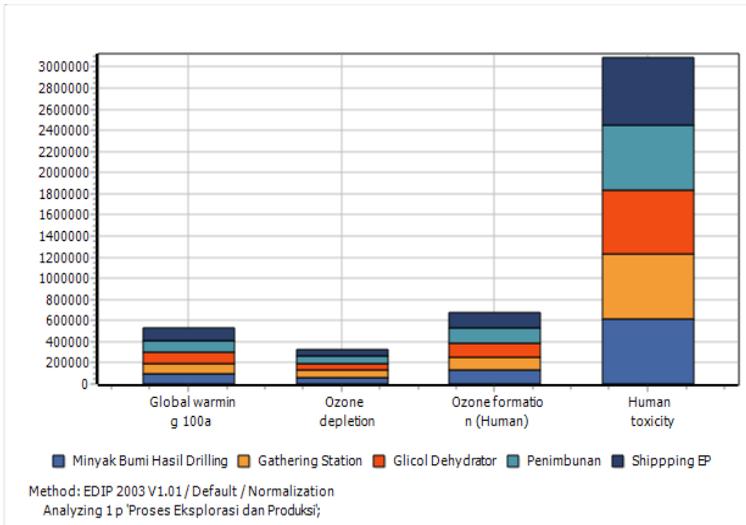
- *Analisa Normalization*

Analisa normalization proses eksplorasi dan produksi menunjukkan bahwa *impact human toxicity via air* merupakan *impact* terbesar yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.30 dan Gambar 4.34 bahwa nilai *impact category human toxicity via air* memiliki nilai yang paling besar dibandingkan *impact* lainnya. Analisa ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan proses eksplorasi dan produksi dari kegiatan *drilling* hingga kegiatan *shipping* menggunakan proses pembakaran atau menghasilkan emisi yang berdampak besar pada kesehatan manusia. Emisi yang dihasilkan pada proses eksplorasi dan produksi merupakan emisi CO₂ dan CH₄ yang berasal dari kegiatan pembakaran oleh solar dan *feed gas*. Nilai analisa ini perlu dikaji kembali dikarenakan pada masing – masing *impact* memiliki satuan yang berbeda sehingga belum diketahui *impact* terbesar pada nilai satuan yang sama. Pada analisa selanjutnya, yakni analisa *weighting* dan *single score* nilai analisa dari masing – masing *impact* akan disamakan satuannya sehingga didapatkan nilai *impact* dengan satuan *single score* (Pt).

Tabel 4.33 Analisa *Normalization* Proses Eksplorasi dan Produksi

<i>Impact Category</i>	Kegiatan				
	Drilling	Gathering Station	<i>Glycol Dehydration</i>	Penimbunan	Shipping
<i>Global Warming</i>	98400	98400	104000	104000	125000
<i>Ozone Depletion</i>	66000	66000	66000	66000	66200
<i>Human Toxicity via Air</i>	613000	613000	615000	615000	635000
<i>Ozone Formation via Human</i>	1,29E+5	14400	1,33E+5	14900	1,5E+5

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.52 Diagram Normalization Proses Eksplorasi dan Produksi

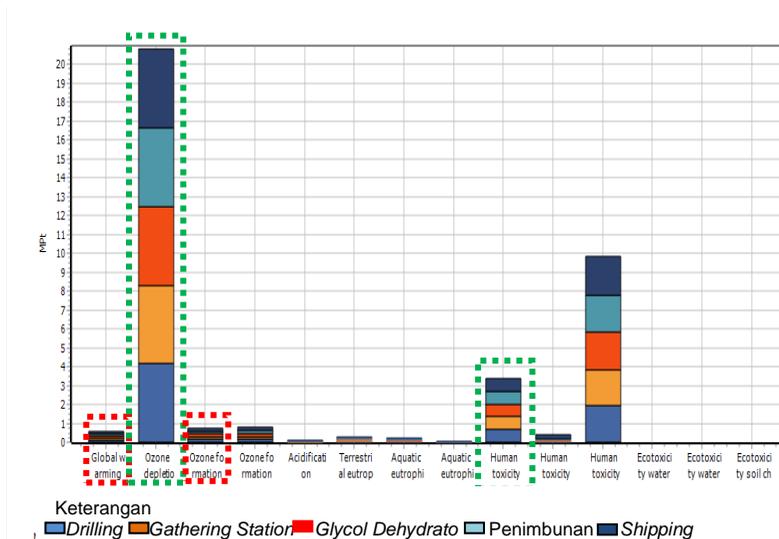
- Analisa Weighting Score dan Single Score**

Proses eksplorasi dan produksi setelah memasuki analisa *weighting* dan *single score* berdampak besar pada *impact ozone depletion*. Hasil ini berbeda dengan analisa sebelumnya, dikarenakan analisa *weighting* dan *single score* ini memiliki satuan yang sama pada masing – masing satuannya, yakni dengan satuan *single score* (MPt). Dengan nilai satuan yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa *impact ozone depletion* lah yang memiliki dampak terbesar dari proses eksplorasi dan produksi. Berikut pada Tabel 4.31 merupakan nilai *weighting* dan *single score* dari proses eksplorasi dan produksi, yang disertakan gambar pada Gambar 4.35 dan Gambar 4.36. Pada Gambar 4.35 menunjukkan bahwa *ozone depletion* merupakan *impact* terbesar dari tiap kegiatan proses dan serta pada Gambar 4.36 menunjukkan bahwa masing – masing kegiatan proses memiliki beban emisi dengan *impact ozone depletion* yang paling besar pula.

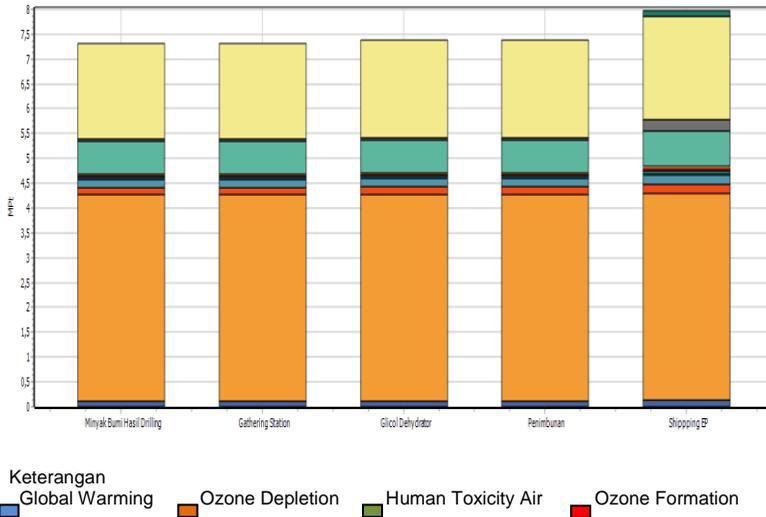
Tabel 4.34 Analisa *Weighting* dan *Single Score* Proses Eksplorasi dan Produksi

Impact Category	Unit	Kegiatan				
		Drilling	Gathering Station	Glycol Dehydration	Penimbunan	Shipping
Global Warming	MPt	0,108	0,108	0,114	0,114	0,138
Ozone Depletion	MPt	4,16	4,16	4,16	4,16	4,17
Human Toxicity via Air	MPt	0,674	0,674	0,676	0,676	0,699
Ozone Formation via Human	MPt	0,155	0,155	0,16	0,16	0,18

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.53 Diagram *Weighting Score* Proses Eksplorasi dan Produksi



Gambar 4.54 Diagram *Single Score* Proses Eksplorasi dan Produksi

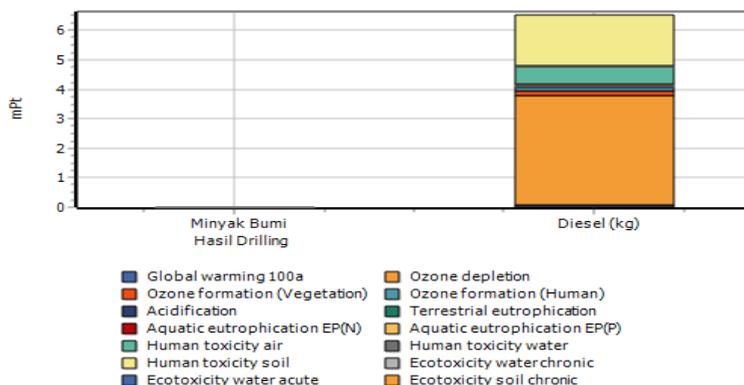
- Analisa *Impact Assesment* Kegiatan yang Memiliki Dampak Terbesar

Pada Gambar 4.28 mengenai *networking* proses eksplorasi dan produksi didapatkan bahwa kegiatan *drilling* memiliki beban emisi terbesar. Penelitian ini hanya melakukan analisa alternatif perbaikan pada kegiatan yang memiliki beban emisi terbesar saja sehingga diperlukan lebih mendalam mengenai keterkaitan antara kegiatan *drilling* dengan *impact* terbesar, yakni *ozone depletion*. Pada Gambar 4.37 diketahui bahwa pemakaian solar sebagai kegiatan pembakarannya dan menunjukkan bahwa *impact* terbesar yang dihasilkan dari pembakaran solar tersebut adalah penipisan lapisan ozon. Pada Tabel 4.32 juga menunjukkan nilai *impact* terbesar terletak pada *ozone depletion* sebesar 3,7 mPt.

Tabel 4.35 *Impact Assessment* Kegiatan Drilling

<i>Impact Category</i>	Unit	Minyak Bumi	Solar (Diesel)
<i>Global Warming</i>	mPt	4,5E-6	0,0964
<i>Ozone Depletion</i>	mPt	0	3,7
<i>Human Toxicity via Air</i>	mPt	0	0,601
<i>Ozone Formation via Human</i>	mPt	1,78E-21	0,138

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Method: EDIP 2003 V1.01 / Default / Single score
Analyzing 1kg 'MinyakBumi HasilDrilling';

Gambar 4.55 *Impact Assesment*Kegiatan *Drilling*

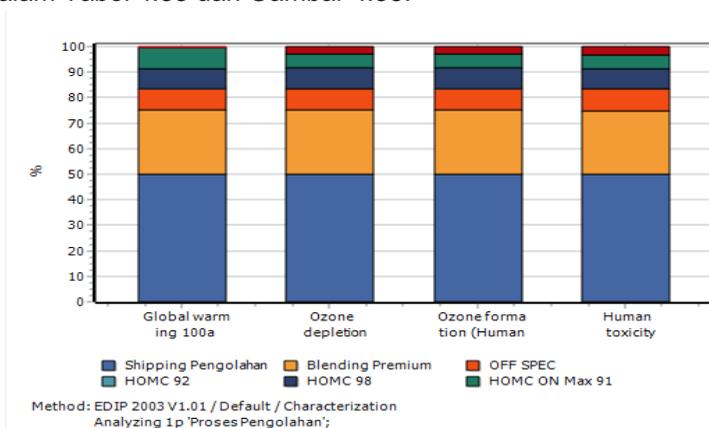
4.5.4.2 Proses Pengolahan

Setelah dilakukan *networking* pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30, akan diketahui bahwa pada kegiatan *blending* BBM jenis bensin merupakan kegiaitan yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan oleh pembebanan jumlah BBM jenis bensin yang masuk ke dalam tanki *blending* tanpa diketahui emisi yang dihasilkan. Oleh karena itu perlu dilakukannya proses *networking* kembali dari kegiatan *blending* tersebut. Hasilnya didapatkan bahwa kegiatan unit CDU yang

memproduksi *long residue* adalah penyebab dari pembebanan pada tanki *blending*. Dalam proses pengolahan BBM jenis premium, seluruh kegiatan *primary process* juga melewati proses CDU ini. Sebelum mengetahui kegiatan dengan *impact* terbesar, dilakukan analisa *impact assessment* secara keseluruhan. Berikut adalah *impact assessment* pada proses pengolahan.

- Analisa *Characterization*

Pada analisa *characterization* ini diketahui bahwa masing – masing kegiatan pada proses pengolahan memiliki nilai *impact* yang berbeda terhadap masing – masing kegiatandalam satuan persen. Dari analisa *characterization* didapatkan bahwa kegiatan *shipping* pada pengolahan merupakan kegiatan sebagai penghasil beban emisi terbesar pada keseluruhan *impact category*. Pada tahap ini belum diketahui secara jelas *impact* mana yang memiliki emisi terbesar dikarenakan tujuan dari analisa *characterization* hanya untuk mengetahui seberapa besar potensi kegiatan yang ada pada proses pengolahan pada *impact category* yang diambil peneliti. Hal ini menandakan bahwa perlunya ada analisa berikutnya untuk mengetahui kegiatan dan *impact* apa dengan beban emisi terbesar. Berikut ini adalah analisa *characterization* dari proses pengolahan dalam Tabel 4.33 dan Gambar 4.38.



Gambar 4.56 Grafik *Characterization* Proses Pengolahan

Tabel 4.36 Analisa *Characterization* Proses Pengolahan

Impact Category	Unit	Kegiatan						
		Shipping	Blending	OFF SPEC	HOMC 92	HOMC 98	HOMC ON Max 91	LOMC ON 72-75
<i>Global Warming</i>	kg CO ₂ eq	1,39E+09	6,97E+08	2,3E+08	29000	224000000	226000000	12300000
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	660	330	113	0	106	70,6	40,2
<i>Human Toxicity via Air</i>	m ³	9,83E+12	4,91E+12	1,7E+12	0	1,57E+12	1,05E+12	6,14E+11
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.ppm.h	1,62E+5	8,1E+4	2,77E+4	36,5	2,61E+4	1,72E+4	9,96E+3

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3

• Analisa *Normalization*

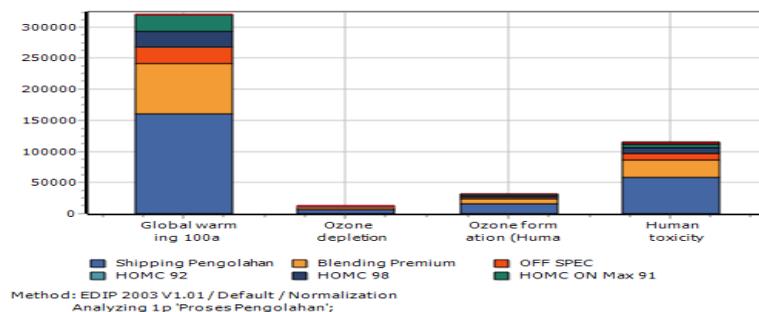
Analisa *normalization* dari kegiatan pengolahan dapat dilihat pada Tabel 4.34 dan Gambar 4.39

Tabel 4.37 Analisa *Normalization* Proses Pengolahan

Impact Category	Kegiatan						
	Shipping	Blending	OFF SPEC	HOMC 92	HOMC 98	HOMC ON Max 91	LOMC
<i>Global Warming</i>	160000	80200	26900	3,33	25800	26000	1410
<i>Ozone Depletion</i>	6410	3210	1100	0	1030	686	390
<i>Human Toxicity via Air</i>	57800	2890	9870	0	9220	6180	3610
<i>Ozone Formation via Human</i>	1,62E+4	8,1E+3	2,77E+3	3,65	2,61E+3	1,72E+3	996

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3

Analisa *normalization* proses pengolahan menunjukkan bahwa *impact global warming* merupakan *impact* terbesar yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.34 dan Gambar 4.39 bahwa nilai *impact category global warming* memiliki nilai yang paling besar dibandingkan *impact* lainnya. Analisa ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan proses pengolahan dari kegiatan *primary process* hingga kegiatan *shipping* menggunakan proses pembakaran atau menghasilkan emisi yang berdampak besar pada efek rumah kaca. Emisi yang dihasilkan pada proses pengolahan merupakan emisi CO₂, CH₄, SO₂, dan NO₂ yang berasal dari kegiatan pembakaran oleh *fuel oil* dan *steam*. Nilai analisa ini perlu dikaji kembali dikarenakan pada masing – masing *impact* memiliki satuan yang berbeda sehingga belum diketahui *impact* terbesar pada nilai satuan yang sama. Pada analisa selanjutnya, yakni analisa *weighting* dan *single score* nilai analisa dari masing – masing *impact* akan disamakan satuannya sehingga didapatkan nilai *impact* dengan satuan *single score* (Pt).



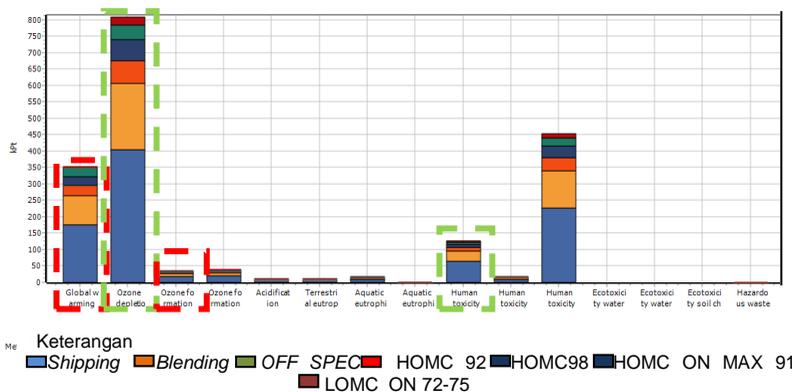
Gambar 4.57 Grafik Normalization Proses Pengolahan

- Analisa *Weighting* dan *Single Score*
Analisa *weighting* dan *single score* berdampak besar pada *impact ozone depletion*. Hasil ini berbeda dengan analisa sebelumnya, dikarenakan analisa *weighting* dan *single score* ini memiliki satuan yang sama pada masing – masing satuannya, yakni dengan satuan *single score* (MPt). Dengan nilai satuan yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa *impact ozone depletion* lah yang memiliki dampak terbesar dari proses pengolahan. Berikut pada Tabel 4.35 merupakan nilai *weighting*

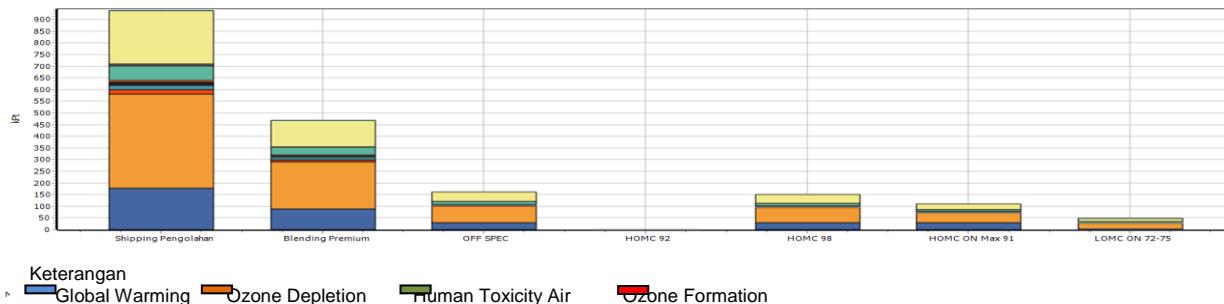
dan *single score* dari proses eksplorasi dan produksi, yang disertakan gambar pada Gambar 4.40 dan Gambar 4.41. Pada Gambar 4.40 menunjukkan bahwa *ozone depletion* merupakan *impact* terbesar dari tiap kegiatan proses dan serta pada Gambar 4.41 menunjukkan bahwa masing – masing kegiatan proses memiliki beban emisi dengan *impact ozone depletion* yang paling besar pula.

