



TUGAS AKHIR – TI 141501

**IMPLEMENTASI *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DAN
ANALYTICAL NETWORK PROCESS (ANP) UNTUK
MANAJEMEN LINGKUNGAN PADA PT. CHAROEN
POKPHAND - KRIAN**

ACHMAD EFFENDI
NRP 2512 100 057

Dosen Pembimbing
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono M. Eng. Sc
NIP.195908171987031002

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016



FINAL PROJECT – TI 141501

**IMPLEMENTATION OF LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA)
AND ANALYTICAL NETWORK PROCESS (ANP) FOR
ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN PT. CHAROEN
POKPHAND - KRIAN**

**ACHMAD EFFENDI
NRP 2512 100 057**

Supervisor
Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono M. Eng. Sc
NIP.195908171987031002

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
Faculty of Industrial Technology
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2016

LEMBAR PENGESAHAN

IMPLEMENTASI *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DAN *ANALYTICAL NETWORK PROCESS* (ANP) UNTUK MANAJEMEN LINGKUNGAN PADA PT. CHAROEN POKPHAND - KRIAN

TUGAS AKHIR

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

Oleh :

ACHMAD EFFENDI
NRP 2512 100 057

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,
Surabaya, Juli 2016



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Udisubakti Ciptomulyono'.

Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono M. Eng. Sc
NIP. 196002231985031002

Halaman ini sengaja dikosongkan

IMPLEMENTASI *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) DAN *ANALYTICAL NETWORK PROCESS* (ANP) UNTUK MANAJEMEN LINGKUNGAN PADA PT. CHAROEN POKPHAND - KRIAN

Nama : Achmad Effendi
NRP : 2512100057
Jurusan : Teknik Industri ITS
Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.

ABSTRAK

Kebutuhan pakan ternak di Indonesia mulai tahun 2005 terus mengalami peningkatan. Hal ini akan memicu persaingan untuk menghasilkan proses produksi yang berkapasitas tinggi namun juga memiliki potensi dampak pencemaran lingkungan. PT. Charoen Pokphand Indonesia-Krian merupakan perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan pakan ternak yang memiliki kapasitas produksi 1 juta ton per tahun. Semakin besar kapasitas produksi maka limbah yang dihasilkan juga akan semakin besar. Dalam upaya mengurangi dampak lingkungan, pada penelitian ini diusulkan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Analytical Network Process* (ANP) untuk manajemen lingkungan. LCA digunakan untuk menilai siklus hidup proses produksi (*cradle to gate*) dari suatu produk. Pada penelitian ini dilakukan pendekatan ANP untuk memprioritaskan alternatif solusi terbaik dengan mempertimbangkan serangkaian kriteria seperti peraturan pemerintah, konsekuensi organisasi, biaya, keandalan teknologi, kemampuan sumber daya manusia dan kemudahan memperoleh *raw material*. Nilai yang dihasilkan dari LCA pada proses produksi pakan ternak ayam *broiler* di PT. Charoen Pokphand Indonesia-Krian yaitu dampak terhadap kualitas ekosistem sebesar 5570 Pt, dampak terhadap kesehatan manusia sebesar 1210 Pt dan dampak terhadap sumber daya sebesar 1150 Pt. Pemilihan alternatif solusi dibantu dengan metode ANP menghasilkan prioritas alternatif penggunaan teknologi *reverse osmosis* dengan bobot 0.3957, penggantian bahan baku *soy bean* dengan bobot 0.3239 dan kolaborasi bahan bakar batu bara cangkang kerang dengan bobot 0.2803.

Kata Kunci: *Life Cycle Assessment* (LCA), *Analytical Network Process* (ANP).

Halaman ini sengaja dikosongkan

IMPLEMENTATION OF LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) AND ANALYTICAL NETWORK PROCESS (ANP) FOR ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN PT. CHAROEN POKPHAND - KRIAN

Name : Achmad Effendi
Student ID : 2512100057
Department : Industrial Engineering ITS
Supervisor : Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M. Eng. Sc.

ABSTRACT

The Fodder needs in Indonesia continue to increase since 2005. This increase not only triggers the competition among companies to own high capacity of production process but also the side effect of environmental pollution. PT. Charoen Pokphand Indonesia-Krian is a company that focus on fodder processing. This company has one million ton capacity per year. The higher the production capacity, the higher pollution will be resulted. In order to decrease the environmental effect, Life Cycle Assessment (LCA) and Analytical Network Process (ANP) method are used in this research for environmental management. LCA is used to identify the production process lifecycle from certain product. In this research, ANP approach is used to prioritize the best alternative solution with considering some criteria like government regulations, organization consequences, cost, technology reliability, human resource capacity, and the easiness to gain raw material. The result from LCA in chicken fodder production process in PT. Charoen Pokphand Indonesia-Krian is 5570Pt for the effect of ecosystem quality, 1210 Pt for human health effect, and 1150 Pt for natural resource effect. Then, the alternative solution is selected using ANP method. The results show that alternative priority using reverse osmosis technology indicates score 0.3957, the soy bean material replacing with score 0.3239 and fuel coal and shells collaboration with score 0.2803.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), Analytical Network Process (ANP).

Halaman ini sengaja dikosongkan

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur kepada Allah atas rahmat dan berkahNya, penulis mendapatkan kelancaran dalam menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini. Shalawat dan salam juga diberikan kepada Nabi Muhammad SAW.

Laporan Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi persyaratan studi Strata-1 Jurusan Teknik Industri Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Selama penyusunan Tugas Akhir ini penulis menerima bantuan dan saran dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Allah Subhanahu wa Ta'ala atas segala rahmat, kelancaran, kesehatan yang diberikan kepada penulis selama penyusunan Laporan Tugas Akhir sehingga penyusunan berjalan dengan lancar;
2. Orang tua penulis, Slamet Siswanto dan Lily Ardiyanti, serta adik-adik penulis yang selalu mendoakan dan mendukung penulis;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Udisubakti Ciptomulyono, M.Eng. Sc. selaku dosen pembimbing penelitian Tugas Akhir yang selama ini memberikan kesempatan berdiskusi, bimbingan dan saran yang membangun sehingga penulis mampu menyelesaikan Tugas Akhir ini;
4. Bapak Nurhadi Siswanto, S.T., MSIE, Ph. D, selaku Ketua Jurusan Teknik Industri ITS;
5. Bapak Dr. Adithya Sudiarno, S.T., M.T., selaku dosen koordinator Tugas Akhir.
6. Bapak Prof. Iwan Vanany, selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan bimbingan dan nasihatnya selama penulis menempuh masa studi di Jurusan Teknik Industri ITS;
7. Bapak H. Hari Supriyanto, Ir., MSIE, dan Bapak Ir. Mokh. Suef, M. Sc selaku penguji Tugas Akhir yang telah memberikan kritik dan saran untuk perbaikan Tugas Akhir ini;
8. Bapak Nanang Prihandoro selaku kordinator Dept. HSE PT Charoen Pokphand Indonesia – Krian selaku pembimbing lapangan yang telah

memberikan bantuan, kesempatan berdiskusi dan belajar selama penulis melaksanakan penelitian di perusahaan;

9. Afham Wahyu Agung, Kresna Kartika S.P., dan Muhammad Ramadhan Asma H. yang selama ini menjaditeman makan dan bertukar pikiran;
10. Teman-teman angkatan 2012 KAVALERI yang setiap saat saling membantu dan mendukung serta telah menjadi keluarga besar penulis selama diperantauan;
11. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu yang telah berpartisipasi dalam penyusunan tugas akhir ini.

Laporan Tugas Akhir ini tidak luput dari kesalahan. Apabila terdapat kesalahan penulis dalam penyusunan laporan ini, penulis memohon maaf. Penulis terbuka dengan segala kritik dan saran yang membangun dari semua pihak demi tersusunnya laporan Tugas Akhir yang lebih baik. Penulis berharap semoga laporan ini bermanfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 2016

Achmad Effendi

DAFTAR ISI

| | |
|---|------|
| LEMBAR PENGESAHAN | i |
| ABSTRAK | iii |
| ABSTRACT | v |
| KATA PENGANTAR | vii |
| DAFTAR ISI | ix |
| DAFTAR TABEL | xi |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN | 1 |
| 1.1 Latar Belakang | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah | 8 |
| 1.3 Tujuan Penelitian | 8 |
| 1.4 Manfaat Penelitian | 8 |
| 1.4.1 Manfaat bagi Perusahaan | 8 |
| 1.4.2 Manfaat bagi Peneliti | 9 |
| 1.5 Ruang Lingkup Penelitian..... | 9 |
| 1.5.1 Batasan | 9 |
| 1.5.2 Asumsi | 10 |
| 1.6 Sitematika Penulisan | 10 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 13 |
| 2.1 Konsep Lingkungan | 13 |
| 2.2 Sistem Manajemen Lingkungan..... | 14 |
| 2.3 Pengukuran Kinerja Lingkungan | 16 |
| 2.4 PROPER..... | 16 |
| 2.5 ISO 14000 | 18 |
| 2.6 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i> | 19 |
| 2.6.1 <i>Stage</i> pada <i>Life Cycle Assessment</i> | 21 |
| 2.6.2 Langkah dalam Melakukan Pendekatan <i>Life Cycle Assessment</i> | 23 |
| 2.6.3 <i>Software SimaPro 7.1.8</i> | 27 |
| 2.7 <i>Analytical Network Process (ANP)</i> | 27 |

| | |
|---|-----|
| 2.8 <i>Critical Riview</i> | 34 |
| BAB III METODOLOGI PENELITIAN | 37 |
| 3.1 Tahap Identifikasi Permasalahan dan Penetapan Tujuan Penelitian | 38 |
| 3.2 Tahap Pengumpulan Data..... | 39 |
| 3.3 Tahap <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA)..... | 40 |
| 3.4 Tahap <i>Analytical Network Process</i> (ANP)..... | 41 |
| 3.5 Tahap Analisa | 41 |
| 3.6 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran | 41 |
| BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA | 43 |
| 4.1 Profil PT. Charoen Pokphand Indonesia | 43 |
| 4.2 Struktur Organisasi..... | 45 |
| 4.3 Proses Produksi | 47 |
| 4.4 Pengolahan <i>Life Cycle Assessment</i> | 57 |
| 4.5 Penilaian Dampak..... | 70 |
| 4.6 Pemilihan Alternatif Perbaikan | 78 |
| BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA | 89 |
| 5.1 Analisa Dampak Lingkungan Produk..... | 89 |
| 5.2 Desain Alternatif Perbaikan | 95 |
| 5.3 Analisa Hasil Pengolahan <i>Super Decision</i> | 102 |
| 5.4 Analisa Uji Sensitivitas | 103 |
| BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN..... | 105 |
| 6.1 Kesimpulan..... | 105 |
| 6.2 Saran | 106 |
| DAFTAR PUSTAKA..... | 107 |
| LAMPIRAN | xv |
| BIOGRAFI PENULIS | xxv |

DAFTAR TABEL

| | |
|--|-----|
| Tabel 1.1: Hasil Peringkat PROPER PT. Charoen Pokphand Krian | 6 |
| Tabel 2.1: Kategori <i>Life Cycle Impact</i> | 25 |
| Tabel 2.2: Skala Perbandingan dalam Metode ANP..... | 31 |
| Tabel 2.3: Indeks Konsistensi Acak..... | 33 |
| Tabel 2.4: <i>Critical Riview</i> Penelitian | 35 |
| Tabel 4.1: Produksi Pakan Ternak | 48 |
| Tabel 4.2: BOM | 49 |
| Tabel 4.3: Bahan Pakan Ayam..... | 51 |
| Tabel 4.4: Spesifikasi <i>Hammer Mill</i> | 52 |
| Tabel 4.5: Kondisi Proses <i>Extrusion</i> | 53 |
| Tabel 4.6: Acuan Pemantauan Proses <i>Mixing</i> | 54 |
| Tabel 4.7: Acun Pemantauan Proses <i>Pelletizing</i> | 56 |
| Tabel 4.8: LCI Intake..... | 58 |
| Tabel 4.9: LCI Grinding..... | 60 |
| Tabel 4.10: LCI Extrusion..... | 62 |
| Tabel 4.11: LCI Mxixng | 64 |
| Tabel 4.12: LCI Pelletizing..... | 66 |
| Tabel 4.13: LCI Packing..... | 68 |
| Tabel 4.14: <i>Characterization</i> Produk..... | 71 |
| Tabel 4.15: Kontribusi Proses Terhadap Kategori..... | 73 |
| Tabel 4.16: Hasil Normalisasi..... | 74 |
| Tabel 4.17: Hasil <i>Weighting</i> | 75 |
| Tabel 4.18: Hasil <i>Single Score</i> | 75 |
| Tabel 4.19: Evaluasi Alternatif..... | 79 |
| Tabel 4.20: Hasil Pembobotan | 84 |
| Tabel 5.1: Spesifikasi RO | 100 |
| Tabel 5.2: Perbandingan Skenario 1,2,3 | 101 |

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|----|
| Gambar 1.1: Konsumsi Pakan Ternak 2005-2009 | 1 |
| Gambar 1.3: Hasil Uji Limbah dan Standarisasi Emisi | 3 |
| Gambar 1.4: Jumlah Produksi PT. Charoen Pokphand Krian..... | 4 |
| Gambar 1.5: Persentase Jenis Pakan PT. Charoen Pokphand Krian..... | 5 |
| Gambar 2.1: Elemen Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001 | 19 |
| Gambar 2.2: Konsep <i>Life Cycle</i> | 20 |
| Gambar 2.3: Tahapan-tahapan yang Diamati dalam Siklus Hidup..... | 22 |
| Gambar 2.4: Langkah Melakukan Pendekatan <i>Life Cycle Assessment</i> | 23 |
| Gambar 2.5: Ruang Lingkup <i>Life Cycle Assessment</i> | 24 |
| Gambar 2.6: Struktur Hierarki (AHP) dan Struktur Jaringan (ANP)..... | 28 |
| Gambar 2.7: Format Supermatriks | 30 |
| Gambar 3.1: <i>Flowchart</i> Pelaksanaan Penelitian | 37 |
| Gambar 4.1: Struktur Organisasi..... | 46 |
| Gambar 4.2: Tahapan Proses Produksi | 47 |
| Gambar 4.3: MB Intake..... | 58 |
| Gambar 4.4: Input Data Intake..... | 59 |
| Gambar 4.5: MB Grinding | 60 |
| Gambar 4.6: Input Data Grinding | 61 |
| Gambar 4.7: MB Extrusion | 62 |
| Gambar 4.8: Input Data Extrusion | 63 |
| Gambar 4.9: MB Mixing..... | 64 |
| Gambar 4.10: Input Data Mixing..... | 65 |
| Gambar 4.11: MB Pelletizing | 66 |
| Gambar 4.12: Input Data Pelletizing..... | 67 |
| Gambar 4.13: MB Packing | 68 |
| Gambar 4.14: Input Data Packing | 69 |
| Gambar 5.1: Komponen Kesehatan Manusia..... | 92 |
| Gambar 5.2: Komponen Kualitas Ekosistem..... | 93 |
| Gambar 5.3: Komponen Sumber Daya | 94 |

| | |
|---|-----|
| Gambar 5.4: Perbandingan Eksisting dan Skenario 1 | 96 |
| Gambar 5.5: <i>Single Score</i> Perbandingan Eksisting dan Skenario 1 | 96 |
| Gambar 5.6: <i>Single Score</i> Perbandingan Eksisting dan Skenario 1 | 97 |
| Gambar 5.7: Perbandingan Eksisting dan Skenario 2 | 98 |
| Gambar 5.8: Perbandingan Eksisting dan Skenario 2 | 98 |
| Gambar 5.9: <i>Single Score</i> Perbandingan Eksisting dan Skenario 2 | 99 |
| Gambar 5.10: Perbandingan Eksisting dan Skenario 3 | 100 |
| Gambar 5.11: Perbandingan Eksisting dan Skenario 1,2,3 | 101 |
| Gambar 5.12: Perbandingan Eksisting dan Skenario 1,2,3 | 102 |

BAB I

PENDAHULUAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai latar belakang, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup penelitian yang meliputi batasan dan asumsi yang digunakan pada penelitian, serta akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan laporan penelitian.

1.1 Latar Belakang

Industri pakan ternak merupakan penyokong keberadaan dan keberlangsungan dari sektor peternakan di Indonesia. Faktor penentu dalam peningkatan konsumsi pakan ternak adalah jumlah produksi ternak unggas karena 83% produksi pakan ternak dikonsumsi oleh unggas (Destiana, 2010). Berdasarkan data Badan Pusat Statistik populasi unggas tumbuh rata-rata 6,78% per tahun.



Gambar 1. 1 Konsumsi Pakan Ternak 2005-2009 (*Poultry Indonesia, 2010*)

Gambar 1.1 menjelaskan mengenai pergerakan konsumsi pakan ternak di Indonesia tahun 2005-2009. Bergerak landai dari tahun 2006, pertumbuhan konsumsi pakan ternak hanya meningkat 1% dari tahun 2005. Peningkatan mulai terjadi pada tahun 2007 dan bergerak naik hingga konsumsi pakan ternak mencapai 8,4 juta ton pada tahun 2009. Distribusi konsumsi pakan ternak didominasi oleh ayam *broiler* dan *layer* sebanyak 72% dan sisanya ayam *breeder*

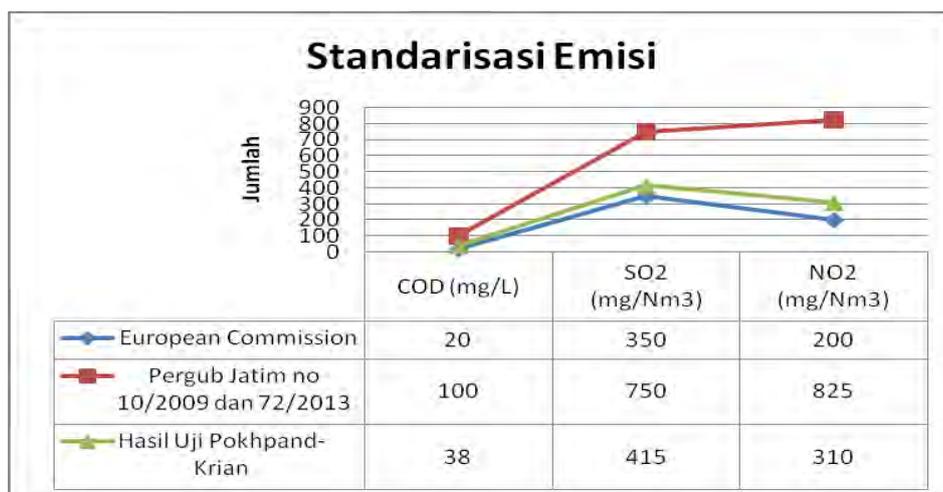
11%, *aquaculture* 11%, dan lain-lain termasuk sapi, kambing, babi mencapai 6% (*Poultry Indonesia*, 2010). Peningkatan populasi peternakan di Indonesia akan mendorong peningkatan kebutuhan pakan ternak. Adanya peningkatan kebutuhan pakan ternak mendorong industri pakan ternak untuk menghasilkan kapasitas pakan ternak dalam jumlah yang tinggi. Menurut data Gabungan Pengusaha Makanan Ternak (2009), pabrik pakan ternak di Indonesia mencapai 50 pabrik. Hal ini akan memicu persaingan untuk menghasilkan proses produksi yang berkapasitas tinggi namun juga memiliki potensi dampak pencemaran lingkungan.

Proses produksi yang baik tidak hanya memperhatikan aspek efisiensi dan efektivitas saja, namun juga memperhatikan aspek lingkungan yang meliputi keamanan dan efek samping limbah. Produksi pakan ternak akan menghasilkan beberapa jenis limbah seperti limbah cair, limbah gas dan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Limbah B3 pabrik pakan ternak berupa *bottom ash* yang merupakan sisa batu bara pada *boiler*, majun bekas, oli bekas, *accu*, kemasan bekas bahan kimia, filter oli bekas dan neon. Limbah cair pabrik pakan ternak berasal dari *blowdown boiler* dan *biosecurity*. Limbah gas pabrik pakan ternak berasal dari *boiler*, *dye* dan *genset*. Limbah yang dihasilkan pabrik pakan ternak menjadi salah satu permasalahan karena dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan jika tidak ditangani dengan benar. Berdasarkan *Report PT. Charoen Pokphand 2015*, dalam satu tahun proses produksi pakan ternak dapat menimbulkan pencemaran dampak lingkungan sebesar 37,08 ton SO₂; 22,88 ton NO₂; 3,2 ton partikulat (emisi udara) dan 11,236 ton TDS; 0,07 ton BOD; 0,183 ton COD, 0,29 ton TSS (emisi cair). Jika dibandingkan dengan tahun 2014, maka limbah yang dikeluarkan oleh PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian mengalami kenaikan pada beberapa aspek. Kenaikan beberapa aspek pada limbah PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian ditunjukkan oleh Gambar 1.2.



Gambar 1. 2 Perbandingan Emisi Tahun 2015 dan 2014 (*Report PT. Charoen Pokphand – Krian, 2015*)

PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian dalam mengelola limbah dan menguji limbah berpedoman pada Peraturan Gubernur no 10/2009 dan no 72/2013. *Report* PT. Charoen Pokphand 2015, menjelaskan bahwa PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian telah memenuhi dan tidak melewati ambang batas limit Peraturan Gubernur baik limbah gas, cair maupun B3. Hal ini tidak menutup kemungkinan akan ada perubahan pada ambang batas limit setiap limbah yang dikeluarkan industri, mengingat standarisasi limbah di Indonesia masih lebih ringan jika dibandingkan dengan negara lain. Berikut grafik hasil uji limbah PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian.



Gambar 1. 3 Hasil Uji Limbah dan Standarisasi Emisi (*Report PT. Charoen Pokphand – Krian, 2015 dan European Commission Standards, 2015*)

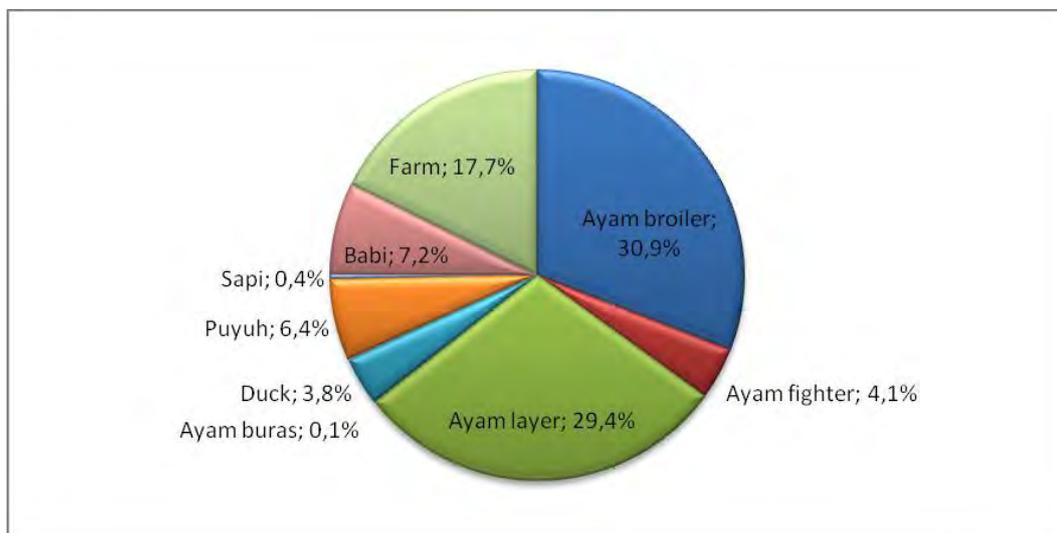
PT. Charoen Pokphand Indonesia - Krian merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang pengolahan pakan ternak yang didirikan pada tahun 1995 dan mulai beroperasi tahun 1996. Untuk memenuhi kebutuhan pasar terhadap konsumsi pakan ternak, kapasitas pakan yang dihasilkan oleh PT. Charoen Pokphand – Krian sebesar 1 juta ton dalam satu tahun. Gambar 1.4 menunjukkan jumlah produksi perusahaan selama 6 periode dari tahun 2010 hingga tahun 2015.



Gambar 1. 4 Jumlah Produksi PT. Charoen Pokphand – Krian (*Report PT. Charoen Pokphand – Krian, 2015*)

Produksi PT. Charoen Pokphand – Krian mengalami peningkatan perlahan mulai tahun 2010 hingga tahun 2014. Pada tahun 2015 terjadi penurunan produksi jika dibandingkan dengan tahun 2014. Penurunan produksi terjadi karena pada tahun 2015 ekonomi Indonesia turun yang mengakibatkan kurs *dollar* turun dan harga ayam turun. Secara umum produksi PT. Charoen Pokphand – Krian periode tahun 2010-2015 mengalami peningkatan 44.672 ton setiap tahunnya. Meskipun limbah yang dihasilkan PT. Charoen Pokphand Indonesia - Krian masih memenuhi standarisasi dari Peraturan Gubernur, namun semakin besar kapasitas produksi pakan ternak maka limbah yang dihasilkan juga akan semakin besar. Hal ini menyebabkan perlu adanya perhatian kebijakan terhadap lingkungan tidak hanya pada proses produksi namun juga *life cycle* produk tersebut. Gambar 1.5

merupakan persentase jenis pakan yang diproduksi PT. Charoen Pokphand – Krian selama tahun 2015.



Gambar 1. 5 Persentase Jenis Pakan yang Diproduksi PT. Charoen Pokphand – Krian selama tahun 2015 (*Report PT. Charoen Pokphand –Krian, 2015*)

Produk pakan ayam *broiler* memiliki nilai jual yang paling besar yaitu 30,9% selama periode 2015. Pakan ayam *broiler* merupakan pakan ternak untuk ayam pedaging yang memiliki 3 masa pertumbuhan. Tiga masa pertumbuhan ayam pedaging yaitu *Pre-starter* (1-7 hari), *Starter* (8-21 hari) dan *Finisher* (22-45 hari). Dilihat dari persentase yang tertinggi maka produk pakan ayam *broiler* memerlukan perhatian khusus terhadap proses produksinya, sehingga penelitian tugas akhir yang akan dilakukan berkaitan dengan produk pakan ternak ayam *broiler* 512.