Berikut ini adalah analisa *weighting* dan *single score* dari proses pengolahan pada Gambar 4.40 dan Gambar 4.41. Nilai angka yang didapatkan dapat dilihat pada Tabel 4.35

- Analisa *Impact Assessment* Kegiatan Dampak Terbesar
 Pada Gambar 4.29 dan Gambar 4.30 mengenai *networking* proses pengolahan didapatkan bahwa kegiatan unit CDUmiliki beban emisi terbesar. Penelitian ini hanya melakukan analisa alternatif perbaikan pada kegiatan yang memiliki beban emisi terbesar saja sehingga diperlukan lebih mendalam mengenai keterkaitan antara unit CDU dengan *impact* terbesar, yakni *global warming*. Pada Gambar 4.42 diketahui bahwa kegiatan CDU yang memiliki beban emisi terbesar adalah disebabkan oleh produk yang dihasilkan yakni *long residue* yang memiliki dampak emisi terbesar yakni pada *global warming*. Pada Tabel 4.36 juga menunjukkan nilai *impact* terbesar terletak pada *global warming* sebesar 10,3 μ Pt. Nilai tersebut didapatkan dari nilai akhir dampak, yakni *single score* pada Gambar 4.42 (halaman)



Gambar 4.58 Diagram Weighting Score Proses Pengolahan

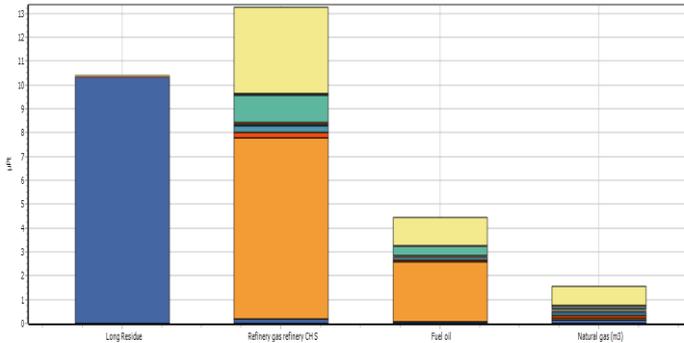


Gambar 4.59 Diagram *Single Score* Proses Pengolahan

Tabel 4.38 Analisa *Weighting* dan *Single Score* Proses Pengolahan

Impact Category	Unit	Kegiatan						
		Shipping	Blending	OFF SPEC	HPMC 92	HPMC 98	HPMC ON Max 91	LOMC ON 72-75
Global Warming	MPt	0,938	0,469	0,16	0,00001	0,15	0,11	0,0482
Ozone Depletion	MPt	176	0,0882	0,0296	3,67E-6	0,0284	0,0286	0,00155
Human Toxicity via Air	MPt	9,83E+12	4,91E+12	1,7E+12	0	1,57E+12	1,05E+12	6,14E+11
Ozone Formation via Human	MPt	0,0195	0,00972	0,0033	4,38E-6	0,00314	0,00206	0,0012

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.



Keterangan
 ■ Global Warming ■ Ozone Depletion ■ Human Toxicity Air ■ Ozone Formation

Gambar 4.60 Impact Assessment Kegiatan Crude Oil Unit

Tabel 4.39 Impact Assessment Kegiatan Penghasil Long Residue

Impact Category	Unit	Nilai Impact Category
Global Warming	μPt	10,3
Ozone Depletion	μPt	-
Human Toxicity via Air	μPt	0,000197
Ozone Formation via Human	μPt	0,00476

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3

4.5.4.3 Proses Pemasaran

Setelah dilakukan *networking* pada Gambar 4.31, akan diketahui bahwa kegiatan pengisian BBM dari tanki timbun menuju kegiatan pendistribusian menghasilkan emisi terbesar. Hal ini disebabkan oleh pemakaian solar dari mesin dan genset *tugboat* yang dipakai. Selain itu, terdapat pula kegiatan *filling sheed* dimana dalam kegiatannya membutuhkan pemakaian solar untuk memasukkan BBM ke alat transportasi untuk didistribusikan ke depo besar maupun depo kecil (SPBU).

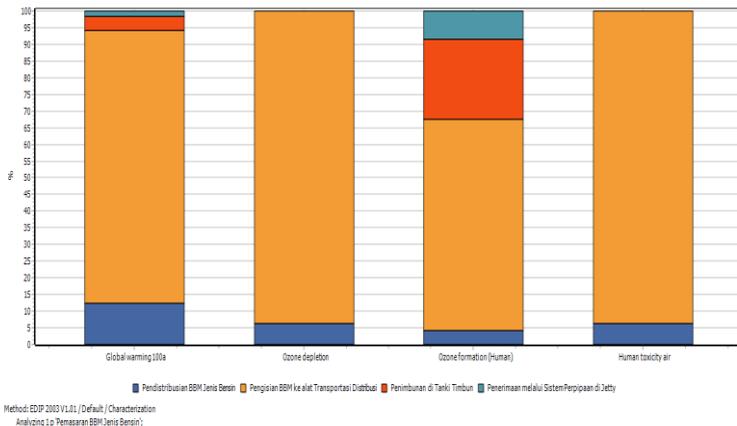
- Analisa *Characterization*

Pada analisa *characterization* ini diketahui bahwa masing – masing kegiatan pada proses pengolahan memiliki nilai *impact* yang berbeda terhadap masing – masing kegiatan dalam satuan persen. Dari analisa *characterization* didapatkan bahwa kegiatan operasional dan penunjang pada proses pemasaran merupakan kegiatan sebagai penghasil beban emisi terbesar pada keseluruhan *impact category*. Pada tahap ini belum diketahui secara jelas *impact* mana yang memiliki emisi terbesar dikarenakan tujuan dari analisa *characterization* hanya untuk mengetahui seberapa besar potensi kegiatan yang ada pada proses pengolahan pada *impact category* yang diambil peneliti. Disamping itu juga, nilai satuan dari analisa *characterization* masih dalam persen (%). Hal ini menandakan bahwa perlunya ada analisa berikutnya untuk mengetahui kegiatan dan *impact* apa dengan beban emisi terbesar. Berikut ini adalah analisa *characterization* dari proses pengolahan dalam Tabel 4.37 dan Gambar 4.43.

Tabel 4.40 Analisa *Characterization* Proses Pemasaran

<i>Impact Category</i>	Kegiatan			
	Pendistribusi an BBM Jenis Bensin	Pengisian BBM ke Alat Transportasi	Penimbuna n Tanki Timbun	Peneri maan
<i>Global Warming</i>	94400	625000	32700	11700
<i>Ozone Depletion</i>	0,0268	0,393	0	0
<i>Human Toxicity via Air</i>	3,78E+8	5,54 E+9	0	0
<i>Ozone Formation via Human</i>	7,43	109	41,2	14,8

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.61 Grafik *Characterization* Proses Pemasaran

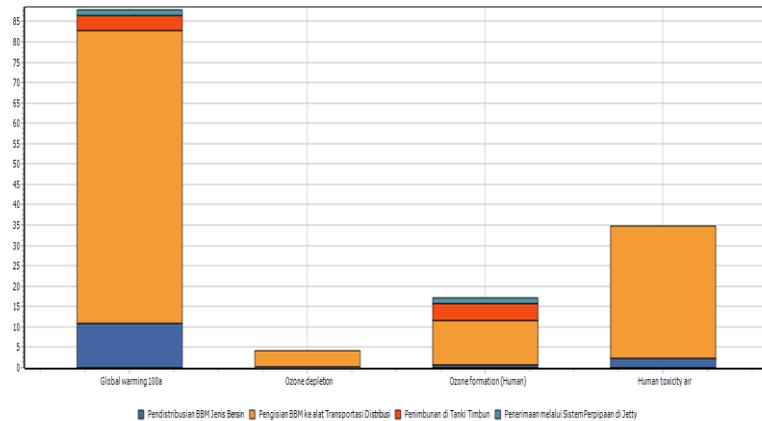
- **Analisa *Normalization***

Analisa *normalization* proses pemasaran menunjukkan bahwa *impact global warming* merupakan *impact* terbesar yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.38 dan Gambar 4.44 bahwa nilai *impact category global warming* memiliki nilai yang paling besar dibandingkan *impact* lainnya. Analisa ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan proses pemasaran dari kegiatan penerimaan hingga kegiatan pendistribusian menggunakan proses pembakaran atau menghasilkan emisi yang berdampak besar pada efek rumah kaca. Emisi yang dihasilkan pada proses pengolahan merupakan emisi CO₂ dan CH₄, yang berasal dari kegiatan pembakaran oleh pemakaian solardan emisi *fugitive* yang dihasilkan dari masing – masing kegiatan, yakni pada proses penerimaan, penimbunan di tanki timbun, pengisian menuju alat transportasi, serta pada pendistribusian. Nilai analisa ini perlu dikaji kembali dikarenakan pada masing – masing *impact* memiliki satuan yang berbeda sehingga belum diketahui *impact* terbesar pada nilai satuan yang sama. Pada analisa selanjutnya, yakni analisa *weighting* dan *single score* nilai analisa dari masing – masing *impact* akan disamakan satuannya sehingga didapatkan nilai *impact* dengan satuan *single score* (Pt). Berikut ini adalah analisa *normalization* dari proses pemasaran.

Tabel 4.41 Analisa *Normalization* Proses Pemasaran

Impact Category	Kegiatan			
	Pendistribusi an BBM Jenis Bensin	Pengisian BBM ke Alat Transportasi	Penimbunan Tanki Timbun	Penerimaan
Global Warming	10,9	71,9	3,76	1,35
Ozone Depletion	0,26	3,82	0	0
Human Toxicity via Air	2,22	32,6	0	0
Ozone Formation via Human	0,743	10,9	4,12	1,48

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Method: EDIP 2003 V1.01 / Default / Normalization
Analyzing 1-p Pemasaran BBM Jenis Bensin;

Gambar 4.62 Grafik *Normalization* Proses Pemasaran

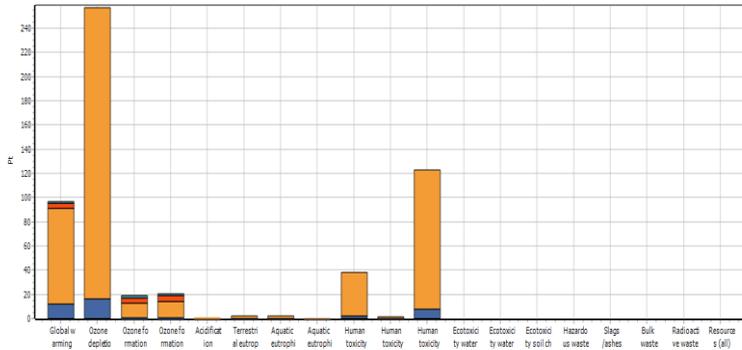
- Analisa *Weighting* dan *Single Score*

Analisa *weighting* dan *single score* berdampak besar pada *impact ozone depletion*. Hasil ini berbeda dengan analisa sebelumnya, dikarenakan analisa *weighting* dan *single score* ini memiliki satuan yang sama pada masing – masing satuannya, yakni dengan satuan *single score* (Pt). Dengan nilai satuan yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa *impact ozone depletion* lah yang memiliki dampak terbesar dari proses pengolahan. Berikut pada Tabel 4.39 merupakan nilai *weighting* dan *single score* dari proses pemasaran, yang disertakan gambar pada Gambar 4.45 dan Gambar 4.46. Pada Gambar 4.45 menunjukkan bahwa *ozone depletion* merupakan *impact* terbesar dari tiap kegiatan proses dan serta pada Gambar 4.46 menunjukkan bahwa masing – masing kegiatan proses memiliki beban emisi dengan *impact ozone depletion* yang paling besar pula. Berikut ini adalah analisa *weighting* dan *single score* dari proses pemasaran.

Tabel 4.42 Analisa *Weighting* dan *Single Score* Proses Pemasaran

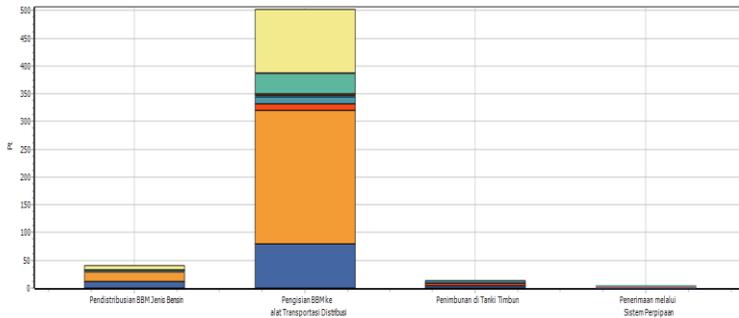
<i>Impact Category</i>	Unit	Kegiatan			
		Pendistribusian BBM Jenis Bensin	Pengisian BBM ke Alat Transportasi	Penimbunan Tanki Timbun	Penerimaan
<i>Global Warming</i>	Pt	40,8	502	13,5	4,83
<i>Ozone Depletion</i>	Pt	11,9	79,1	4,13	1,48
<i>Human Toxicity via Air</i>	Pt	2,44	35,9	0	0
<i>Ozone Formation via Human</i>	Pt	0,892	13,1	4,94	1,77

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Keterangan
 ■ Pendistribusian BBM ■ Pengisian ke Alat ■ Penimbunan di Tanki ■ Penerimaan

Gambar 4.63 Grafik Weighting Score Proses Pemasaran



Keterangan
 ■ Global Warming ■ Ozone Depletion ■ Human Toxicity Air ■ Ozone Formation

Gambar 4.64 Grafik Single Score Proses Pemasaran

- Analisa *Impact Assesment* Kegiatan yang Memiliki Dampak Terbesar

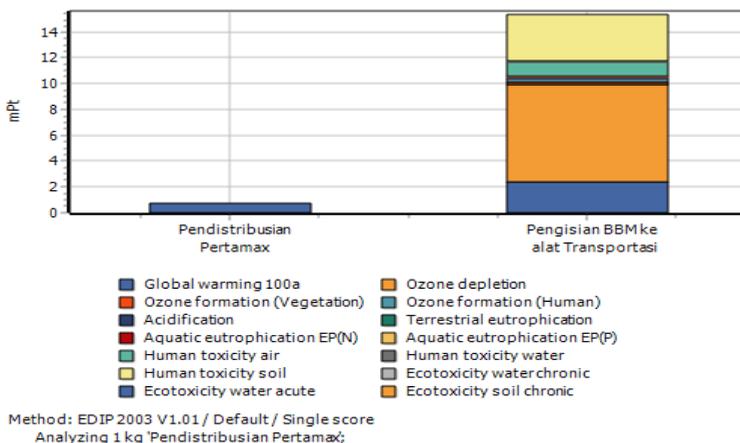
Pada Gambar 4.31 mengenai *networking* proses pemasaran didapatkan bahwa kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi memiliki beban emisi terbesar. Pada Gambar 4.47 diketahui bahwa kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi yang memiliki beban emisi terbesar adalah disebabkan oleh

penggunaan solar yang berdampak pada *ozone depletion*. Nilai tersebut diakibatkan oleh pada saat pengisian BBM ke alat transportasi yang membutuhkan bahan bakar solar sebesar 78,68 ton/tahun. Pada Tabel 4.40 juga menunjukkan nilai *impact* terbesar terletak pada *ozone depletion* sebesar 7,55 Pt. Nilai tersebut didapatkan dari nilai akhir dampak, yakni *single score*. Berikut adalah *network* dan nilai *impact assessment* dari kegiatan tersebut.

Tabel 4.43 *Impact Assessment* Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi

<i>Impact Category</i>	Unit	Nilai <i>Impact Category</i>
<i>Global Warming</i>	mPt	2,35
<i>Ozone Depletion</i>	mPt	7,55
<i>Human Toxicity via Air</i>	mPt	1,13
<i>Ozone Formation via Human</i>	mPt	0,256

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.65 *Impact Assessment* Kegiatan Pengisian BBM ke Alat Transportasi

4.5.4.4 Proses Penggunaan oleh Pengguna

Setelah dilakukan *networking* pada Gambar 4.32, akan diketahui bahwa pada kegiatan pemakaian BBM jenis bensin premium merupakan kegiatan yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. Hal ini dikarenakan oleh premium merupakan produk yang laris digunakan masyarakat dikarenakan dari segi harga memiliki harga yang miring. Sebelum mengetahui kegiatan dengan *impact* terbesar, dilakukan analisa *impact assessment* secara keseluruhan. Berikut adalah *impact assessment*

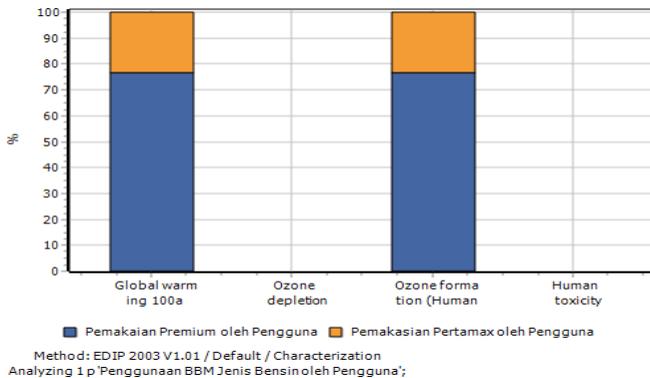
- Analisa *Characterization*

Pada analisa *characterization* ini diketahui bahwa masing – masing kegiatan pada proses penggunaan BBM jenis bensin oleh masyarakat memiliki nilai potensi yang sama terhadap *impact global warming* dan *ozone formation via human* dalam satuan persen. Angka yang dihasilkan merupakan seberapa besar emisi yang dihasilkan berdampak pada *impact* tersebut. Hal ini menandakan bahwa perlunya ada analisa berikutnya untuk mengetahui kegiatan dan *impact* apa dengan beban emisi terbesar dikarenakan satuan dari masing – masing *impact* tidaklah sama. Berikut ini adalah analisa *characterization* dari proses penggunaan oleh masyarakat dalam Tabel 4.41 dan Gambar 4.48. Pada Tabel 4.41 diketahui bahwa *impact global warming* memiliki nilai *impact* terbesar, baik dari kegiatan pemakaian premium maupun pertamax. Pada Gambar 4.48 menunjukkan bahwa pemakaian premium memiliki beban emisi yang lebih besar dibandingkan dengan pemakaian pertamax.

Tabel 4.44 Analisa *Characterization* Proses Penggunaan Bensin

<i>Impact Category</i>	Unit	Kegiatan	
		Pemakaian Premium oleh Pengguna	Pemakaian Pertamax oleh Pengguna
<i>Global Warming</i>	kg CO ₂ eq	119000000	36400000
<i>Ozone Depletion</i>	kg CFC-11 eq	0	0
<i>Human Toxicity via Air</i>	m ³	0	0
<i>Ozone Formation via Human</i>	Person.pp m.h	1630	498

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.66 Grafik *Characterization* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin

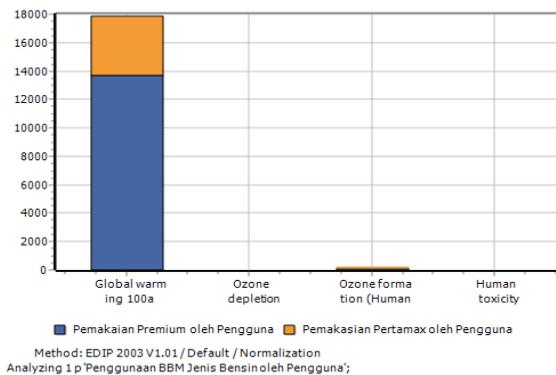
• *Analisa Normalization*

Analisa normalization proses penggunaan oleh masyarakat menunjukkan bahwa *impact global warming* merupakan *impact* terbesar yang dihasilkan. Hal ini ditunjukkan pada Tabel 4.42 dan Gambar 4.39 bahwa nilai *impact category global warming* memiliki nilai yang paling besar dibandingkan *impact* lainnya. Analisa ini menunjukkan bahwa secara keseluruhan proses penggunaan BBM jenis bensin dari kegiatan pemakaian premium maupun pertamax yang mengeluarkan emisi CO₂ dan CH₄ berdampak besar pada efek rumah kaca. Hal ini dikarenakan gas tersebut termasuk pada gas rumah kaca (GRK) yang diidentifikasi sebagai penyebab adanya fenomena pemanasan global. Proses pembakaran bensin jenis premium dan pertamax ini dilakukan oleh masyarakat sebagian besar dengan kegiatan transportasi. Nilai analisa ini perlu dikaji kembali dikarenakan pada masing – masing *impact* memiliki satuan yang berbeda sehingga belum diketahui *impact* terbesar pada nilai satuan yang sama. Pada analisa selanjutnya, yakni analisa *weighting* dan *single score* nilai analisa dari masing – masing *impact* akan disamakan satuannya sehingga didapatkan nilai *impact* dengan satuan *single score* (Pt).

Tabel 4.45 Analisa *Normalization* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin

Impact Category	Kegiatan	
	Pemakaian Premium oleh Pengguna	Pemakaian Pertamax oleh Pengguna
Global Warming	13700	4190
Ozone Depletion	0	0
Human Toxicity via Air	0	0
Ozone Formation via Human	163	49,8

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.67 Grafik *Normalization* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin

• Analisa *Weighting* dan *Single Score*

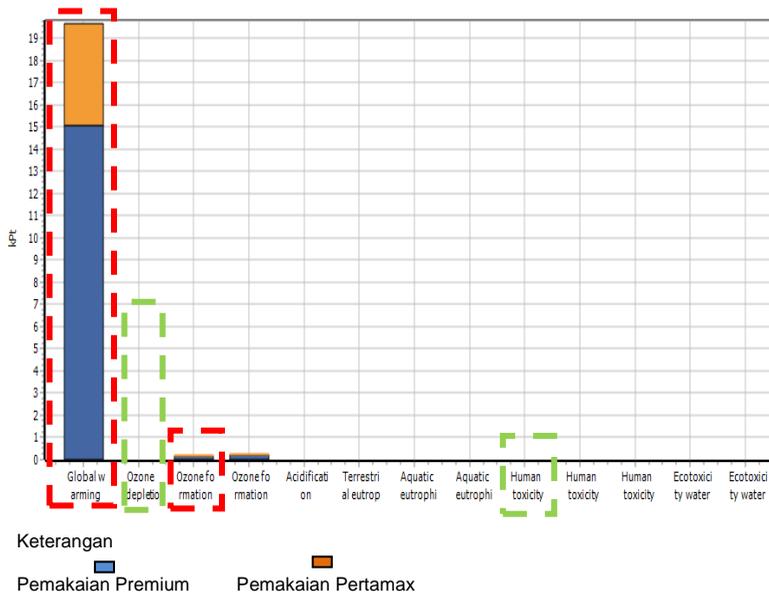
Proses penggunaan oleh masyarakat setelah memasuki analisa *weighting* dan *single score* berdampak besar pada *impact global warming*. Nilai analisis pada *weighting* dan *single score* ini berbeda dengan analisa sebelumnya, dikarenakan analisa *weighting* dan *single score* ini memiliki satuan yang sama pada masing – masing satuannya, yakni dengan satuan *single score* (kPt). Dengan nilai satuan yang sama, maka dapat disimpulkan bahwa *impact global warming* lah yang memiliki dampak terbesar dari proses penggunaan. Berikut pada Tabel 4.43 merupakan nilai *weighting* dan *single score* dari proses penggunaan, yang disertakan gambar pada Gambar 4.50 dan Gambar 4.51. Pada Gambar 4.50 menunjukkan bahwa *global warming* merupakan

impact terbesar dari tiap kegiatan proses dan serta pada Gambar 4.51 menunjukkan bahwa masing – masing kegiatan proses memiliki beban emisi dengan *impact global warming* yang paling besar pula.

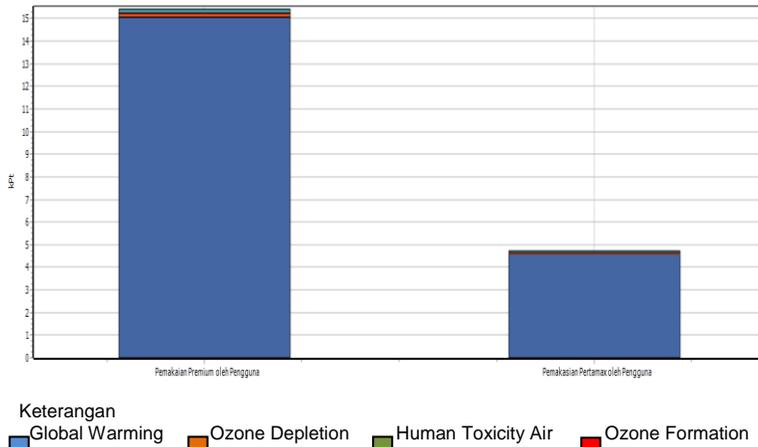
Tabel 4.46 Analisa *Weighting* dan *Single Score* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin

Impact Category	Unit	Kegiatan	
		Pemakaian Premium oleh Pengguna	Pemakaian Pertamina oleh Pengguna
Global Warming	kPt	15,4	4,72
Ozone Depletion	kPt	15,1	4,61
Human Toxicity via Air	kPt	0	0
Ozone Formation via Human	kPt	0,195	0,0597

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.68 Grafik *Weighting Score* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin



Gambar 4.69 Grafik *Single Score* Proses Penggunaan BBM Jenis Bensin

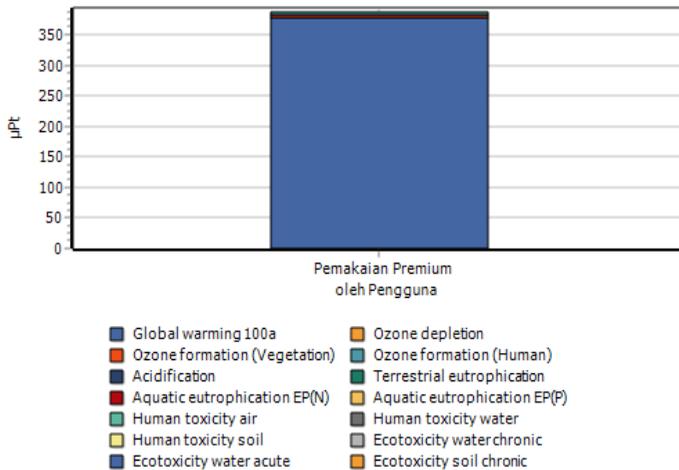
- Analisa *Impact Assesment* Kegiatan yang Memiliki Dampak Terbesar

Pada Gambar 4.32 mengenai *networking* proses penggunaan BBM jenis bensin oleh masyarakat didapatkan bahwa kegiatan pemakaian premium memiliki beban emisi terbesar. Penelitian ini hanya melakukan analisa alternatif perbaikan pada kegiatan yang memiliki beban emisi terbesar saja sehingga diperlukan lebih mendalam mengenai keterkaitan antara kegiatan pemakaian premium dengan *impact* terbesar, yakni *global warming*. Pada Gambar 4.52 diketahui bahwa pemakaian premium sebagai kegiatan yang menyebabkan bahwa *impact* terbesar yang dihasilkan dari kegiatan tersebut adalah pemanasan global. Pada Tabel 4.44 juga menunjukkan nilai *impact* terbesar terletak pada *ozone depletion* sebesar $378\mu\text{Pt}$. Nilai tersebut didapatkan dari nilai akhir dampak, yakni *single score*. Berikut adalah *network* dan nilai *impact assessment* dari kegiatan tersebut.

Tabel 4.47 *Impact Assessment* Kegiatan Penggunaan BBM Jenis Bensin Premium oleh Pengguna

<i>Impact Category</i>	Unit	Nilai <i>Impact Category</i>
<i>Global Warming</i>	μ Pt	378
<i>Ozone Depletion</i>	μ Pt	0
<i>Human Toxicity via Air</i>	μ Pt	0
<i>Ozone Formation via Human</i>	μ Pt	4,89

Sumber: Hasil Perhitungan simaPro 8.3



Gambar 4.70 *Impact Assessment* Kegiatan Penggunaan Bensin Premium oleh Pengguna

4.6 Hubungan dan Alternatif Kegiatan dengan *Impact*

Dengan melakukan analisa LCA yang telah dilakukan pada sub bab 4.5 sebelumnya, maka diketahui *impact* terbesar yang dihasilkan terbesar dari kegiatan proses terbesar pada masing – masing proses. Timbulnya *impact* yang dihasilkan pada analisis ini memang telah terbukti kaitannya dengan peristiwa yang telah terjadi. Berikut adalah keterkaitan hubungan kegiatan dengan dampaknya, serta memberikan alternatif perbaikan guna mereduksi emisi yang dihasilkan.

4.6.1 Proses Eksplorasi dan Produksi

- Penyebab Kegiatan Memiliki Beban Lingkungan

Pada proses eksplorasi dan produksi, kegiatan *drilling* minyak bumi merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada sub bab 4.5.4.1. Kegiatan *drilling* merupakan kegiatan pengambilan minyak bumi dari perut bumi menggunakan *rig*. Kegiatan *drilling* ini didukung oleh beberapa aspek bangunan seperti pompa, mesin, dan *bit* (ujung alat untuk mengambil minyak bumi).

Dalam kegiatannya tidak hanya meliputi pengambilan minyak bumi saja, namun juga meliputi pendistribusian dari tempat *drilling* menuju *gathering station*. Proses pendistribusian ini juga membutuhkan bahan bakar solar sebagai kegiatan pembakarannya. Telah dijelaskan sebelumnya bahwa penggunaan solar inilah yang menyebabkan kegiatan ini memiliki beban lingkungan terbesar pada proses eksplorasi dan produksi, dalam bentuk *impact ozone depletion*.

Salah satu kandungan dari solar adalah hidrokarbon, dimana hidrokarbon merupakan sebuah senyawa yang terdiri dari unsur atom karbon (C) dan atom hidrogen (H). Seluruh hidrokarbon memiliki rantai karbon dan atom-atom hidrogen yang berikatan dengan rantai tersebut.

- Hubungan Penyebab Kegiatan dengan *Impact Assessment*
Disisi lain, *ozone depletion* disebabkan oleh adanya CFC, yang terbentuk akibat adanya pemecahan molekul gas oleh radiasi matahari yang mengandung klorin atau bromin dan

menghasilkan radikal khlor dan brom. Radikal-radikal khlorin dan bromin kemudian melalui reaksi berantai memecahkan ikatan gas-gas lain di atmosfer, termasuk ozon.

Menurut *Vienna conference* mengenai pemberhentian pemakaian CFC pada tahun 1995, disepakati bahwa hidrokarbon sebagai salah satu refrigeran alternatif pengganti CFC. Hal ini disebabkan karena hidrokarbon memiliki banyak keuntungan, antara lain tidak diperlukan perubahan peralatan utama yang sudah ada atau pembelian peralatan baru, hidrokarbon biasa dipakai dengan pelumas mineral maupun sintesis. Selain itu, penggunaan hidrokarbon ini mampu mereduksi fenomena penipisan ozon hampir 40%.

Seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya, bahwa solar mengandung hidrokarbon. Hal ini menandakan bahwa pemakaian solar sama saja menyebabkan *ozone depletion* seperti pada CFC, namun tidak sebanyak ketika penggunaan CFC.

Disamping itu juga, pada kegiatan ini mengeluarkan emisi CO₂ dan CH₄ yang merupakan senyawa *Ozone Depletion Substances* (ODS) penyebab menipisnya lapisan ozon.

- Alternatif untuk Mengurangi Dampak

Alternatif yang digunakan pada proses eksplorasi dan produksi merupakan alternatif yang didapatkan dari hasil analisa dan hasil diskusi dengan pihak terkait pada proses eksplorasi dan produksi. Hasil analisa dilakukan dengan cara analisa literatur yang didapatkan pada jurnal maupun analisa terhadap perusahaan – perusahaan di bidang eksplorasi dan produksi yang berada di dalam maupun luar negeri. Sedangkan hasil diskusi dilakukan dengan cara bertukar pendapat dengan pihak terkait yang bekerja di proses eksplorasi dan produksi serta dosen mengenai alternatif yang perlu diterapkan sehingga prosesnya dapat bekerja lebih maksimal dalam mengurangi emisi. Berikut adalah beberapa alternatif yang digunakan sebagai tujuan untuk mengurangi pemakaian solar sebagai bahan bakar sehingga *impact ozone depletion* dapat dikurangi maupun dihindarkan.

Tabel 4.48 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Eksplorasi dan Produksi

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keuntungan/Kerugian
<p>Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi <i>fuel gas</i> penggerak pompa(*)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Gas buangan (CO₂ dan CH₄) hasil pemboran pembuatan sumur produksi digunakan sebagai <i>fuel gas</i> untuk menggerakkan pompa yang digunakan untuk mengambil/menyedot minyak dari perut bumi. • Menggunakan sumber <i>fuel engine pumping unit</i> yang berasal dari jalur pipa gas dan sumur itu sendiri sehingga tidak terdapat gas buang • Tahap ekstraksi gas ikutan di LPG plant dimulai dari pengaliran gas ikutan dari sumur melalui jalur pipa (<i>pipeline</i>) kemudian ditampung di stasiun pengumpul pada fasilitas produksi minyak. Gas ikutan selanjutnya akan diolah dengan mekanisme sistem pendinginan 	<ul style="list-style-type: none"> • Lebih ekonomis • Ramah Lingkungan <p>Menjadikan mesin pompa lebih baik dikarenakan kandungan RON pada gas lebih tinggi</p>

Lanjutan Tabel 4.45

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keuntungan/Kerugian
<p>Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>(**)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Perubahan alat transportasi yang digunakan pada kegiatan <i>drilling</i> meliputi perubahan ukuran truk dengan kapasitas yang lebih besar sehingga memiliki nilai faktor emisi lebih rendah dan dapat meminimalisir jumlah <i>trip</i> dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>. • Perubahan sistem distribusi yang dimaksudkan merupakan adanya atau didirikannya <i>gathering station</i> yang baru, dimana letaknya berjarak lebih dekat sehingga emisi dari gas buang transportasi yang dihasilkan lebih sedikit. 	<ul style="list-style-type: none"> • Armada dengan FE lebih rendah akan menghasilkan emisi lebih rendah. • Armada dengan kapasitas tinggi akan memperkecil jumlah <i>trip</i> pengangkutan • Membutuhkan biaya investasi yang tinggi namun <i>maintenance</i> jangka panjang yang bagus
<p>Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar (***)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Penggantian bahan bakar dengan biosolar dilakukan dikarenakan biosolar merupakan jenis bahan bakar alternatif yang terbuat dari minyak nabati yang berasal dari berbagai jenis biji-bijian sehingga biosolar merupakan sumber daya yang dapat diperbaharui. 	<ul style="list-style-type: none"> • Ramah Lingkungan, menjadikan mesin pompa lebih baik kinerjanya dengan pembakaran relatif bersih • Memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi • Membutuhkan biaya investasi yang tinggi namun <i>maintenance</i> panjang

Lanjutan Tabel 4.45

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keuntungan/Kerugian
<i>Air Fuel Ratio</i> (****)	<ul style="list-style-type: none"> • Pemakaian bahan bakar solar pada kegiatan <i>drilling</i> jika dilakukan proses pencampuran dengan gas buang akan menghasilkan performa mesin yang bagus • Proses pencampuran udara dan bahan bakar. Untuk mengetahui apakah campuran bahan bakar yang masuk ke dalam ruang bakar mempunyai ratio yang tepat kita bisa melihat kondisi motor di bagian ruang bakar dan performa saat dinyalakan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Tenaga mesin <i>drilling</i> lebih cepat • Dapat menurunkan efisiensi energi yang dihasilkan sehingga emisi yang dihasilkan dapat tereduksi
Pemakaian biomas sebagai bahan bakar alternatif	<ul style="list-style-type: none"> • Energi biomassa dapat digunakan untuk menghasilkan listrik, panas, dan uap yang bisa digunakan untuk berbagai keperluan dan proses industri. Sumber utama biomassa diantaranya adalah kayu, bahan bakar alkohol, dan limbah padat. 	<ul style="list-style-type: none"> • Kelebihan daripada biomassa adalah sumber energi gratis, ramah lingkungan, pasokan melimpah, efek lingkungan lebih kecil dibandingkan bahan bakar fosil.

Sumber:

(*) = Mantra, 2010

(** dan ***) = Hasil Analisa

(****) = PT. Pertamina EP Asset 1 Field Rantau, 2017

(*****) = PT. Semen Indonesia Tbk, - Pabrik Tuban, 2017

4.6.2 Proses Pengolahan

- **Penyebab Kegiatan Memiliki Beban Lingkungan**

Pada proses pengolahan, unit CDU merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada sub bab 4.5.4.2. Kegiatan unit CDU merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memisahkan campuran hidrokarbon yang terdapat di *crude oil* menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan. Pemisahan berdasarkan perbedaan nilai titik didihnya. Proses ini disebut distilasi bertingkat. Untuk mendapatkan produk akhir sesuai dengan yang diinginkan, maka sebagian hasil dari distilasi bertingkat perlu diolah lebih lanjut melalui proses konversi, pemisahan pengotor, dan pencampuran.

Kegiatan *primary process* memiliki beban lingkungan terbesar pada proses pengolahan, dalam *global warming*. Hubungan pembebanan ini dikarenakan oleh emisi yang dikeluarkan dari unit ini merupakan gas rumah kaca.

- **Hubungan Penyebab Kegiatan dengan *Impact Assessment***

Kegiatan *primary process* unit CDU menghasilkan emisi CO₂, CH₄, SO₂ dan NO₂ namun emisi terbesar terletak pada gas CO₂ dan CH₄. Gas CO₂ dan CH₄ termasuk dalam gas rumah kaca yang diidentifikasi sebagai penyebab utama dari fenomena pemanasan global. Dengan hadirnya gas CO₂ dan CH₄ berlebih maka akan semakin panas suhu bumi. Secara sederhana, proses terjadinya efek rumah kaca dimulai saat panas matahari merambat dan masuk ke permukaan bumi. Kemudian panas matahari tersebut akan dipantulkan kembali oleh permukaan bumi ke angkasa melalui atmosfer. Sebagian panas matahari yang dipantulkan tersebut akan diserap oleh gas rumah kaca yang berada di atmosfer. Panas matahari tersebut kemudian terperangkap di permukaan bumi.

- **Alternatif untuk Mengurangi Dampak**

Alternatif yang digunakan pada proses pengolahan merupakan alternatif yang didapatkan dari hasil analisa yang dilakukan dengan cara analisa literatur yang didapatkan pada jurnal maupun analisa terhadap perusahaan – perusahaan di bidang pengolahan yang berada di dalam maupun luar negeri. Dilakukan pula hasil diskusi dengan cara bertukar pendapat dengan pihak terkait yang berpengalaman serta dosen mengenai alternatif yang perlu diterapkan.

Tabel 4. 49 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Pengolahan

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keuntungan/Kerugian
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR) (*)	<ul style="list-style-type: none"> Gas CO₂ yang dihasilkan dari unit CDU dapat dimanfaatkan sebagai EOR Pengambilan minyak bumi dengan menginjeksikan gas CO₂ untuk mempermudah pengambilan minyak bumi secara efisien. Hal ini dikarenakan gas CO₂ dapat berikatan kuat dengan minyak bumi. 	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan gas CO₂ terhadap EOR dapat mengurangi gas CO₂ di atmosfer sehingga fenomena <i>global warming</i> dapat direduksi CO₂ mudah larut dalam minyak bumi namun sulit larut pada air. Oleh karena itu, pengambilan minyak bumi dapat berlangsung secara efisien
Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO) .(**)	<ul style="list-style-type: none"> Proses dekomposisi merupakan proses penambahan gas CO₂ ke dalam kapur mentah sehingga menjadi CaCO₃ yang menghasilkan batu kapur 	<ul style="list-style-type: none"> Merupakan salah satu pembersihan gas CO₂ di atmosfer Hasil dekomposisi dapat digunakan sebagai pupuk dolomit guna meningkatkan pH tanah
Pembangunan <i>purge gas recovery unit</i> (***)	<ul style="list-style-type: none"> <i>Purge gas recovery unit</i> berfungsi untuk mengambil kembali amoniak dan CO₂ yang terkandung dalam <i>purge gas</i> (<i>purging gas</i> sintesa) yang dikeluarkan oleh pabrik 	<ul style="list-style-type: none"> Dapat menurunkan beban emisi CO₂ sebesar 30,18% Hanya cocok bagi perusahaan yang menghasilkan NH₃ Kinerja buruk dikarenakan harus mempertahankan temperatur <i>cold box</i>
Pemanfaatan fiber dan cangkang sebagai bahan bakar CDU pengganti solar (****)	Fiber dan cangkang merupakan bagian dari kelapa sawit yang sudah tidak digunakan lagi. Beberapa perusahaan digunakan sebagai kegiatan pembakaran pengganti solar	<ul style="list-style-type: none"> Kelebihan daripada biomassa adalah sumber energi gratis, ramah lingkungan, pasokan melimpah, efek lingkungan lebih kecil dibandingkan bahan bakar fosil.

Lanjutan Tabel 4.46

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keuntungan/Kerugian
<p>Adsorpsi CO₂ dengan adsorban zeolit. (*****)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Pada proses adsorpsi digunakan zeolit sebagai adsorbennya karena zeolit mempunyai kapasitas adsorpsi yang cukup tinggi terhadap gas CO₂ • Metode adsorpsi menggunakan adsorben padat memiliki beberapa keunggulan dibanding metode lainnya, diantaranya mudah untuk di regenerasi, mudah penanganannya dan lebih murah karena proses regenerasi yang mudah 	<ul style="list-style-type: none"> • Sebagai salah satu cara untuk mengurangi kadar CO₂ adalah dengan memanfaatkan zeolit alam sebagai media penjerap atau adsorben CO₂. • Zeolite adalah adsorbent yang unik, karena memiliki ukuran pori yang sangat kecil dan seragam jika dibandingkan dengan adsorbent yang lain sehingga zeolite hanya mampu menyerap molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter celah rongga, sedangkan molekul yang diameternya lebih besar dari pori zeolite akan tertahan dan hanya melintasi antar partikel

Sumber:

(*) = Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia, 2015

(**) = Febriana, 2011

(***) = PT. Pupuk Sriwijaya

(****) = PT. Sinar Kencana Inti Perkasa Sungai Kupang Mill

(*****) = Andardini, 2010

4.6.3 Proses Pemasaran

- Penyebab Kegiatan Memiliki Beban Lingkungan
Pada proses pemasaran, kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada sub bab 4.5.4.3. Kegiatan ini merupakan pemindahan BBM dari tanki penimbunan menuju ke proses pendistribusian. Pengisian BBM ke alat transportasi ini membutuhkan bantuan mesin *tugboat* dan jenset *tugboat* dengan bahan bakar solar sebagai bahan bakarnya. Pengisian inilah yang berperan paling besar terhadap beban lingkungan. Kegiatan ini menimbulkan *ozone depletion* sebesar 7,55 mPt .