Perhatian perusahaan tidak hanya fokus untuk unggul dalam pemenuhan kebutuhan konsumen, kelestarian lingkungan juga menjadi aspek yang penting, terlebih pabrik pakan ternak merupakan industri yang memiliki potensi pencemaran limbah yang tinggi. Menurut Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER) dalam penilaian lingkungan tahun 2015, PT. Charoen Pokphand – Krian merupakan salah satu perusahaan dari 1224 yang memiliki peringkat biru. Menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2011), PROPER merupakan salah satu wujud pemerintah untuk mendorong penataan perusahaan

dalam pengelolaan lingkungan hidup yang komperhensif dengan penilaian kinerja pengolahan air limbah, emisi udara dan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3). Tabel 1.1 merupakan perolehan peringkat PROPER pada PT. Charoen Pokphand – Krian mulai tahun 2011.

Tabel 1. 1 Hasil Perolehan Peringkat PROPER PT. Charoen Pokphand - Krian

| Peringkat | Tahun | | | | | | |
|-----------|-------|------|------|------|------|---------------------|---------------------|
| | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 |
| Emas | | | | | | | |
| Hijau | | | | | | | (<i>planning</i>) |
| Biru | | | v | v | v | (<i>planning</i>) | |
| Merah | | v | | | | | |
| Hitam | v | | | | | | |

Sumber: *Report* PT. Charoen Pokphand – Krian (2015)

Berdasarkan data perolehan peringkat kinerja PROPER lingkungan pada Tabel 1.1, PT. Charoen Pokphand salah satu perusahaan yang memperhatikan pelestarian lingkungan dengan adanya rencana peningkatan kinerja PROPER lingkungan yang lebih baik. Dalam melakukan pengelolaan lingkungan Departemen *Health, Safety, Environment* (HSE) PT. Charoen Pokphand – Krian melakukan investasi yang dikeluarkan tahunan untuk investasi penyiapan PROPER dan pemantauan terhadap limbah.

Selain PROPER, hal yang perlu diperhatikan dalam manajemen lingkungan yaitu ISO (*International Organization for Standardization*). ISO 14000 *series* adalah standar sistem pengelolaan lingkungan yang dapat diterapkan pada bisnis apa pun, terlepas dari ukuran, lokasi atau pendapatan. Tujuan dari standar adalah untuk mengurangi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh bisnis dan untuk mengurangi polusi dan limbah yang dihasilkan oleh bisnis. Pada dasarnya ISO 14000 *series* adalah standar manajemen lingkungan yang sifatnya sukarela tetapi konsumen menuntut produsen untuk melaksanakan program sertifikasi tersebut. Pelaksanaan program sertifikasi ISO dapat dikatakan sebagai tindakan proaktif dari produsen yang dapat mengangkat citra perusahaan dan memperoleh kepercayaan konsumen. Dengan demikian maka pelaksanaan sistem

manajemen lingkungan berdasarkan ISO 14000 *series* bukan merupakan beban tetapi justru merupakan kebutuhan bagi para produsen (Kuhre, 1996). Prosedur dari *Life Cycle Assessment* (LCA) merupakan bagian dari ISO 14000 *series*, dalam ISO 14040 : 2006 dan ISO 14044 : 2006 (ISO 14044 yang diganti dengan versi dari ISO 14041 - ISO 14043).

Life Cycle Assessment (LCA) secara umum merupakan pendekatan yang digunakan untuk mengukur dampak lingkungan dari sebuah produk atau aktivitas selama siklus hidup produk dari *raw material*, diikuti proses produksi, penggunaan, dan berakhir pada pengolahan sampah (Curran, 1996). Dengan meningkatnya perdagangan internasional, metodologi LCA dituntut oleh berbagai sektor untuk diterapkan pada industri produk dan proses (Gillani, 2010). Dengan adanya LCA akan membantu mengkuantifikasi dan mengevaluasi performansi lingkungan dari produk atau proses dan menentukan dasar dalam menilai perbaikan lingkungan. Seiring dengan tuntutan untuk memenuhi kebutuhan pakan ternak serta seiring berkembangnya teknologi, maka LCA masih dapat digunakan sebagai metode penilai dampak lingkungan.

Berdasarkan pemaparan di atas, maka perlu dilakukan penelitian di PT. Charoen Pokphand terkait dengan pengukuran kinerja lingkungan dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). Dalam penelitian tugas akhir ini hanya dibatasi pada produk pakan ayam *broiler* 512 dan *processing departement* di PT. Charoen Pokphand – Krian. Analisa dengan menggunakan metode LCA pada departemen produksi akan menghasilkan bagian dari proses produksi yang memiliki dampak lingkungan terpenting. Selanjutnya dari hasil tersebut akan dirancang usulan-usulan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dapat diimplementasikan di PT. Charoen Pokphand – Krian dengan menggunakan metode *Analytical Network Process* (ANP). ANP merupakan salah satu teknik *Multi Criteria Decision Making* (MCDM), dimana digunakan untuk mencari solusi kompromis dari kriteria-kriteria yang saling bertentangan. Penerapan metode ANP digunakan agar alternatif solusi yang akan diterapkan pada perusahaan bukan hanya melihat dari kriteria dampak lingkungan yang dihasilkan oleh masing-masing alternatif terhadap lingkungan saja namun juga dari sisi ekonomi dan sisi yang lain. Selain itu, metode ANP digunakan dikarenakan kriteria-kriteria dari tiap alternatif

memiliki hubungan satu sama lain, sehingga dengan metode ANP dapat melakukan pembobotan kriteria dengan struktur jaringan yang dapat menghubungkan kriteria satu dengan yang lain dan diperoleh solusi alternatif yang optimal sebagai rekomendasi pengelolaan lingkungan guna meningkatkan kinerja lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang di atas, maka rumusan permasalahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah bagaimana mengetahui proses yang memiliki dampak terbesar pada lingkungan dengan menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) pada PT. Charoen Pokphand – Krian, serta memilih keputusan alternatif perbaikan yang dapat meningkatkan kinerja lingkungan dengan metode *Analytical Network Processing* (ANP).

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian tugas akhir ini antara lain sebagai berikut:

1. Mengidentifikasi dan menganalisa dampak lingkungan terpenting berbasis *Life Cycle Assessment* (LCA) dalam proses produksi di PT. Charoen Pokphand – Krian.
2. Mengkaji kinerja lingkungan dalam proses produksi di PT. Charoen Pokphand – Krian.
3. Membuat usulan perbaikan proses di PT. Charoen Pokphand – Krian untuk meningkatkan kinerja lingkungan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi 2 manfaat, yaitu manfaat bagi perusahaan dan manfaat bagi peneliti.

1.4.1 Manfaat bagi Perusahaan

Manfaat yang diperoleh perusahaan dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Perusahaan dapat mengetahui informasi dampak lingkungan dalam proses produksi di PT. Charoen Pokphand – Krian..
2. Perusahaan dapat memperhitungkan faktor dalam produksi yang memberi dampak lingkungan.
3. Perusahaan mendapat rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan kinerja lingkungan pada produksi pakan ternak.
4. Perusahaan mendapat informasi kinerja lingkungan berbasis *Life Cycle Assessment* (LCA) guna pengajuan program sertifikasi Standar ISO 14000.

1.4.2 Manfaat bagi Peneliti

Manfaat yang diperoleh peneliti dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Peneliti mendapatkan pengetahuan mengenai teori dan praktis dari penerapan *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Analytical Network Processing* (ANP).
2. Peneliti dapat memberikan referensi bagi para peneliti selanjutnya dengan metode yang sama.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian tugas akhir ini dibagi menjadi 2, yaitu batasan dan asumsi dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir.

1.5.1 Batasan

Batasan yang digunakan dalam melakukan penelitian tugas akhir ini antara lain:

1. Penelitian difokuskan pada produk pakan ayam *broiler* (512).
2. Proses perbaikan yang dilakukan hanya sampai pada tahap usulan saja dan tidak sampai pada tahap implementasi.
3. *Software* yang digunakan SimaPro 7.1.8 dan *Super Decision*.

1.5.2 Asumsi

Asumsi yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian ini antara lain:

1. Data dampak lingkungan pada *Life Cycle Assessment* sesuai dengan dampak pada *software* SimaPro 7.1.8.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada laporan penelitian tugas akhir ini berisi penjelasan ringkas dari masing-masing bagian yang terdapat dalam laporan. Berikut merupakan sistematika penulisan yang ada pada penelitian tugas akhir ini:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai aspek permasalahan yang terjadi pada objek amatan sehingga menjadi latar belakang dalam pelaksanaan penelitian. Rumusan permasalahan yang terjadi dalam objek amatan dan tujuan yang menjadi fokus pembahasan penelitian akan dijelaskan dalam bab ini. Selain itu bab ini juga berisikan mengenai manfaat yang diperoleh dari pelaksanaan penelitian, batasan, asumsi ruang lingkup dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini dijelaskan mengenai landasan yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir, yaitu berupa studi literatur yang membantu peneliti dalam menentukan metode yang sesuai untuk diterapkan untuk menyelesaikan permasalahan yang dihadapi.

BAB III METODOLOGI

Pada bab ini dijelaskan secara detail mengenai tahapan-tahapan yang dilakukan dalam melakukan penelitian tugas akhir. Metodologi penelitian ini menggambarkan alur pelaksanaan penelitian dan kerangka berpikir yang digunakan peneliti selama pelaksanaan penelitian. Metodologi penelitian ini meliputi : survei pendahuluan, identifikasi dan perumusan permasalahan, penetapan tujuan, manfaat dan ruang lingkup penelitian, studi literatur, observasi pada objek penelitian, pengumpulan dan pengolahan data, analisis dan interpretasi

data, penetapan dan pengujian rekomendasi perbaikan, serta penyusunan kesimpulan dan saran dari pelaksanaan penelitian

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan secara sistematis terkait dengan metode pengumpulan dan pengolahan data yang dilakukan sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan di awal. Data-data yang dikumpulkan meliputi data profil perusahaan, data proses produksi, data input LCA (*Life Cycle Assessment*). Sedangkan tahap pengolahan data yang dilakukan adalah dengan mengolah inputan data LCA untuk melakukan penilaian dampak lingkungan dengan *software* SimaPro 7.1.8 dan pendekatan MCDM yakni ANP (*Analytical Network Process*) untuk memperoleh prioritas pemilihan alternatif solusi yang ditawarkan.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan interpretasi terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis dan interpretasi data akan dilakukan sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai dari pelaksanaan penelitian tugas akhir ini.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pelaksanaan penelitian tugas akhir sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai serta saran-saran yang dapat diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai studi literatur yang digunakan sebagai dasar dalam pelaksanaan penelitian tugas akhir yang meliputi konsep lingkungan, sistem manajemen lingkungan, pengukuran kinerja lingkungan, Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER), ISO 14000, *Life Cycle Assessment (LCA)*, *Analytical Network Process (ANP)*, dan *critical review*.

2.1 Konsep Lingkungan

Definisi lingkungan menurut Undang-Undang Lingkungan Hidup No. 23 Tahun 1997 adalah kesatuan ruang dengan semua benda, daya, keadaan, dan makhluk hidup, termasuk manusia dan perilakunya, yang mempengaruhi kelangsungan perikehidupan dan kesejahteraan manusia serta makhluk hidup lain. Lingkungan merupakan sesuatu dalam berbagai komponen lingkungan hidup yang menempati dan melakukan proses sehingga antara ruang dan komponen lingkungan merupakan satu kesatuan (Sunu, 2001). Dalam lingkungan terjadi interaksi yang dinamis antara manusia dengan manusia lainnya dan antara manusia dengan komponen biogeofisikakimia. Interaksi tersebut tidaklah selalu sederhana tetapi sangat kompleks. Dalam interaksi tersebut manusia mempengaruhi dan dipengaruhi oleh lingkungannya. Manusia mempengaruhi lingkungan dengan cara mengatur lingkungan dan mengambil sumber daya yang ada di lingkungan.

Mitigasi lingkungan merupakan usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk mencegah dan mengurangi atau menanggulangi dampak buruk terhadap lingkungan akibat adanya suatu rencana atau pelaksanaan kegiatan. Langkah-langkah usaha mitigasi lingkungan dapat dilakukan sebagai berikut:

- Melakukan pembatalan modifikasi, atau menghilangkan tahapan yang memiliki dampak terburuk.
- Melakukan rehabilitasi, restorasi, atau repairing terhadap lingkungan yang rusak.

- Membatasi skala kegiatan untuk memperkecil dampak terburuk yang mungkin terjadi.
- Melakukan pengelolaan yang efektif dan efisien.
- Memberikan kompensasi terhadap dampak terburuk yang mungkin terjadi.
- Memberikan perlakuan yang tepat terhadap semua yang terkena dampak.
- Melakukan daur ulang material (*recycle*), *reuse* atau *remanufacturing*.

2.2 Sistem Manajemen Lingkungan

Sistem manajemen lingkungan merupakan proses yang berjalan dan berinteraksi antara struktur, tanggung jawab, prosedur dan sumber daya untuk penerapan kebijakan, sasaran dan target lingkungan yang dikaitkan dengan bidang-bidang lainnya seperti keselamatan dan kesehatan kerja sehingga terjadi keseimbangan antara lingkungan dan kebutuhan sosial-ekonomi (Sunu, 2001). Sistem manajemen lingkungan memberikan mekanisme untuk mencapai dan menunjukkan performansi lingkungan yang baik, melalui upaya pengendalian dampak lingkungan dari kegiatan, produk dan jasa. Sistem tersebut juga dapat digunakan untuk mengantisipasi perkembangan tuntutan dan peningkatan performansi lingkungan dari konsumen, serta untuk memenuhi persyaratan peraturan lingkungan hidup dari Pemerintah.

Menurut Bratasida (1996), agar dapat dilaksanakan secara efektif, sistem manajemen lingkungan harus mencakup beberapa unsur utama sebagai berikut:

- Kebijakan lingkungan: pernyataan tentang maksud kegiatan manajemen lingkungan dan prinsip-prinsip yang digunakan untuk mencapainya.
- Perencanaan: mencakup identifikasi aspek lingkungan dan persyaratan peraturan lingkungan hidup yang bersesuaian, penentuan tujuan pencapaian dan program pengelolaan lingkungan.

- Implementasi: mencakup struktur organisasi, wewenang dan tanggung jawab, *training*, komunikasi, dokumentasi, kontrol dan tanggap darurat.
- Pemeriksaan reguler dan tindakan perbaikan: mencakup pemantauan, pengukuran dan audit.
- Kajian manajemen: kajian tentang kesesuaian dan efektivitas sistem untuk mencapai tujuan dan perubahan yang terjadi diluar organisasi.

Sistem manajemen lingkungan dapat diterapkan dengan menggunakan Standar ISO 14000 *series*. Pada dasarnya ISO 14000 *series* adalah standar manajemen lingkungan yang sifatnya sukarela tetapi konsumen menuntut produsen untuk melaksanakan program sertifikasi tersebut. Pelaksanaan program sertifikasi ISO dapat dikatakan sebagai tindakan proaktif dari produsen yang dapat mengangkat citra perusahaan dan memperoleh kepercayaan konsumen. Dengan demikian maka pelaksanaan sistem manajemen lingkungan berdasarkan ISO 14000 *series* bukan merupakan beban tetapi justru merupakan kebutuhan bagi para produsen (Kuhre, 1996).

Menurut Kuhre (1996), adapun manfaat dari penerapan sistem manajemen lingkungan Standar ISO 14000 *series* antara lain:

- Dapat mengidentifikasi, memperkirakan dan mengatasi resiko lingkungan yang mungkin timbul.
- Dapat menekan biaya produksi, dapat mengurangi kecelakaan kerja, dapat memelihara hubungan baik dengan masyarakat dan Pemerintah serta pihak-pihak yang peduli terhadap lingkungan.
- Memberi jaminan kepada konsumen mengenai komitmen pihak manajemen terhadap lingkungan.
- Dapat mengangkat citra perusahaan, meningkatkan kepercayaan konsumen dan memperbesar pangsa pasar.
- Menunjukkan ketaatan perusahaan terhadap Peraturan Perundang-undangan yang berkaitan dengan lingkungan.
- Mempermudah memperoleh izin dan akses kredit bank.
- Dapat meningkatkan motivasi para pekerja

2.3 Pengukuran Kinerja Lingkungan

Kinerja lingkungan merupakan hasil yang dapat diukur dengan menerapkan sistem manajemen lingkungan yang mencakup aspek-aspek lingkungannya. Pengukuran kinerja lingkungan merupakan ukuran hasil yang riil dan konkrit yang dapat diberikan sistem manajemen lingkungan pada perusahaan (Purwanto, 2006). Pengkajian lingkungan berdasarkan pada kebijakan, sasaran dan target lingkungan (Gunther dan Sturm, 1998).

Menurut Gunther dan Sturm (2008), pengukuran kinerja lingkungan merupakan suatu tindakan pengukuran yang dilakukan berbagai aktivitas rantai nilai yang ada pada perusahaan. Hasil pengukuran tersebut digunakan untuk melakukan evaluasi terhadap kinerja dan prestasi pelaksanaan yang berdampak negatif terhadap lingkungan. Gunther dan Sturm (2008), mengembangkan metode untuk mengukur kinerja lingkungan, yang terdiri dari lima langkah yaitu:

1. Identifikasi *stakeholder* yang sesuai dengan perusahaan. Selanjutnya dilakukan pemenuhan kepentingan *stakeholder*, dengan menentukan tujuan yang dicapai dengan sistem manajemen lingkungan.
2. Pengukuran dan dokumentasi faktor-faktor yang mempengaruhi lingkungan.
3. Evaluasi faktor-faktor yang berpengaruh terhadap lingkungan, hal ini digunakan untuk mengambil keputusan terhadap kinerja lingkungan perusahaan.
4. Membandingkan kondisi eksisting kinerja lingkungan perusahaan dengan target yang ingin dicapai.
5. Usulan alternatif tindakan yang sesuai untuk dilaksanakan di perusahaan berdasarkan target lingkungan yang sudah dibuat.

2.4 Progam Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER)

Progam Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (PROPER) merupakan salah satu wujud pemerintah untuk mendorong penataan dalam pengelolaan lingkungan hidup melalui instrumen informasi dengan dilakukan melalui berbagai kegiatan yang salah satunya mendorong perusahaan untuk berkinerja baik dalam lingkungan (Kementrian Lingkungan Hidup, 2013). Hasil penilaian peringkat

PROPER akan terpublikasi secara terbuka kepada publik dan *stakeholder* sehingga peringkat tersebut dikelompokkan kedalam peringkat warna. Berdasarkan Undang-Undang No.32 Tahun 2009 mengenai perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup, peringkat kinerja penataan dikelompokkan kedalam lima peringkat warna, dimana peringkat warna tersebut yaitu emas, hijau, biru, merah dan hitam.

Definisi peringkat kinerja perusahaan dalam lima warna berdasarkan Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 18 Tahun 2010, mengenai program penilaian peringkat kinerja perusahaan dalam pengelolaan lingkungan hidup dijelaskan sebagai berikut.

1. Peringkat Emas

Peringkat emas diberikan untuk usaha dan kegiatan yang telah secara konsisten menunjukkan keunggulan lingkungan (*environment excellency*) dalam proses produksi dan atau jasa, melaksanakan bisnis yang beretika dan bertanggung jawab.

2. Peringkat Hijau

Peringkat hijau diberikan untuk usaha dan kegiatan yang telah melakukan pengelolaan lingkungan lebih dari yang dipersyaratkan dalam peraturan (*beyond compliance*) melalui pelaksanaan sistem pengelolaan lingkungan, pemanfaatan sumber daya secara efisien melalui upaya 4R (*Reduce, Reuse, Recycle, dan Recovery*) dan melakukan upaya tanggung jawab sosial (CSR/Comdev) dengan baik

3. Peringkat Biru

Peringkat biru diberikan untuk usaha dan kegiatan yang telah melakukan pengelolaan lingkungan yang dipersyaratkan sesuai dengan ketentuan dan peraturan perundang-undangan yang berlaku.

4. Peringkat Merah

Peringkat merah diberikan untuk usaha dan kegiatan yang pengelolaan lingkungannya belum sesuai dengan yang dipersyaratkan sebagaimana diatur dalam perundang-undangan dan dalam tahap melaksanakan sanksi administrasi.

5. Peringkat Hitam

Peringkat hitam diberikan untuk usaha dan kegiatan yang sengaja melakukan perbuatan atau melakukan kelalaian yang mengakibatkan pencemaran dan atau kerusakan lingkungan serta pelanggaran terhadap peraturan perundang-undangan yang berlaku atau tidak melaksanakan sanksi.

Semakin baik peringkat warna yang diperoleh maka perusahaan akan mendapat efek insentif reputasi dan penghargaan dari *stakeholder*. Dengan efek dari publikasi tersebut, masing-masing perusahaan semakin memiliki motivasi untuk terus berupaya meningkatkan kinerja dalam pengelolaan lingkungan (Sukmasari, 2011)

2.5 ISO 14000

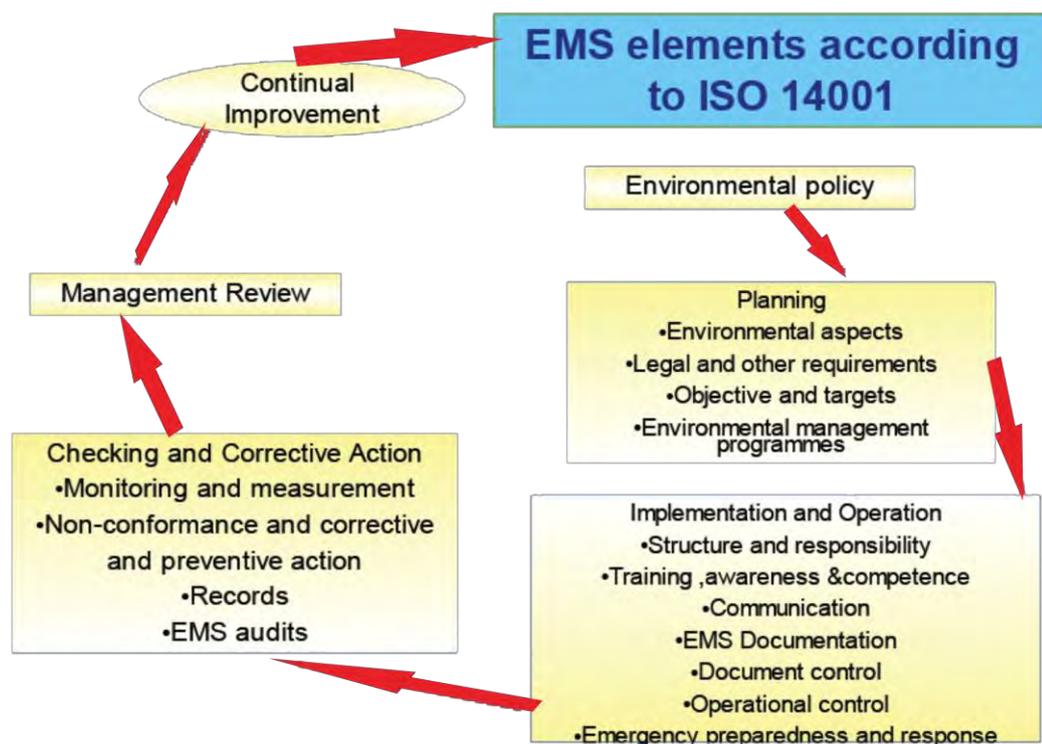
ISO 14000 adalah standar sistem pengelolaan lingkungan yang dapat diterapkan pada bisnis apa pun, terlepas dari ukuran, lokasi atau pendapatan. Tujuan dari standar adalah untuk mengurangi kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh bisnis dan untuk mengurangi polusi dan limbah yang dihasilkan oleh bisnis (Kuhre, 1996). Versi terbaru ISO 14000 dirilis pada tahun 2004 oleh Organisasi Internasional untuk Standarisasi (ISO) yang memiliki komite perwakilan dari seluruh dunia. ISO-14000 memiliki beberapa seri, yaitu:

1. ISO 14001 : Sistem Manajemen Lingkungan
2. ISO 14010 – 14015 : Audit Lingkungan
3. ISO 14020 – 14024 : Label Lingkungan
4. ISO 14031 : Evaluasi Kinerja Lingkungan
5. ISO 14040 – 14044 : *Assessment/ Life Cycle Assessment*
6. ISO 14060 : Aspek Lingkungan dari Produk

Tujuan utama dari serangkaian norma-norma ISO 14000 adalah untuk mempromosikan pengelolaan lingkungan yang lebih efektif dan efisien dalam organisasi dan untuk menyediakan *tools* yang berguna dan bermanfaat – misalnya penggunaan biaya yang efektif, *system-based*, fleksibel dan sehingga mencerminkan organisasi yang baik. ISO 14000 menawarkan *guidance* untuk memperkenalkan dan mengadopsi sistem manajemen lingkungan berdasar pada praktek-praktek terbaik, hampir sama di ISO 9000 pada sistem manajemen mutu

yang sekarang diterapkan secara luas. ISO 14000 ada untuk membantu organisasi meminimalkan bagaimana operasi mereka berdampak negatif pada lingkungan. Struktur ini mirip dengan ISO 9000 manajemen mutu dan keduanya dapat diimplementasikan berdampingan. Agar suatu organisasi dapat dianugerahi sertifikat ISO 14001 mereka harus diaudit secara eksternal oleh badan audit yang telah terakreditasi. Badan sertifikasi harus diakreditasi oleh ANSI-ASQ, Badan Akreditasi Nasional di Amerika Serikat.

Berikut *framework* dalam melakukan Sistem Manajemen Lingkungan menurut ISO 14001:



Gambar 2. 1 Elemen Sistem Manajemen Lingkungan ISO 14001

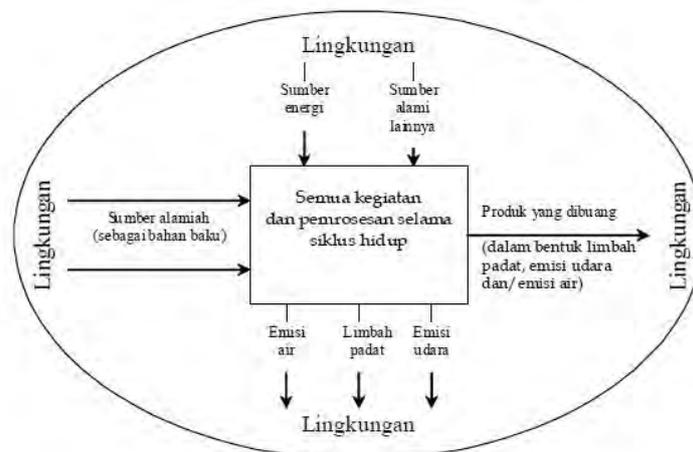
Sumber : Castillo (1995)

2.6 *Life Cycle Assessment (LCA)*

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan suatu pendekatan yang digunakan untuk menganalisa dampak suatu produk lingkungan selama siklus hidup produk (Curran, 1996). Konsep LCA didasarkan pada pemikiran bahwa

suatu sistem industri tidak lepas kaitannya dengan lingkungan tempat industri itu berada. *Life Cycle Assessment* secara umum merupakan pendekatan untuk mengukur dampak lingkungan yang diakibatkan oleh produk atau aktivitas mulai dari pengambilan *raw material*, diikuti proses produksi dan penggunaan, serta berakhir pada pengolahan sampah atau limbah. Prosedur dari LCA merupakan bagian dari ISO 14000 series, dalam ISO 14040 : 2006 dan ISO 14044 : 2006 (ISO 14044 yang diganti dengan versi dari ISO 14041 - ISO 14043).