Pengisian ke alat transportasi dibagi menjadi 2, yakni pengisian ke mobil tanki/RTW di *filling shed* dan loading ke tanker. Pengisian BBM ke dalam mobil tanki dilakukan pada *filling shed*, yakni dengan memompa BBM dan tanki timbun melalui sistem perpipaan dalam bangsal pengisian dan selanjutnya dimasukkan ke truk tanki dengan *loading arm* melalui *manhole* yang ada di atas truk. Sedangkan pada kapal tanker, dilakukan melalui sistem perpipaan dari tanki timbun.

- Hubungan Penyebab Kegiatan dengan *Impact Assessment*
Kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi ini dapat dikatakan seperti kegiatan *loading unloading*, yang menghasilkan emisi berupa CH₄ (metana). Pada reaksi pembakaran metana, terdapat beberapa tahap yang dilewati, berikut adalah reaksinya:



Selain reaksi diatas, pengisian BBM ke alat transportasi ini juga menghasilkan VOC, dimana gas ini juga mempengaruhi nilai CFC. Seperti pada proses eksplorasi dan produksi, produk hasil pembakaran metana, yakni CO dan hadirnya gas VOC akan memperburuk *impact ozone depletion*.

Selain itu pula, pemakaian solar dapat berperan besar terhadap fenomena pemanasan global dikarenakan hidrokarbon yang terkandung pada solar. Hidrokarbon telah dijadikan sebagai alternatif pengganti CFC dikarenakan sifat hidrokarbon yang hampir sama dengan CFC namun berdampak lebih kecil terhadap penipisan ozon.

- Alternatif untuk Mengurangi Dampak

Analisa dan hasil diskusi dengan pihak terkait pada proses pemasaran. Hasil analisa dilakukan dengan cara analisa literatur yang didapatkan pada jurnal maupun analisa terhadap perusahaan – perusahaan di bidang pemasaran yang berada di dalam maupun luar negeri. Sedangkan hasil diskusi dilakukan dengan cara bertukar pendapat dengan pihak terkait yang bekerja di proses pemasaran serta dosen mengenai alternatif yang perlu diterapkan sehingga prosesnya dapat bekerja lebih maksimal dalam mengurangi emisi. Berikut adalah beberapa alternatif yang digunakan sebagai tujuan untuk mengurangi pemakaian *fuel oil* sebagai bahan bakar sehingga *impact ozone depletion* dapat dikurangi maupun dihindarkan.

Lapisan Ozon di stratosfer menyerap radiasi ultra-violet yang berbahaya dari matahari. Dengan bertambahnya bahan kimia buatan manusia yang mengandung senyawa klorin dan bromin, akan ikut merusak molekul ozon pada lapisan ini. Teori pertama yang mendukung CFC sebagai perusak lapisan ozon di stratosfer dikemukakan pada tahun 1974 oleh Sherwood Rowland dan rekannya Mario Molina dari Universitas California.

Ozon adalah molekul dalam bentuk gas yang terjadi secara alami yang ditemukan pada atmosfer bumi. Molekul ini dapat menyerap panjang gelombang tertentu dari radiasi ultraviolet matahari sebelum mencapai permukaan bumi. Pada lapisan Stratosfer radiasi matahari memecah molekul gas yang mengandung klorin atau bromin dan menghasilkan radikal Klor dan Brom. Radikal-radikal klorin dan bromin kemudian melalui reaksi berantai memecahkan ikatan gas-gas lain di atmosfer, termasuk ozon. Molekul-molekul ozon terpecah menjadi oksigen dan radikal oksigen. Dengan terjadinya reaksi ini akan mengurangi konsentrasi ozon di stratosfer. Semakin banyak senyawa yang mengandung Klor dan Brom merusak lapisan ozon semakin parah.

Tabel 4.50 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Pemasaran

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keuntungan/Kerugian
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD) (*)	<ul style="list-style-type: none"> • VSD atau <i>Variable Speed Drive</i> adalah suatu alat kontrol yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar dari sebuah motor AC agar dapat berputar dengan kecepatan yang diinginkan. • Dengan mengatur kecepatam, maka <i>flowrate</i> dapat lebih teratur sehingga waktu pengisiannya lebih efisien 	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mengatur kecepatan motor pompa agar laju aliran fluida juga bisa diatur sehingga saat pengisian bahan bakar ke mobil tangki tidak terjadi eror • Berfungsi untuk mengontrol nilai frekuensi dari sinyal tegangan output AC yang keluar dari VSD.
Mengaplikasikan <i>handling system</i> (**) <i>gas</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan pengecekan pengaturan gas yang ada dengan <i>digital control valve</i> • <i>handling system</i> yang diaplikasikan memiliki kapasitas untuk me-<i>remove</i> adanya debu • Dapat mengurangi resiko adanya kebocoran dikarenakan pada sistem ini dilengkapi dengan kompressor, <i>pipe connectors</i>, dan alat lainnya. Dengan kegiatan yang stabil ini, maka kegiatan pengisian berjalan lebih efisien 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas yang telah ditampung dapat dikomersilkan melalui SPBG • Dapat mereduksi emisi
Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i> (***)	<ul style="list-style-type: none"> • Melakukan perubahan bentuk <i>loading arm</i> menjadi yang lebih baik dikarenakan spesifikasi yang lebih bagus 	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mengangkut produk dengan ukuran besar dan berat sehingga jumlah pengangkatan tidak membutuhkan waktu yang lama • Cocok untuk pengangkatan produk menuju truk tanki yang dilengkapi dengan <i>flange</i>

Lanjutan Tabel 4.47

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keuntungan/Kerugian
Penanaman inverter pada pompa produk (****)	<ul style="list-style-type: none"> • Inverter adalah rangkaian elektronika daya yang digunakan untuk mengkonversikan tegangan searah (DC) ke suatu tegangan bolak-balik (AC) • Dalam industri, inverter merupakan alat atau komponen yang cukup banyak digunakan karena fungsinya untuk mengubah listrik DC menjadi AC. Inverter untuk mengatur kecepatan listrik motor 	<ul style="list-style-type: none"> • Gas yang telah ditampung dapat dikomersilkan melalui SPBG • Dapat mereduksi emisi
Efisiensi bahan bakar rata-rata dengan metode <i>eco driving</i> (*****)	<ul style="list-style-type: none"> • Eco driving adalah cara mengemudi efektif yang didukung oleh teknologi terkini agar tercapai tujuan utama para pengendara yaitu berkendara dengan bahan bakar yang irit/efisien dan yang lebih penting lagi ramah lingkungan. 	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat menghemat energi dan konsumsi bahan bakar • Dapat mengurangi resiko kecelakaan • Kurang cocok diterapkan di Indonesia

Sumber:

(*) = Prasetyoet *al*, 2011

(**) = Iqro, *et al*, 2012

(***) = Hasil Analisa

(****) = PT. Pertamina PERSERO S&D Region I Terminal Transit Teluk Kabung, 2017

(*****) = PT. Pertamina Terminal BBM Rewulu, 2017

4.6.4 Proses Penggunaan BBM oleh Pengguna

- **Penyebab Kegiatan Memiliki Beban Lingkungan**
 Pada proses penggunaan BBM oleh pengguna, kegiatan penggunaan BBM jenis premium merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada sub bab 4.5.4.4. Kegiatan ini merupakan penggunaan BBM jenis premium yang dipakai oleh masyarakat. Penggunaan ini dapat dihitung berdasarkan banyaknya jumlah BBM yang dikeluarkan dari proses pemasaran, *energy content*, dan *emission factor*. Kegiatan ini menimbulkan *global warming* sebesar 378 μ Pt.
- **Hubungan Penyebab Kegiatan dengan *Impact Assessment***
 Kegiatan penggunaan premium ini menghasilkan emisi berupa CH₄ dan CO₂, yang lebih dikenal dengan CO_{2eq}. Dari emisi yang dihasilkan ini sangat berkaitan dengan *impact global warming* itu sendiri.
- **Alternatif untuk Mengurangi Dampak**
 Analisa dan hasil diskusi dengan pihak pemerintah. Hasil analisa dilakukan dengan cara analisa literatur yang didapatkan pada jurnal maupun analisa terhadap program pemerintah yang berada di dalam maupun luar negeri. Sedangkan hasil diskusi dilakukan dengan cara bertukar pendapat dengan pihak terkait yang bekerja di pemerintah serta dosen mengenai alternatif yang perlu diterapkan sehingga prosesnya dapat bekerja lebih maksimal dalam mengurangi emisi. Berikut adalah beberapa alternatif yang digunakan sebagai tujuan untuk mengurangi pemakaian premium sebagai bahan bakar sehingga *impact global warming* dapat dikurangi maupun dihindarkan.

Tabel 4.51 Alternatif untuk Mengurangi Dampak pada Proses Penggunaan BBM Premium

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keterangan
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi terhadap kendaraan baru dan yang sering digunakan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mendorong pembelian kendaraan yang lebih bersih dengan memberikan pengurangan pajak kepada pembeli kendaraan • Menjadi dasar inspeksi emisi rutin

Lanjutan Tabel 4.48

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keterangan
Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan standar dan kualitas bahan bakar • Penggunaan bahan bakar alternatif 	<ul style="list-style-type: none"> • Kendaraan solar & bahan bakar berkualitas rendah (berkadar sulfur tinggi) memerlukan perhatian • Menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan, misalnya biodiesel, BBG dan bioetanol
Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	<ul style="list-style-type: none"> • Tata guna lahan dan perencanaan transportasi • Pengelolaan kebutuhan perjalanan • Opsi transportasi massal publik • Transportasi non kendaraan bermotor 	Integrasi perencanaan transportasi dan perencanaan kualitas udara

Sumber: Laporan Teknis Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi, 2010

4.7 Pemilihan Alternatif Terbaik dengan AHP

Prinsip kerja AHP adalah penyederhanaan suatu persoalan kompleks yang tidak terstruktur dengan menata dalam bentuk suatu hierarki. Kemudian tingkat kepentingan setiap variabel diberi nilai numerik secara subjektif tentang arti penting variabel tersebut secara relatif dibandingkan dengan variabel lain. Dari berbagai pertimbangan tersebut kemudian dilakukan sintesa untuk menetapkan variabel yang memiliki prioritas tinggi dan berperan untuk mempengaruhi hasil pada sistem tersebut.

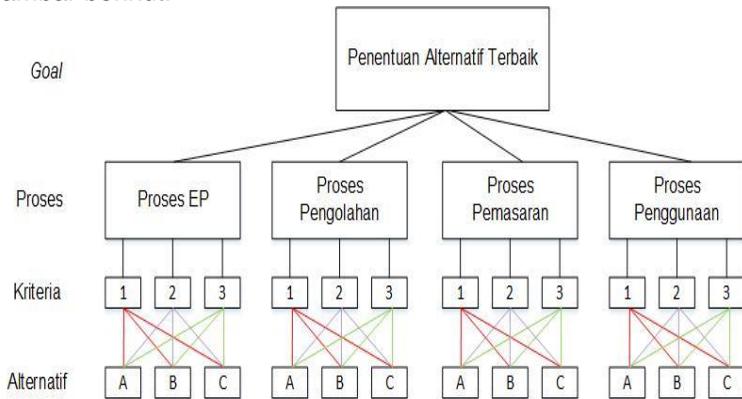
Langkah – langkah dalam metode AHP diuraikan sebagai berikut:

1. Menyusun hirarki dari permasalahan yang dihadapi.
2. Penilaian kriteria dan alternatif adalah skala terbaik dalam kriteria dan alternatif dinilai melalui perbandingan
3. Penentuan prioritas dengan perbandingan berpasangan

4. Konsistensi logis, dimana semua elemen dikelompokkan secara logis dan diperingatkan secara konsisten sesuai dengan suatu kriteria

4.7.1 Penyusunan Hierarki

Hierarki yang dibuat merupakan persoalan yang akan diselesaikan, diuraikan menjadi unsur-unsurnya, yaitu kriteria dan alternatif yang kemudian disusun menjadi struktur hierarki seperti gambar berikut.



Gambar 4.71 Contoh Penentuan Hierarki

Dari gambar diatas diketahui bahwa untuk menentukan alternatif terbaik pada masing – masing proses diperlukan berbagai macam pertimbangan yang dipengaruhinya. Oleh karena itu, perlu dilakukan penetapan kriteria yang digunakan. Menurut Abdi (2007) pada penelitian sebelumnya, kriteria yang akan digunakan adalah:

1. Biaya Invenstasi dan Produksi

Biaya investasi mencakup pembelian/perancangan mesin dan peralatan baru, penambahan tenaga kerja terkait adanya pekerjaan baru yang membutuhkan *biaya training*. Biaya produksi berbeda dengan biaya investasi, dikarenakan adanya sistem yang yang tidak membutuhkan biaya investasi namun biaya produksi yang besar. Biaya produksi mencakup biaya pembelian

bahan baku dan biaya tenaga kerja untuk mengawasi proses produksi.

2. Dampak Lingkungan

Dampak lingkungan yang dimaksud merupakan sejauh mana alternatif perbaikan dapat mengurangi dampak lingkungan dari analisa LCA.

3. Kemudahan dalam Pelaksanaan

Proses perbaikan yang dilakukan alternatif pada sub bab 4.6 tidaklah sama. Ada yang hanya merubah proses dalam skala kecil, namun ada juga yang merubah proses secara keseluruhan. Perbedaan ini juga akan mempengaruhi banyaknya pihak yang terlibat. Semakin besar perubahannya, semakin banyak pihak yang terlibat, maka semakin susah kriteria tersebut dilaksanakan.

Pada kolom alternatif, pada masing – masing proses dipilih 3 alternatif terbaik. Pemilihan 3 alternatif terbaik ini merupakan alternatif yang dipilih dikarenakan kondisinya yang cocok jika diterapkan di Indonesia dalam bidang industri minyak dan gas. Selain itu, alternatif ini telah terbukti dalam mereduksi emisi sesuai dengan hasil literatur.

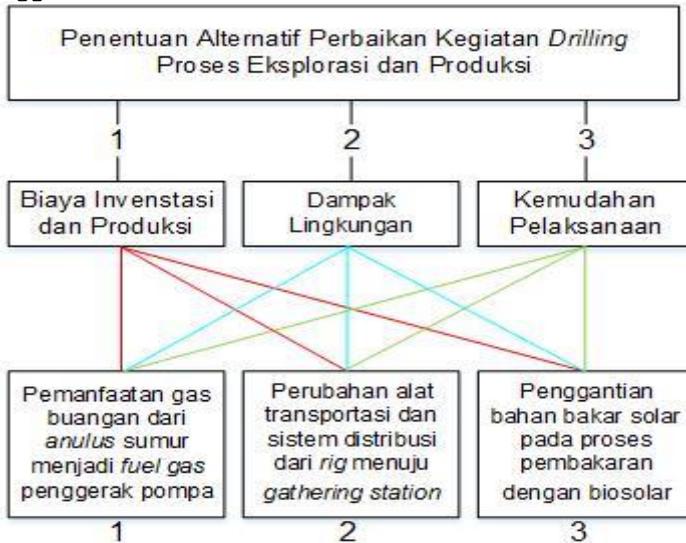
4.7.1.1 Penentuan Hierarki Proses Eksplorasi dan Produksi

Dengan menggunakan alternatif yang terdapat pada Tabel 4.45 serta kriteria pada sub bab 4.7, maka dilakukan penggabungan sehingga didapatkan hierarki pada proses eksplorasi dan produksi adalah sebagai pada Gambar 4.54 berikut. Dapat dilihat bahwa dilakukan proses pemilihan alternatif perbaikan dari 3 alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, yakni biaya, dampak lingkungan, serta kemudahan pelaksanaan.

Dalam Gambar 4.54 dapat dilihat bahwa dilakukan analisa pengambilan keputusan terbaik dengan tujuan untuk perbaikan kegiatan *drilling* proses eksplorasi dan produksi. Untuk mendapatkan yang terbaik, alternatif ini dipilih berdasarkan 3 kriteria, yakni biaya, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

Alternatif yang dipilih untuk dibandingkan sebagai alternatif terbaik adalah pemanfaatan gas buangan dari anulus sumur menjadi *fuel gas* penggerak pompa, perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari *rig* menuju *gathering station*, serta

penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan menggubakan biosolar.



Gambar 4.72 Hierarki Proses Eksplorasi dan Produksi

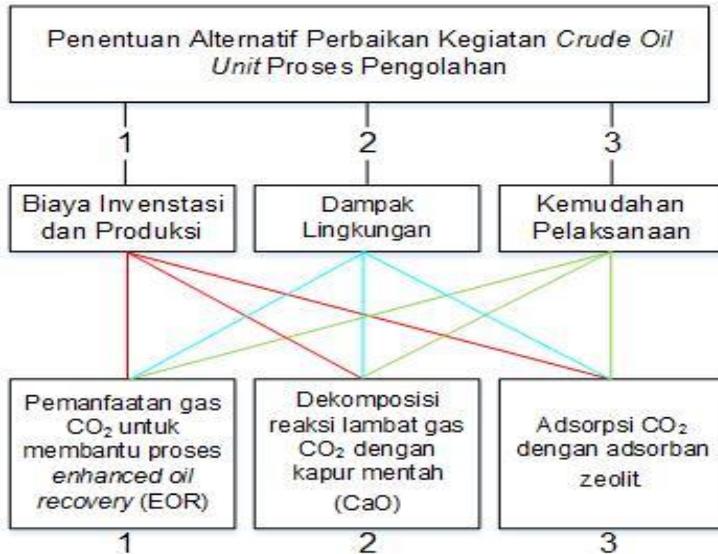
4.7.1.2 Penentuan Hierarki Proses Pengolahan

Dengan menggunakan alternatif yang terdapat pada Tabel 4.46 serta kriteria pada sub bab 4.7, maka dilakukan penggabungan sehingga didapatkan hierarki pada proses eksplorasi dan produksi adalah sebagai pada Gambar 4.55 berikut. Dapat dilihat bahwa dilakukan proses pemilihan alternatif perbaikan dari 3 altenartif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, yakni biaya, dampak lingkungan, serta kemudahan pelaksanaan.

Dalam Gambar 4.55 dapat dilihat bahwa dilakukan analisa pengambilan keputusan terbaik dengan tujuan untuk perbaikan kegiatan *cruide oil unit* proses pengolahan. Untuk mendapatkan yang terbaik, alternatif ini dipilih berdasarkan 3 kriteria, yakni biaya, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

Alternatif yang dipilih untuk dibandingkan sebagai alternatif terbaik adalah pemaanfaatan gas CO₂ untuk membantu proses *enhaced oil recovery* (EOR), dekomposisi reaksi lambat gas

CO₂ dengan kapur mentah (CaO), serta adsorpsi CO₂ dengan adsorben zeolit.



Gambar 4.73 Hierarki Proses Pengolahan

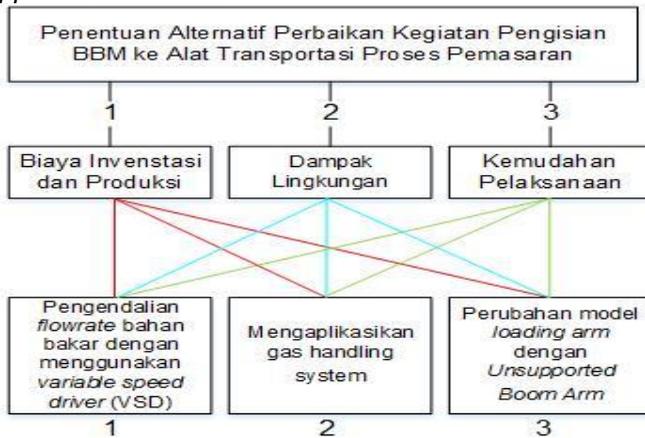
4.7.1.3 Penentuan Hierarki Proses Pemasaran

Dengan menggunakan alternatif yang terdapat pada Tabel 4.47 serta kriteria pada sub bab 4.7, maka dilakukan penggabungan sehingga didapatkan hierarki pada proses eksplorasi dan produksi adalah sebagai pada Gambar 4.56 berikut. Dapat dilihat bahwa dilakukan proses pemilihan alternatif perbaikan dari 3 alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, yakni biaya, dampak lingkungan, serta kemudahan pelaksanaan.