Life Cycle Assessment dapat digunakan untuk membantu strategi bisnis perusahaan dalam pembuatan keputusan, peningkatan kualitas produk dan proses serta untuk mempelajari aspek lingkungan dari produk. Dalam suatu sistem industri terdapat *input* dan *output*. *Input* dalam sistem adalah material-material yang diambil dari lingkungan dan *output*-nya akan dibuang ke lingkungan kembali. *Input* dan *output* dari sistem industri ini tentu saja akan memberi dampak terhadap lingkungan. Pengambilan material (*input*) yang berlebihan akan menyebabkan semakin berkurangnya persediaan material, sedangkan hasil keluaran dari sistem industri yang bisa berupa limbah (padat, cair, udara) akan banyak memberi dampak negatif terhadap lingkungan. Oleh karena itu LCA berusaha untuk melakukan evaluasi untuk meminimumkan pengambilan material dari lingkungan dan juga meminimumkan limbah industri. Konsep *life cycle* suatu sistem dapat digambarkan lebih jelas pada Gambar 2.2.



Gambar 2. 2 Konsep *Life Cycle* (Curran, 1996)

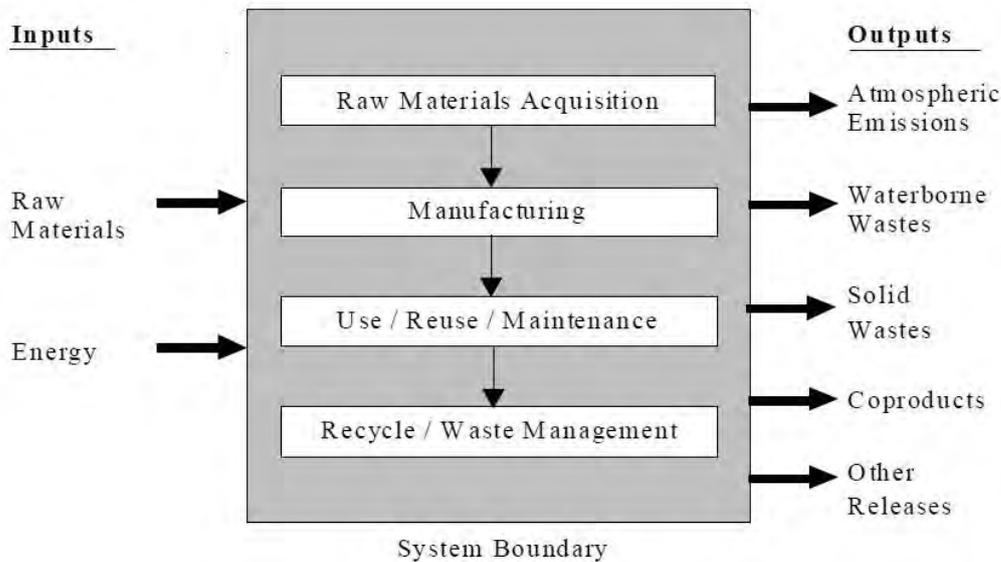
Manfaat yang dapat diperoleh dengan menerapkan *Life Cycle Assessment* (LCA) pada perusahaan antara lain:

1. Membantu perusahaan untuk lebih mengerti dampak lingkungan dari keseluruhan operasinya, barang dan jasa yang kemudian digunakan untuk mengidentifikasi peluang bagi perbaikan proses usahanya (Lewis dan Demmers, 1996).
2. *Life Cycle Assessment* (LCA) meningkatkan efisiensi dalam proses perusahaan dan perbaikan dari produksi dan produknya, dimana dapat membuat produk lebih komperatif dan menarik di pasaran (Lewis dan Demmers, 1996).
3. LCA dapat menghitung sumber sumber daya dan energi yang digunakan, sehingga dapat dilakukan tindakan yang dapat menghemat energi secara efisien seperti menghindari pengolahan limbah, penggunaan sumber daya lebih sedikit dan memperbaiki kualitas perakitan (Tripurwanto, 2000).
4. Perencanaan strategis : peraturan dan harapan lingkungan meningkat sehingga kecenderungan peningkatan tekanan bagi perusahaan untuk memperbaiki operasi lingkungan mereka (Tripurwanto, 2000).

Namun *Life Cycle Assessment* (LCA) bukan tanpa kelemahan. LCA juga memiliki kelemahan yaitu metode ini dianggap terlalu kompleks sehingga menghabiskan waktu yang lama, serta relatif mahal dibandingkan penggunaan praktisnya dalam memperbaiki kinerja lingkungan perusahaan (Lewis dan Demmers, 1996).

2.6.1 Stage pada *Life Cycle Assessment*

Menurut EPA (1993) dalam Curran (1996), tahapan dari *Life Cycle Assessment* adalah sebagai berikut:



Gambar 2. 3 Tahapan-tahapan yang Diamati dalam Siklus Hidup

Sumber : EPA (1993) dalam Curran (1996)

1. Geografis

Wilayah yang meliputi pelaksanaan aktivitas produksi dan juga aktivitas distribusi dari suatu produk, sehingga dapat diketahui dampak aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan. Dampak lingkungan dari aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan dapat berdampak lokal, regional, atau bahkan global. Setiap aktivitas yang dilakukan oleh perusahaan dapat menghasilkan emisi. Emisi ini dapat mencemari air, udara, dan tanah karena itu emisi ini mempunyai pengaruh pada populasi, kondisi meteorologi, habitat dan faktor lain.

2. *Raw Material Acquisition (Extraction)*

Daur hidup produk dimulai dari pengambilan bahan mentah dan sumber energi dari bumi. Misalnya penambangan emas dan batubara dimulai dengan pengambilan dari bumi sampai pada distribusi bahan mentah.

3. *Material Processing* dan Manufaktur

Processing merupakan bagian utama dalam daur hidup suatu produk. Pada tahapan ini, bahan mentah diolah menjadi produk jadi maupun produk setengah jadi. Semua bahan material termasuk dalam bahan penyusun produk juga harus melalui tahapan *processing* ini. Tahapan ini dibagi menjadi empat bagian

utama, yaitu pengolahan bahan mentah, pembuatan produk jadi, pengemasan, serta distribusi produk.

4. *Use Re-use Maintenance*

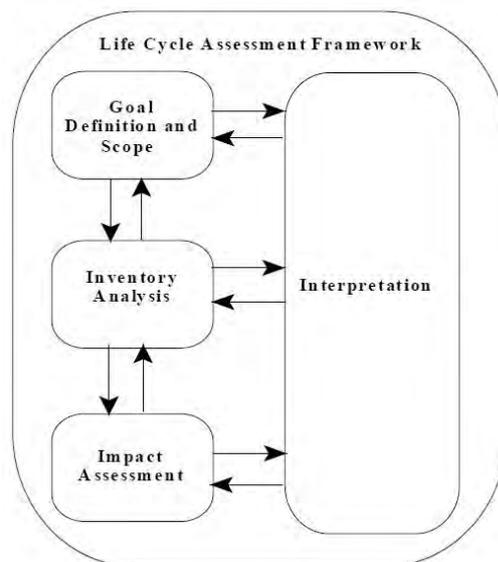
Pada tahapan daur hidup ini, peranan konsumen sangat besar karena produk sudah sampai ditangan konsumen. Karena itu petunjuk yang ditujukan kekonsumen harus jelas dicantumkan pada kemasan produk, sehingga produk-produk yang dapat di-*rycycle*, *remanufacturing* maupun *reuse* benar dapat dilakukan. Hal ini dapat mengurangi pengambilan bahan mentah sehingga dapat mengurangi dampak lingkungan yang terjadi.

5. *Recycle Waste Management*

Tahapan ini memperhitungkan kebutuhan energi dan *output* ke lingkungan yang berkaitan dengan pembuangan produk dan material apabila tidak dilakukan *recycle*, *remanufacturing* maupun *reuse*.

2.6.2 Langkah dalam Melakukan Pendekatan *Life Cycle Assessment*

Adapun langkah-langkah yang dapat dilakukan dalam melakukan pengukuran dampak lingkungan dengan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) adalah sebagai berikut:



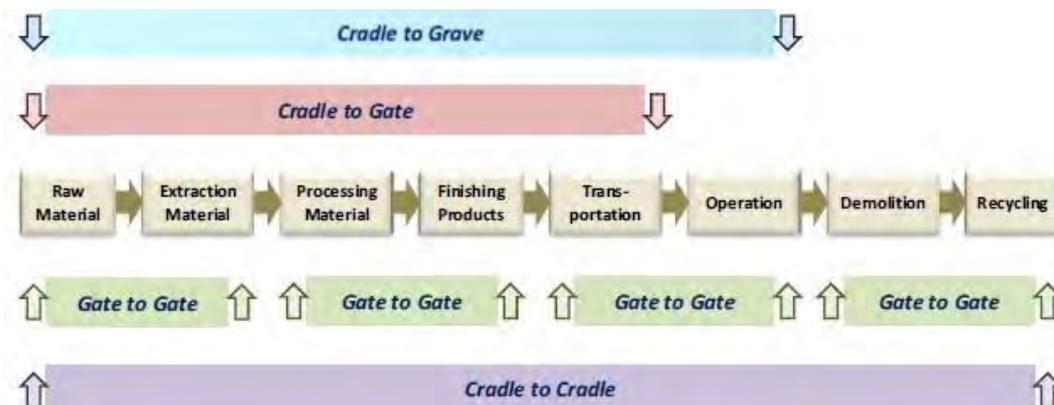
Gambar 2. 4 Langkah Melakukan Pendekatan *Life Cycle Assessment*

Sumber : SETAC (1993)

1. *Goal and Scope Definition*

Tahapan ini merupakan tahapan menentukan tujuan dan batasan penelitian. Setelah ada tujuan, maka ditentukan ruang lingkup penelitian. Ruang lingkup penelitian mencakup batasan-batasan yang digunakan pada saat penelitian. Batasan-batasan ini harus ditetapkan secara jelas agar pengukuran dampak lingkungan dengan *Life Cycle Assessment (LCA)* dapat dilaksanakan secara terfokus dan tepat sasaran. Tujuan dan ruang lingkup ini membantu untuk memastikan konsistensi dari LCA yang telah dibuat. Semakin luas ruang lingkup pelaksanaan LCA, maka akan semakin banyak data yang harus dikumpulkan untuk mendukung langkah-langkah selanjutnya (Curran, 1996). Dalam menentukan ruang lingkup pada LCA terdapat beberapa bagian antara lain:

- *Cradle to grave* dimana pada bagian ini ruang lingkup dimulai dari *raw material* sampai proses operasi produk.
- *Cradle to gate* dimana pada bagian ini ruang lingkup dimulai dari *raw material* sampai ke *gate* sebelum proses operasi.
- *Gate to gate* dimana ruang lingkup ini merupakan siklus terpendek karena hanya meninjau kegiatan terdekat.
- *Cradle to cradle* dimana ruang lingkup ini dimulai dari *raw material* sampai pada daur ulang material.



Gambar 2. 5 Ruang Lingkup *Life Cycle Assessment*

Sumber : Hermawan (2013)

2. Inventory of Extraction and Emission

Pada tahapan ini akan dilakukan penguraian terhadap material, sumber daya yang digunakan, dan emisi yang dibuang ke lingkungan selama masa daur hidup produk. Setelah semua material, sumber daya, dan emisi yang dibuang diketahui, maka dilakukan perhitungan dampak lingkungan selama masa daur hidupnya. Karena itu tujuan dari tahapan ini adalah untuk mengetahui keseluruhan penggunaan sumber daya, penggunaan energi dan emisi yang dibuang ke lingkungan terkait dengan sistem yang sedang dievaluasi (Curran, 1996).

3. Impact Assessment

Menurut Curran (1996), dampak yang terjadi dari suatu proses produksi dapat dibagi menjadi tiga bagian yaitu:

- *Environmental impact*, seperti pemanasan global, efek rumah kaca, hujan asam, *photochemical smog*, dan lain-lain.
- *Resource consumption*, penggunaan sumber energi yang dimaksud ialah bahan baku utama produk, bahan bakar dan energi, serta material tambahan lainnya.
- *Impact on the working environment*, merupakan bagian yang terintegrasi dari proses yang terjadi selama daur hidup produk.

Tabel 2. 1 Kategori *Life Cycle Impact*

| Impact Category | Scale | Examples of LCI Data (i.e. classification) | Common Possible Characterization Factor | Description of Characterization Factor |
|-------------------------------|-------------------|---|---|---|
| Global Warming | Global | Carbon Dioxide (CO ₂) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Methane (CH ₄) Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Methyl Bromide (CH ₃ Br) | Global Warming Potential | Converts LCI data to carbon dioxide (CO ₂) equivalents Note: global warming potentials can be 50, 100, or 500 year potentials. |
| Stratospheric Ozone Depletion | Global | Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Halons Methyl Bromide (CH ₃ Br) | Ozone Depleting Potential | Converts LCI data to trichlorofluoromethane (CFC-11) equivalents. |
| Acidification | Regional Local | Sulfur Oxides (SO _x) Nitrogen Oxides (NO _x) Hydrochloric Acid (HCL) Hydrofluoric Acid (HF) Ammonia (NH ₄) | Acidification Potential | Converts LCI data to hydrogen (H ⁺) ion equivalents. |
| Eutrophication | Local | Phosphate (PO ₄) Nitrogen Oxide (NO) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Nitrates Ammonia (NH ₄) | Eutrophication Potential | Converts LCI data to phosphate (PO ₄) equivalents. |

Tabel 2. 1 Kategori *Life Cycle Impact* (lanjutan)

| Impact Category | Scale | Examples of LCI Data (i.e. classification) | Common Possible Characterization Factor | Description of Characterization Factor |
|-------------------------------|-----------------------------|---|---|---|
| Global Warming | Global | Carbon Dioxide (CO ₂) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Methane (CH ₄) Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Methyl Bromide (CH ₃ Br) | Global Warming Potential | Converts LCI data to carbon dioxide (CO ₂) equivalents Note: global warming potentials can be 50, 100, or 500 year potentials. |
| Stratospheric Ozone Depletion | Global | Chlorofluorocarbons (CFCs) Hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) Halons Methyl Bromide (CH ₃ Br) | Ozone Depleting Potential | Converts LCI data to trichlorofluoromethane (CFC-11) equivalents. |
| Acidification | Regional Local | Sulfur Oxides (SO _x) Nitrogen Oxides (NO _x) Hydrochloric Acid (HCL) Hydroflouric Acid (HF) Ammonia (NH ₄) | Acidification Potential | Converts LCI data to hydrogen (H ⁺) ion equivalents. |
| Eutrophication | Local | Phosphate (PO ₄) Nitrogen Oxide (NO) Nitrogen Dioxide (NO ₂) Nitrates Ammonia (NH ₄) | Eutrophication Potential | Converts LCI data to phosphate (PO ₄) equivalents. |
| | | | | in reserve. |
| Land Use | Global Regional Local | Quantity disposed of in a landfill or other land modifications | Land Availability | Converts mass of solid waste into volume using an estimated density. |
| Water Use | Regional Local | Water used or consumed | Water Shortage Potential | Converts LCI data to a ratio of quantity of water used versus quantity of resource left in reserve. |

Sumber : EPA (1993) dalam Curran (1996)

4. Interpretation

Setelah ketiga tahapan di atas dilaksanakan maka tahapan terakhir yang dilakukan dalam metode *Life Cycle Assessment* (LCA) ini adalah interpretasi terhadap ketiga tahapan tersebut. Tujuan dari tahapan ini adalah menentukan dan membuat solusi cara perbaikan yang dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien untuk mengurangi dampak negatif lingkungan yang ditimbulkan selama daur hidup produk. Sehingga tujuan dari LCA untuk mengurangi dampak lingkungan yang terjadi dapat tereduksi. Karena itu tahapan ini merupakan tahapan terpenting dalam metode LCA. Adapun hal-hal utama yang diperlukan dalam tahapan ini yaitu:

- Mengevaluasi hasil dari tahap-tahap yang sudah dilakukan.

- Menganalisis tahapan-tahapan tersebut untuk membuat alternatif solusi perbaikan pengurangan dampak lingkungan.
- Membuat suatu tindakan hasil dari alternatif solusi yang sudah dibuat yang berwawasan lingkungan.

2.6.3 *Software SimaPro 7.1.8*

Software yang digunakan untuk metode Life Cycle Assessment (LCA) ini adalah *software* SimaPro generasi ketujuh. *Software* ini berfungsi untuk mengukur dampak lingkungan pada suatu produk atau proses. SimaPro tersedia dalam tiga jenis model, yaitu:

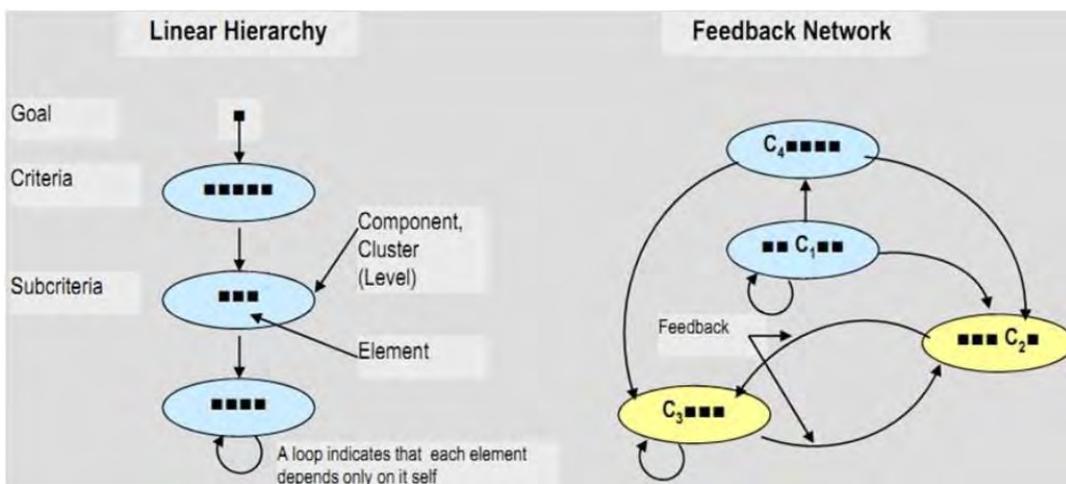
1. SimaPro *Compact*, yaitu *software* yang biasa digunakan di dunia pendidikan khususnya mahasiswa. Pengguna *software* ini biasanya merupakan pihak yang menggunakan fungsi LCA dengan mudah.
2. SimaPro *Analyst*, ditujukan kepada *expert* yang membutuhkan keseluruhan fungsi LCA. *Software* ini biasa disebut dengan “SimaPro PhD”.
3. SimaPro *Developer*, ditujukan kepada para pengembang yang tertarik untuk mengembangkan fungsi LCA atau yang ingin menghubungkan SimaPro dengan *software* lainnya.

2.7 *Analytical Network Process (ANP)*

Analytical Network Process (ANP) merupakan suatu cara untuk menilai dan mengukur skala rasio prioritas untuk distribusi pengaruh antara bagian dari kelompok dari faktor dalam keputusan yang dapat digunakan untuk mengalokasikan sumber daya sesuai prioritas rasio (Saaty, 2001). Metode ANP merupakan salah satu metode dalam *Multi Criteria Decision Making (MCDM)*. Metode *Analytical Network Process (ANP)* merupakan metode pengembangan dari *Analytical Hierarchy Process (AHP)* yang dikembangkan oleh Saaty (2001).

Metode *Analytical Network Process (ANP)* dapat memperbaiki kekurangan pada metode AHP yaitu berupa kemampuan menghubungkan keterkaitan antar variabel dari alternatif (Saaty, 2001). Adanya keterkaitan tersebut menyebabkan metode ANP lebih kompleks dibandingkan metode AHP.

Keterkaitan dalam metode ANP terdapat dua jenis yaitu keterkaitan dalam satu set elemen (*inner dependence*) dan keterkaitan antar elemen yang berbeda (*outer dependence*). Hubungan yang saling mempengaruhi antara satu set elemen dengan elemen lain dalam suatu sistem dapat direpresentasikan melalui prioritas skala rasio yang diambil.



Gambar 2. 6 Struktur Hierarki (AHP) dan Struktur Jaringan (ANP) (Saaty, 1996)

Untuk memperoleh prioritas dalam melakukan perangkaian alternatif model keputusan, ANP menggunakan *pairwise comparison* atau perbandingan berpasangan (Lemes, 2009). Digunakannya pembobotan pada ANP akan membutuhkan model yang mampu mempresentasikan keterkaitan kriteria maupun subkriteria yang dimiliki.

Saaty (1996) membagi prinsip dasar dalam ANP menjadi tiga, yakni dekomposisi, penilaian komparasi, dan komposisi hirarki (sintesis). Penjelasan lebih lengkap ketiga prinsip tersebut adalah sebagai berikut:

1. Dekomposisi

Masalah-masalah yang dikumpulkan dengan melakukan studi lapangan ketika penelitian sedang berlangsung merupakan masalah yang kompleks. Untuk menstrukturkan masalah-masalah yang kompleks tersebut perlu didekomposisikan kedalam suatu jaringan dalam bentuk komponen-komponen, *cluster-cluster*, *sub cluster*, dan alternatif. Mendekomposisikan masalah dalam

bentuk kerangka kerja feedback dapat juga dikatakan dengan membuat model menggunakan pendekatan ANP.

2. Penilaian Komparasi

Prinsip ini diterapkan untuk melihat perbandingan *pairwise* (pasangan) dari semua jaringan/hubungan/pengaruh yang dibentuk dalam suatu kerangka kerja. Hubungan tersebut dapat berupa hubungan antara elemen-elemen dalam suatu komponen yang berbeda atau hubungan antara satu elemen dengan elemen yang lainnya dalam komponen yang sama. Semua pasangan perbandingan itu digunakan untuk memperoleh hasil prioritas „lokal“ elemen-elemen dalam setiap komponen. Untuk memperoleh hasil prioritas „lokal“, dari setiap matriks penilaian perbandingan pasangan dicari nilai *eigen vector*.

3. Komposisi Hirarki (Sintesis)

Prinsip ini diterapkan untuk mengalikan prioritas lokal dari elemen-elemen dalam *cluster* dengan prioritas global dari elemen induk yang akan menghasilkan prioritas global seluruh hirarki dan menjumlahkannya untuk menghasilkan prioritas global untuk elemen level terendah (biasanya merupakan alternatif).

ANP memiliki tiga fungsi utama yaitu (Tanjung dan Devi, 2013):

1. Menstrukturkan Kompleksitas

Permasalahan yang kompleks jika tidak distrukturkan dengan baik maka akan sulit dalam menguraikan masalah tersebut. Serumit dan sekompleks apapun masalah yang dihadapi, ANP membantu dalam menstrukturkan masalah tersebut.

2. Pengukuran dalam Skala Rasio

Pengukuran kedalam skala rasio ini diperlukan untuk mencerminkan proporsi. Setiap metode dengan struktur hirarki harus menggunakan prioritas skala rasio untuk elemen diatas level terendah dari hirarki. Hal ini penting karena prioritas (bobot) dari elemen dilevel manapun dari hirarki ditentukan dengan mengalikan prioritas dari elemen induknya. Karena hasil perkalian dari dua pengukuran level interval secara matematis tidak memiliki arti, skala rasio diperlukan untuk perkalian ini. ANP menggunakan skala rasio pada semua level terendah dari hirarki/jaringan, termasuk level terendah alternatif dalam

model pilihan. Skala rasio menjadi semakin penting jika prioritas tidak hanya digunakan untuk aplikasi pilihan, namun untuk aplikasi-aplikasi lain seperti untuk aplikasi alokasi sumber daya.

3. Sintesis

Sintesis berarti menyatukan semua bagian menjadi satu kesatuan. Karena kompleksitas, situasi keputusan penting, prakiraan, atau alokasi sumber daya sering melibatkan terlalu banyak dimensi, bagi manusia untuk dapat melakukan sintesis secara intuitif kita memerlukan suatu cara untuk melakukan sintesis dari banyak dimensi. Fungsi yang lebih penting lagi dalam ANP adalah kemampuannya untuk membantu pengambilan keputusan dalam melakukan pengukuran dan sintesis sejumlah faktor-faktor dalam hirarki atau jaringan.

Jika diasumsikan sistem memiliki N cluster atau komponen dimana elemen-elemen dalam tiap komponen saling berinteraksi atau dipengaruhi oleh beberapa atau seluruh elemen dari komponen lain dengan mempertimbangkan interaksi seluruh sistem, dan komponen h dinotasikan dengan C_h , dimana $h = 1, 2, \dots, N$, mempunyai n_h elemen yang dinotasikan dengan $e_{h1}, e_{h2}, \dots, e_{hn}$, maka pengaruh dari satu set elemen dalam suatu komponen pada elemen yang lain dalam suatu sistem dapat direpresentasikan melalui vektor prioritas berskala rasio yang diambil dari perbandingan berpasangan. Tiap vektor prioritas ditempatkan dalam posisi vektor kolom dalam suatu supermatrik dengan format sebagai berikut:

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & C_2 & \dots & C_N \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_N \end{matrix} & \begin{bmatrix} e_{11} e_{12} \dots e_{1n_1} & e_{21} e_{22} \dots e_{2n_2} & \dots & e_{N1} e_{N2} \dots e_{Nn_N} \\ W_{11} & W_{12} & \dots & W_{1N} \\ W_{21} & W_{22} & \dots & W_{2N} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ W_{N1} & W_{N2} & \dots & W_{NN} \end{bmatrix} \end{matrix}$$

Gambar 2. 7 Format Supermatriks (Saaty, 2001)

Berikut ini akan dijelaskan mengenai tahapan dalam metode *Analytical Network Process* (ANP).

1. Mendefinisikan masalah dan melakukan konstruksi model.

Masalah didefinisikan dan distrukturkan kedalam komponen-komponen penting. Alternatif dan kriteria yang dianggap relevan distrukturkan dalam bentuk hirarki dimana strategi keputusan bergantung pada semakin tingginya level. Elemen teratas diuraikan menjadi sub komponen dan atribut, dan diperlukan definisi dari hubungan atribut pada tiap level.