Dalam Gambar 4.56 dapat dilihat bahwa dilakukan analisa pengambilan keputusan terbaik dengan tujuan untuk perbaikan kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi proses pemasaran. Untuk mendapatkan yang terbaik, alternatif ini dipilih berdasarkan 3 kriteria, yakni biaya, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

Alternatif yang dipilih untuk dibandingkan sebagai alternatif terbaik adalah pengendalian *flowrate* bahan bakar dengan menggunakan *variable speed driver* (VSD), mengaplikasikan gas

handling system, perubahan model *loading arm* dengan *unsupported boom arm*.



Gambar 4.74 Hierarki Proses Pemasaran

4.7.1.4 Penentuan Hierarki Proses Penggunaan

Dengan menggunakan alternatif yang terdapat pada Tabel 4.48 serta kriteria pada sub bab 4.7, maka dilakukan penggabungan sehingga didapatkan hierarki pada proses eksplorasi dan produksi adalah sebagai pada Gambar 4.57 berikut. Dapat dilihat bahwa dilakukan proses pemilihan alternatif perbaikan dari 3 alternatif berdasarkan kriteria yang telah ditentukan, yakni biaya, dampak lingkungan, serta kemudahan pelaksanaan.

Dalam Gambar 4.57 dapat dilihat bahwa dilakukan analisa pengambilan keputusan terbaik dengan tujuan untuk perbaikan kegiatan pengisian penggunaan BBM jenis premium proses penggunaan oleh masyarakat. Untuk mendapatkan yang terbaik, alternatif ini dipilih berdasarkan 3 kriteria, yakni biaya, dampak lingkungan, dan kemudahan pelaksanaan.

Alternatif yang dipilih untuk dibandingkan sebagai alternatif terbaik adalah perbaikan dan pelaksanaan standar emisi, perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif, serta penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas.



Gambar 4.75 Hierarki Proses Penggunaan

4.7.2 Penilaian Kriteria dan Alternatif serta Penentuan Prioritas dengan Perbandingan Berpasangan

Dengan penyusunan hierarki yang telah dilakukan sebelumnya, maka dilakukan proses pengolahan data. Data yang dipakai adalah data primer dari 20 buah, dimana 5 responden dari masing – masing proses mulai pada proses eksplorasi dan produksi hingga proses penggunaan oleh masyarakat. Sasaran dari kuisisioner ini adalah pekerja bidang *Health Safety Environmet* (HSE) yang diwakili. oleh para kepala seksi dan kepala bagian yang merupakan pihak yang berkompeten di bidangnya. Pada proses penggunaan oleh masyarakat, sasaran yang dituju merupakan responden dari pemerintah dan masyarakat dengan guna produk premium yang merupakan pemerhati lingkungan pula.

Kuisisioner yang disebar kepada responden berisi mengenai penilaian kriteria dan alternatif terbaik yang terkait sesuai dengan permasalahan. Permasalahan yang dimaksud merupakan hasil analisa yang dilakukan pada sub bab 4.5 dimana ketika diketahui kegiatan yang memiliki beban lingkungan terbesar pada masing – masing proses, dan kemudian dicarikan alternatifnya. Kuisisioner terdiri dari 2 bagian, yakni terdiri dari pengisian penentuan kriteria terbaik dan penentuan alternatif terbaik. Seluruh pertanyaan diisi dengan cara melakukan perbandingan berpasangan untuk kriteria dan alternatif tiap kriteria. Isi dari kuisisioner dapat dilihat pada Lampiran I.

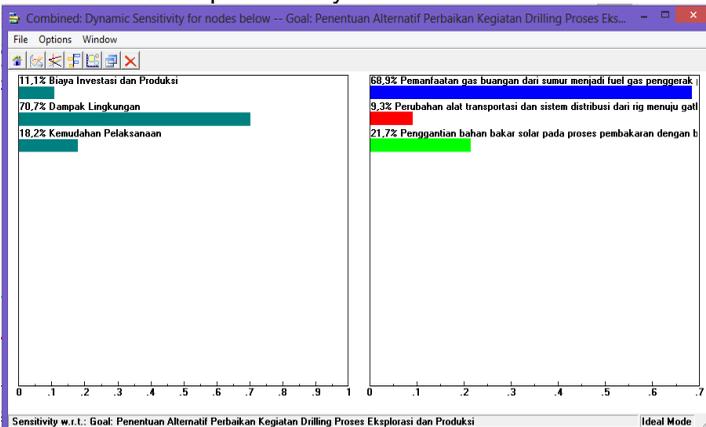
Penilaian dilakukan dengan bantuan *software Expert Choice* dengan batas *inconsistency* yang digunakan adalah sebesar 0,1. Hasil rekapan kuisisioner dari responden dapat dilihat pada Lampiran II.

4.7.3 Konsistensi Logis Hasil Analisa

Penggunaan hirarki AHP dalam *Expert Choice* bertujuan untuk mengorganisir perkiraan dan intuisi dalam suatu bentuk logis. Pendekatan secara hierarki ini memungkinkan pengambil keputusan untuk menganalisa seluruh pilihan untuk pengambilan keputusan yang efektif. Konsistensi logis yang diterapkan pada hasil analisa meliputi data dimana semua elemen dikelompokkan secara logis dan diperingatkan secara konsisten sesuai dengan suatu kriteria. Dari konsistensi logis ini maka didapatkan alternatif terbaik dari masing – masing proses oleh 5 responden.

4.7.3.1 Konsistensi Logis Hasil Analisa Proses Eksplorasi dan Produksi

Penilaian yang dilakukan pada proses eksplorasi dan produksi dihasilkan dari hasil penyebaran kuisisioner ke 5 orang. Penilaian yang dihasilkan terdiri dari 2 proses, yakni penentuan kriteria yang berdampak paling penting untuk menentukan alternatif terbaik. Dari kriteria terpenting ini, maka dihasilkan alternatif terbaik dari alternatif yang dinilai paling penting oleh responden. Berikut adalah hasil penilaiannya.



Gambar 4.76 Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Eksplorasi dan Produksi

Dari Gambar 4.58 dapat diketahui bahwa dampak lingkungan berperan sebagai kriteria paling penting dengan prosentase sebesar 70,7%. Hal ini dikarenakan dampak lingkungan merupakan kriteria yang mewakili dari tujuan yang ingin dicapai, yakni mencari alternatif terbaik guna mereduksi emisi.

Dengan kriteria dampak lingkungan, alternatif pemanfaatan gas merupakan alternatif terbaik yang dipilih responden dengan nilai prosentase sebesar 68,9%, disusul dengan pemakaian biosolar dan terakhir adalah perubahan alat transportasi dan sistem distribusi. Berikut adalah hasil ulasan dari masing – masing alternatif dilihat dari keseluruhan kriteria yang diteliti pada Tabel 4.49 (halaman 135).

Dengan hasil analisa pada Tabel 4.49, maka dapat dikatakan bahwa alternatif pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi *fuel gas* penggerak pompa merupakan alternatif terbaik untuk mereduksi emisi kegiatan *drilling* proses eksplorasi dan produksi.

Pada kegiatan *drilling*, setiap sumur minyak baru yang sudah siap untuk diproduksi, biasanya diharapkan minyak mengalir ke permukaan dengan tenaga yang tersedia secara alami pada reservoir sumur minyak itu sendiri. Proses ini akan berlangsung sampai pada satu titik dimana tenaga yang tersedia akan berkurang, sehingga kemampuan untuk mengangkat minyak ke permukaan akan terhenti.

Agar minyak yang masih dalam sumur dapat lagi mengalir ke permukaan, maka perlu menggunakan *artificial lift*. *Artificial lift* adalah setiap metode yang diipakai untuk memproduksi minyak mentah dari sumur setelah tekanan yang tersedia secara alami dalam sumur itu tidak mampu lagi untuk mengangkat minyak ke permukaan.

Artificial lift dilakukan dengan maksud untuk mempertahankan tingkat produksi agar tetap tinggi, karena kemampuan produksi suatu sumur akan terus berkurang dengan bertambahnya waktu. Atau kemampuan sumur yang bersangkutan untuk berproduksi sejak awal ditemukan sangat kecil, sehingga perlu dilakukan sumur buatan. Metoda *artificial lift* yang umum digunakan selama ini adalah dengan menggunakan jenis peralatan gas *lift*.

Gas lift system merupakan suatu metode untuk mengngkat minyak dari dalam sumur dengan menggunakan gas yang

diiinjeksikan dalam bertekanan oleh gas compressor ke *annulus*(ruang antara *tubing* dan *casing*). *Gas lift* pada prinsipnya mencampurkan gas kedalam sistem agar didapat densitas sistem yang lebih ringan. Gas yang digunakan bisa berasal dari sumur minyak itu sendiri atau dari *gas well*. Sistem ini bekerja dengan cara menginjeksikan gas bertekanan tinggi kedalam *annulus*, dan kemudian kedalam tubing produksi sehingga terjadi proses aerasi (*aeration*) yang mengakibatkan berkurangnya berat kolom fluida dalam tubing. Sehingga tekanan *reservoir* mampu mengalirkan fluida dari lubang sumur menuju fasilitas produksi dipermukaan. (Alemi, *et al*, 2010).

Adapun dasar operasi *gas lift* untuk mengangkat minyak dari dasar sumur ke permukaan, adalah sebagai berikut :

- Pengurangan atau penurunan gradien fluida di dalam tubing.
- Pengembangan gas yang diinjeksikan ke dalam sumur.
- Pendorongan fluida reservoir ke permukaan oleh gas injeksi bertekanan tinggi.

Berikut adalah beberapa kelebihan *gas lift* dibandingkan dengan metode sembur buatan lain, yaitu:

- Biaya peralatan awal untuk instalasi *gas-lift* biasanya lebih rendah, terutama sekali untuk pengangkatan sumur dalam (*deep lift*).
- Pasir yang ikut terproduksi tidak merusak kebanyakan instalasi gas-lift.
- Gas-lift tidak tergantung/dipengaruhi oleh design sumur
- Umur peralatan lebih lama
- Biaya operasi biasanya lebih kecil,terutama sekali untuk *deeplift*
- Ideal untuk sumur-sumur yang memproduksi buih gas (*gas-cut foam*).

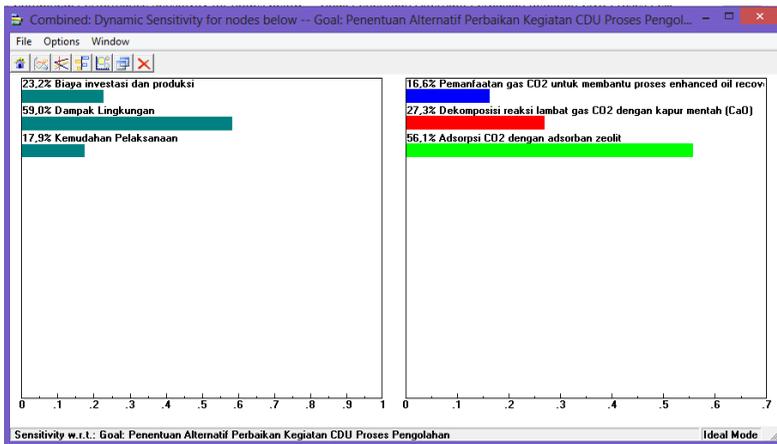
Tabel 4. 52 Analisa Alternatif Terbaik Proses Eksplorasi dan Produksi

Alternatif	Kriteria			Kerugian
	Biaya	Lingkungan	Pelaksanaan	
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi <i>fuel gas</i> penggerak pompa	Biaya yang dibutuhkan merupakan biaya yang digunakan untuk membangun jalur perpipaan gas dari kegiatan bor sumur produksi pada masa konstruksi.	Dampak yang ditimbulkan terletak pada saat konstruksi saja, yakni saat pembangunan pipa. Pada operasional, kegiatan ini tidak menghasilkan emisi dikarenakan gas yang terbentuk dipakai sebagai <i>fuel</i> pompa. Jika masih mengeluarkan emisi, hanya emisi <i>fugitivesaja</i>	Pelaksanaan kegiatan ini sangat mudah, hanya menambahkan beberapa sambungan pipa dari sumur produksi.	-
Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	Biaya yang dibutuhkan cenderung lebih besar dibandingkan alternatif lainnya. Hal ini dikarenakan biaya yang dikeluarkan untuk perubahan alat transportasi dan perubahan sistem distribusi dengan cara merubah jarak <i>shipping</i>	Dampak yang terjadi masih berasal dari kegiatan yang sama, namun berbeda jumlahnya dikarenakan adanya perubahan nilai faktor emisi dari kegiatan perubahan alat transportasi dan perubahan jarak. Emisi yang dikeluarkan masih memiliki peran yang sama terhadap <i>ozone depletion</i>	Pelaksanaan kegiatan ini tidak mudah dikarenakan membutuhkan biaya yang besar dengan membutuhkan area yang luas	Biaya yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan mafaatnya
Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	Biaya yang dibutuhkan lebih kecil dibandingkan dengan pemakaian solar yakni sekitar Rp. 5.150,-	Dampak yang terjadi masih berdampak dengan <i>ozone depletion</i> namun dalam jumlah yang lebih kecil	Produk biosolar mudah dicari.	Performa mesin menurun

Sumber: Hasil Analisa

4.7.3.2 Konsistensi Logis Hasil Analisa Proses Pengolahan

Penilaian yang dilakukan pada proses pengolahan dihasilkan dari hasil penyebaran kuisioner ke 5 orang. Penilaian yang dihasilkan terdiri dari 2 proses, yakni penentuan kriteria yang berdampak paling penting untuk menentukan alternatif terbaik. Dari kriteria terpenting ini, maka dihasilkan alternatif terbaik dari alternatif yang dinilai paling penting oleh responden. Berikut adalah hasil penilaiannya.



Gambar 4.77 Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Pengolahan

Dari Gambar 4.59 dapat diketahui bahwa dampak lingkungan berperan sebagai kriteria paling penting dengan prosentase sebesar 59%. Hal ini dikarenakan dampak lingkungan merupakan kriteria yang mewakili dari tujuan yang ingin dicapai, yakni mencari alternatif terbaik guna mereduksi emisi.

Dengan kriteria dampak lingkungan, alternatif adsorpsi dengan adsorban zeolit merupakan alternatif terbaik yang dipilih responden dengan nilai prosentase sebesar 56,1%, disusul dengan proses dekomposisi dengan batu kapur dan terakhir adalah pemanfaatan gas sebagai *enhanced oil recovery* (EOR). Berikut adalah hasil ulasan dari masing – masing alternatif dilihat dari keseluruhan kriteria yang diteliti pada Tabel 4.50.

Tabel 4.53 Analisa Alternatif Terbaik Proses Pengolahan

Alternatif	Kriteria			Kerugian
	Biaya	Lingkungan	Pelaksanaan	
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR)	Biaya yang dibutuhkan merupakan biaya yang digunakan untuk membangun jalur perpipaan gas dari pembuangan gas pada CDU	Dampak yang ditimbulkan terletak pada saat konstruksi saja, yakni saat pembangunan pipa. Pada operasional, kegiatan ini tidak menghasilkan emisi dikarenakan gas yang terbentuk dipakai sebagai <i>fuel</i> pompa. Jika masih mengeluarkan emisi hanya emisi <i>fugitive</i>	Pelaksanaan kegiatan ini sangat mudah, hanya menambahkan beberapa sambungan pipa dari sumur produksi. Namun terdapat kekurangan dikarenakan tidak ada sumur produksi pada kilang sehingga tidak bisa menginjeksikan secara langsung	Pada kilang pengolahan di Indonesia, tidak ada proses <i>enhanced oil recovery</i>
Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO)	Biaya investasi yang dikeluarkan lebih kecil dibandingkan manfaat. Hal ini dikarenakan bahwa dengan adanya proses kalsinasi maka terjadi penurunan gas CO ₂ dikarenakan pembersihan.	Dampak lingkungan yang terjadi lebih kecil telah dilakukan pembersihan oleh batu kapur	Pelaksanaan dari kegiatan kalsinasi ini sangat mudah dengan penambahan batu kapur.	Hasil dari proses dekomposisi kalsinasi tidak berpengaruh besar terhadap kilang
Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit	Manfaat yang ditimbulkan lebih besar dibandingkan biaya. Hal ini dikarenakan tidak membutuhkan <i>planning</i> pemetaan pada pra-konstruksi, hanya penambahan adsorban zeolit saja.	Dampak lingkungan yang dapat terjadi adalah sangat minim dikarenakan gas CO ₂ telah diserap oleh adsorban zeolit	Pelaksanaan dari kegiatan ini mudah dikarenakan proses adsorpsi sangat mudah, selain itu zeolit juga mudah untuk ditemui.	-

Sumber: Hasil Analisa

Dengan hasil analisa pada Tabel 4.50, maka dapat dikatakan bahwa alternatif adsorpsi dengan zeolit merupakan alternatif terbaik untuk mereduksi emisi dari kegiatan *crude oil unit* proses pengolahan.

Dalam hal permurnian gas, komposisi gas alam di Indonesia umumnya mengandung kontaminan CO₂ yang besar dan dominan. Keberadaan gas CO₂ ini merugikan dalam berbagai aspek teknis dan kualitas produk. Sifatnya yang asam dapat menyebabkan pengurangan kapasitas pabrik secara signifikan. Selain itu, kandungan CO₂ yang tinggi dalam hidrokarbon menyebabkan nilai kalor dari gas menurun dan tidak disukai di pasar/konsumen. Oleh karena itulah, pemurnian gas dari CO₂ menjadi salah satu proses yang penting dalam kilang pengolahan.

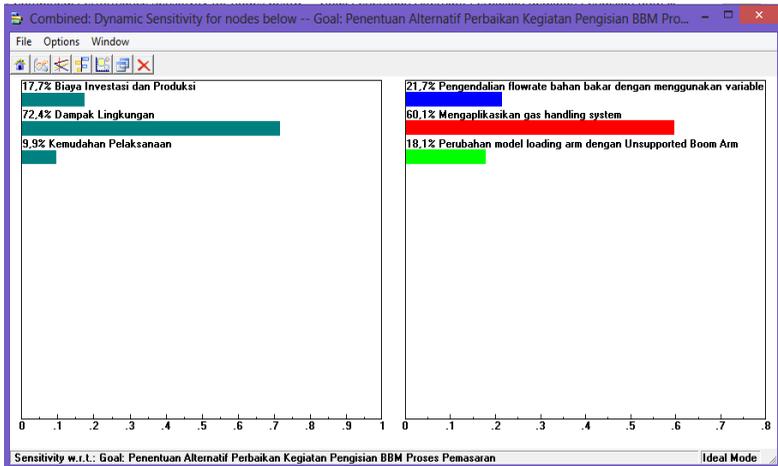
Beberapa teknologi telah digunakan dalam proses pemisahan CO₂ dari gas alam, salah satunya adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan metode yang paling umum dipakai karena memiliki konsep yang lebih sederhana dan juga ekonomis. Proses adsorpsi yang paling berperan adalah adsorben.

Salah satu bahan adsorben yang dapat mengurangi CO₂ pada yaitu zeolite. Zeolite adalah adsorbent yang unik, karena memiliki ukuran pori yang sangat kecil dan seragam jika dibandingkan dengan adsorbent yang lain. Dalam keadaan normal ruang hampa dalam kristal zeolite terisi oleh molekul air yang berada disekitar kation. Bila zeolite dipanaskan maka air tersebut akan keluar. Zeolite yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan (Khairinal, 2000).

Menurut Weitkamp dan Puppe (1999), zeolite memiliki kemampuan untuk meningkatkan konsentrasi oksigen terutama jenis mordenit. Struktur zeolite juga dapat melakukan adsorpsi dan absorpsi terhadap senyawa CO₂ dengan kemampuan penyerapan zeolite terhadap gas – gas tersebut sampai 25 % (Sutarti dan Rachmawati, 1994). Zeolite memiliki kemampuan untuk meningkatkan kemurnian gas atmosfer karena mampu menyerap semua gas pengotor utama yaitu CO₂ namun tidak menyerap gas utama yang ingin dimurnikan (Wahono, 2008).

4.7.3.3 Konsistensi Logis Hasil Analisa Proses Pemasaran

Penilaian yang dilakukan pada proses pengolahan dihasilkan dari hasil penyebaran kuisioner ke 5 orang. Penilaian yang dihasilkan terdiri dari 2 proses, yakni penentuan kriteria yang berdampak paling penting untuk menentukan alternatif terbaik. Dari kriteria terpenting ini, maka dihasilkan alternatif terbaik dari alternatif yang dinilai paling penting oleh responden. Berikut adalah hasil penilaiannya.