2. Membentuk matriks *pairwise comparison*.

Pada tahapan ini dilakukan perbandingan berpasangan dimana pengambil keputusan melakukan respon atas suatu deret perbandingan berpasangan dengan melihat kontrol level yang lebih tinggi maupun lebih rendah. Pada level yang sama, komponen didalamnya akan dilihat sebagai komponen kontrol pada komponen yang lain. Pada ANP diasumsikan pengambil keputusan harus membuat perbandingan kepentingan antara dua pasangan atribut yang mungkin dan menggunakan skala verbal yakni dari tingkat kepentingan yang paling tinggi kekepentingan yang lebih rendah untuk tiap varian. Disamping itu pengambil keputusan juga akan membuat perbandingan yang mirip untuk seluruh pasangan subkriteria pada tiap kriteria, agar dapat dilakukan perhitungan skor untuk subkriteria dengan melihat tiap kriteria. Skala perbandingan ANP ditampilkan pada tabel 2.2.

Tabel 2. 2 Skala Perbandingan dalam Metode ANP

| Intensitas kepentingan | Keterangan | Penjelasan |
|-------------------------------|---|---|
| 1 | Kedua elemen sama pentingnya | Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan |
| 3 | Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya | Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya. |
| 5 | Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya | Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya. |
| 7 | Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lain | Satu elemen yang kuat disokong dan diminan terlihat dalam praktek |

| Intensitas kepentingan | Keterangan | Penjelasan |
|------------------------|---|--|
| 9 | Satu elemen mutlak penting daripada elemen yang lainnya | Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan. |
| 2,4,6,8 | Nilai-nilai diantara dua nilai pertimbangan yang berdekatan | Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara dua pilihan |

Sumber : Saaty (1996)

3. Menghitung bobot elemen

Jika perbandingan berpasangan telah lengkap, vektor prioritas w yang disebut sebagai *eigen vector* dihitung dengan rumus:

$$A, w = \lambda_{\max} + W \quad (2.1)$$

Dengan A adalah matriks perbandingan berpasangan dengan λ_{\max} adalah *eigen value* terbesar dari A . *Eigen vector* merupakan bobot prioritas suatu matriks yang kemudian digunakan dalam penyusunan super matriks.

4. Melakukan perhitungan rasio konsistensi

Pengujian terhadap konsistensi penilaian diperlukan untuk meminimalisir adanya subjektivitas penilaian terhadap beberapa alternatif pilihan. Saaty (1996) menyatakan bahwa pengujian terhadap konsistensi dapat dilakukan dengan menggunakan nilai CR (*consistency ratio*). Penilaian dikatakan konsisten ketika nilai $CR \leq 10\%$. Perhitungan terhadap besarnya nilai CR dilakukan dengan dua tahap, yaitu melakukan perhitungan CI dan setelah itu dilakukan perhitungan nilai CR. Nilai CI dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \quad (2.2)$$

dengan:

λ_{\max} : *eigen value* terbesar dari matriks perbandingan berpasangan $n \times n$

n : jumlah variabel yang dibandingkan

Sedangkan perhitungan terhadap nilai CR dilakukan dengan membandingkan nilai CI dengan *random index* (RI) dengan rumus sebagai berikut:

$$CR = \frac{CI}{RI} \quad (2.3)$$

dengan:

CR : *Consistency Ratio*

CI : *Consistency Index*

RI : *Random Index*, sesuai dengan orto matriksnya

Indeks konsistensi acak (RI) pada berbagai ukuran matriks (n) dapat dilihat pada tabel 2.3.

Tabel 2. 3 Indeks Konsistensi Acak

| N | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----|---|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| RI | 0 | 0 | 0,52 | 0,89 | 1,11 | 1,25 | 1,35 | 1,40 | 1,45 | 1,49 |

5. Membuat supermatriks formasi

ANP menggunakan supermatriks formasi untuk memberikan resolusi pengaruh ketergantungan antara kelompok dari hirarki jaringan keputusan. Supermatriks ini terdiri dari beberapa submatrik yang disusun dari set hubungan antara elemen yang diturunkan dari perbandingan berpasangan dengan kriteria kontrol tertentu, dan disusun secara vertikal-hirizontal sesuai dengan komponen dalam supermatriks. Tiap vektor yang diambil dari matriks perbandingan berpasangan merupakan bagian dari kolom supermatriks yang menunjukkan pengaruh dengan mempertimbangkan kontrol dari elemen suatu komponen pada elemen tunggal dari komponen yang sama atau berbeda pada bagian atas supermatriks.

6. Pemilihan alternatif terbaik

Nilai akhir untuk tiap pilihan akan menentukan pemilihan alternatif terbaik dari hasil supermatriks akhir yang diperoleh. Alternatif terpilih merupakan alternatif yang memiliki nilai lebih besar.

2.8 *Critical Riview*

Pada *critical riview* akan dibahas mengenai penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya berkaitan dengan penelitian *Life Cycle Assessment*. Pada tabel 2.4 merupakan beberapa penelitian yang berkaitan dengan *Life Cycle Assessment*.

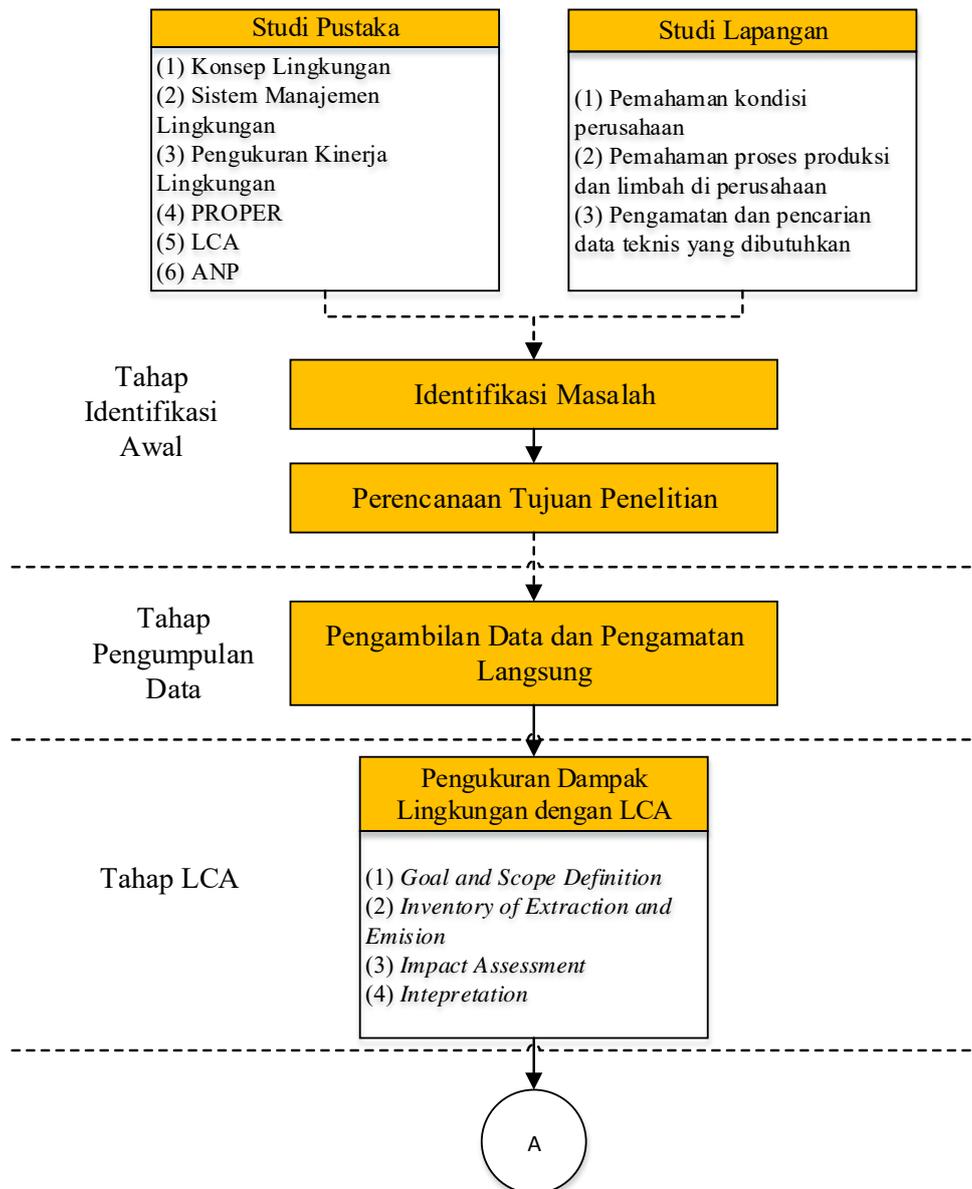
Tabel 2. 4 *Critical Riview* Penelitian

| Judul | Penulis | Tahun | Unsur Pembahasan | | Software | Deskripsi |
|---|-------------------------|-------|------------------|-----|-------------|--|
| | | | LCA | ANP | | |
| Implementasi <i>Life Cycle Assessment</i> pada Proses Pembuatan Gula (Studi Kasus PG Candi Baru Sidoarjo) | Mirna Laksmita Ariyanti | 2006 | √ | - | SimaPro 5 | Penelitian dilakukan untuk mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan dari <i>supply chain</i> pembuatan gula di Pabrik Gula Candi Baru |
| Implementasi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dengan Integrasi Pendekatan ANP dan BOCR untuk Pengembangan <i>Green Supply Chain</i> Produk Bogie di PT. Barata Indonesia | Sachna Mutiara | 2010 | √ | √ | SimaPro 7.1 | Penelitian dilakukan untuk mengetahui dampak proses produksi Bogie dan dilakukan pemilihan alternatif perbaikan dengan pendekatan ANP dan BOCR |
| Kajian <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) untuk Perbaikan Proses Produksi Air Bersih di Instalasi Pengolahan Air Minum (IPAM) Ngagel II PDAM Surabaya dengan Pendekatan ANP | Rahmanizar Maksun | 2011 | √ | √ | SimaPro 7.1 | Analisa dampak lingkungan dari proses pengolahan air minum dilakukan dengan LCA dan penentuan alternatif perbaikan dilakukan dengan ANP |

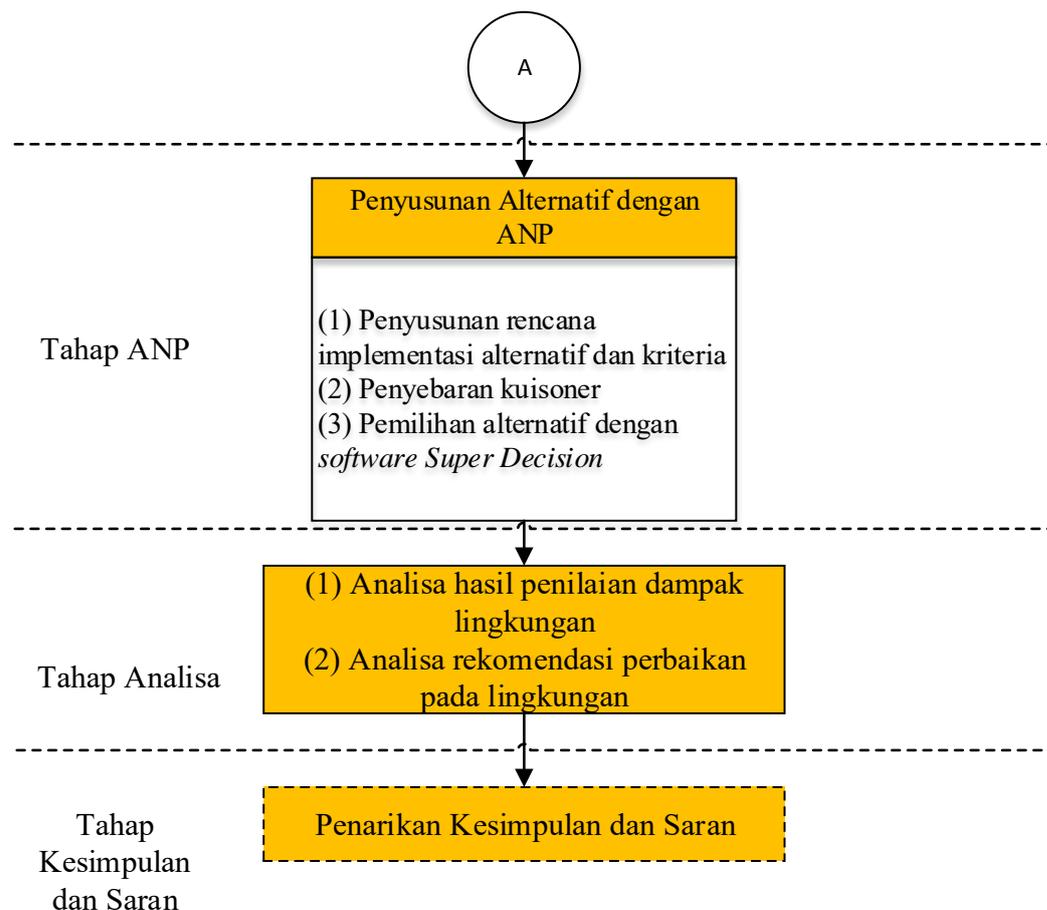
| Judul | Penulis | Tahun | Unsur Pembahasan | | Software | Deskripsi |
|--|----------------------------------|-------|------------------|-----|---------------|---|
| | | | LCA | ANP | | |
| <i>Life Cycle Assessment of Sugar From Sugarcane, A Case Study in Indonesia</i> | Rahandini Lukita Lestasrii | 2013 | √ | - | SimaPro 7.33 | Penelitian dilakukan untuk mengetahui dampak lingkungan dari produksi gula |
| Manajemen Kinerja Lingkungan dengan Pendekatan LCA dan ANP pada Departemen <i>Processing</i> di PT. Lotus Indah Textile Industri | Andi Darwin F. P | 2013 | √ | √ | SimaPro 7.1 | Penelitian dilakukan untuk mengetahui proses produksi dengan dampak lingkungan terbesar dan memberikan alternatif solusi dengan ANP |
| Implementasi <i>Life Cycle Assessment</i> (LCA) dan Pendekatan <i>Analytical Network Process</i> (ANP) untuk Manajemen Lingkungan pada PT. PG Candi Baru | Yanik Andriani | 2014 | √ | √ | SimaPro 8.0.2 | Penelitian dilakukan untuk mengetahui proses produksi dengan dampak lingkungan terbesar dan memberikan alternatif solusi dengan ANP |

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab Metodologi Penelitian ini akan dijelaskan mengenai alur pelaksanaan penelitian tugas akhir yang menjadi dasar dalam pelaksanaan penelitian. Berikut merupakan *flowchart* dari penelitian tugas akhir yang digunakan:



Gambar 3.1 *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian



Gambar 3.1 *Flowchart* Pelaksanaan Penelitian (Lanjutan)

3.1 Tahap Identifikasi Permasalahan dan Penetapan Tujuan Penelitian

Tahap idnetifikasi awal merupakan tahap yang digunakan pada awal pelaksanaan penelitian. Aktivitas yang dilakukan pada tahap identifikasi awal ini antara lain:

a. Studi Pustaka

Aktivitas studi pustaka dilakukan untuk mendapatkan metode yang sesuai yang dapat digunakan untuk menyelesaikan permasalahan yang diangkat pada penelitian. Teori dan metode yang menjadi studi pustaka dalam penelitian diperoleh dari buku, jurnal dan materi-materi perkuliahan yang berkaitan dengan permasalahan pada penelitian.

b. Studi Lapangan

Aktivitas studi lapangan dilakukan untuk mengetahui data-data yang diperlukan untuk melaksanakan penelitian serta memastikan studi literatur yang digunakan telah sesuai dengan kondisi eksisting dari objek penelitian.

c. Identifikasi Permasalahan

Identifikasi permasalahan dilakukan untuk mengetahui permasalahan apa yang terdapat di rantai produksi di objek amatan yang menjadi fokus penelitian. Identifikasi permasalahan ini dilakukan dengan melakukan pengamatan secara langsung ke objek amatan dan *brainstorming* dengan tenaga kerja ahli yang terdapat di perusahaan. *Output* yang diharapkan dari aktivitas identifikasi permasalahan ini berupa rumusan permasalahan pada penelitian.

d. Penentuan Tujuan Penelitian

Aktivitas selanjutnya yang dilakukan pada tahap identifikasi awal ini adalah penentuan tujuan dari penelitian. Penentuan tujuan penelitian ini dilakukan berdasarkan pada latar belakang pelaksanaan penelitian dan berorientasi pada kepentingan perusahaan. Penentuan tujuan penelitian ini mengacu pada rumusan permasalahan yang menjadi fokus penelitian yang telah ditetapkan sebelumnya. Sehingga penelitian yang dilakukan memiliki arah yang jelas serta tepat sasaran.

3.2 Tahap Pengumpulan Data

Tahap pengumpulan data dilakukan untuk memperoleh data-data yang dibutuhkan untuk melaksanakan penelitian. Data yang dikumpulkan pada tahap ini adalah data pemetaan proses produksi dan data *input* pada *software* SimaPro. pada perusahaan. Data yang diambil pada tahap ini dapat berupa data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang diambil secara langsung dari aktivitas proses produksi pakan ayam *broiler* (512) dan dengan wawancara dengan pihak yang bertanggung jawab atas data yang bersangkutan. Sedangkan

data sekunder merupakan data yang diperoleh dari rekapan laporan perusahaan pada bagian yang bersangkutan.

3.3 Tahap *Life Cycle Assessment* (LCA)

Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran dampak proses produksi terhadap lingkungan dalam satu siklus hidup produk. Berikut tahapan yang dilakukan untuk melakukan pengukuran dampak lingkungan dengan pendekatan LCA:

1. *Goal and Scope Definition*

Tahapan ini merupakan tahapan menentukan tujuan dan batasan penelitian. Setelah ada tujuan, maka ditentukan ruang lingkup penelitian. Ruang lingkup penelitian mencakup batasan-batasan yang digunakan pada saat penelitian. Ruang lingkup yang dilakukan pada penilaian dampak lingkungan ini merupakan *cradle to gate* karena penelitian terbatas mulai dari *raw material* hingga menjadi barang jadi.

2. *Inventory of Extraction and Emission*

Pada tahapan ini akan dilakukan penguraian terhadap material, sumber daya yang digunakan, dan emisi yang dibuang ke lingkungan selama masa daur hidup produk. Setelah itu dilakukan perhitungan dampak lingkungan selama masa daur hidupnya dengan menggunakan *software* SimaPro 7.1.8.

3. *Impact Assessment*

Pada tahap ini dilakukan penentuan dampak terhadap lingkungan yang telah diperoleh dari tahapan *Inventory of Extraction and Emission*. Tahap ini dilakukan dengan beberapa langkah yaitu:

- *Characterization* : cara untuk membandingkan secara langsung hasil *Life Cycle Inventory* (LCI) pada tiap kategori.
- *Normalization* : dihitung dengan membagi hasil karakterisasi dengan nilai normalisasi.
- *Weighting* : dihitung dengan mengalikan hasil normalisasi dengan faktor bobot

Setelah ketiga langkah tersebut dilakukan, semua potensi dampak lingkungan dikonversikan ke *single score*.

4. *Interpretation*

Setelah ketiga tahapan di atas dilaksanakan maka tahapan terakhir yang dilakukan dalam metode *Life Cycle Assessment (LCA)* ini adalah interpretasi terhadap ketiga tahapan tersebut. Tujuan dari tahapan ini adalah menentukan dan membuat solusi cara perbaikan yang dapat diimplementasikan secara efektif dan efisien untuk mengurangi dampak negatif lingkungan yang ditimbulkan.

3.4 Tahap *Analytical Network Process (ANP)*

Pada tahapan ini dilakukan penyusunan kriteria-kriteria alternatif yang akan menjadi solusi permasalahan yang dihadapi. Kriteria alternatif yang disusun dilakukan dengan cara *brainstorming* dan penyebaran kuisioner dengan pihak terkait di perusahaan. Hasil dari alternatif kriteria ini akan dilakukan pembobotan dan diolah dengan bantuan *software Super Decision*.

3.5 Tahap Analisa

Tahapan analisa dilakukan untuk dapat memberikan pengertian dan pembahasan komprehensif terkait dengan hasil olah data dampak lingkungan dengan *software SimaPro* dan solusi yang diperoleh dengan mempertimbangkan beberapa alternatif dan kriteria yang telah diolah dengan metode ANP.

3.6 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Tahap terakhir pada penelitian ini adalah tahap penarikan kesimpulan dan saran. Kesimpulan dilakukan berdasarkan pada tujuan penelitian yang telah ditentukan diawal. Sedangkan saran dilakukan untuk dapat memperbaiki penelitian yang akan dilakukan selanjutnya.

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data dan pengolahan data pada penelitian untuk melakukan penilaian terhadap dampak lingkungan dan diperoleh alternatif solusi permasalahan. Pengumpulan data berupa *input* data untuk *Life Cycle Assessment* serta data lain yang relevan untuk diolah pada *software* SimaPro 7.1.8 dan pengolahan data untuk pemilihan alternatif dengan pendekatan ANP.

4.1 Profil PT. Charoen Pokphand Indonesia

Perusahaan Charoen Pokphand terdaftar di Bangkok, Thailand sebagai perusahaan resmi pada tahun 1951. Pabrik pakan tenak pertama didirikan di Bangkok pada tahun 1953. Perusahaan Charoen Pokphand menyediakan bibit-bibit tanaman bagi petani, kemudian membeli kembali hasil panen yang dihasilkan oleh para petani dan kemudian memprosesnya menjadi pakan ternak. Perkembangan perusahaan Charoen Pokphand semakin meluas. Peningkatan permintaan akan pakan ternak terlihat di Asia pada tahun 1970-an. Untuk menjawab peluang tersebut, perusahaan ini melebarkan sayapnya ke Indonesia, Hongkong, Singapura, Taiwan dan Malaysia. Charoen Pokphand mengembangkan usahanya ke Indonesia pada tahun 1971 dengan pertama kali mendirikan pabrik pakan ternak modern berskala besar yang berlokasi di Ancol Barat, Jakarta Utara. PT Charoen Pokphand Indonesia Tbk (Perseroan) didirikan secara resmi sebagai anak perusahaan dari Charoen Pokphand Overseas Investment Co. Ltd. Hongkong. Pabrik tersebut mulai aktif beroperasi pada tahun 1972. Produk utama yang dihasilkan adalah pakan ternak unggas dengan kapasitas produksi sebesar 20.000 ton per tahun.

Peningkatan konsumsi pangan terjadi seiring dengan adanya pertambahan jumlah penduduk yang pesat. Sebagai akibat dari peningkatan konsumsi pangan dan pertambahan jumlah penduduk tersebut, maka kebutuhan akan pakan ternak meningkat. Menanggapi perkembangan tersebut, Charoen Pokphand Indonesia memperluas kegiatan usaha dan juga pasarnya dengan

mendirikan dua pabrik pakan ternak unggas baru, masing-masing di Surabaya pada tahun 1976 dan di Medan pada tahun 1979. Peningkatan pasaran ekspor udang pada tahun 1988 mendorong Charoen Pokphand Indonesia untuk menambahkan pakan udang ke dalam rangkaian produksi pakan unggasnya yang sudah demikian berkembang. Charoen Pokphand Indonesia kemudian membuka sebuah pabrik baru di Medan. Pabrik pakan udang tersebut memiliki kapasitas produksi sebesar 40.000 ton pakan udang setiap tahunnya. PT Charoen Pokphand Indonesia mulai *go public* pada tahun 1991 dengan menjual 52,5 juta lembar saham.

Dewasa ini, Charoen Pokphand Indonesia merupakan produsen pakan unggas terkemuka di Indonesia, dengan suatu jaringan pabrik produksi, fasilitas penelitian dan pengembangan serta pusat-pusat pembibitan unggas yang tersebar beberapa daerah. Beberapa cabang perusahaan ini berlokasi di Balajara (Jawa Barat), Semarang (Jawa Tengah), Sepanjang dan Krian (Surabaya), Bandar Lampung (Lampung), Medan (Sumatera Utara) dan Makassar (Sulawesi Selatan). Secara bersama-sama, jaringan pabrik pakan ternak ini membuat Perseroan menjadi produsen pakan ternak terbesar satu-satunya di Indonesia. Selain itu, jaringan tersebut memiliki posisi strategis untuk memenuhi kebutuhan peternak ayam di seluruh negeri. Hal ini menjadikan Perseroan sebagai perusahaan penghasil pakan ternak yang terpercaya.

PT. Charoen Pokphand Indonesia Sepanjang Plant yang berdiri sejak tahun 1976 ini berlokasi di Jl. Raya Surabaya-Mojokerto Km 19, Desa Beringinbendo, Kec. Taman, Kab. Sidoarjo. Pabrik tersebut memiliki kapasitas produksi sebesar 24.000 ton per tahun. Seiring bertambahnya tahun, jumlah permintaan konsumen akan pakan ternak semakin meningkat. Untuk memenuhi permintaan tersebut, PT. Charoen Pokphand Indonesia cabang Surabaya ini kemudian melakukan ekspansi dengan membangun pabrik baru di Krian pada pertengahan tahun 1990. PT. Charoen Pokphand Indonesia Krian Plant yang beralamat di Jl. Raya Surabaya-Mojokerto Km 26, Desa Keboharan, Kec. Krian, Kab. Sidoarjo ini mulai beroperasi pada tahun 1996. Pabrik ini didirikan di atas tanah seluas 11 Ha, terdiri dari 7 Ha bangunan dan 4 Ha tanah kosong. Bangunan yang terdapat di areal ini terdiri atas kantor utama atau administrasi, pabrik,

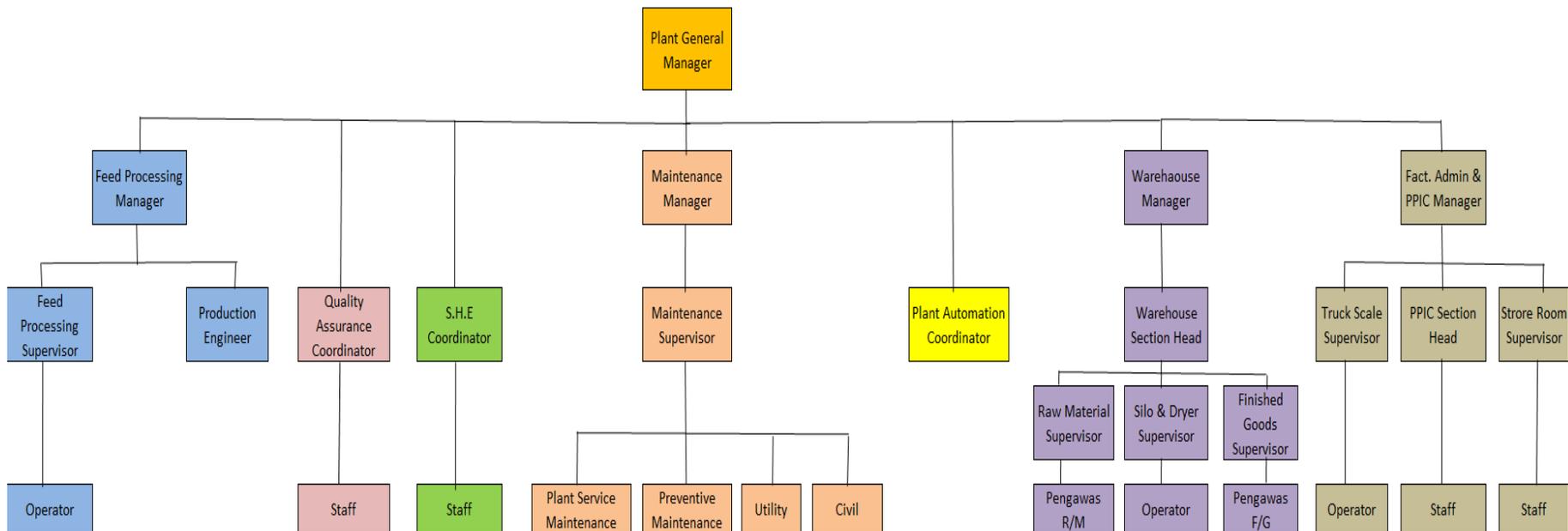
gudang penyimpanan bahan baku pakan, gudang penyimpanan pakan jadi, silo, tangki, pemanas, jembatan timbangan truk atau area pengambilan sampel 1 dan 2, lorong *biosecurity*, pos jaga, tempat parkir, area tunggu, dan kantin. Pabrik ini memiliki kapasitas produksi sekitar 1.000.000 ton per tahun. Produk yang dihasilkan di pabrik ini dipasok untuk wilayah timur Indonesia, Jawa Timur, Sulawesi, Bali, Nusa Tenggara, dan Irian Jaya. Pada tahun 2011, perusahaan ini menambah dua mesin pellet dan membuka *premix plant* pada bulan Juli 2011. Visi yang dijalankan PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian adalah *to be the world class feed manufacturer*. Visi tersebut didukung dengan misi sebagai berikut *to develop competent and dedicated team member, to produce good quality at competitive cost, dan to create healthy and safe environment for employee and community*.

4.2 Struktur Organisasi

Struktur organisasi pada PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian terdiri dari beberapa departemen. Posisi tertinggi dalam struktur organisasi pada perusahaan dipimpin oleh *Plant General Manager*. Di bawah posisi general manager terdapat beberapa kepala kordinator atau manajer seperti *Feed Processing Manager, Quality Assurance Coordinator, SHE Coordinator, Maintenance Manager, Plant Automation Coordinator, Warehouse Manager, Fact. Admin and PPIC Manager*. Dalam menjalankan tugas manajer dan kepala kordinator akan dibantu oleh *supervisor, staff* dan *operator*. Berikut pembagian tanggung jawab untuk masing-masing manajer dan kepala kordinator.

- *Feed Processing Manager* bertanggung jawab terhadap keseluruhan proses produksi, penanganan target produksi dan kelancaran produksi.
- *Quality Assurance Coordinator* bertanggung jawab terkait dengan peran jaminan kualitas. Tugas utamanya yaitu memastikan bahwa produk memenuhi standar kualitas yang telah ditentukan perusahaan.
- *SHE Coordinator* bertanggung jawab atas kesehatan dan keselamatan para tenaga kerja di perusahaan serta pengelolaan limbah yang dihasilkan perusahaan.

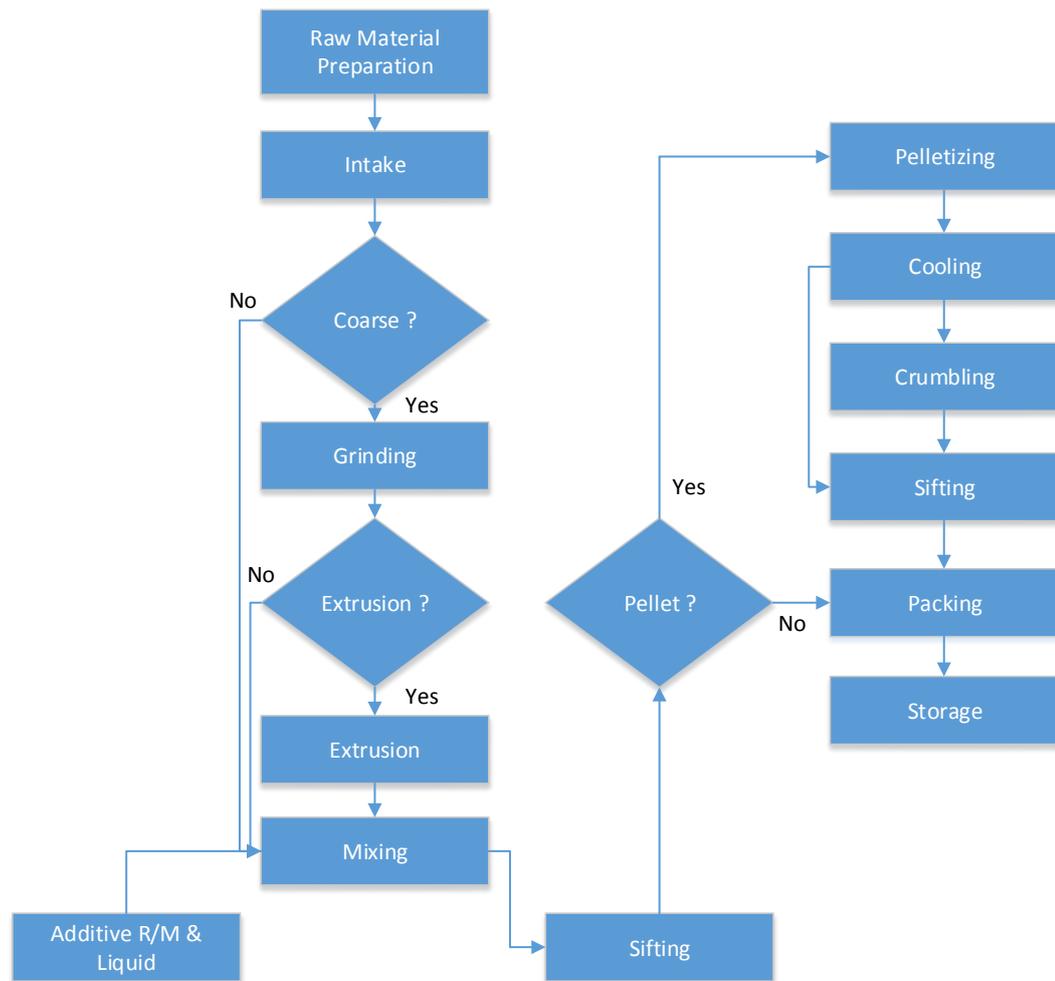
- *Maintenance Manager* bertanggung jawab terkait mempertahankan peralatan sistem (mesin produksi) dalam kondisi layak kerja dengan cara menerapkan dan meningkatkan pemeliharaan pencegahan.
- *Plant Automation Coordinator* bertanggung jawab atas otomasi sistem pabrik dengan *software* yang digunakan.
- *Warehouse Manager* bertanggung jawab atas penerimaan *raw material* dan penyimpanan *finished goods*.
- *Fact. Admin and PPIC Manager* bertanggung jawab atas administrasi, perencanaan produksi, pengendalian produksi perusahaan.



Gambar 4. 1 Struktur Organisasi PT. Charoen Pokphand Indonesia - Krian

4.3 Proses Produksi Pembuatan Pakan Ternak Ayam *Broiler* 512

Proses produksi pembuatan pakan ternak ayam *broiler* 512 di PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian terbagi menjadi beberapa tahap yang meliputi beberapa proses sebagai berikut.



Gambar 4. 2 Tahapan Proses Produksi Pakan Ternak PT. Charoen Pokphand

Berdasarkan *report* produksi tahun 2015, mulai dari bulan Juni 2014 sampai Juli 2015 PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian memproduksi 878.278 ton pakan ternak dengan kapasitas pabrik kurang lebih mampu memproduksi satu juta ton pakan ternak per tahunnya. Berikut rincian jumlah produksi tahun 2015 menurut jenis produk pakan ternak.

Tabel 4. 1 Produksi Pakan Ternak Tahun 2015

| Jenis Produk Pakan | Jumlah produksi (ton) | Prosentase |
|---------------------|-----------------------|----------------|
| <i>Ayam broiler</i> | 271.388 | 30,9% |
| <i>Ayam fighter</i> | 36.009 | 4,1% |
| <i>Ayam layer</i> | 258.214 | 29,4% |
| Ayam buras | 878 | 0,1% |
| <i>Duck</i> | 33.375 | 3,8% |
| Puyuh | 56.210 | 6,4% |
| Sapi | 3.513 | 0,4% |
| Babi | 63.236 | 7,2% |
| <i>Farm</i> | 155.455 | 17,7% |
| Total | 878.278 | 100,00% |

4.3.1 *Raw Material Preparation*

Raw Material Preparation dilakukan untuk menyediakan bahan baku yang akan digunakan untuk proses produksi. Bahan baku yang didapatkan dari *warehouse* disiapkan sesuai dengan formula yang akan dicampur pada proses produksi. Kesalahan dalam *Raw Material Preparation* akan berdampak sangat fatal, karena material yang salah tercampur akan langsung di-*reject* dan harus direpro. Oleh karena itu diperlukan koordinasi yang baik antara operator *mixer* untuk menginformasikan kebutuhan *raw material* kepada operator *Raw Material Preparation* serta pihak PPIC dengan operator *Raw Material Preparation*. Koordinasi antara operator *mixing*, PPIC, dan operator *raw material preparation* adalah untuk menyesuaikan bahwa *production order* dari pihak PPIC dikerjakan sesuai dengan BOM (*Bill of Material*) yang diperoleh dari *Feed Tech*.

Adapun dua jenis material yang digunakan dalam *Raw Material Preparation* yaitu material yang bersifat kasar dan halus. Untuk material yang bersifat halus melalui *intake* untuk tong halus (langsung mengarah ke proses *mixing*). Sedangkan untuk material yang bersifat kasar haruslah melalui proses penggilingan atau *grinding* (melalui *intake* untuk tong kasar). Berikut bahan yang dibutuhkan untuk produksi pakan ayam *broiler* 512 dalam satu *batch* (100 karung dimana setiap karung seberat 50 kg).

Tabel 4. 2 BOM (*Bill of Material*) Pakan Ternak *Broiler* per *Batch*

| No | Material | Jumlah |
|----|---|-------------|
| 1 | <i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i> | 1.446,25 kg |
| 2 | <i>Yellow Corn</i> | 1.351,10 kg |
| 3 | <i>Feed Wheat</i> | 1.287 kg |
| 4 | <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 kg |
| 5 | <i>Mix CPO Santoquin</i> | 149 kg |
| 6 | <i>Wheat Flour</i> | 99 kg |
| 7 | <i>Palm Karnael Meal</i> | 99 kg |
| 8 | <i>Meat Bone Meal</i> | 75 kg |
| 9 | <i>Binder 2</i> | 50 kg |
| 10 | <i>Chicken Feather Meal</i> | 50 kg |
| 11 | <i>Lime Stone Fine 2</i> | 36 kg |
| 12 | <i>CPO + Santoquin + Lecithin</i> | 24,75 kg |
| 13 | <i>Salt</i> | 19,2 kg |
| 14 | <i>MDCP/DCP 21%</i> | 13,3 kg |
| 15 | <i>DL-Meth/Rhodimet</i> | 13 kg |
| 16 | <i>Premix YIA</i> | 9,9 kg |
| 17 | <i>Choline Chloride Powder 60%</i> | 4,3 kg |
| 18 | <i>Threonine</i> | 4,1 kg |
| 19 | <i>L-Lysine</i> | 4,1 kg |
| 20 | <i>VB/SL</i> | 3,95 kg |
| 21 | <i>Mold Inhibitor Powder</i> | 2,5 kg |
| 22 | <i>Fungex-MaxiMils</i> | 2,5 kg |
| 23 | <i>Pro Grow Powder</i> | 2,5 kg |
| 24 | <i>Copper Sulphate</i> | 2 kg |
| 25 | <i>Marygold Flower</i> | 1,3 kg |
| 26 | <i>Bacitracin Methylen Disalicylate 110 ppm</i> | 1,25 kg |
| 27 | <i>Hostazyme P10000</i> | 0,5 kg |
| 28 | <i>Hostazyme X15000 EPU</i> | 0,5 kg |
| 29 | Karung plastik 512 65X105 cm | 100 pc |
| 30 | Label 512 | 100 pc |

4.3.2 *Intake*

Proses *intake* adalah serangkaian proses persiapan bahan baku untuk kebutuhan proses produksi yang meliputi proses persiapan tuang, proses tuang, dan proses transfer bahan baku dari *intake* menuju ke proses *mixing* maupun melewati proses *grinding* terlebih dahulu. Bahan baku dari *warehouse*

dipindahkan menuju proses *intake* untuk dituang. Kerani *intake* memastikan penuangan berjalan dengan lancar dan bahan baku yang dituangkan sesuai dengan permintaan pihak *mixing*. Bahan baku yang dituangkan ke dalam *hopper intake* kemudian akan dikirimkan dengan menggunakan *chain* untuk melakukan pemindahan material yang arahnya horizontal. Selain menggunakan *chain*, alat *material handling* yang digunakan juga dapat berupa elevator untuk pemindahan material yang arahnya vertikal. Material dipindahkan menuju *mixer* (apabila bahan baku halus) atau *hammer mill* (apabila bahan baku kasar).

Sebelum mencapai *mixer* atau *hammer mill* bahan baku terlebih dahulu akan melewati *drum sieve* (memisahkan bahan baku yang menggumpal), *spool magnet* (menangkap logam atau partikel besi), dan *scale chronos* (penimbangan). Kemudian untuk bahan baku halus dapat langsung menuju *mixer*, sedangkan bahan baku kasar akan menuju *hammer mill* terlebih dahulu untuk digiling menjadi partikel yang lebih halus atau kecil.

Adapun jumlah *intake* yang digunakan untuk proses produksi ada 3. *Intake 1* digunakan untuk penuangan bahan *Lime Stone Fine* dan *Lime Stone Chip* (bahan baku halus) yang mengarah pada tong *mixer*. Untuk penimbangan bahan baku *Lime Stone Fine* dan *Lime Stone Chip* pada *intake 1* tidak dilakukan di *scale chronos* melainkan dilakukan dengan timbangan manual atau timbangan meja. Sedangkan untuk penimbangan bahan baku lainnya dilakukan dengan menggunakan *chronos* dengan target penimbangan seberat 100 kg. Adapun *intake 2* digunakan untuk penuangan bahan baku halus. Pada *intake 2* penimbangan dilakukan dengan menggunakan *scale chronos* dengan target penimbangan seberat 100 kg. Adapun *intake 3* digunakan khusus untuk penuangan bahan baku *Soya Bean Meal* (BK Kedelai) atau bahan baku kasar yang memerlukan proses *grinding*. Pada *intake 3* penimbangan dilakukan dengan menggunakan *scale chronos* dengan target penimbangan seberat 200 kg. Adapun bahan-bahan yang diproses untuk produksi pakan ternak *broiler 512* pada tahap *intake* yaitu sesuai dengan Tabel 4.3.

Tabel 4. 3 Bahan Pakan Ayam *Broiler* untuk Proses *Intake*

| Bahan Baku | Tujuan | Standart Kadar Air |
|---|----------------------|---|
| <p><i>Meat Bone Meal</i></p>  | Tong <i>Mixer</i> | Moisture max 10% Warna coklat agak kehitaman Density 0.58 (kg/l) Tidak berulat dan |
| <p><i>Lime Stone Fine</i></p>  | Tong <i>Mixer</i> | Moisture \pm 0.42% Warna putih tulang Density 1.36 (kg/l) Tidak berkutu |
| <p><i>Chicken Feather</i></p>  | Tong <i>Mixer</i> | Moisture max 10% Warna coklat agak muda Density 0.54 (kg/l) Tidak berkutu |
| <p><i>Yellow Corn</i></p>  | Tong <i>Grinding</i> | Moisture max \pm 11% Warna kuning Density sebelum giling 0.78 (kg/l) Density sesudah giling 0.56 (kg/l) Tidak berkutu |
| <p><i>Full Fat Soya</i></p>  | Tong <i>Grinding</i> | Moisture \pm 9.95% Warna coklat terang Density sebelum giling 0.54 (kg/l) Density sesudah giling 0.52 (kg/l) Tidak berkutu UA yg diijinkan antara 0.05 -0.30 |
| <p><i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i></p>  | Tong <i>Grinding</i> | Moisture max 12% Warna coklat muda Density sebelum giling 0.58 (kg/l) Density sesudah giling 0.60 (kg/l) Tidak berkutu |
| <p><i>Palm Karnel Meal</i></p>  | Tong <i>Grinding</i> | Moisture max 10% Warna coklat kehitaman Density sebelum giling 0.67 (kg/l) Density sesudah giling 0.43 (kg/l) Tidak berkutu |

4.3.3 Grinding

Proses *grinding* adalah penghalusan bahan baku kasar dari *intake* dengan cara digiling dengan menggunakan mesin *hammer mill*. Bahan baku yang telah halus sejak dari proses *intake* akan langsung dibawa oleh *elevator* dan *chain* melewati *turn head* menuju tong *mixer*. Sedangkan untuk bahan baku yang kasar akan dibawa oleh *elevator* dan *chain* melewati *turn head* menuju *bin hammer mill*. Lalu dari *bin hammer mill* akan digiling menggunakan *hammer mill* hingga bahan baku menjadi halus. Bahan baku produksi pakan ternak ayam *broiler* yang melalui proses *grinding* antara lain *yellow corn*, *full fat soya*, *SBM Brazil* dan *palm karnel meal*. Setelah bahan baku menjadi halus, kemudian bahan baku akan dibawa menuju tong *mixer* (*bin mixer*).

Di dalam rantai produksi terdapat 6 buah *hammer mill* yang setiap *hammer mill* memiliki fungsi untuk menggiling bahan baku yang berbeda-beda. Berikut penjelasan masing- masing *hammer mill* yang dimiliki PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian.

Tabel 4. 4 Spesifikasi *Hammer Mill*

| No | Spesifikasi | Bahan yang Dihaluskan |
|----------------------|---|--|
| <i>Hammer mill 1</i> | Intensity motor 325A, kapasitas 55 t/h, power 12,2 kW | <i>Yellow Corn, Soya Bean, Pollard, Palm Kernel Meal, Wheat Bran, Repro Feed</i> |
| <i>Hammer mill 2</i> | Intensity motor 325A, kapasitas 55 t/h, power 12,2 kW | <i>Yellow Corn, Full Fat Soya, Corn Extrude, Rape Seed Meal, Broken Rice, Palm Kernel Meal, Wheat Bran, Repro Feed</i> |
| <i>Hammer mill 3</i> | Intensity motor 325A, kapasitas 55 t/h, power 12,2 kW | <i>Yellow Corn, Chicken Feather Meal Extrude, Rice Bran Pellet, Broken Rice, Repro Feed</i> |
| <i>Hammer mill 4</i> | Intensity motor 300A, kapasitas 50 t/h, power 10,2 kW | Bungkil Kacang Kedelai (BKK) |

| No | Spesifikasi | Bahan yang Dihaluskan |
|----------------------|---|-----------------------|
| <i>Hammer mill 5</i> | Intensity motor 300A, kapasitas 50 t/h, power 10,2 kW | <i>Yellow Corn</i> |
| <i>Hammer mill 6</i> | Intensity motor 300A, kapasitas 50 t/h, power 10,2 kW | <i>Yellow Corn</i> |

4.3.4 *Extrusion*

Proses *extrusion* adalah proses pemasakan material *yellow corn* dan *full fat soya*. Proses *extrusion* ini diperlukan agar material menjadi higienis dan masak. Proses *extrusion* dilakukan dalam *extruder* dengan bantuan *steam* yang berasal dari *boiler* untuk memanaskan *raw material*. Material yang hendak dipanaskan ditempatkan dalam *conditioner* yang terdapat pada *extruder*. *Hygeniser* kemudian akan memanaskan material dan menambahkan *steam* yang diperlukan.

Dalam proses pemasakan *yellow corn* dan *full fat soya* ada beberapa kondisi yang harus diperhatikan agar tingkat kematangan kedua material tersebut optimal. Berikut spesifikasi yang dibutuhkan agar proses *extrusion* berjalan optimal.

Tabel 4. 5 Kondisi Proses *Extrusion*

| Kondisi | <i>Yellow Corn</i> | <i>Full Fat Soya US</i> | <i>Full Fat Soya Import</i> |
|-------------------------------|--------------------|-------------------------|-----------------------------|
| <i>Steam</i> | 1-1,8 bar | 3-4 BAR | 3-4 BAR |
| Ampere meter | 60-100 A | 60-100 A | 60-100 A |
| Temperatur <i>Conditioner</i> | 65°C- 85°C | 76°C- 85°C | 96°C- 100°C |

4.3.5 *Mixing*

Proses *mixing* adalah proses pencampuran bahan baku berdasarkan formula yang telah ditentukan. Bahan baku yang dicampur terlebih dahulu harus sudah dipastikan dalam keadaan halus. Bahan baku berasal dari proses *intake* maupun *grinding*. Proses *mixing* merupakan proses yang vital. Apabila tidak

sesuai dengan formula atau hasil *mixing* diluar spesifikasi maka akan direpro. Oleh karena itu proses *mixing* haruslah terus diawasi. Di dalam lantai produksi terdapat 2 buah *mixer* yang memiliki fungsi yang sama. Spesifikasi *mixer* yang dimiliki PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian adalah berkapasitas 5000 kg/bat dan membutuhkan *power* 55 kW.

Adapun dalam proses *mixing* tidak hanya pencampuran bahan baku utama saja, melainkan juga penambahan *premix*. Bahan-bahan dalam proses *mixing* tidak hanya melibatkan bahan baku yang padat saja tetapi juga melibatkan bahan baku *liquid*. Proses *mixing* bermula dengan datangnya bahan baku yang telah halus menuju *mixer bin*, kemudian setelah bahan baku yang telah sesuai dengan formula berada di *mixer bin* barulah bahan baku lain seperti *premix* dicampurkan melalui *hand add* proses ini disebut *dry mix*. Untuk bahan baku yang bersifat *liquid* akan dimasukkan melalui *nozzle* pada *mixer bin* proses ini disebut *wet mix*. Hasil dari proses *mixing* sendiri berbentuk *consentrate*. Dalam proses *mixing* ada beberapa pemantauan yang perlu diperhatikan agar proses *mixing* berjalan optimal. Berikut acuan pemantauan pada proses *mixing*.

Tabel 4. 6 Acuan Pemantauan Proses *Mixing*

| Pemantauan | Standard |
|-------------------------------|--|
| <i>Mixer Material Weight</i> | <i>Over weight max 1% batch per weight</i> |
| <i>Mixing Time</i> | <i>Dry mix 30 s dan Wet mix 75 s</i> |
| <i>Over Under Scale Mixer</i> | <i>Deviassi scale untuk (MBM,CGM,Lime Stone Fine ± 5%)</i> |
| | <i>Deviassi scale untuk (Salt,LLysine,MCP ± 2 %)</i> |
| | <i>Deviassi scale untuk (CPO,Alimet,CC Liquid,Lysine Liquid,Molasse ± 3 %)</i> |
| Tekanan <i>Compressor</i> | Min. 4-6 bar |

Setelah semua tercampur dalam *mixer bin*, barulah material dipindahkan menuju mesin pellet yang berada di lantai atasnya. Pemindahan material ini

menggunakan elevator. Sebelum material masuk ke dalam mesin pellet, material akan melewati *feed cleaner* terlebih dahulu untuk disaring dari benda-benda asing.

4.3.6 Pelletizing

Proses *pelletizing* adalah proses pembentukan material sehingga berbentuk silinder. Material pada proses *pelletizing* merupakan material hasil dari *mixing* yang berupa *consentrate*. Kemudian material berupa *consentrate* tersebut masuk ke dalam mesin pellet. Di dalam mesin pellet, akan ada penambahan uap pada bagian *conditioner*. Penambahan uap ini bertujuan untuk mematangkan material. Material yang masuk ke dalam *conditioner* dari proses *mixing* terlebih dahulu melewati *screw feeder*. Disini juga akan diukur jumlah material yang akan masuk. Adapun uap hasil *conditioner* nantinya akan dibawa menuju *steam trap* untuk dibuang sehingga kadar air dalam material akan tetap terjaga. Setelah mematangkan material, kemudian material dicetak menggunakan *die* dan *roller*. Pada *die* dan *roller* ini terdapat pisau yang akan memotong-motong material yang berbentuk silinder panjang menjadi bentuk silinder-silinder yang lebih kecil.

Setelah material melewati *die* dan *roller* maka selanjutnya material akan diturunkan menuju *cooler* untuk didinginkan karena material hasil dari mesin pellet masih panas. Untuk material yang memang di order dalam bentuk silinder akan menuju langsung ke proses *packing*. Sedangkan material yang di order dalam bentuk renyahan (berupa butiran) akan menuju *crumble* untuk dipecahkan. Pakan ayam *broiler* 512 akan melalui *crumble* karena pakan ini berbentuk renyahan. Proses pada mesin *crumble* dilakukan setelah pendinginan di dalam *cooler* bertujuan supaya material pakan tidak hancur ketika dipecah. Di dalam rantai produksi terdapat 10 buah mesin pellet yang memiliki fungsi yang sama. Spesifikasi mesin pellet yang dimiliki PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian adalah memiliki *output* 15-40 t/h dan membutuhkan *power* 180*2 kW. Dalam proses *pelletizing* ada beberapa pemantauan yang perlu diperhatikan agar proses *pelletizing* berjalan optimal. Berikut acuan pemantauan pada proses *pelletizing*.