Gambar 4.78 Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Pemasaran

Dari Gambar 4.60 dapat diketahui bahwa dampak lingkungan berperan sebagai kriteria paling penting dengan prosentase sebesar 72,4%. Hal ini dikarenakan dampak lingkungan merupakan kriteria yang mewakili dari tujuan yang ingin dicapai, yakni mencari alternatif terbaik guna mereduksi emisi.

Dengan kriteria dampak lingkungan, alternatif *gas handling system* merupakan alternatif terbaik yang dipilih responden dengan nilai prosentase sebesar 60,1%, disusul dengan pengendalian *flowrate* dan terakhir adalah perubahan model *loading arm*. Berikut adalah hasil ulasan dari masing – masing alternatif dilihat dari keseluruhan kriteria yang diteliti pada Tabel 4.51.

Tabel 4.5455 Analisa Alternatif Terbaik Proses Pemasaran

Alternatif	Kriteria			Kerugian
	Biaya	Lingkungan	Pelaksanaan	
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD)	Biaya investasi yang dikeluarkan meliputi pembelian alat <i>speed driver</i> . Biaya serta manfaat dari kegiatan ini hampir sama.	Perubahan dampak lingkungan yang terjadi tidak banyak. Hal ini dikarenakan pengendalian <i>flowrate</i> hanya meningkatkan tingkat kedisiplinan sehingga kegiatan berjalan efisien	Pelaksanaan mudah, dengan pembelian alat. Namun pada operasional, pengendalian <i>flowrate</i> tidak cocok dikarenakan belum tepat. .	Penurunan dampak lingkungan yang direduksi kecil
Mengaplikasikan <i>gas handling system</i>	Biaya yang dikeluarkan jauh lebih kecil dibandingkan dengan manfaat yang akan dihasilkan. Hal ini dikarenakan hanya membutuhkan biaya untuk pembelian <i>digital valve controller</i> .	Perubahan dampak lingkungan yang terjadi sangat besar. Hal ini dikarenakan emisi yang keluar akan ditangkap seluruhnya menggunakan <i>valve</i> yang nantinya akan dikomersilkan melalui SPBG	Pelaksanaan mudah, dengan memasang alat saat kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi.	-
Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i>	Biaya yang dikeluarkan tidak sebanding dengan penurunan emisi yang direduksi	Perubahan dampak lingkungan yang terjadi adalah jumlah emisi menurun akibat emisi yang dikeluarkan saat pengisian kecil. Hal ini dikarenakan waktu pengisian lebih cepat.	Pembelian jenis model <i>loading arm</i> membutuhkan biaya dan waktu yang lama.	Biaya yang dikeluarkan lebih besar dibandingkan manfaat

Sumber: Hasil Analisa

Dengan hasil analisa pada Tabel 4.51, maka dapat dikatakan bahwa alternatif mengaplikasikan *gas handling system* merupakan alternatif terbaik untuk mereduksi emisi dari kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi proses pemasaran.

Setelah mengetahui bahwa kegiatan pengisian BBM jenis premium ke alat transportasi memiliki beban lingkungan, dilakukan diskusi dengan pihak proses pemasaran. Pihak proses pemasaran menceritakan bahwa kegiatan tersebut berlangsung dengan cara dimana alat transportasi akan menunggu untuk kapasitas transportasi penuh dengan BBM. Pada saat kegiatan, timbullah gas buang berupa emisi *fugitive* dari proses tersebut melalui pipa. Dengan hadirnya emisi tersebut, pihak pemasaran hanya mengumpulkan emisi tersebut menjadi satu dan langsung dibuang menuju cerobong tanpa adanya pengendalian emisi.

Berangkat dari permasalahan tersebut, mengaplikasikan *gas handling system* merupakan alternatif terbaik yang dipilih untuk mereduksi emisi pada kegiatan ini. *Gas handling system* merupakan sistem penanganan gas yang digunakan untuk bongkar muat gas. Sistem ini bertujuan untuk memaksimalkan efisiensi penyimpanan kargo gas.

Pada sistem ini pula, nantinya sistem *loading* dari kegiatan ini akan dilakukan pengkompresan serta pendinginan dari gas buangnya. Dengan adanya perlakuan diatas, maka akan meningkatkan rasio gas. Semakin banyak gas yang terbentuk, maka akan lebih menguntungkan karena gas yang terbentuk dapat dikomersilkan.

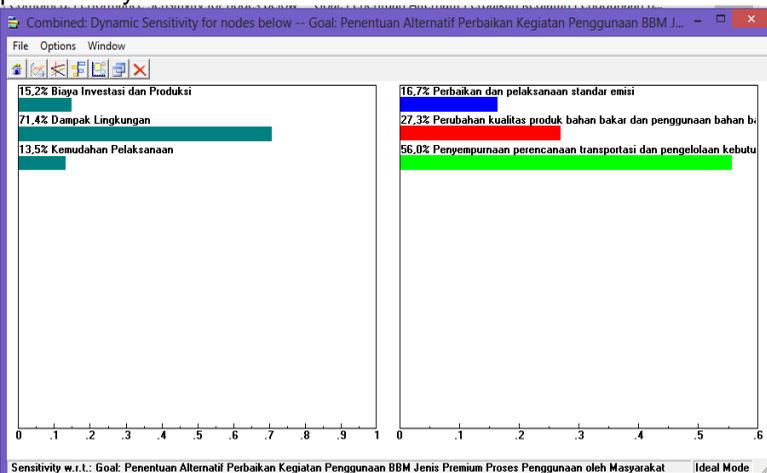
Sesaat gas sudah dihasilkan, dilakukan pembongkaran gas dengan cara dicampurkan dengan cairan (etilena glikol) dan dipompa ke dalam sistem penahanan. Selain itu dilakukan pengaturan sistem dengan menggeser gas pada tekanan dan suhu konstan.

Proses ini dilakukan secara loop tertutup dan dilakukan secara berurutan dari kelompok tangki ke kelompok tangki, sehingga meminimalkan jumlah persediaan air etilen glikol yang dibutuhkan sampai tingkat sekitar 8-10% dari kapasitas sistem penahanan total.

Keuntungan dari sistem ini adalah, selain dapat dikomersilkan menjadi SPBG juga dapat menjaga integritas kualitas gas pada saat pengiriman.

4.7.3.4 Konsistensi Logis Hasil Analisa Proses Penggunaan oleh Masyarakat

Penilaian yang dilakukan pada proses pengolahan dihasilkan dari hasil penyebaran kuisioner ke 5 orang. Penilaian yang dihasilkan terdiri dari 2 proses, yakni penentuan kriteria yang berdampak paling penting untuk menentukan alternatif terbaik. Dari kriteria terpenting ini, maka dihasilkan alternatif terbaik dari alternatif yang dinilai paling penting oleh responden. Berikut adalah hasil penilaiannya



Gambar 4.79 Hasil Analisa Alternatif Terbaik Untuk Mereduksi Emisi pada Proses Penggunaan oleh Masyarakat

Dari Gambar 4.61 dapat diketahui bahwa dampak lingkungan berperan sebagai kriteria paling penting dengan prosentase sebesar 71,4%. Hal ini dikarenakan dampak lingkungan merupakan kriteria yang mewakili dari tujuan yang ingin dicapai, yakni mencari alternatif terbaik guna mereduksi emisi.

Dengan kriteria dampak lingkungan, alternatif penyempurnaan transportasi merupakan alternatif terbaik yang dipilih responden dengan nilai prosentase sebesar 56%, disusul dengan perubahan kualitas produk dan terakhir adalah perbaikan dan pelaksanaan standar emisi. Berikut adalah hasil ulasan dari masing – masing alternatif dilihat dari keseluruhan kriteria yang diteliti pada Tabel 4.52.

Tabel 4.56 Analisa Alternatif Terbaik Proses Penggunaan oleh Masyarakat

Alternatif	Kriteria			Kerugian
	Biaya	Lingkungan	Pelaksanaan	
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Tidak ada biaya tambahan langsung bagi pemerintah dikarenakan biaya diteruskan kepada pemilik kendaraan	Berkurangnya polusi udara dan emisi CO ₂ karena kendaraan yang masuk ke pasaran lebih bersih	Memerlukan mekanisme pelaksanaan serta jaminan kualitas dan audit yang diperlukan untuk mencegah korupsi	Pelaksanaan tidak mudah dikarenakan membutuhkan bantuan berbagai pihak
Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	Investasi mahal tetapi manfaatnya melebihi biaya serta membutuhkan insentif ekonomi untuk mendorong penggunaannya	Berkurangnya emisi GRK & polutan konvensional secara signifikan dengan cara adanya teknologi kendaraan hemat bahan bakar masuk ke pasar	Pelaksanaannya memerlukan harmonisasi standar bahan bakar dengan harmonisasi standar emisi. Sehingga dengan melakukan perubahan kualitas, maka terjadilah perbaikan standar emisi	Biaya investasi yang mahal serta pelaksanaan tidak mudah dilakukan
Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	Membutuhkan insentif pajak, subsidi, kebijakan penetapan harga	Berkurangnya polusi udara konvensional dan emisi CO ₂	Dalam pelaksanaannya membutuhkan pendekatan terpadu serta kemauan politik yang signifikan dan kapasitas teknis yang dibutuhkan	-

Sumber: Hasil Analisa

Dengan hasil analisa pada Tabel 4.52, maka dapat dikatakan bahwa alternatif penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas merupakan alternatif terbaik untuk mereduksi emisi dari kegiatan penggunaan BBM jenis premium pada proses penggunaan oleh masyarakat. Hasil analisa juga menunjukkan bahwa jika ingin mengurangi emisi dari kegiatan penggunaan premium, maka alternatif terbaik adalah mendorong pemerintah untuk melakukan penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas. Alternatif yang terpilih berkaitan erat guna mengurangi permasalahan transportasi yang berujung pada pemakaian premium juga. Permasalahan akibat terbatasnya prasarana transportasi yang ada, sudah ditambah dengan permasalahan yang lain seperti terbatasnya sumber daya, khususnya dana, kualitas dan kuantitas data yang berkaitan dengan transportasi membuat permasalahan transportasi menjadi semakin parah. Kota dengan jumlah penduduk lebih dari satu atau dua juta jiwa, pasti mempunyai permasalahan transportasi, sehingga permasalahan transportasi tidak dapat dihindarkan.

Dengan adanya permasalahan transportasi, maka hadir adanya *transport demand* dari masyarakat dimana merupakan kebutuhan akan pelayanan transportasi bersifat sangat kualitatif dan mempunyai cara yang berbeda-beda sebagai fungsi dari waktu, tujuan perjalanan, frekuensi, jenis kargo (muatan) yang diangkut, dan lain-lain.

Disamping itu, terdapat pula *transport supply* berupa penyediaan transportasi yakni prasarana transportasi. Ciri utama prasarana transportasi adalah melayani pengguna (user) dan harus dapat digunakan di mana saja dan kapan saja. Dengan demikian penting untuk diketahui secara tepat dan akurat besarnya kebutuhan akan transportasi di masa mendatang, sehingga dapat dihemat sumber daya dengan mengatur atau mengelola prasarana transportasi yang dibutuhkan.

Secara umum dapat dikatakan, bahwa peran dari perencanaan transportasi adalah untuk dapat memastikan, bahwa kebutuhan akan pergerakan dalam bentuk pergerakan manusia, barang, atau kendaraan, dapat ditunjang oleh sistem prasarana transportasi yang harus beroperasi di bawah kapasitasnya.

BAB 5

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat ditarik dari penelitian ini adalah:

1. Proses eksplorasi dan produksi yang menghasilkan emisi adalah proses *drilling, gathering station, glycol dehydration*, penimbunan, dan *shipping*. Proses pengolahan meliputi *primary process* (menggunakan *crude oil unit*), *secondary process, finishing product process*, serta *shipping*. Proses pemasaran meliputi penerimaan melalui sistem perpipaan, penimbunan, pengisian BBM ke alat transportasi, serta pendistribusiannya. Sedangkan pada proses penggunaan, proses penghasil emisi merupakan jumlah bahan bakar yang dikonsumsi pengguna.
2. Kuantitas beban emisi yang dihasilkan pada masing – masing proses berbeda, dimana parameter yang dikeluarkan juga berbeda. Pada proses eksplorasi dan produksi, mengeluarkan emisi berupa CO₂ sebesar 1,95 ton CO₂/ton produk dan CH₄ sebesar 0,725 ton CH₄/ton produk untuk memproduksi hidrokarbon (*crude oil*) sebesar 2412,6 ton/tahun. Pada proses pengolahan hanya memproduksi bensin jenis premium sebesar 796329 ton/tahun menghasilkan emisi CO₂ 1,009 ton CO₂/ton, CH₄ 4×10^{-5} ton CH₄/ton produk, SO₂ $1,3 \times 10^{-4}$ ton SO₂/ton produk, serta NO₂ 2×10^{-4} ton NO₂/ton produk. Pada proses pemasaran memproduksi bensin jenis premium dan pertamax sebesar 55356,4 ton dimana menghasilkan emisi CO₂ sebesar 11,04 ton CO₂/ton produk dan CH₄ sebesar $3,5 \times 10^{-5}$ ton CH₄/ton produk. Pada proses penggunaan menghasilkan emisi CO₂ sebesar 2,4 ton CO₂/ton produk dan CH₄ sebesar 0,001 ton CH₄/ton produk untuk produk premium dan pertamax.
3. Pemilihan alternatif berdasarkan dengan kriteria yang telah ditentukan, yakni biaya investasi dan produksi, dampak

lingkungan, serta kemudahan dalam pelaksanaan. Dari hasil pembobotan kriteria dengan beberapa alternatif yang diajukan, didapatkan alternatif terbaik. Alternatif yang diberikan pada proses eksplorasi dan produksi adalah pemanfaatan gas buang sebagai *fuel* pompa. Sedangkan pada proses pengolahan adalah adsorpsi CO₂ dengan adsorban zeolit dan pengaplikasian *gas handling system* pada proses pemasaran. Pada penggunaan menggunakan program pemerintah sebagai alternatifnya, yakni penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas.

5.2 Saran

Dari penelitian ini dapat diberikan saran yang diharapkan bermanfaat bagi penelitian selanjutnya antara lain sebagai berikut:

1. Perlunya keterkaitan semua pihak untuk menjamin ketersediaan data yang lengkap untuk seluruh proses kegiatan. Data yang lengkap berupa data bahan baku, data pemakaian energi, serta beban emisi yang dilepaskan.
2. Perlu dilakukan penelitian mengenai LCA untuk produk – produk dan material lain untuk membangun *database inventory* Indonesia. Sehingga akan diperoleh LCA yang benar – benar detail dan sesuai dengan kondisi industri di Indonesia.
3. Perlu dilakukan pencarian alternatif tidak hanya berdasarkan keefektifan mereduksi emisi, melainkan juga terhadap *profit* yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan *profit* merupakan salah satu tingkat kemakmuran suatu industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, A. 2007. *Aplikasi Software SimaPro 5.0 sebagai Alat Prediksi Reduksi Pencemar Lingkungan (Studi Kasus PT Semen Gresik Tbk.)*. Jurnal ITS. Surabaya
- Alemi, M., et al. 2010. *A prediction to the best artificial lift method selection on the basis of TOPSIS model*. Journal of Petroleum and Gas Engineering Vol. 1(1), pp 009-015.
- Andardini, Puri. 2010. *Pemurnian biogas dengan proses adsorpsi CO₂*. S2 Magister Sistem Teknik UGM. Universitas Gadjah Mada.
- Aube, F. 2001. *Guide for computing CO₂ emissions Related to energy use*. Research Scientist, CANMET Energy Diversification Research Laboratory. USA
- Anonim. 2010. *Laporan Teknis: Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi Sektor Transportasi*. Dewan Nasional Perubahan Iklim.
- Bruijn, et al. 2002. *Handbook on Life Cycle Assessment*. Kluwer Acafemic Publisher: New York.
- Budianto, W. 2008. *Analisis Hubungan Kualitas Udara Ambien Dengan Kejadian Penyakit ISPA*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Darmanto, Eko, et al. 2014. *Penerapan Metode AHP (Analytical Hierarchy Process) Untuk Menentukan Kualitas Gula Tumbu*. Jurnal SIMETRIS, Vol. 5 No. 1, 75-82.
- EPA. 2006. *Life Cycle Assesment: Principles and Practice*.
- EPA. 2011. *Methane Sources*.
- Febriana, Eni. 2011. *Kalsinasi Dolomit Lamongan Untuk Pembuatan Kalsium-Magnesium Oksida sebagai Bahan Baku Kalsium dan Magnesium Karbonat Presipitat*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Hermawan, et al. 2013. *Peran Life Cycle Analysis (LCA) Pada Material Konstruksi dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida Pada Efek Gas Rumah Kaca*. Universitas Sebelas Maret (UNS) . Surakarta.
- ICCSR. 2010. *Roadmap Perubahan Iklim Sektor Kesehatan*. Jakarta.
- Ikatan Ahli Teknik Perminyakan Indonesia. 2015. *Jurnal Teknologi Minyak dan Gas Bumi*. Volume 9 Nomor 3 Desember 2015

- Indra. 2007. *Karakteristik Minyak Bumi Faktor – Faktor yang Mempengaruhi serta Hubungannya dengan Stratigrafi*. Jurnal Publikasi Minyak dan Gas Bumi Volume 11 No 2.
- IPCC. 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Chapter 3: Mobile Combustion*.
- Iqro, M., et al. 2012. *Kajian Perencanaan Gas Handling System dan Transportation System: Studi Kasus Distribusi di Bali*. Jurnal Teknik ITS Volume 1, No. 1.
- Ismayanti, et al. 2011. *Kajian Emisi CO₂ Menggunakan Persamaan Mobile 6 dan Mobile Combustion dari Sektor Transportasi di Kota Surabaya*. Surabaya : Jurusan Teknik Lingkungan FTSP-ITS.
- Ivan. 2012. *Model Dinamika Sistem Pasokan dan Distribusi pada Gangguan Pendistribusian BBM PT Pertamina Padang*. Jurnal Optimasi Sistem Industri Vol. 11 No. 2, 243-252.
- Kautzar, Galuh Zuhria., et al. 2015. *Analisis Dampak Lingkungan pada Aktivitas Supply Chain Produk Kulit Menggunakan Metode LCA dan ANP*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, Vol. 3 No. 1, 200-211.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2013. *Kajian Inventarisasi Emisi Gas Rumah Kaca Sektor Energi*. Jakarta.
- Kementerian Keuangan. 2015. *Instrumen Fiskal untuk pengontrolan Limbah Industri Minyak dan Gas di Indonesia*. Jakarta.
- Khairinal, Trisunaryanti, W. 2000. *Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan asam dan Proses Hidrotermal*. Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII. Yogyakarta.
- Kusmaningrum, Nanny dan Gunawan, G. 2008. *Polusi Udara Akibat Aktivitas Kendaraan Bermotor di Jalan Perkotaan Pulau Jawa dan Bali*. Pusat Litbang Jalan dan Jembatan. Bandung.
- Laporan Teknis Peluang dan Kebijakan Pengurangan Emisi. 2010.
- Lestari, Endang. 2009. *Analisa Sistem Pendukung Keputusan Untuk Proses Kenaikan Jabatan Pada PT X*. Jurnal Sistem Informasi Vol. 1 No.3, 1-11.

- Lehtinen *et al.* 2011. *Review of LCA Tools*. Eurpoe Innova Eco Inovation Biochem.
- Mantra, 2010. *Pengembangan LPG Plant di Lapangan X – Sumatera Selatan*. Magister Fakultas Teknik Kimia. Universitas Indonesia.
- Nasution, Siti Rohana. 2013. *Proses Hirarki Analitik dengan Expert Choise 2000 untuk Menentukan Fasilitas Pendidikan yang Diinginkan Konsumen*. Jurnal Teknik FTUP, Vol. 26 No. 2, 68-80.
- Nur, Yusratika., *et al.* 2009. *Inventori Emisi Gas Rumah Kaca (CO₂ dan CH₄) dari Sektor Transportasi di DKI Jakarta Berdasarkan Konsumsi Bahan Bakar*. Bandung : Program Studi Teknik Lingkungan ITB.
- Palupi, Amandha Harnaningtyas, *et al.* 2014. *Evaluasi Dampak Lingkungan Produk Kertas dengan Menggunakan Life Cycle Assesment (LCA) dan Analytical Network Process (ANP) (Studi Kasus: PT X Probolinggo)*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, Vol. 2 No. 5, 1136-1147.
- Peraturan Menteri Energi dan Sumber Daya Mineral No 34 Tahun 2014 tentang Harga Jual Eceran dan Konsumen Pengguna Jenis Bahan Bakar Minyak Tertentu.
- Pertamina. 2007. *Kondisi Energi Primer (Minyak dan Gas) Indonesia*. Yogyakarta
- Pertamina. 2015. *Proses Produksi BBM dari Minyak Bumi dan Kilang – Kilang BBM Pertamina*. Jakarta.
- Prasetyo, Y. *et al.* 2011. *Pengendalian Flowrate Bahan Bakar dengan Menggunakan Variable Speed Driver (VSD) di PT Pertamina UPMS IV Instalasi Pengampon Semarang*. Makalah Seminar Kerja Praktek.
- Pre. 2014. *All About SimaPro 8*. <URL: <https://www.pre-sustainability.com/>>
- Pringgajaya, *et al.* 2012. *Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP) untuk Pengembangan Produk Hetric Lamp yang Ramah Lingkungan*. Jurnal Teknik ITS Vol. 1 No. 1, 515-520.
- Purwatiningsih, Annisa, dan Masykur. 2012. *Eksplorasi dan Eksploitasi Pertambangan Minyak dan Gas Bumi di Laut Natuna Bagian Utara Laut Yuridikasi Nasional untuk Meningkatkan Kesejahteraan Masyarakat di Kepulauan Natuna*. Jurnal Reformasi, Vol. 2 No. 2, 59-67.