Tabel 4. 7 Acuan Pemantauan Proses *Pelletizing*

| PEMANTAUAN | STANDARD / ACUAN |
|--|---|
| Temperatur conditioner | 80 – 90° C |
| Tekanan uap Header | 8 bar |
| Callspray | 1,5 – 2 % |
| Jarak pisau | Pellet à 0,5 cm |
| | Crumble à 2 cm |
| Kondisi Pisau | Harus Tajam |
| Die | 551-550à 3 mm Lainnyaà3,5mm |
| Roller | Alur pada kedalaman roller shell min. 3 mm |
| Suhu Callspray | 60 - 70° C |
| Suhu cooler | 4° C diatas suhu ruangan |
| Kadar air feed setelah cooler dan crumbler | 11% - 12% |

4.3.7 *Packing*

Material yang telah di-*pelletizing* kemudian dibawa menuju ke proses akhir untuk dikemas (*packing*). Material yang telah siap di *bin packing* kemudian ditimbang sesuai dengan kebutuhan (Berat 50 kg dengan toleransi 0,03 kg). Penimbangan material ini dilakukan oleh *scale chronos*. Apabila telah mencapai berat yang dibutuhkan maka material dapat mengisi sak yang telah disiapkan oleh pekerja di proses *packing*. Setelah sak terisi, kemudian dibawa menuju mesin jahit. Setelah itu akan dibawa *conveyor* untuk jatuh ke lantai dasar yang kemudian disusun dalam pallet untuk disimpan di *warehouse* sebagai *finished good*. PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian memiliki 10 mesin *packing* yang berfungsi sama yaitu mulai dari penimbangan, penuangan kedalam sak dan penjahitan.

Dalam proses *packing*, pengemasan tidak hanya dilakukan dalam kemasan sak. Untuk pakan curah, maka pengemasan langsung diarahkan menuju truk (tidak dikemas dengan sak). Pakan yang telah siap di *bin packing* kemudian diarahkan menuju bin curah dengan menggunakan SERA. Setelah dinyatakan produk layak untuk dikirim, pakan di dalam bin curah akan mengisi truk yang siap mengangkut pakan curah tersebut.

Pada proses *packing*, petugas atau operator *packing* harus berkoordinasi baik dengan pihak *Feed Tech* untuk tahap menginspeksi akhir. Apabila ditemukan keraguan kualitasnya oleh pihak *Feed Tech* pada pakan yang akan di-*packing*, maka untuk sementara pakan akan di-*hold* di tong *packing* untuk dilakukan pengamatan lebih lanjut. Jika memang lolos selama pengecekan oleh pihak *Feed Tech* maka akan di-*release*, sebaliknya jika dinyatakan tidak lolos maka akan direpro.

4.4 Pengolahan *Life Cycle Assessment* dengan Menggunakan SimaPro

Untuk melakukan pengolahan data penilaian dampak lingkungan digunakan *software* SimaPro 7.1.8. Untuk data menggunakan *software* ini maka diperlukan beberapa tahapan yakni definisi *baoundary*, *life cycle inventory* dan penentuan dampak lingkungan. *Boundary* pada penelitian ini terbatas pada *cradle to gate* dimulai dari *intake* hingga menjadi produk jadi (*finish product*).

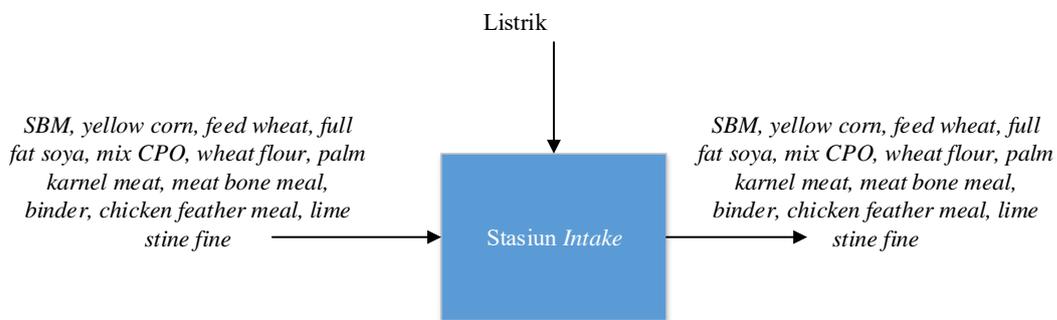
Pada tahapan *life cycle inventory* maka dilakukan ekstraksi material yang digunakan pada proses produksi pakan ayam *broiler* 512. Sedangkan pada tahapan penentuan dampak lingkungan dilakukan beberapa tahapan yakni *characterization*, *normalisation* dan *weighting*. Data yang menjadi inputan pada penelitian ini merupakan data yang diperoleh dari perusahaan. Salah satu kelemahan pada *software* SimaPro adalah tidak semua *database* tersedia sehingga harus menggunakan pendekatan material yang menjadi *resource* pada PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian.

4.4.1 *Life Cycle Inventory* (LCI)

Untuk melakukan penilaian ekstraksi *life cycle inventory* maka dibutuhkan *input* data yang meliputi keseimbangan material maupun energi yang digunakan. Data material maupun energi yang digunakan merupakan data untuk menghasilkan pakan ayam *broiler* 512 dengan kapasitas 5000 kg (1 *batch* atau 100 karung). Semua data *input* yang digunakan dikonversikan untuk menghasilkan 5 ton pakan ayam *broiler* 512. Ekstrasi emisi akan dilampirkan pada lampiran 7.1

4.4.1.1 Life Cycle Inventory pada Stasiun Intake

Stasiun *intake* merupakan stasiun awal dalam proses produksi pakan ayam *broiler*. Beberapa material dan energi yang digunakan dikonversikan untuk menghasilkan 5 ton pakan ayam *broiler* (1 *batch*). Data yang digunakan berdasarkan data pada tahun 2015 dimana perusahaan menghasilkan pakan ayam *broiler* 512 dengan kapasitas 271.388 ton dalam periode Juni 2014 sampai Juli 2015. *Material balance* keseimbangan material yang digunakan pada penelitian ini digambarkan pada gambar 4. 3.



Gambar 4. 3 *Material Balance* pada Stasiun *Intake*

Data material dan energi yang diperoleh dari PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian sudah dalam konversi *batch* (5 ton). Hal ini diperoleh karena perusahaan telah menggunakan *software* otomatisasi (SERA) sehingga pencatatan data dapat dilakukan dengan lebih cepat dan lengkap. *Life cycle inventory* dari stasiun *intake* dapat dilihat pada tabel 4. 8 berikut ini.

Tabel 4. 8 *Life Cycle Inventory* Stasiun *Intake*

| Input | | | Output | | |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------------------------------------|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| <i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i> | 1446,25 | kg | <i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i> | 1446,25 | kg |
| <i>Yellow Corn</i> | 1351,10 | kg | <i>Yellow Corn</i> | 1351,10 | kg |
| <i>Feed Wheat</i> | 1287 | kg | <i>Feed Wheat</i> | 1287 | kg |
| <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 | kg | <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 | kg |
| <i>Mix CPO Santoquin</i> | 149 | kg | <i>Mix CPO Santoquin</i> | 149 | kg |

| Input | | | Output | | |
|----------------------|-----------|--------|----------------------|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| Wheat Flour | 99 | kg | Wheat Flour | 99 | kg |
| Palm Karnel Meal | 99 | kg | Palm Karnel Meal | 99 | kg |
| Meat Bone Meal | 75 | kg | Meat Bone Meal | 75 | kg |
| Binder 2 | 50 | kg | Binder 2 | 50 | kg |
| Chicken Feather Meal | 50 | kg | Chicken Feather Meal | 50 | kg |
| Lime Stone Fine 2 | 36 | kg | Lime Stone Fine 2 | 36 | kg |
| Listrik | 51,67 | Kwh | | | |

Bahan-bahan material dimasukan kedalam kerani *intake* dengan menggunakan sarana transportasi *forklift*. PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian memiliki 3 buah *forklift*, dimana rata-rata setiap mengangkut satu *batch* bahan untuk produksi pakan dibutuhkan jarak tempuh 1 km. Pada stasiun *intake input* dan *output* dari proses ini sama karena hanya dilakukan proses penyarianan dan penimbangan. Inputan yang dilakukan pada software SimaPro dapat dilihat pada gambar 4. 4 dibawah ini.

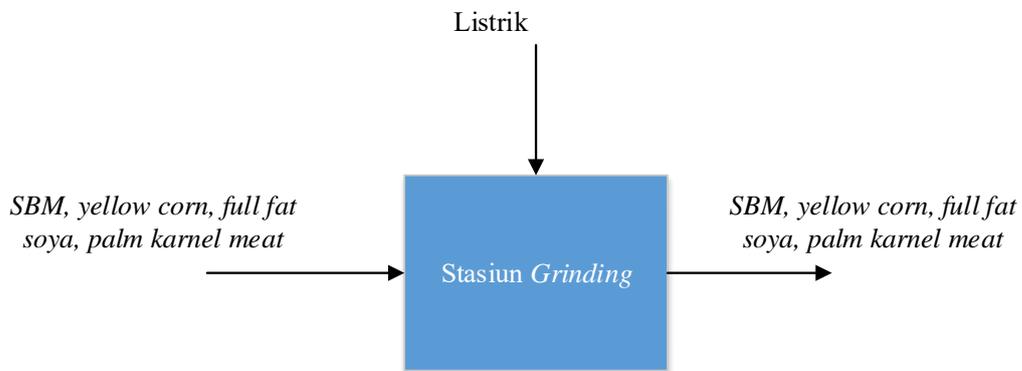
| Known outputs to technosphere. Products and co-products | | | | | | |
|---|---------|------|--------------|-------------------|-------------|--|
| Name | Amount | Unit | Quantity | Allocation % | Waste type | |
| Feed wheat | 1287 | kg | Mass | 26 % | not defined | |
| Mix CPO santokuin | 149 | kg | Mass | 3 % | not defined | |
| Wheat flour | 99 | kg | Mass | 2 % | not defined | |
| Meat bone meal | 75 | kg | Mass | 1,5 % | not defined | |
| Binder 2 | 50 | kg | Mass | 1 % | not defined | |
| Chicken feather meal | 50 | kg | Mass | 1 % | not defined | |
| Lime stone fine 2 | 36 | kg | Mass | 0,5 % | not defined | |
| Intake | 3144,35 | kg | Mass | 65 % | not defined | |
| (Insert line here) | | | | | | |
| Known outputs to technosphere. Avoided products | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD ^2 or 2*SD Min | Max | |

Gambar 4. 4 *Input Data SimaPro Satsiun Intake*

Untuk melakukan *input* pada *software* SimaPro digunakan data material, transportasi maupun energi yang digunakan dalam proses produksi selama masa *intake*. Energi yang digunakan pada stasiun *intake* menggunakan energi listrik yang bersumber dari PLN.

4.4.1.2 Life Cycle Inventory pada Stasiun Grinding

Stasiun *grinding* adalah stasiun yang bertujuan untuk menghaluskan bahan material kasar. Bahan material yang diproses pada stasiun ini antara lain SBM, *yellow corn*, *full fat soya* dan *palm karnel meal*. Pada stasiun *grinding* akan menghasilkan *output* yang sama dengan bahan material *input* namun dengan bentuk yang berbeda yaitu halus. Energi listrik yang digunakan pada stasiun ini menggunakan energi listrik yang berasal dari PLN. *Material balance* pada stasiun ini digambarkan pada gambar 4. 5 di bawah ini.



Gambar 4. 5 *Material Balance* pada Stasiun *Grinding*

Life cycle inventory dengan kuantitas untuk menghasilkan pakan ayam 5 ton pada stasiun *grinding* meliputi *input* dan *output* sesuai tabel 4. 9.

Tabel 4. 9 *Life Cycle Inventory* Stasiun *Grinding*

| <i>Input</i> | | | <i>Output</i> | | |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------------------------------------|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| <i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i> | 1446,25 | kg | <i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i> | 1446,25 | kg |
| <i>Yellow Corn</i> | 1351,10 | kg | <i>Yellow Corn</i> | 1351,10 | kg |
| <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 | kg | <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 | kg |
| <i>Palm Karnel Meal</i> | 99 | kg | <i>Palm Karnel Meal</i> | 99 | kg |
| Listrik | 69,44 | Kwh | | | |

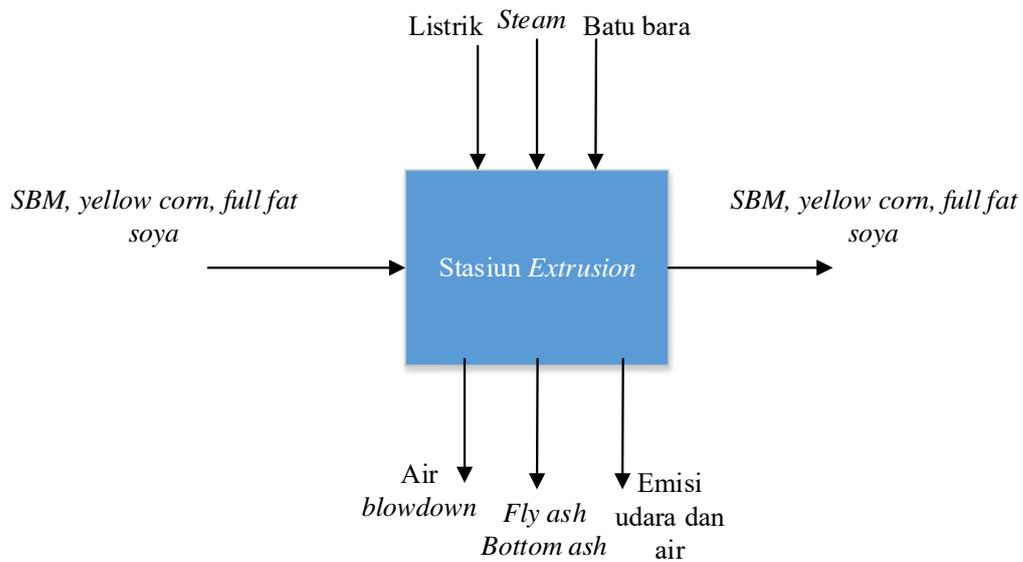
Data material, energi yang digunakan diinputkan dalam *software* SimaPro. Berikut inputan data stasiun *grinding* yang masuk *software* SimaPro, dapat dilihat pada gambar 4. 6.

| Known outputs to technosphere, Products and co-products | | | | | | |
|---|---------|------|--------------|----------------------------|-------------|-------------------------|
| Name | Amount | Unit | Quantity | Allocation % | Waste type | Category |
| Palm kernel meal g | 99 | kg | Mass | 3 % | not defined | Agricultural\A... \Anim |
| Grinding | 3045,35 | kg | Mass | 97 % | not defined | Agricultural\A... \Anim |
| (Insert line here) | | | | | | |
| Known outputs to technosphere, Avoided products | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD ² or 2*SDMin | Max | Comment |
| (Insert line here) | | | | | | |
| Inputs | | | | | | |
| Known inputs from nature (resource) | | | | | | |

Gambar 4. 6 *Input Data SimaPro Stasiun Grinding*

4.4.1.3 *Life Cycle Inventory pada Stasiun Extrusion*

Stasiun *extrusion* merupakan stasiun yang melakukan proses pemasakan pada material *yellow corn* dan *full fat soya*. Proses *extrusion* ini diperlukan agar material menjadi higienis dan masak. Pemasakan yang dilakukan dengan menggunakan *steam* yang dihasilkan dari *boiler*. *Boiler* yang digunakan PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian membutuhkan bahan bakar berupa batu bara. Sehingga pada stasiun ini akan menghasilkan emisi udara, air dan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). *Material balance* stasiun *extrusion* dapat dilihat pada gambar 4. 7.



Gambar 4. 7 Material Balance pada Stasiun Extrusion

Emisi udara dan air yang dihasilkan oleh stasiun *extrusion* dapat dilihat pada lampiran 7. 1. Sedangkan emisi B3 dari stasiun ini berupa *fly ash bottom ash* yaitu batu bara bekas pembakaran. *Life Cycle Inventory* untuk stasiun *extrusion* dapat dilihat pada tabel 4. 10.

Tabel 4. 10 Life Cycle Inventory Stasiun Extrusion

| Input | | | Output | | |
|--------------------------------------|-----------|--------|--------------------------------------|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| <i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i> | 1446,25 | kg | <i>SBM (BK Kedelai) Brasil HiPro</i> | 1446,25 | kg |
| <i>Yellow Corn</i> | 1351,10 | kg | <i>Yellow Corn</i> | 1351,10 | kg |
| <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 | kg | <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 | kg |
| Listrik | 13,89 | Kwh | Air blowdown | 3.384,57 | kg |
| Steam | 3.384,57 | kg | <i>Fly ash Bottom ash</i> | 398 | kg |
| Batu bara | 437 | kg | Emisi udara dan air | terlampir | |

Proses *input* data pada *software* SimaPro dapat dilihat pada gambar 4. 8 berikut ini.

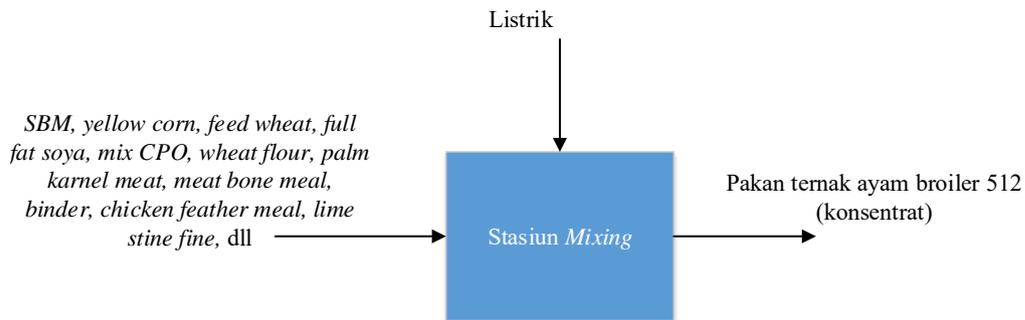
| Known outputs to technosphere. Products and co-products | | | | | | | |
|---|-----------------|--------|--------------|------------------|------------------|-------------------|--------------|
| Name | Amount | Unit | Quantity | Allocation % | Waste type | Category | Comment |
| Extrusion | 3045,35 | kg | Mass | 100 % | not defined | Agricultural/A... | Animal foods |
| (Insert line here) | | | | | | | |
| Known outputs to technosphere. Avoided products | | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD/Min | Max | Comment | |
| (Insert line here) | | | | | | | |
| Inputs | | | | | | | |
| Known inputs from nature (resources) | | | | | | | |
| Name | Sub-compartment | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD/Min | Max | Comment |
| (Insert line here) | | | | | | | |
| Known inputs from technosphere (materials/fuels) | | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD/Min | Max | Comment | |
| Grinding | 3045,35 | kg | Undefined | | | | |
| (Insert line here) | | | | | | | |
| Known inputs from technosphere (electricity/heat) | | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD/Min | Max | Comment | |
| Electricity HV use in A S | 13,89 | kWh | Undefined | | | | |
| On-site steam average E | 3384,57 | kg | Undefined | | | | |

Gambar 4. 8 *Input* Data SimaPro Stasiun *Extrusion*

Untuk melakukan *input* pada *software* SimaPro digunakan data material dan energi yang digunakan dalam proses produksi selama masa *extrusion*. Energi yang digunakan pada stasiun *extrusion* menggunakan energi listrik yang bersumber dari PLN. Sedangkan air yang digunakan pada stasiun ini diperoleh dari sumur.

4.4.1.4 *Life Cycle Inventory* pada Stasiun *Mixing*

Stasiun *mixing* adalah stasiun yang bertujuan untuk mencampurkan bahan material yang telah halus. Adapun dalam stasiun ini proses yang terjadi tidak hanya pencampuran bahan baku utama saja, melainkan juga penambahan *premix*. Selain bahan-bahan baku yang padat proses *mixing* juga melibatkan bahan baku *liquid*. Energi listrik yang digunakan pada stasiun ini menggunakan listrik yang berasal dari PLN. *Material balance* stasiun *mixing* dapat dilihat pada gambar 4. 9.



Gambar 4. 9 *Material Balance* pada Stasiun *Mixing*

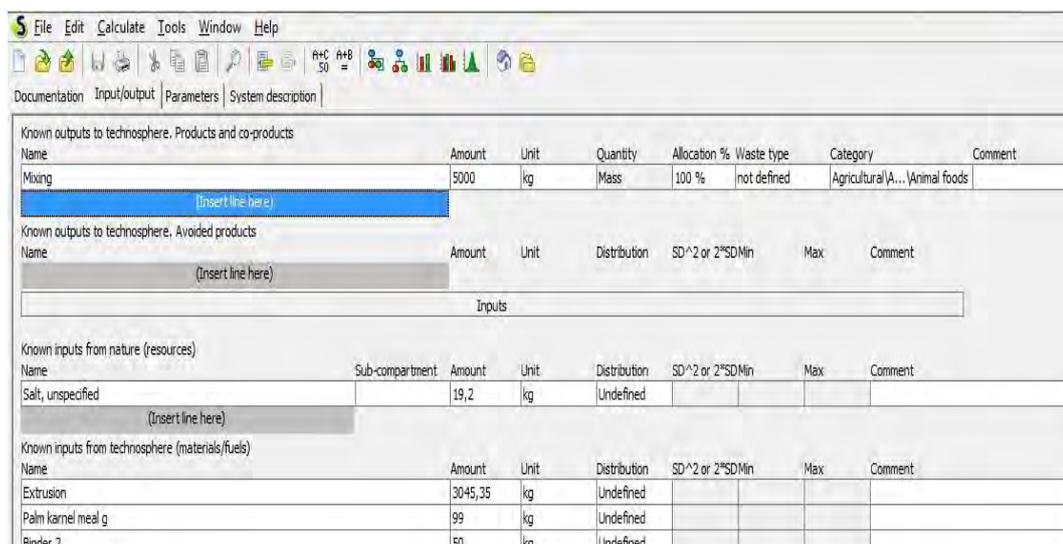
Life cycle inventory dengan kuantitas untuk menghasilkan pakan ayam 5 ton pada stasiun *mixing* meliputi *input* dan *output* sesuai tabel 4. 11.

Tabel 4. 11 *Life Cycle Inventory* Stasiun *Mixing*

| <i>Input</i> | | | <i>Output</i> | | |
|--------------------------------------|-----------|--------|--|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| <i>SBM (BK Kedelai Brasil HiPro)</i> | 1446,25 | kg | Pakan ternak ayam broiler (konsentrat) | 5000 | kg |
| <i>Yellow Corn</i> | 1351,10 | kg | | | |
| <i>Feed Wheat</i> | 1287 | kg | | | |
| <i>Fullfat Soya Bean Meals US</i> | 248 | kg | | | |
| <i>Mix CPO Santoquin</i> | 149 | kg | | | |
| <i>Wheat Flour</i> | 99 | kg | | | |
| <i>Palm Karnel Meal</i> | 99 | kg | | | |
| <i>Meat Bone Meal</i> | 75 | kg | | | |
| <i>Binder 2</i> | 50 | kg | | | |
| <i>Chicken Feather Meal</i> | 50 | kg | | | |
| <i>Lime Stone Fine 2</i> | 36 | kg | | | |
| <i>CPO + Santoquin + Lechitin</i> | 24,75 | kg | | | |
| <i>Salt</i> | 19,2 | kg | | | |
| <i>MDCP/DCP 21%</i> | 13,3 | kg | | | |
| <i>DL-Meth/Rhodimet</i> | 13 | kg | | | |

| Input | | | Output | | |
|--|-----------|--------|----------|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| Premix YIA | 9,9 | kg | | | |
| Choline Chloride Powder 60% | 4,3 | kg | | | |
| Threonine | 4,1 | kg | | | |
| L-Lysine | 4,1 | kg | | | |
| VB/SL | 3,95 | kg | | | |
| Mold Inhibitor Powder | 2,5 | kg | | | |
| Fungex-MaxiMils | 2,5 | kg | | | |
| Pro Grow Powder | 2,5 | kg | | | |
| Copper Sulphate | 2 | kg | | | |
| Marygold Flower | 1,3 | kg | | | |
| Bacitracin Methylen Disalicylate 110 ppm | 1,25 | kg | | | |
| Hostazyme P10000 | 0,5 | kg | | | |
| Hostazyme X15000 EPU | 0,5 | kg | | | |
| Listrik | 13,33 | Kwh | | | |

Data material, energi yang digunakan diinputkan dalam *software* SimaPro. Berikut inputan data stasiun *mixing* yang masuk *software* SimaPro, dapat dilihat pada gambar 4. 10.

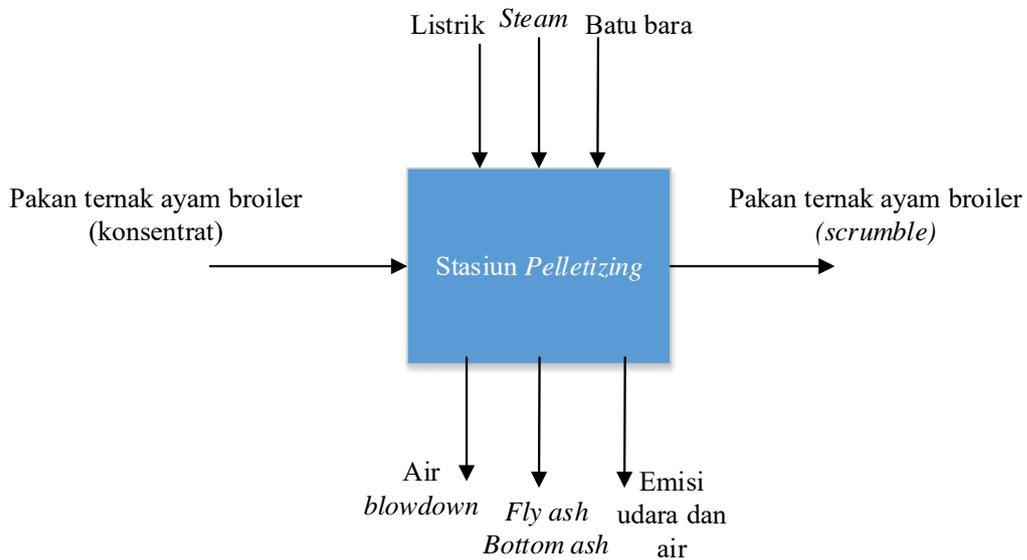


| Known outputs to technosphere, Products and co-products | | | | | | | |
|---|-----------------|--------|--------------|-----------------|-----------------|--------------------------------|---------|
| Name | Amount | Unit | Quantity | Allocation % | Waste type | Category | Comment |
| Mixing | 5000 | kg | Mass | 100 % | not defined | Agricultural/A.../Animal foods | |
| (Insert line here) | | | | | | | |
| Known outputs to technosphere, Avoided products | | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2^SDMin | Max | Comment | |
| (Insert line here) | | | | | | | |
| Inputs | | | | | | | |
| Known inputs from nature (resources) | | | | | | | |
| Name | Sub-compartment | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2^SDMin | Max | Comment |
| Salt, unspecified | | 19,2 | kg | Undefined | | | |
| (Insert line here) | | | | | | | |
| Known inputs from technosphere (materials/fuels) | | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2^SDMin | Max | Comment | |
| Extrusion | 3045,35 | kg | Undefined | | | | |
| Palm karnel meal g | 99 | kg | Undefined | | | | |
| Binder 2 | 150 | kg | Undefined | | | | |

Gambar 4. 10 *Input* Data SimaPro Stasiun *Mixing*

4.4.1.5 *Life Cycle Inventory* pada Stasiun *Pelletizing*

Stasiun *pelletizing* adalah stasiun yang melakukan proses material sehingga berbentuk silinder atau *scrumble*. Material pada proses *pelletizing* merupakan material hasil dari *mixing* yang berupa *consentrate*. Pada stasiun ini dibutuhkan *steam* yang digunakan untuk mematangkan material. *Steam* yang digunakan diperoleh dari *boiler* dengan bahan bakar batu bara. Sehingga pada stasiun ini akan menghasilkan emisi udara, air dan B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun). *Material balance* stasiun *pelletizing* dapat dilihat pada gambar 4. 11.



Gambar 4. 11 *Material Balance* pada Stasiun *Pelletizing*

Life Cycle Inventory untuk stasiun *pelletizing* dapat dilihat pada tabel 4. 12.

Tabel 4. 12 *Life Cycle Inventory* Stasiun *Pelletizing*

| <i>Input</i> | | | <i>Output</i> | | |
|--|-----------|--------|---|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| Pakan ternak ayam broiler (konsentrat) | 5000 | kg | Pakan ternak ayam broiler 512 (<i>scrumble</i>) | 5000 | kg |
| Listrik | 319,44 | Kwh | Air <i>blowdown</i> | 2.957,47 | kg |

| <i>Input</i> | | | <i>Output</i> | | |
|--------------|-----------|--------|---------------------------|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| <i>Steam</i> | 2.957,47 | kg | <i>Fly ash Bottom ash</i> | 354 | kg |
| Batu bara | 389 | kg | Emisi udara dan air | terlampir | |

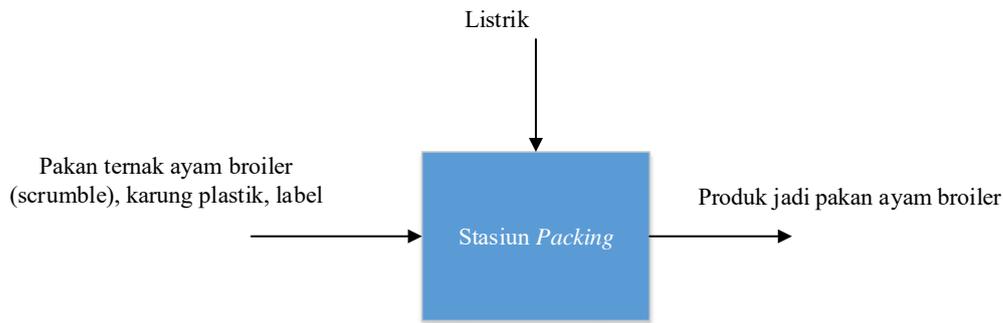
Data material, energi yang digunakan diinputkan dalam *software* SimaPro. Berikut inputan data stasiun *pelletizing* yang masuk *software* SimaPro, dapat dilihat pada gambar 4. 12.

Gambar 4. 12 *Input Data SimaPro Stasiun Pelletizing*

Energi yang digunakan pada stasiun *pelletizing* menggunakan energi listrik yang bersumber dari PLN. Sedangkan air yang digunakan pada stasiun ini diperoleh dari sumur.

4.4.1.6 *Life Cycle Inventory pada Stasiun Packing*

Stasiun *packing* adalah stasiun terakhir dalam proses produksi pakan ayam *broiler*. Pada stasiun ini pakan ayam akan dikemas dalam karung plastik dengan berat setiap karung yaitu 50 kg. *Material balance* stasiun *packing* dapat dilihat pada gambar 4. 13.



Gambar 4. 13 *Material Balance* pada Stasiun *Packing*

Life cycle inventory dengan kuantitas untuk menghasilkan pakan ayam 5 ton pada stasiun *packing* meliputi *input* dan *output* sesuai tabel 4. 13.

Tabel 4. 13 *Life Cycle Inventory* Stasiun *Packing*

| <i>Input</i> | | | <i>Output</i> | | |
|---|-----------|--------|--------------------------------|-----------|--------|
| Material | Kuantitas | Satuan | Material | Kuantitas | Satuan |
| Pakan ternak ayam broiler 512 (<i>scrumble</i>) | 5000 | kg | Produk jadi pakan ayam broiler | 5000 | kg |
| Listrik | 231,67 | Kwh | | | |
| Karung plastik 512 65X105 cm | 100 | pc | | | |
| <i>Label 512</i> | 100 | pc | | | |

Pakan ayam yang telah siap akan dikirim ke gudang dengan transportasi berupa konveyor. PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian memiliki konveyor pada stasiun *packing* dengan panjang total 10 m. Konveyor tersebut menghubungkan gudang dengan kesepuluh mesin *packing*. Stasiun *packing* membutuhkan energi listrik yang diperoleh dari PLN. Setelah data *input* dan *output* diketahui maka data material dan energi yang digunakan diinputkan dalam *software* SimaPro. Berikut inputan data stasiun *packing* yang masuk *software* SimaPro, dapat dilihat pada gambar 4. 14.

| Known outputs to technosphere. Products and co-products | | | | | | |
|---|-----------------|--------|--------------|------------------|------------------|------------------------------|
| Name | Amount | Unit | Quantity | Allocation % | Waste type | Category |
| Packing | 5000 | kg | Mass | 100 % | not defined | Agricultural/A... \Animal fc |
| (Insert line here) | | | | | | |
| Known outputs to technosphere. Avoided products | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD Min | Max | Comment |
| (Insert line here) | | | | | | |
| Inputs | | | | | | |
| Known inputs from nature (resources) | | | | | | |
| Name | Sub-compartment | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD Min | Max |
| (Insert line here) | | | | | | |
| Known inputs from technosphere (materials/fuels) | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD Min | Max | Comment |
| Polyester fabric I | 5 | kg | Undefined | | | |
| Pelletizing | 5000 | kg | Undefined | | | |
| (Insert line here) | | | | | | |
| Known inputs from technosphere (electricity/heat) | | | | | | |
| Name | Amount | Unit | Distribution | SD^2 or 2*SD Min | Max | Comment |
| Electricity HV use in A S | 231,67 | kWh | Undefined | | | |
| Conveyor belt, at plant/RER/I S | 10 | m | Undefined | | | |
| (Insert line here) | | | | | | |

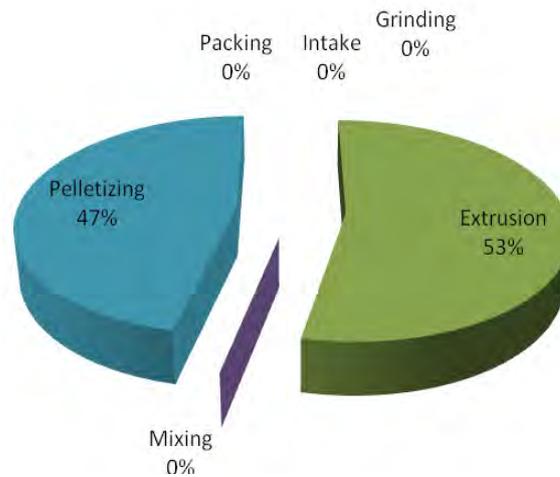
Gambar 4. 14 *Input Data SimaPro Stasiun Packing*

Dari keseluruhan stasiun membutuhkan energi listrik yang diperoleh dari PLN. Proporsi penggunaan energi listrik dari PLN dapat dilihat pada gambar 4. 15.



Gambar 4. 15 *Proporsi Penggunaan Listrik*

Sedangkan sumber daya air yang digunakan merupakan air sumur PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian. Air digunakan untuk proses pemasakan dimana dibutuhkan pada stasiun *extrusion* dan *pelletizing*. Proporsi penggunaan sumber daya air sumur dapat dilihat pada gambar 4. 16.



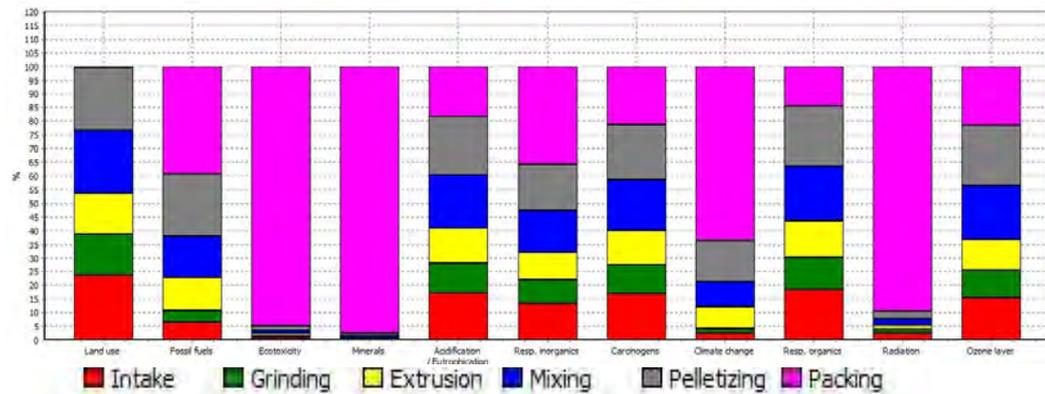
Gambar 4. 16 Proporsi Penggunaan Air Sumur

4.5 Penilaian Dampak

Pada tahap penilaian dampak dilakukan penentuan dampak terhadap lingkungan yang telah diperoleh dari tahapan LCI (*Life Cycle Inventory*). Pada tahap ini dilakukan beberapa langkah meliputi *characterization*, *normalization*, *weighting* dan *single score*.

4.5.1 *Characterization*

Characterization merupakan tahapan untuk membandingkan secara langsung hasil LCI dalam tiap kategori. Metode yang digunakan dalam melakukan penilaian dampak lingkungan adalah *Eco Indicator 99*. Dengan metode ini maka akan dihasilkan 11 kategori yang meliputi *carcinogens*, *respiratory organics*, *respiratory inorganics*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *acidification*, *land use*, *minerals* dan *fossil fuels*. Penilaian dampak lingkungan produk pakan ayam *broiler* dilakukan *assembly* dari proses-proses produksi yang dilalui pada keseluruhan stasiun. Hasil karakterisasi merupakan dampak lingkungan yang dihasilkan pada produksi pakan ayam sejumlah 5 ton (100 karung atau 1 *batch*) yang telah terkemas. Berikut hasil dari karakterisasi dampak lingkungan produk pakan ayam yang telah terkemas atau produk jadi dapat dilihat pada gambar 4. 17.



Gambar 4. 17 *Characterization* Produk Pakan Ayam *Broiler* Terkemas

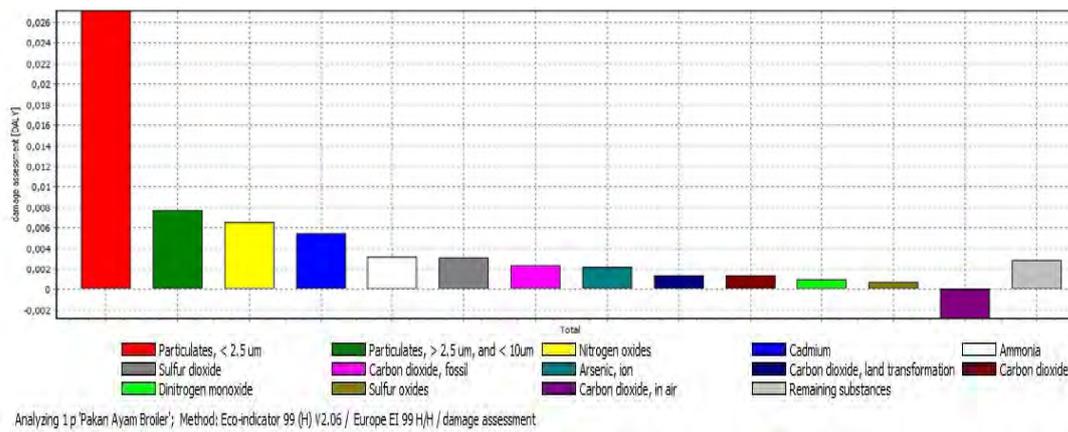
Pada penilaian dampak *characterization* dapat ditampilkan juga dalam bentuk tabel. Pada penilai diagram dan tabel terlihat bahwa dampak yang paling tinggi yaitu *land use* dengan nilai dampak 68.100 PDF*m2yr dan proses *pelletizing* yang memiliki kontribusi terbesar dalam nilai dampak *characterization*. Berikut hasil penilaian dampak *characterization* setiap masing-masing kategori.

Tabel 4. 14 *Characterization* Produk Pakan Ayam *Broiler* Terkemas

| <i>Impact category</i> | Total | <i>Intake</i> | <i>Grinding</i> | <i>Extrusion</i> | <i>Mixing</i> | <i>Pelletizing</i> | <i>Packing</i> |
|---------------------------------|----------|---------------|-----------------|------------------|---------------|--------------------|----------------|
| <i>Land use (PDF)</i> | 68100 | 16100 | 10300 | 10000 | 15700 | 15700 | 340 |
| <i>Fossil fuels (MJ)</i> | 23100 | 1480 | 976 | 2760 | 3510 | 5210 | 9120 |
| <i>Ecotoxicity (PAF)</i> | 22600 | 183 | 120 | 206 | 280 | 367 | 21500 |
| <i>Minerals (MJ)</i> | 9290 | 18,5 | 11,9 | 11,6 | 93,3 | 93,5 | 9060 |
| <i>Acidification (PDF)</i> | 1070 | 118 | 138 | 208 | 230 | 230 | 197 |
| <i>Resp. Inorganics (DAILY)</i> | 0,0494 | 0,0066 | 0,00426 | 0,00496 | 0,00752 | 0,00828 | 0,00178 |
| <i>Carcinogens (DAILY)</i> | 0,0086 | 0,00145 | 0,000937 | 0,00107 | 0,00161 | 0,00176 | 0,0018 |
| <i>Climate change (DAILY)</i> | 0,0037 | 9,39E-05 | 6,46E-05 | 0,00029 | 0,00034 | 0,00056 | 0,0023 |
| <i>Resp. Organics (DAILY)</i> | 6,34E-05 | 1,16E-05 | 7,52E-06 | 8,35E-06 | 1,28E-05 | 1,38E-05 | 9,3E-06 |

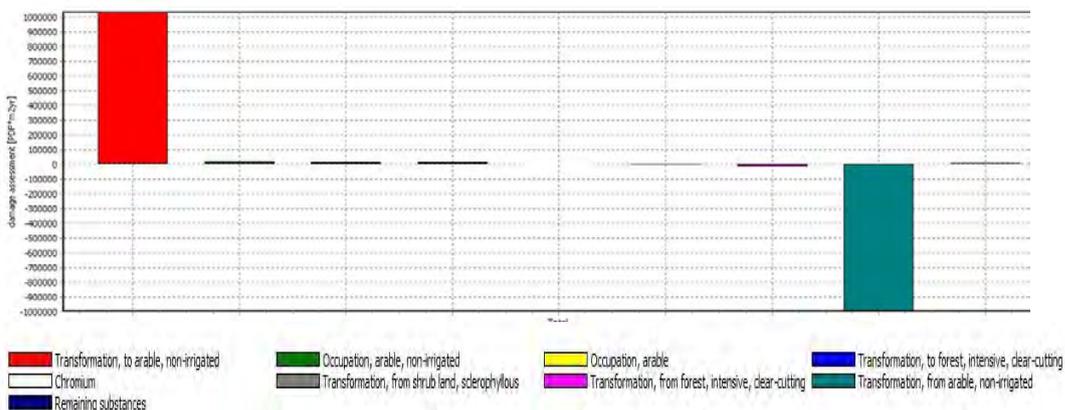
| Impact category | Total | Intake | Grinding | Extrusion | Mixing | Pelletizing | Packing |
|---------------------|----------|----------|----------|-----------|----------|-------------|----------|
| Radiation (DAILY) | 4,93E-05 | 1,12E-06 | 7,38E-07 | 7,18E-07 | 1,26E-06 | 1.34E-6 | 4,51E-05 |
| Ozone layer (DAILY) | 2,94E-06 | 4,54E-07 | 2,97E-07 | 3,24E-07 | 5,88E-07 | 6,41E-07 | 6,4E-07 |

Pada penilaian dampak lingkungan dengan metode *Eco Indicator 99* maka *characterization* juga terbagi menjadi kategori dampak lingkungan yang dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia, kualitas ekosistem dan sumber daya. Dengan melihat *damage assessment* maka dapat terlihat kategori-kategori yang menghasilkan dampak lingkungan terhadap kesehatan manusia, kualitas ekosistem dan sumber daya. Pada gambar 4. 18 dapat dilihat dampak pada kesehatan manusia yang dihasilkan *Eco Indicator 99* dengan *cut off* 1% pada software SimaPro.



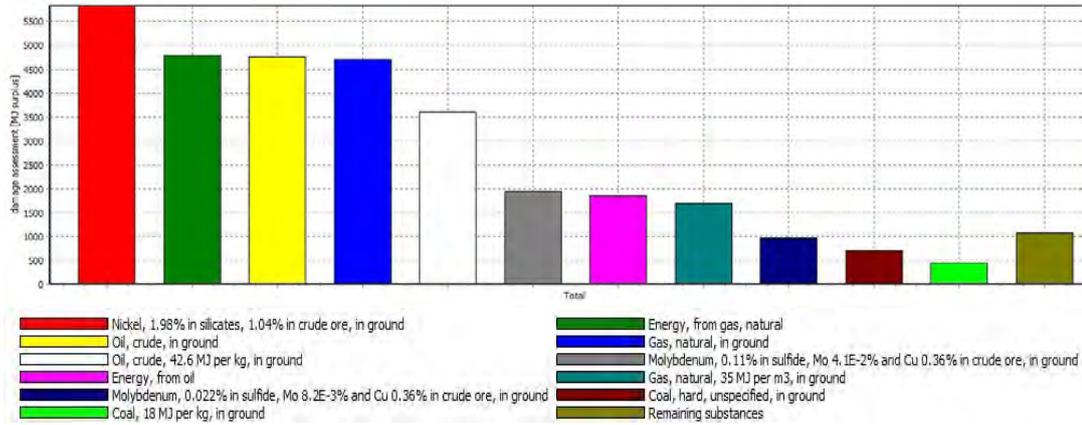
Gambar 4. 18 Dampak Terhadap Kesehatan Manusia

Berikut dampak pada kualitas ekosistem yang dihasilkan *Eco Indicator 99*.



Gambar 4. 19 Dampak Terhadap Kualitas Ekosistem

Sedangkan dampak pada sumber daya menurut *Eco Indicator 99* terlihat pada gambar 4. 20.



Gambar 4. 20 Dampak Terhadap Sumber Daya

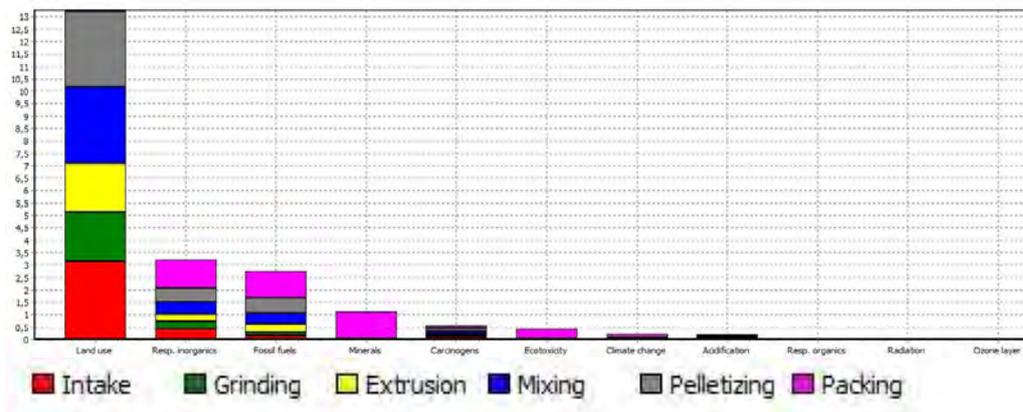
Selain *damage assessment* dengan *Eco Indicator 99* dapat melihat *contribution process* dalam menghasilkan dampak lingkungan terhadap masing-masing kategori. Berikut tabel kontribusi proses terhadap masing-masing kategori.

Tabel 4. 15 Kontribusi Proses terhadap Kategori

| Dampak | Satuan | Total | Intake | Grinding | Extrusion | Mixing | Pelletizing | Packing |
|--------------------|------------|--------|--------|----------|-----------|--------|-------------|---------|
| Kesehatan manusia | DAILY | 0,0619 | 0,0082 | 0,00527 | 0,00633 | 0,0095 | 0,0106 | 0,022 |
| Kualitas ekosistem | PDF*m2yr | 71400 | 16300 | 10500 | 10200 | 15900 | 15900 | 2680 |
| Sumber daya | MJ surplus | 32300 | 1500 | 988 | 2770 | 3600 | 5310 | 18200 |

4.5.2 Normalization

Tahapan normalisasi merupakan tahapan dimana hasil karakterisasi dibagi dengan nilai normalisasi. Tahapan normalisasi ini dilakukan untuk memudahkan perbandingan antar *impact category*. Nilai *impact category* dari *characterization* dibagi dengan nilai *reference* sehingga semua *impact category* menggunakan unit atau satuan sama. Hasil normalisasi dapat dilihat pada gambar 4. 21.



Gambar 4. 21 Normalisasi Dampak Lingkungan Produk Pakan Ayam *Broiler*

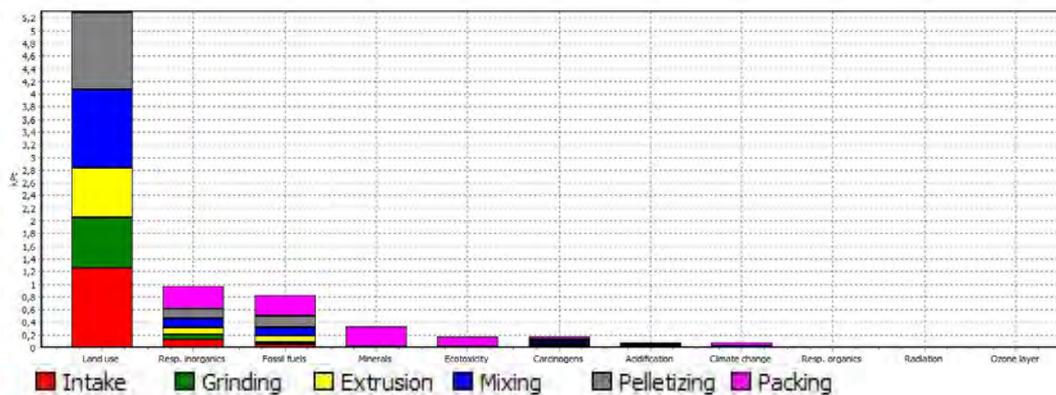
Pada tabel 4. 16 berikut ini merupakan hasil dari normalisasi kategori kesehatan manusia, kualitas ekosistem dan sumber daya pada produk pakan ayam *broiler* terkemas.

Tabel 4. 16 Hasil Normalisasi Dampak Lingkungan Produk Pakan Ayam

| Dampak | Total | Intake | Grinding | Extrusion | Mixing | Pelletizing | Packing |
|--------------------|-------|--------|----------|-----------|--------|-------------|---------|
| Kesehatan manusia | 4,03 | 0,531 | 0,343 | 0,412 | 0,618 | 0,691 | 1,44 |
| Kualitas ekosistem | 13,9 | 3,17 | 2,04 | 1,98 | 3,1 | 3,11 | 0,523 |
| Sumber daya | 3,85 | 0,178 | 0,118 | 0,33 | 0,429 | 0,631 | 2,16 |

4.5.3 Weighting

Untuk membandingkan berbagai potensi dampak lingkungan, penilaian harus dibuat dengan kategori relatif terhadap satu sama lain. Hal ini dilakukan dengan *weighting* (pembobotan), pembobotan dapat dilakukan dengan mengalikan hasil normalisasi atau dampak normalisasi nilai potensial oleh faktor bobot. Pada gambar 4. 22 berikut ini merupakan hasil dari pembobotan kategori *carcinogens*, *respiratory organics*, *respiratory inorganics*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *acidification*, *land use*, *minerals* dan *fossil fuels* pada produk pakan ayam *broiler* terkemas.



Gambar 4. 22 *Weighting* Dampak Lingkungan Produk Pakan Ayam

Pada tabel 4. 17 berikut ini merupakan hasil dari pembobotan kategori kesehatan manusia, kualitas ekosistem dan sumber daya pada produk pakan ayam *broiler* terkemas.

Tabel 4. 17 Hasil *Weighting* Dampak Lingkungan Produk Pakan Ayam

| Dampak | Satuan | Total | Intake | Grinding | Extrusion | Mixing | Pelletizing | Packing |
|--------------------|--------|-------|--------|----------|-----------|--------|-------------|---------|
| Kesehatan manusia | Pt | 1210 | 159 | 103 | 124 | 185 | 207 | 431 |
| Kualitas ekosistem | Pt | 5570 | 1270 | 816 | 793 | 1240 | 1240 | 209 |
| Sumber daya | Pt | 1150 | 53,4 | 35,3 | 98,9 | 129 | 189 | 649 |

4.5.4 *Single Score*

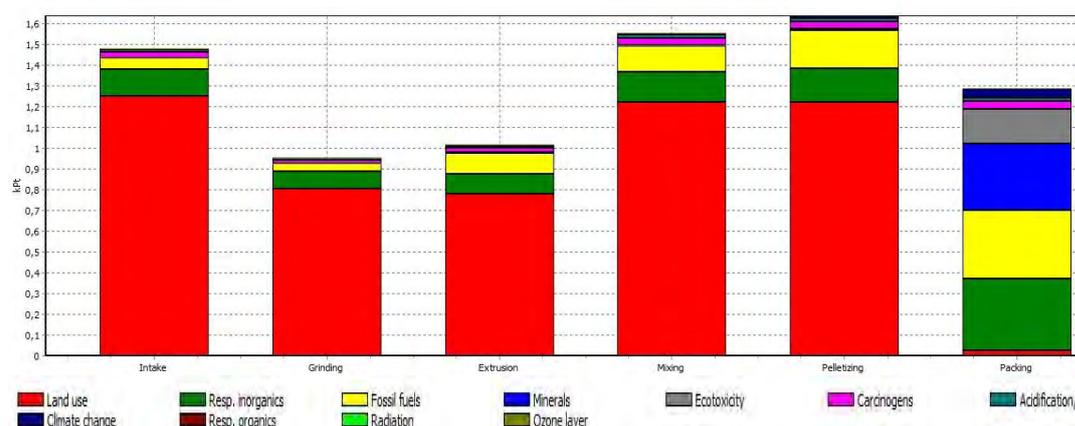
Setelah dilakukan pembobotan, semua potensi dampak lingkungan dikonversi ke *single score* nilai tunggal. Hasil dari *single score* dapat dilihat pada tabel 4. 18.