- Putri, et al. 2014. *Evaluasi Dampak Lingkungan Pada Aktivitas Supply Chain Produk Susu KUD Batu dengan Implementasi Life Cycle Assesment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP)*. Jurnal Rekayasa dan Manajemen Sistem Industri, Vol. 2 No. 4, 684-695.
- Rahardjo, et al. 2000. *Penerapan Multi-Criteria Decision Making dalam Pengambilan Keputusan Sistem Perawatan*. Jurnal Teknik Industri Vol. 2 No. 1, 1-12.
- RAN-GRK. 2010. *Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca*. Jakarta.
- Rohman, Taufiqur. 2009. *Model Jaminan Pasokan BBM Bersubsidi Pada Sektor Transportasi dan Rumah Tangga Untuk Penanggulangan Kelangkaan BBM di Bangka Belitung*. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Ratnani, R. D. 2008. *Teknik Pengendalian Pencemaran Udara Yang Diakibatkan oleh Partikel*. Momentum, Vol. 4, No. 2, 27 – 32.
- Saaty, Thomas L. 2008. *Decision Making with The Analytic Hierarchy Process*. International Journal Services Sciences, Vol. 1 No. 1, 83-98.
- Samiaji, Toni. 2011. *Gas CO₂ di Wilayah Indonesia*. Jurnal Komposisi Atmosfer Vol.12 No. 2, 68-75.
- Sandra, Christyana. 2013. *Pengaruh Penurunan Kualitas Udara terhadap Fungsi Paru dan Keluhan Pernafasan pada Polisi Lalu Lintas POLWILTABES Surabaya*
- Santoso, Haryo dan Ronald. 2012. *Rekayasa Nilai dan Analisis Daur Hidup pada Model Alat Potong Kuku dengan Limbah Kayu di CV. Piranti Works*. Jurnal Teknik Industri Universitas Diponegoro, Vol. 7 No.1, 19-26.
- Second National Communication. 2010. *United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC)*. Republic Of Mauritius.
- Setiawati, Apsari., et al. 2015. *Kuantifikasi Emisi Gas CO₂ Ekuivalen pada Konstruksi Jalan Perkerasan Kaku*. Jurnal Karya Teknik Sipil, Vol. 4 No. 1, 83-92.
- Solomon S, Q. D. 2007. *The physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assesment*. Cambridge UK: Cambridge University Press.

- Srikandi, N., dan Driejana. 2009. *Pengaruh Karakteristik Faktor Emisi Terhadap Estimasi Beban Emisi Oksida Nitrogen (NOx) dari Sektor Transportasi*. Faculty of Civil and Environmental Engineering. Bandung : ITB.
- Suarsana, Made dan Wahyuni, Putu Sri. 2011. *Global Warming: Ancaman Nyata Sektor Pertanian dan Upaya Mengatasi Kadar CO₂ Atmosfer*. Jurnal Sains dan Teknologi Vol. 11 No. 1.
- Sulistiyono. 2015. *Kegiatan Usaha Industri Migas Hubungannya dengan Dampak dan Tanggung Jawab Kelestarian Lingkungan Hidup*. Forum Teknologi Vol. 5 No. 2, 23-30.
- Supriyono, et al. 2007. *Sistem Pemilihan Pejabat Struktural dengan Metode AHP*. Seminar Nasional III SDM Teknologi Nuklir. Yogyakarta.
- Sutarti, M dan Rachmawati. 1994. *Zeolit Tinjauan Literatur*. Pusat Dokumentasi dan Informasi LIPI. Jakarta.
- Tapia, M. et al. 2008. *Environmental, Financial and Quality Assessment of Drinking Water Processes at Waternet*. Journal of Cleaner Production Vol. 16, 401-409
- Undang-undang Republik Indonesia No 13 Tahun 2009 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas.
- US EPA. 2004. *Emission Factor*.
- Utina, Ramli. 2009. *Pemanasan Global: Dampak dan Upaya Meminimalisasinya*. Jurnal Saintek Universitas Negeri Gorontalo, Vol. 3, No.03, 1-11.
- Wahono, Satriyo Krido. 2008. *Kajian: Pemanfaatan Zeolit Lokal Gunungkidul – Yogyakarta untuk Optimasi Sistem Biogas*", Prosdiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia 2008, ISSN 1410-5667, Teknik Kimia FTI – ITS Surabaya.
- Weitkamp, J. dan L. Puppe, 1999. *Catalysis and Zeolites Fundamentals and Applications*. SpringerVerlag Berlin Heidelberg, Jerman
- Wiratmaja, I Gede. 2010. *Pengujian Karakteristik Fisika Biogasoline Sebagai Bahan Bakar Alternatif Pengganti Bensin Murni*. Jurnal Ilmiah Teknik Mesin Vol. 4 No.2, 145-154.
- Yancadianti, Khairunnisa Hanan. 2015. *Analisa Pemilihan Green Supplier dengan Metode Analytical Hierarchy Process (AHP) Pada PT X*. Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro. Semarang.

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran1

KUISIONER

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran2-A

KUESIONER PROSES EKSPLORASI DAN PRODUKSI

I. Identitas Responden

Nama :
 Jabatan :
 Tanda Tangan :

II. Petunjuk Pengisian

Kuisisioner ini terdiri dari 2 bagian. Bagian pertama merupakan perbandingan kriteria dan yang kedua adalah perbandingan alternatif berdasarkan kriteria.. Pada setiap pertanyaan, terdapat 3 kriteria/alternatif yang akan dibandingkan untuk mengetahui skala kepentingannya. Beri tanda centang pada kolom skala yang sesuai dengan pendapat Anda. Semakin tinggi angka skala yang dipilih, berarti tingkat kepentingan kriteria tersebut juga semakin besar.

Definisi angka skala :

- 1 : kedua kriteria sama penting
- 3 : kriteria sedikit lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 5 : kriteria lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 7 : kriteria sangat lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 9 : kriteria mutlak lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 2,4,6,8 : nilai tengah

Contoh :

Tabel 1 Contoh Petunjuk Pengisian Penilaian

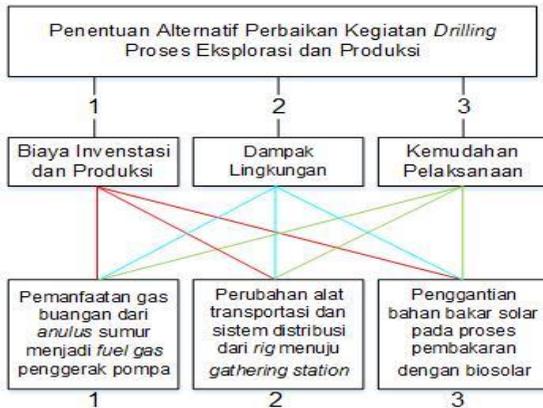
Krite ria	Skala									Skala									Krite ria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1													√						2
Keterangan :																			

Dengan memberi centang pada skala 5 ke arah kriteria 2, berarti dampak lingkungan (kriteria 2) lebih penting dibandingkan dengan biaya investasi dan biaya produksi (kriteria 1). Anda juga dapat memberikan keterangan apabila ingin memberikan justifikasi penilaian pada kolom keterangan. Keterangan dapat

didasarkan pada kondisi eksisting proses eksplorasi dan produksi atau keterbatasan yang dimiliki oleh pengelola dalam mengelola. Setelah melakukan perbandingan kriteria, maka Anda melakukan perbandingan alternatif berdasarkan kriteria.

III. Sekilas Info tentang Hasil Analisa

Pada proses eksplorasi dan produksi, kegiatan *drilling* minyak bumi merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada LCA. Kegiatan *drilling* merupakan kegiatan pengambilan minyak bumi dari perut bumi menggunakan *rig*. Kegiatan *drilling* ini didukung oleh beberapa aspek bangunan seperti pompa, mesin, dan *bit* (ujung alat untuk mengambil minyak bumi). Dalam kegiatannya tidak hanya meliputi pengambilan minyak bumi saja, namun juga meliputi pendistribusian dari tempat *drilling* menuju *gathering station*. Proses pendistribusian ini juga membutuhkan bahan bakar solar sebagai kegiatan pembakarannya. Penggunaan solar inilah yang menyebabkan kegiatan ini memiliki beban lingkungan terbesar pada proses eksplorasi dan produksi, dalam bentuk *impact ozone depletion*. Hal ini dikarenakan hasil produk pembakaran solar yakni CO berpengaruh terhadap kerusakan lapisan ozon. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif perbaikan yang terbaik berdasarkan kriteria. Berikut adalah gambaran mengenai hierarkinya.



Gambar 1 Hirarki Penentuan Alternatif Terbaik Proses EP

Tabel 2 Penjelasan Tiap Alternatif

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keterangan
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi <i>fuel gas</i> penggerak pompa	Menggunakan sumber <i>fuel engine pumping unit</i> yang berasal dari jalur pipa gas dan sumur itu sendiri sehingga tidak terdapat gas buang	<ul style="list-style-type: none"> • Lebih ekonomis • Ramah Lingkungan Menjadikan mesin pompa lebih baik dikarenakan kandungan RON pada gas lebih tinggi
Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	Perubahan unit armada transportasi dengan faktor emisi (FE) lebih rendah dan kapasitas yang lebih tinggi	<ul style="list-style-type: none"> • Armada dengan FE lebih rendah akan menghasilkan emisi lebih rendah. • Armada dengan kapasitas tinggi akan memperkecil jumlah <i>trip</i>
Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	Penggantian bahan bakar dengan biosolar	<ul style="list-style-type: none"> • Ramah Lingkungan Menjadikan mesin pompa lebih baik kinerjanya dikarenakan pembakaran relatif bersih <ul style="list-style-type: none"> • Lebih mudah ditransportasikan • Memiliki kerapatan energi per volume yang lebih tinggi

IV. Pertanyaan Kuesioner

1. Perbandingan Kriteria

Pada perbandingan kriteria, terdapat 3 kriteria yang dibandingkan, yakni:

1. Biaya investasi dan produksi
2. Dampak lingkungan
3. Kemudahan pelaksanaan

Manakah kriteria yang lebih penting dalam kegiatan *drilling* :

Tabel 3 Penilaian Perbandingan Kriteria

Kriteria	Skala									Skala									Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																			2
1																			3
2																			3
Keterangan :																			

2. Perbandingan Alternatif

Pada perbandingan alternatif, terdapat 3 alternatif pada masing – masing kriteria. Berikut adalah alternatifnya.

Alternatif 1 = Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi *fuel gas* penggerak pompa

Alternatif 2 = Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari *rig* menuju *gathering station*

Alternatif 3 = Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar

A. Berdasarkan kriteria biaya investasi dan produksi

Tabel 4 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																			2
1																			3
2																			3
Keterangan :																			

B. Berdasarkan kriteria dampak lingkungan

Tabel 5 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																			2
1																			3
2																			3
Keterangan :																			

C. Berdasarkan kriteria dampak kemudahan pelaksanaan

Tabel 6 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																			2
1																			3
2																			3
Keterangan :																			

Saran :

Lampiran3-B KUESIONER PROSES PENGOLAHAN

I. Identitas Responden

Nama :
Jabatan:
Tanda Tangan :

II. Petunjuk Pengisian

Kuisisioner ini terdiri dari 2 bagian. Bagian pertama merupakan perbandingan kriteria dan yang kedua adalah perbandingan alternatif berdasarkan kriteria.. Pada setiap pertanyaan, terdapat 3 kriteria/alternatif yang akan dibandingkan untuk mengetahui skala kepentingannya. Beri tanda centang pada kolom skala yang sesuai dengan pendapat Anda. Semakin tinggi angka skala yang dipilih, berarti tingkat kepentingan kriteria tersebut juga semakin besar.

Definisi angka skala :

- 1 : kedua kriteria sama penting
- 3 : kriteria sedikit lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 5 : kriteria lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 7 : kriteria sangat lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 9 : kriteria mutlak lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 2,4,6,8 : nilai tengah

Contoh :

Tabel 7 Contoh Petunjuk Pengisian Penilaian

Kriteria	Skala										Skala									Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1		2	3	4	5	6	7	8	9		
1													√						2	
Keterangan :																				

Dengan memberi centang pada skala 5 ke arah kriteria 2, berarti dampak lingkungan (kriteria 2) lebih penting dibandingkan dengan biaya investasi dan biaya produksi (kriteria 1). Anda juga

dapat memberikan keterangan apabila ingin memberikan justifikasi penilaian pada kolom keterangan. Keterangan dapat didasarkan pada kondisi eksisting proses pengolahan atau keterbatasan yang dimiliki oleh pengelola dalam mengelola. Setelah melakukan perbandingan kriteria, maka Anda melakukan perbandingan alternatif berdasarkan kriteria.

III. Sekilas Info tentang Hasil Analisa

Pada proses pengolahan, kegiatan *primary process* unit CDU merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada sub bab 4.5.4.2. Kegiatan *primary process* unit CDU merupakan kegiatan yang bertujuan untuk memisahkan campuran hidrokarbon yang terdapat di *crude oil* menjadi fraksi-fraksi yang diinginkan.

Pemisahan hidrokarbon sesuai fraksi yang diinginkan dipisah berdasarkan perbedaan nilai titik didihnya. Proses ini disebut distilasi bertingkat. Untuk mendapatkan produk akhir sesuai dengan yang diinginkan, maka sebagian hasil dari distilasi bertingkat perlu diolah lebih lanjut melalui proses konversi, pemisahan pengotor dalam fraksi, dan pencampuran fraksi.

Kegiatan *primary process* memiliki beban lingkungan terbesar pada proses pengolahan, dalam bentuk *impact global warming*. Hubungan pembebanan ini dengan *impact global warming* dikarenakan oleh emisi yang dikeluarkan dari unit ini merupakan gas CO₂ dan CH₄ yang termasuk dalam gas rumah kaca.

Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif perbaikan yang terbaik berdasarkan kriteria. Berikut adalah gambaran mengenai hierarkinya.



Gambar 2 Hirarki Penentuan Alternatif Terbaik Proses Pengolahan

Tabel 8 Penjelasan Tiap Alternatif

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keterangan
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR) (*)	Pengambilan minyak bumi dengan menginjeksikan gas CO ₂ untuk mempermudah pengambilan minyak bumi secara efisien.	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan gas CO₂ terhadap EOR dapat mengurangi gas CO₂ di atmosfer sehingga fenomena <i>global warming</i> dapat direduksi CO₂ mudah larut dalam minyak bumi namun sulit larut pada air. Oleh karena itu, pengambilan minyak bumi dapat berlangsung efisien
Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah CaO.(**)	<ul style="list-style-type: none"> Proses dekomposisi merupakan proses penambahan gas CO₂ ke dalam kapur mentah sehingga menjadi CaCO₃ yang menghasilkan batu kapur 	<ul style="list-style-type: none"> Merupakan salah satu pembersihan gas CO₂ di atmosfer Hasil dekomposisi dapat digunakan sebagai pupuk dolomit guna meningkatkan pH tanah
Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit. (***)	Pada proses adsorpsi digunakan zeolit sebagai adsorbennya karena zeolit mempunyai kapasitas adsorpsi yang cukup tinggi terhadap gas CO ₂	<ul style="list-style-type: none"> Sebagai salah satu cara untuk mengurangi kadar CO₂ adalah dengan memanfaatkan zeolit alam sebagai media penjerap atau adsorben CO₂.

IV.Pertanyaan Kuesioner

3. Perbandingan Kriteria

Pada perbandingan kriteria, terdapat 3 kriteria yang dibandingkan, yakni:

1. Biaya investasi dan produksi
2. Dampak lingkungan
3. Kemudahan pelaksanaan

Tabel 9 Penilaian Perbandingan Antar Kriteria

Kriteria	Skala									Skala									Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	
Keterangan :																			

4. Perbandingan Alternatif

Pada perbandingan alternatif, terdapat 3 alternatif pada masing – masing kriteria. Berikut adalah alternatif yang dimaksud:

Alternatif 1 = Pemanfaatan gas CO₂ untuk membantu proses *enhanced oil recovery* (EOR)

Alternatif 2 = Kalsinasi dengan reaksi lambat gas CO₂ dengan batu kapur

Alternatif 3 = Adsorpsi CO₂ dengan adsorban zeolit.

A. Berdasarkan kriteria biaya investasi dan produksi

Tabel 10 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya

Alternatif	Skala									Skala									Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	
Keterangan :																			

B. Berdasarkan kriteria dampak lingkungan

Tabel 11 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan

Alternatif	Skala									Skala									Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	
Keterangan :																			

C. Berdasarkan kriteria dampak kemudahan pelaksanaan

Tabel 12 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Alternatif	Skala									Skala									Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	
Keterangan :																			

Saran :

Lampiran4-C
KUESIONER PROSES PEMASARAN

I. Identitas Responden

Nama :

Jabatan:

Tanda Tangan :

II. Petunjuk Pengisian

Kuisisioner ini terdiri dari 2 bagian. Bagian pertama merupakan perbandingan kriteria dan yang kedua adalah perbandingan alternatif berdasarkan kriteria.. Pada setiap pertanyaan, terdapat 3 kriteria/alternatif yang akan dibandingkan untuk mengetahui skala kepentingannya. Beri tanda centang pada kolom skala yang sesuai dengan pendapat Anda. Semakin tinggi angka skala yang dipilih, berarti tingkat kepentingan kriteria tersebut juga semakin besar.

Definisi angka skala :

1 : kedua kriteria sama penting

3 : kriteria sedikit lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

5 : kriteria lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

7 : kriteria sangat lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

9 : kriteria mutlak lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

2,4,6,8 : nilai tengah

Contoh :

Tabel 13 Contoh Petunjuk Pengisian Penilaian

Krite ria	Skala									Skala									Krite ria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1													√					2	
Keterangan :																			

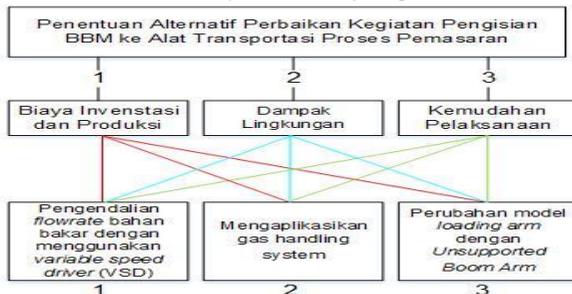
Dengan memberi centang pada skala 5 ke arah kriteria 2, berarti dampak lingkungan (kriteria 2) lebih penting dibandingkan dengan biaya investasi dan biaya produksi (kriteria 1). Anda juga

dapat memberikan keterangan apabila ingin memberikan justifikasi penilaian pada kolom keterangan. Keterangan dapat didasarkan pada kondisi eksisting proses pemasaran atau keterbatasan yang dimiliki oleh pengelola dalam mengelola. Setelah melakukan perbandingan kriteria, maka Anda melakukan perbandingan alternatif berdasarkan kriteria.

III. Sekilas Info tentang Hasil Analisa

Pada proses pemasaran, kegiatan pengisian BBM ke alat transportasi merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada sub bab 4.5.4.3. Kegiatan ini merupakan pemindahan BBM dari tanki penimbunan menuju ke proses pendistribusian. Pengisian BBM ke alat transportasi ini membutuhkan bantuan mesin *tugboat* dan jenset *tugboat* dengan bahan bakar solar sebagai bahan bakarnya. Pengisian inilah yang berperan paling besar terhadap beban lingkungan. Kegiatan ini menimbulkan *ozone depletion* sebesar 7,55 mPt .

Pengisian ke alat transportasi dibagi menjadi 2, yakni pengisian ke mobil tanki/RTW di *filling sheed* dan loading ke tanker. Pengisian BBM ke dalam mobil tanki dilakukan pada *filling shed*, yakni dengan memompa BBM dan tanki timbun melalui sistem perpipaan dalam bangsal pengisian dan selanjutnya dimasukkan ke truk tanki dengan *loading arm* melalui *manhole* yang ada di atas truk. Sedangkan pada kapal tanker, dilakukan melalui sistem perpipaan dari tanki timbun. Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif perbaikan yang terbaik.



Gambar 3 Hirarki Penentuan Alternatif Terbaik Proses Pemasaran

Tabel 14 Penjelasan Tiap Alternatif

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keterangan
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD) (*)	VSD atau Variable Speed Drive adalah suatu alat kontrol yang digunakan untuk mengatur kecepatan putar dari sebuah motor AC agar dapat berputar dengan kecepatan yang diinginkan.	<ul style="list-style-type: none"> Dapat mengatur kecepatan motor pompa agar laju aliran fluida juga bisa diatur sehingga saat pengisian bahan bakar ke mobil tangki tidak terjadi eror Berfungsi untuk mengontrol nilai frekuensi dari sinyal tegangan output AC yang keluar dari VSD.
Mengaplikasikan <i>gas handling system</i> (**)	Melakukan pengecekan pengaturan gas yang ada di alat transportasi dengan <i>digital control valve</i>	<ul style="list-style-type: none"> Gas yang telah ditampung dapat dikomersilkan melalui SPBG Dapat mereduksi emisi
Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i> (***)	Melakukan perubahan bentuk <i>loading arm</i> menjadi yang lebih baik dikarenakan spesifikasi yang lebih bagus	<ul style="list-style-type: none"> Dapat mengangkut produk dengan ukuran besar dan berat sehingga jumlah pengangkatan tidak membutuhkan waktu yang lama Cocok untuk pengangkatan produk menuju truk tanki yang dilengkapi dengan <i>flange</i>

IV.Pertanyaan Kuesioner

1. Perbandingan Kriteria

Pada perbandingan kriteria, terdapat 3 kriteria yang dibandingkan, yakni:

1. Biaya investasi dan produksi
2. Dampak lingkungan
3. Kemudahan pelaksanaan

Tabel 15 Penilaian Perbandingan Antar Kriteria

Kriteria	Skala									Skala									Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																			2
1																			3
2																			3
Keterangan :																			

2. Perbandingan Alternatif

Pada perbandingan alternatif, terdapat 3 alternatif pada masing – masing kriteria. Berikut adalah alternatifnya.

Alternatif 1 = Pengendalian *flowrate* bahan bakar dengan menggunakan *variable speed driver (VSD)*

Alternatif 2 = Perubahan sistem dengan *new gatry system*

Alternatif 3 = Perubahan model *loading arm* dengan *Unsupported Boom Arm*

A. Berdasarkan kriteria biaya investasi dan produksi

Tabel 16 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	

Keterangan :

B. Berdasarkan kriteria dampak lingkungan

Tabel 17 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	

Keterangan :

C. Berdasarkan kriteria dampak kemudahan pelaksanaan

Tabel 18 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Kemudahan Pelaksanaan

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	

Keterangan :

Saran :

Lampiran5-D

KUESIONER PROSES PENGGUNAAN OLEH MASYARAKAT

I. Identitas Responden

Nama :
Jabatan :
Tanda Tangan :

II. Petunjuk Pengisian

Kuisisioner ini terdiri dari 2 bagian. Bagian pertama merupakan perbandingan kriteria dan yang kedua adalah perbandingan alternatif berdasarkan kriteria. Pada setiap pertanyaan, terdapat 3 kriteria/alternatif yang akan dibandingkan untuk mengetahui skala kepentingannya. Beri tanda centang pada kolom skala yang sesuai dengan pendapat Anda. Semakin tinggi angka skala yang dipilih, berarti tingkat kepentingan kriteria tersebut juga semakin besar.

Definisi angka skala :

- 1 : kedua kriteria sama penting
- 3 : kriteria sedikit lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 5 : kriteria lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 7 : kriteria sangat lebih penting dibanding kriteria pembandingnya
- 9 : kriteria mutlak lebih penting dibanding kriteria pembandingnya

2,4,6,8 : nilai tengah

Contoh :

Tabel 19 Contoh Petunjuk Pengisian Penilaian

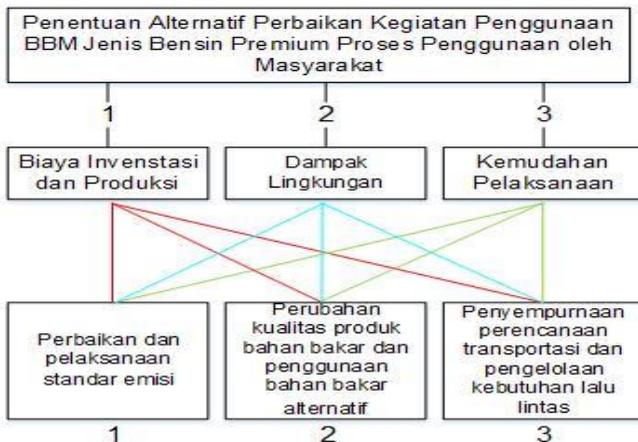
Kriteria	Skala									Skala									Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1													√					2	
Keterangan :																			

Dengan memberi centang pada skala 5 ke arah kriteria 2, berarti dampak lingkungan (kriteria 2) lebih penting dibandingkan dengan biaya investasi dan biaya produksi (kriteria 1). Anda juga dapat memberikan keterangan apabila ingin memberikan justifikasi penilaian pada kolom keterangan. Keterangan dapat didasarkan pada kondisi eksisting proses penggunaan atau keterbatasan yang dimiliki oleh pengelola dalam mengelola. Setelah melakukan perbandingan kriteria, maka Anda melakukan perbandingan alternatif berdasarkan kriteria.

III. Sekilas Info tentang Hasil Analisa

Pada proses penggunaan BBM oleh pengguna, kegiatan penggunaan BBM jenis premium merupakan kegiatan dengan beban lingkungan terbesar, dibuktikan dengan analisa pada LCA. Kegiatan inimerupakan penggunaan BBM jenis premium yang dipakai oleh masyarakat. Penggunaan ini dapat dihitung berdasarkan banyaknya jumlah BBM yang dikeluarkan dari proses pemasaran, *energy content*, dan *emission factor*. Kegiatan ini menimbulkan *global warming* sebesar 378 μ Pt.

Oleh karena itu, diperlukan suatu alternatif perbaikan yang terbaik berdasarkan kriteria. Berikut adalah gambaran mengenai hierarkinya.



Gambar 4 Hirarki Penentuan Alternatif Terbaik Proses Pengguna
Tabel 20 Penjelasan Tiap Alternatif

Kegiatan	Rincian Kegiatan	Keterangan
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi terhadap kendaraan baru dan yang sering digunakan	<ul style="list-style-type: none"> • Dapat mendorong pembelian kendaraan yang lebih bersih dengan memberikan pengurangan pajak kepada pembeli kendaraan • Menjadi dasar inspeksi
Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	<ul style="list-style-type: none"> • Peningkatan standar dan kualitas bahan bakar • Penggunaan bahan bakar alternatif 	<ul style="list-style-type: none"> • Kendaraan solar & bahan bakar berkualitas rendah (berkadar sulfur tinggi) memerlukan perhatian • Menggunakan bahan bakar yang ramah lingkungan
Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	<ul style="list-style-type: none"> • Tata guna lahan dan perencanaan transportasi • Pengelolaan kebutuhan perjalanan • Opsi transportasi massal publik 	Integrasi perencanaan transportasi dan perencanaan kualitas udara

IV. Pertanyaan Kuesioner

1. Perbandingan Kriteria

Pada perbandingan kriteria, terdapat 3 kriteria yang dibandingkan, yakni:

1. Biaya investasi dan produksi
2. Dampak lingkungan
3. Kemudahan pelaksanaan

Tabel 21 Penilaian Perbandingan Antar Kriteria

Kriteria	Skala									Skala									Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																			2
1																			3
2																			3
Keterangan :																			

2. Perbandingan Alternatif

Pada perbandingan alternatif, terdapat 3 alternatif pada masing – masing kriteria. Berikut adalah alternatif yang dimaksud:

Alternatif 1 = Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi

Alternatif 2 = Pengevaluasian produk bahan bakar

Alternatif 3 = Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas

A. Berdasarkan kriteria biaya investasi dan produksi

Tabel 22 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	

Keterangan :

B. Berdasarkan kriteria dampak lingkungan

Tabel 23 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	

Keterangan

C. Berdasarkan kriteria dampak kemudahan pelaksanaan

Tabel 24 Penilaian Perbandingan Alternatif Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Alter natif	Skala									Skala									Alter natif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1																		2	
1																		3	
2																		3	

Keterangan :

Saran :

Lampiran 6

HASIL KUISIONER

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 7-A

Hasil Kuisisioner Proses Eksplorasi dan Produksi

Responden yang diambil pada kuisisioner ini adalah

1. Pak Arie (*Environment Analyst*)
2. Pak M. Rinno (Jr. Reservoir Eng.)
3. Pak Irfan (Reservoir Eng.)
4. Pak Eka Adhi M. (*Environment Manager*)
5. Pak Benecditus Widya (*Environment Staff*)

Petunjuk pembacaan angka pada rekapan hasil kuisisioner adalah sebagai berikut:

Tabel 25 Contoh Pembacaan Hasil Kuisisioner

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden
Biaya	Dampak Lingkungan	3
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	$\frac{1}{5}$

Pada hasil kuisisioner perbandingan berpasangan antar kriteria, perbandingan nilai kriteria biaya dan dampak lingkungan memiliki nilai 3, artinya nilai kriteria biaya memiliki 3 kali nilai lebih penting dibandingkan kriteria lingkungan. Sebaliknya, pada perbandingan kriteria biaya dan kemudahan pelaksanaan bernilai $\frac{1}{5}$, maka kriteria kemudahan pelaksanaan memiliki nilai 5 lebih penting dibandingkan biaya.

Hasil data kuisisioner yang didapatkan dari responden direkap dalam sajian Tabel 26 – Tabel 29 berikut ini.

A. Perbandingan Kriteria

Tabel 26 Hasil Kuisisioner Perbandingan Antar Kriteria Proses EP

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden				
		1	2	3	4	5
Biaya	Dampak Lingkungan	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{8}$
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	$\frac{1}{4}$	7	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{8}$
Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan	1	6	7	3	8

B. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Biaya

Tabel 27 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya Proses EP

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Biaya		Responden				
		1	2	3	4	5
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi fuel gas penggerak pompa	Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	7	2	6	3	9
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi fuel gas penggerak pompa	Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	4	3	3	3	8
Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	$\frac{1}{5}$	4	$\frac{1}{7}$	3	$\frac{1}{8}$

C. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan

Tabel 28 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan Proses EP

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan		Responden				
		1	2	3	4	5
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi fuel gas penggerak pompa	Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	6	3	8	5	7
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi fuel gas penggerak pompa	Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	5	6	4	5	4
Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	$\frac{1}{6}$	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{7}$

D. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Tabel 29 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Kemudahan Pelaksanaan Proses EP

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan		Responden				
		1	2	3	4	5
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi fuel gas penggerak pompa	Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	5	2	8	7	5
Pemanfaatan gas buangan dari sumur menjadi fuel gas penggerak pompa	Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	5	3	4	3	5
Perubahan alat transportasi dan sistem distribusi dari <i>rig</i> menuju <i>gathering station</i>	Penggantian bahan bakar solar pada proses pembakaran dengan biosolar	$\frac{1}{6}$	2	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 8-B
Hasil Kuisisioner Proses Kilang Pengolahan

Responden yang diambil pada kuisisioner ini adalah

1. Pak Arie (*Environment Analyst*)
2. Bu Maharani (*Environment Eng.*)
3. Bu Hasriyani (Jr. Officer Regulation Compliance)
4. Bu Maryani (Jr. Officer Div & Mon)
5. Bu Aldila M. (*Jr. Engineer*)

Petunjuk pembacaan angka pada rekapan hasil kuisisioner adalah sebagai berikut:

Tabel 30 Contoh Pembacaan Hasil Kuisisioner

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden
Biaya	Dampak Lingkungan	3
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	$\frac{1}{5}$

Pada hasil kuisisioner perbandingan berpasangan antar kriteria, perbandingan nilai kriteria biaya dan dampak lingkungan memiliki nilai 3, artinya nilai kriteria biaya memiliki 3 kali nilai lebih penting dibandingkan kriteria lingkungan. Sebaliknya, pada perbandingan kriteria biaya dan kemudahan pelaksanaan bernilai $\frac{1}{5}$, maka kriteria kemudahan pelaksanaan memiliki nilai 5 lebih penting dibandingkan biaya.

Hasil data kuisisioner yang didapatkan dari responden direkap dalam sajian Tabel 31 – Tabel 34 berikut ini.

A. Perbandingan Kriteria

Tabel 31 Hasil Kuisisioner Perbandingan Antar Kriteria Proses Pengolahan

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden				
		1	2	3	4	5
Biaya	Dampak Lingkungan	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	2
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	7	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	5
Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan	6	5	5	5	5

B. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Biaya

Tabel 32 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya Proses Pengolahan

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Biaya		Responden				
		1	2	3	4	5
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR)	Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO)	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	5
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR)	Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit.	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{4}$	5
Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO)	Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit.	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$

C. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan

Tabel 33 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan Proses Pengolahan

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan		Responden				
		1	2	3	4	5
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR)	Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO)	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR)	Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit.	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$
Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO)	Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit.	5	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$

D. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Tabel 34 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Kemudahan Pelaksanaan Proses Pengolahan

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan		Responden				
		1	2	3	4	5
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR)	Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO)	$\frac{1}{5}$	5	5	5	5
Pemanfaatan gas CO ₂ untuk membantu proses <i>enhanced oil recovery</i> (EOR)	Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit.	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$
Dekomposisi reaksi lambat gas CO ₂ dengan kapur mentah (CaO)	Adsorpsi CO ₂ dengan adsorban zeolit.	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 9-C
Hasil Kuisisioner Proses Pemasaran

Responden yang diambil pada kuisisioner ini adalah

1. Pak Arie (*Environment Analyst*)
2. Pak Imran Jamil (*Spv Distribution*)
3. Pak Seno (*Jr. Assisten HSE*)
4. Pak Toni A. (*Jr. Spv Distribution*)
5. Pak Arizky (*Jr. Staff HSE*)

Petunjuk pembacaan angka pada rekapan hasil kuisisioner adalah sebagai berikut:

Tabel 35 Contoh Pembacaan Hasil Kuisisioner

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden
Biaya	Dampak Lingkungan	3
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	$\frac{1}{5}$

Pada hasil kuisisioner perbandingan berpasangan antar kriteria, perbandingan nilai kriteria biaya dan dampak lingkungan memiliki nilai 3, artinya nilai kriteria biaya memiliki 3 kali nilai lebih penting dibandingkan kriteria lingkungan. Sebaliknya, pada perbandingan kriteria biaya dan kemudahan pelaksanaan bernilai $\frac{1}{5}$, maka kriteria kemudahan pelaksanaan memiliki nilai 5 lebih penting dibandingkan biaya.

Hasil data kuisisioner yang didapatkan dari responden direkap dalam sajian Tabel 36 – Tabel 39 berikut ini.

A. Perbandingan Kriteria

Tabel 36 Hasil Kuisisioner Perbandingan Antar Kriteria Proses Pemasaran

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden				
		1	2	3	4	5
Biaya	Dampak Lingkungan	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{7}$
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	5	8	4	8	$\frac{1}{9}$
Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan	4	9	8	9	1

B. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Biaya

Tabel 37 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya Proses Pemasaran

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Biaya		Responden				
		1	2	3	4	5
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD)	Mengaplikasikan <i>gas handling system</i>	$\frac{1}{9}$	7	7	9	8
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD)	Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i>	3	7	7	$\frac{1}{8}$	8
Mengaplikasikan <i>gas handling system</i>	Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i>	4	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$

C. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan

Tabel 38 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan Proses Pemasaran

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan		Responden				
		1	2	3	4	5
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD)	Mengaplikasikan <i>gas handling system</i>	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD)	Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i>	3	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{8}$	2
Mengaplikasikan <i>gas handling system</i>	Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i>	6	8	8	9	8

D. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Tabel 39 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Kemudahan Pelaksanaan Proses Pemasaran

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan		Responden				
		1	2	3	4	5
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD)	Mengaplikasikan <i>gas handling system</i>	$\frac{1}{5}$	8	8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{8}$
Pengendalian <i>flowrate</i> bahan bakar dengan menggunakan <i>variable speed driver</i> (VSD)	Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i>	2	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	8	4
Mengaplikasikan <i>gas handling system</i>	Perubahan model <i>loading arm</i> dengan <i>Unsupported Boom Arm</i>	8	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{8}$	8	8

Halaman ini sengaja dikosongkan

Lampiran 10-D

Hasil Kuisisioner Proses Penggunaan oleh Masyarakat

Responden yang diambil pada kuisisioner ini adalah

1. Pak Arie (*Environment Analyst*)
2. Pak Kukuh S. (KaBid Energi ESDM)
3. Pak Kaemun (KaSi Energi Hilir ESDM)
4. Dinda (Mahasiswa)
5. Andis (Mahasiswa)

Petunjuk pembacaan angka pada rekapan hasil kuisisioner adalah sebagai berikut:

Tabel 40 Contoh Pembacaan Hasil Kuisisioner

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden
Biaya	Dampak Lingkungan	3
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	$\frac{1}{5}$

Pada hasil kuisisioner perbandingan berpasangan antar kriteria, perbandingan nilai kriteria biaya dan dampak lingkungan memiliki nilai 3, artinya nilai kriteria biaya memiliki 3 kali nilai lebih penting dibandingkan kriteria lingkungan. Sebaliknya, pada perbandingan kriteria biaya dan kemudahan pelaksanaan bernilai $\frac{1}{5}$, maka kriteria kemudahan pelaksanaan memiliki nilai 5 lebih penting dibandingkan biaya.

Hasil data kuisisioner yang didapatkan dari responden direkap dalam sajian Tabel 41 – Tabel 44 berikut ini.

A. Perbandingan Kriteria

Tabel 41 Hasil Kuisisioner Perbandingan Antar Kriteria Proses Penggunaan

Perbandingan Berpasangan Antar Kriteria		Responden				
		1	2	3	4	5
Biaya	Dampak Lingkungan	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$
Biaya	Kemudahan Pelaksanaan	5	6	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$
Dampak Lingkungan	Kemudahan Pelaksanaan	4	6	8	8	3

B. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Biaya

Tabel 42 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Biaya Proses Pengguna

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Biaya		Responden				
		1	2	3	4	5
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{4}$	9	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{5}$
Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{4}$	7	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{4}$

C. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan

Tabel 43 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Dampak Lingkungan Proses Pengguna

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Dampak Lingkungan		Responden				
		1	2	3	4	5
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{5}$	3	3	$\frac{1}{5}$
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	1	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{7}$	$\frac{1}{9}$
Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	1	$\frac{1}{5}$	8	$\frac{1}{9}$	$\frac{1}{4}$

D. Perbandingan Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan

Tabel 44 Hasil Kuisisioner Perbandingan Alternatif Kriteria Kemudahan Pelaksanaan Proses Pengguna

Perbandingan Berpasangan Antar Alternatif dengan Kriteria Kemudahan Pelaksanaan		Responden				
		1	2	3	4	5
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	1	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	5	5
Perbaikan dan pelaksanaan standar emisi	Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	3	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{6}$	$\frac{1}{5}$	3
Perubahan kualitas produk bahan bakar dan penggunaan bahan bakar alternatif	Penyempurnaan perencanaan transportasi dan pengelolaan kebutuhan lalu lintas	1	4	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{8}$	$\frac{1}{5}$

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis dengan nama lengkap Harmira Primanda Putri merupakan kelahiran Surabaya pada 22 tahun yang lalu tepatnya 25 April 1995. Penulis mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2001-2007 di SD Hang Tuah X Juanda, Sidoarjo. Kemudian dilanjutkan di SMPN 22 Surabaya pada tahun 2007-2010, sedangkan pendidikan tingkat atas dilalui di SMA Negeri 15 Surabaya dari tahun 2010-2013. Penulis kemudian melanjutkan pendidikan S1 di Jurusan Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, ITS, Surabaya pada tahun 2013 dan terdaftar dengan NRP 3313 100 001. Selama perkuliahan, penulis aktif sebagai panitia di berbagai kegiatan HMTL maupun BEM ITS. Penulis juga aktif sebagai pengurus organisasi di HMTL. Selain di bidang organisasi penulis ikut aktif sebagai asisten praktikum di Laboratorium Pemulihan Air Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS. Berbagai pelatihan dan seminar juga telah diikuti dalam rangka pengembangan diri. Penulis dapat dihubungi via email harmiraputri@gmail.com.