Tabel 4. 18 Hasil *Single Score* Dampak Lingkungan

| <i>Impact category</i> | Total (Pt) | <i>Intake</i> | <i>Grinding</i> | <i>Extrusion</i> | <i>Mixing</i> | <i>Pelletizing</i> | <i>Packing</i> |
|------------------------|------------|---------------|-----------------|------------------|---------------|--------------------|----------------|
| Total | 7930 | 1480 | 955 | 1020 | 1550 | 1640 | 1290 |
| <i>Land use</i> | 5310 | 1250 | 806 | 781 | 1220 | 1220 | 26,5 |

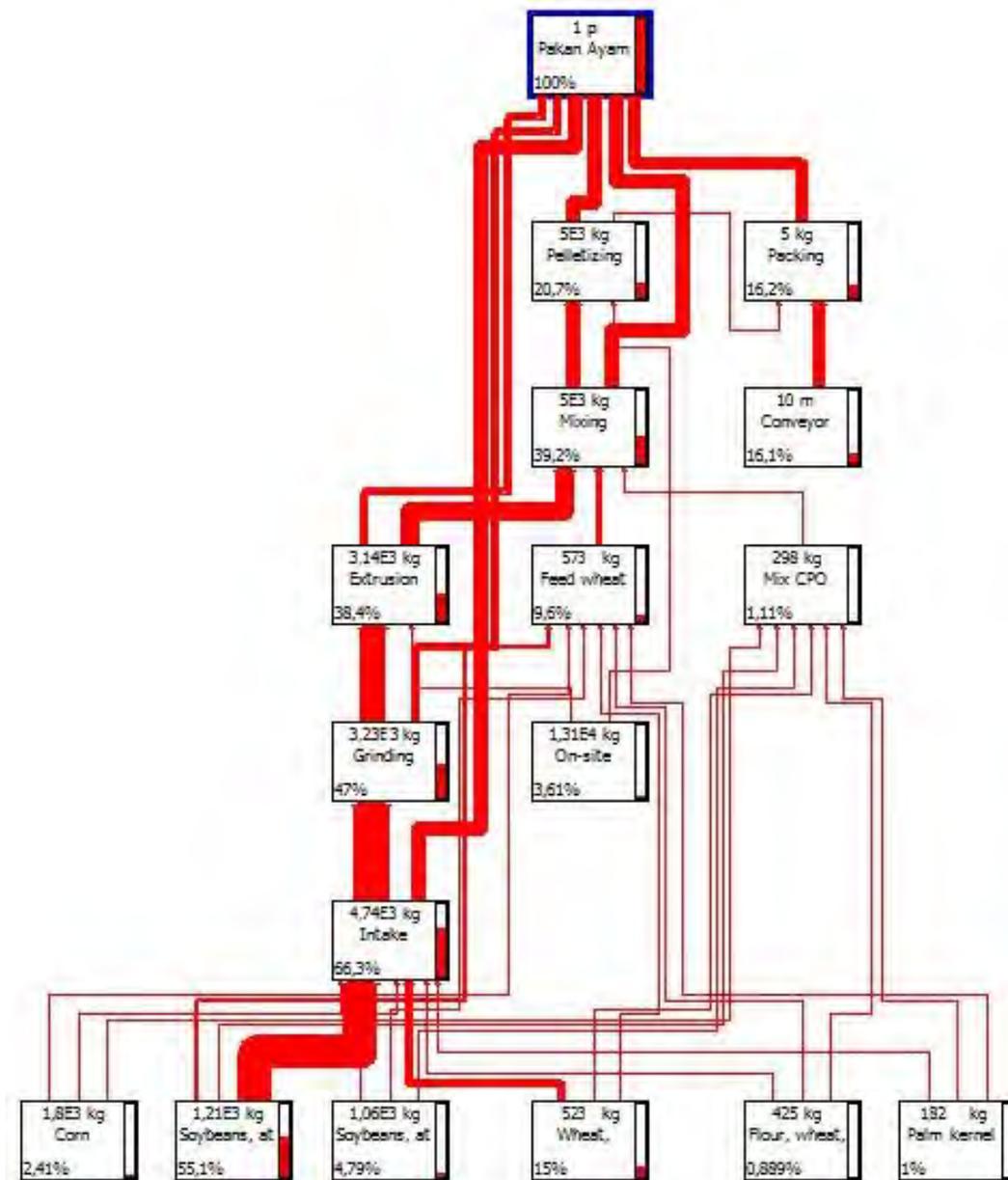
| Impact category | Total (Pt) | Intake | Grinding | Extrusion | Mixing | Pelletizing | Packing |
|------------------|------------|--------|----------|-----------|--------|-------------|---------|
| Resp. Inorganics | 964 | 129 | 83,1 | 96,8 | 147 | 162 | 347 |
| Fossil fuels | 832 | 52,7 | 34,9 | 98,5 | 125 | 186 | 325 |
| Minerals | 332 | 0,659 | 0,426 | 0,413 | 3,33 | 3,34 | 323 |
| Carcinogens | 176 | 28,4 | 18,3 | 21 | 31,4 | 34,4 | 167 |
| Ecotoxicity | 170 | 1,43 | 0,932 | 1,61 | 2,18 | 2,86 | 36,2 |
| Acidification | 83,8 | 14,3 | 9,22 | 10,8 | 16,2 | 17,9 | 15,4 |
| Climate change | 73,3 | 1,83 | 1,26 | 5,75 | 6,73 | 11,1 | 46,6 |
| Resp. Organics | 1,24 | 0,228 | 0,147 | 0,163 | 0,25 | 0,27 | 0,182 |
| Radiation | 0,96 | 0,0144 | 0,014 | 0,014 | 0,0245 | 0,0262 | 0,862 |
| Ozone layer | 0,057 | 0,0058 | 0,00634 | 0,00634 | 0,0115 | 0,0125 | 0,012 |

Berikut hasil *single score* dapat dilihat pada gambar 4. 23 di bawah ini.



Gambar 4. 23 *Single Score* Dampak Lingkungan Produk Pakan Ayam

Pada penilaian dampak lingkungan dapat dilihat dengan *network* dampak lingkungan. *Network* dampak lingkungan dapat menggambarkan hubungan setiap proses yang dapat mengakibatkan dampak lingkungan. Pada *network* dampak lingkungan yang dihasilkan menggunakan *cut off* 1%. Pada gambar 4. 24 berikut ini merupakan *network* untuk pakan ayam *broiler* terkemas.



Gambar 4. 24 *Network* Dampak Lingkungan Produk Pakan Ayam *Broiler*

Network ini memberikan informasi hubungan dari setiap proses yang memiliki pengaruh dalam menghasilkan dampak lingkungan pada produk pakan ayam *broiler* terkemas. Pada *network* garis merah menunjukkan proses yang berpengaruh terhadap dampak lingkungan. Garis merah tebal menunjukkan proses yang memiliki pengaruh besar terhadap dampak lingkungan.

4.6 Pemilihan Alternatif Perbaikan dengan Pendekatan ANP

Setelah diketahui nilai dampak lingkungan terbesar, maka diberikan solusi alternatif dengan pendekatan *Analytical Network Process* (ANP). *Analytical Network Process* merupakan metode pengembangan dari AHP. Pada metode ini terlebih dahulu ditentukan kriteria-kriteria utama dan alternatif untuk menyelesaikan permasalahan terutama terkait dengan permasalahan lingkungan. Pendekatan ANP ini dibantu dengan penggunaan *software Super Decision*.

4.6.1 Penentuan Alternatif dan Kriteria

Untuk mengurangi dampak lingkungan maka dirumuskan kriteria dan alternatif. Setelah melakukan *impact assessment* dengan skenario perbaikan yang dijalankan pada *software* SimaPro dan diskusi dengan pihak perusahaan, maka diperoleh beberapa alternatif sebagai berikut.

| Process | Project | DQI | Unit | Total |
|------------------------------------|--------------------------|-----|------|--------|
| Total of all processes | | | Pt | 7,93E3 |
| Remaining processes | | | Pt | 272 |
| Soybeans, at farm/BR S | Ecoinvent system proces: | | Pt | 4,37E3 |
| Conveyor belt, at plant/RER/I S | Ecoinvent system proces: | | Pt | 1,28E3 |
| Wheat, organic, from farm | LCA Food DK. | | Pt | 1,13E3 |
| Soybeans, at farm/US S | Ecoinvent system proces: | | Pt | 380 |
| On-site steam average E | Industry data 2.0 | | Pt | 286 |
| Palm kernel meal, at oil mill/MY S | Ecoinvent system proces: | | Pt | 79,4 |
| Bread wheat, from farm | LCA Food DK. | | Pt | 77 |
| Coal B300 | BUWAL250 | | Pt | 65,2 |

Gambar 4. 25 *Inventory* Hasil Pengolahan SimaPro *Cut off* 1%

1. Alternatif bahan baku penggantian *soy bean* Brazil dengan *soy bean* US. Berdasarkan penilaian dampak lingkungan *soy bean* BR menjadi material yang berkontribusi paling besar yaitu memiliki nilai dampak 4.370 Pt. *Soy bean* BR akan diganti dengan *soy bean* US, dimana sesuai uji *software* SimaPro *soy bean* US memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil.
2. Mengkolaborasikan bahan bakar *boiler* batu bara dengan cangkang kerang. Berdasarkan penilaian dampak lingkungan penggunaan bahan bakar batu bara untuk menghasilkan *steam boiler*, memiliki kontribusi cukup besar yaitu 286 Pt dan 65,2 Pt. Namun jika batu bara diganti

dengan bahan bakar lain akan membutuhkan investasi yang besar. Sehingga alternatif yang diusulkan yaitu mengganti 20% bahan bakar batu bara dengan cangkang kerang. Menurut Suyanto (2009), batu bara mempunyai *heating value* 7555,3 kkal/kg sedangkan cangkang kerang memiliki *heating value* 4115 kkal/kg. Sehingga penggantian bahan bakar batu bara setiap 1 kg akan digantikan dengan 1,84 kg cangkang kerang.

3. Penggunaan teknologi *reverse osmosis* guna menurunkan *Total Dissolved Solids* (TDS) pada emisi air keluaran *boiler*. Permasalahan TDS tidak terdeteksi oleh *software* Simapro 7.1.8 karena keterbatasan *database*. Departemen HSE PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian telah mendeteksi akan muncul permasalahan TDS. Hal ini dikarenakan air sumur yang digunakan *boiler* mengalami kenaikan TDS yaitu tahun 2014 sekitar 150 mg/l menjadi 200 mg/l di tahun 2015. Air sumur yang digunakan untuk *boiler* akan mengalami kenaikan TDS 6 kali lipat ketika telah menjadi air sisa *boiler* (*air blowdown*). Sehingga tahun 2015 TDS air limbah yang dibuang sekitar 1200 mg/l dimana ambang penerimaan dari Peraturan Gubernur yaitu 2000 mg/l. Untuk mengantisipasi kenaikan TDS maka PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian merencanakan penggunaan teknologi *reverse osmosis*.

Beberapa alternatif tersebut perlu dilakukan evaluasi yang komperhensif agar mampu dieksekusi atau diimplementasikan dengan baik. Berikut akan dijelaskan evaluasi singkat untuk memberi pertimbangan dalam pengambilan keputusan.

Tabel 4. 19 Evaluasi Alternatif

| Alternatif | Evaluasi |
|--|--|
| Penggantian bahan baku <i>soy bean</i> | Masalah yang muncul adalah perusahaan akan bergantung pada satu <i>supplier</i> bahan baku <i>soy bean</i> yaitu US. Untuk mengatasi permasalahan ini maka perlu dibangun sistem <i>ppic</i> bahan baku <i>soy bean</i> yang terstruktur dengan baik agar kedepannya perusahaan tidak kekurangan bahan baku <i>soy bean</i> . Selain pembuatan sistem <i>ppic</i> baru maka perlu adanya |

| Alternatif | Evaluasi |
|--|---|
| | perjanjian yang kuat dengan pihak <i>supplier</i> untuk mengurangi potensi keterlambatan pasokan bahan baku. |
| Kolaborasi bahan bakar batu bara dan cangkang kerang | Alternatif ini memiliki permasalahan pada pemasokan cangkang kerang dan kondisi cangkang yang membutuhkan perlakuan khusus agar siap untuk dikolaborasikan dengan batu bara. Ketika perusahaan menggunakan alternatif ini maka cangkang kerang yang dibutuhkan sekitar 5.223 ton (kebutuhan setiap 5 ton yaitu 29,73 kg) dalam setahun produksi. Berdasarkan data ekspor hasil perikanan Indonesia tahun 2011, Indonesia mampu mengekspor 11.548 ton cangkang kerang. Setelah mengetahui pasokan cangkang cukup untuk kebutuhan perusahaan maka yang perlu dilakukan yaitu mencari <i>supplier</i> cangkang yang mampu memasok cangkang siap bakar (cangkang kering). Sehingga perusahaan tidak perlu melakukan persiapan dalam menggunakan cangkang. |
| Penggunaan teknologi <i>reverse osmosis</i> | Permasalahan yang terjadi adalah alternatif ini memiliki nilai investasi yang tinggi. Untuk mengatasi permasalahan ini maka perusahaan harus pintar dalam mengelola investasi tahunan yang disiapkan untuk Departemen <i>Health Safety Environment</i> (HSE). Harapannya perusahaan telah siap sebelum permasalahan TDS muncul sehingga nilai kinerja lingkungan mampu dipertahankan maupun ditingkatkan. |

Beberapa kriteria yang dibuat untuk alternatif strategi pengurangan dampak lingkungan melihat dari beberapa sisi seperti dari aspek ekonomi, teknologi, sumber daya manusia dan *raw material*. Kriteria untuk pemilihan alternatif adalah sebagai berikut.

1. Biaya

Aspek ekonomi berkaitan dengan investasi ataupun finansial perusahaan untuk mendukung kegiatan yang berdampak positif terhadap lingkungan. Aspek ini perlu diperhatikan karena setiap tahunnya ada anggaran terbatas yang harus dimanfaatkan dengan efektif dan efisien.

2. Keandalan teknologi

Aspek teknologi berkaitan dengan kemampuan teknologi perusahaan untuk mendukung proses meminimalkan dampak lingkungan. Perlu diperhatikan mengenai investasi, pemasangan dan perawatan dari teknologi yang digunakan.

3. Kemampuan SDM

Aspek sumber daya manusia berkaitan dengan kemampuan sumber daya untuk mendukung tujuan dari pengurangan dampak lingkungan.

4. Kemudahan memperoleh *raw material*

Berkaitan dengan *raw material* yang digunakan untuk mendukung pengurangan dampak lingkungan.

5. Peraturan pemerintah

Aspek yang berkesinambungan dalam hal peraturan yang mengikat untuk meningkatkan kinerja lingkungan.

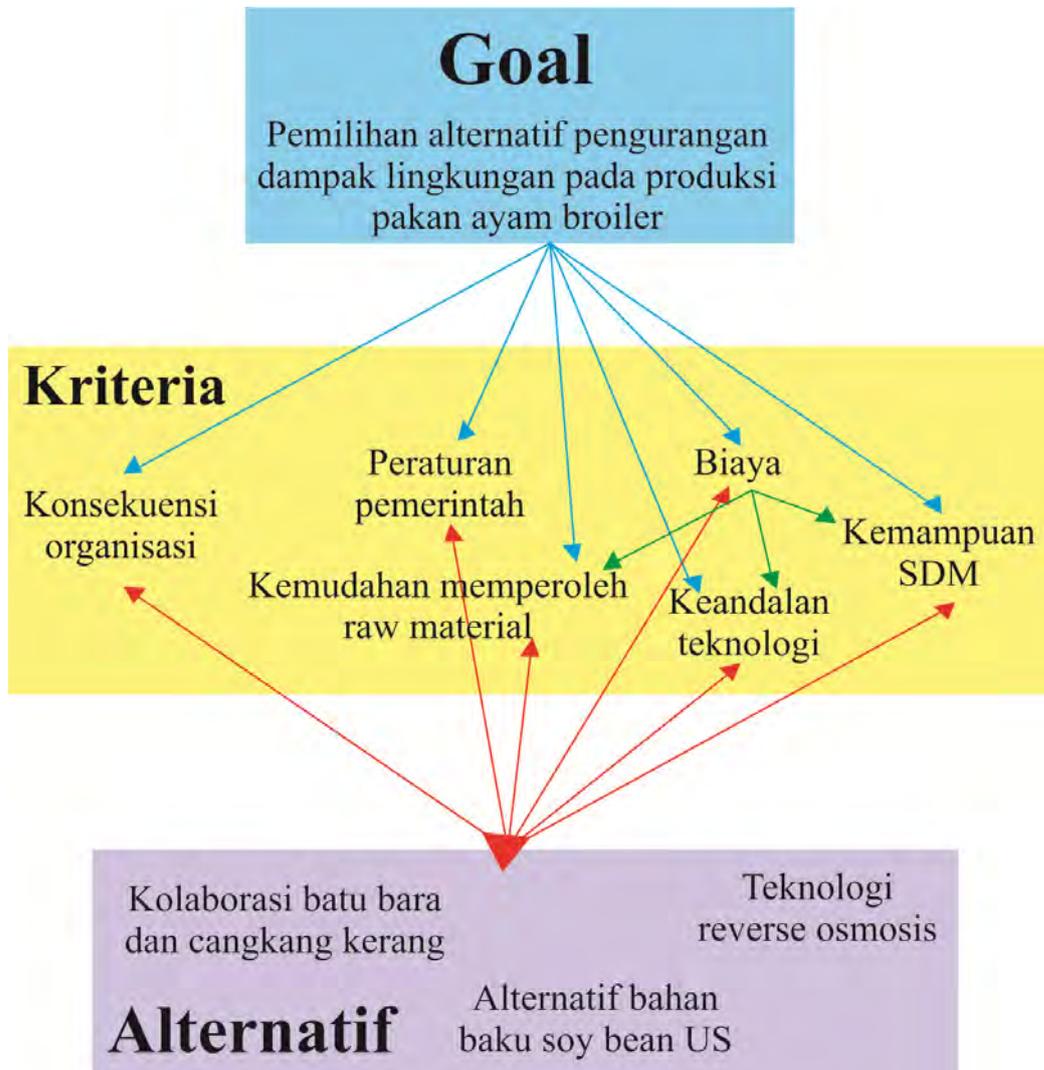
6. Konsekuensi organisasi

Aspek dampak terhadap organisasi yang perlu diperhatikan dalam melakukan peningkatan kinerja lingkungan. Konsekuensi yang terjadi dapat berupa konsekuensi positif atau negatif yang mempengaruhi citra organisasi, kepercayaan konsumen dan internal organisasi.

Data yang mendukung mengenai perspektif pemilihan kriteria dilampirkan pada lampiran 7.4.

4.6.2 Network Hubungan Kriteria dan Alternatif

Sebelum memperoleh nilai bobot maka kriteria dan alternatif dibangun dalam sebuah *network* untuk menggambarkan hubungan antara kriteria dan alternatif. Hubungan kriteria dan alternatif dapat dilihat pada gambar 4. 26.



Gambar 4. 26 Network ANP Pemilihan Alternatif Perbaikan

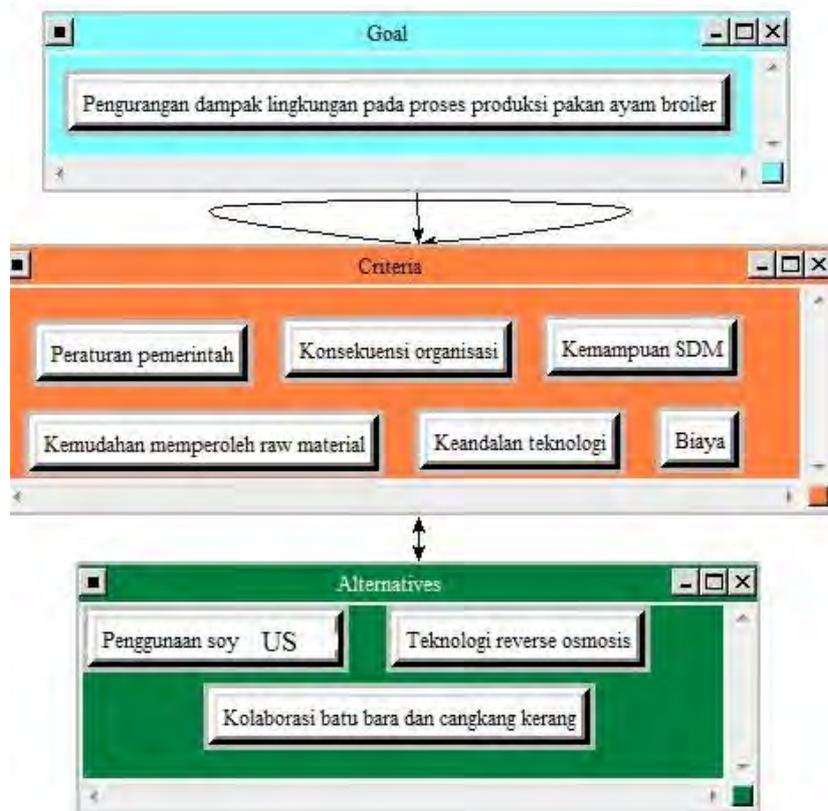
4.6.3 Pembuatan Kuisoner

Pembuatan kuisoner dilakukan untuk memberikan nilai pada *pairwise comparison*. Pengambil keputusan dapat memberikan nilai pada kuisoner perbandingan berpasangan untuk memilih alternatif yang ada, dengan mempertimbangkan kriteria. Pengambil keputusan juga memberikan pendapat mengenai perbandingan berpasangan antar kriteria yang ada. Dalam penelitian ini

responden pemberi nilai perbandingan berpasangan pada kuisioner adalah Ketua koordinator departemen HSE PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian (Bapak Nanang Prihandoro). Kuisioner dapat dilihat pada lampiran 7. 2.

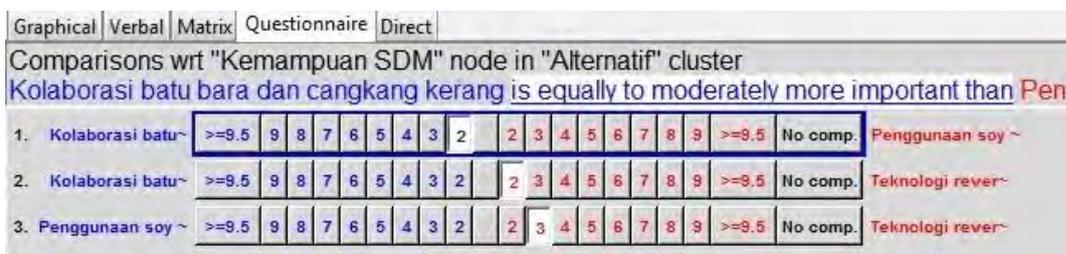
4.6.4 Pengolahan Data *Analytical Network Process*

Setelah diperoleh nilai perbandingan berpasangan dari hasil kuisioner, maka nilai selanjutnya akan dilakukan pembobotan dengan bantuan *software Super Decision*. Pembobotan ini akan membantu untuk mengetahui prioritas alternatif yang terpilih. Penilaian kuisioner dibuat matriks penilaian perbandingan tingkat kepentingan. Pengolahan data dengan *software Super Decision* diawali dengan membuat *network ANP*. *Network ANP* pada *software super decision* dibuat sesuai dengan rancangan *network* alternatif dan kriteria yang saling berhubungan. *Network* pada *software super decision* disusun dengan beberapa *cluster* seperti gambar 4. 27.



Gambar 4. 27 *Network ANP* pada *Software Super Decision*

Setelah *network* terbentuk selanjutnya melakukan perbandingan berpasangan. Berikut contoh gambar penginputan data dan contoh matiks hasil pengolahan *software Super Decision*.



Gambar 4. 28 Contoh Perbandingan Berpasangan pada *Software Super Decision*



Gambar 4. 29 Contoh Matriks Penilaian pada *Software Super Decision*

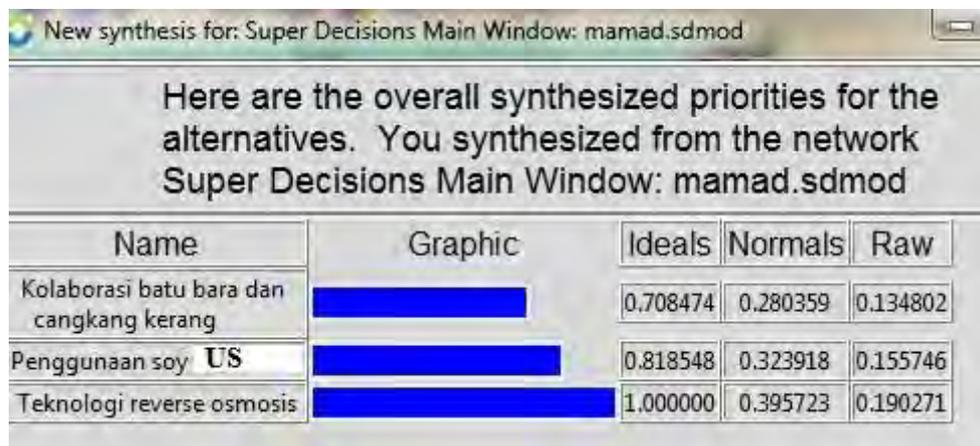
Nilai *incosistency* pada ANP adalah kurang dari 0.1, semua perbandingan berpasangan pada penelitian ini memiliki nilai *incosistency* kurang dari 0,1 sehingga pilihan dianggap telah konsisten. Setelah dilakukan nilai pada matriks maka akan diperoleh nilai pembobotan dengan *limiting*. Nilai *limit* merupakan merupakan matriks yang dipangkatkan sampai mencapai kestabilan di mana nilai setiap kolom sama. Tabel 4. 20 merupakan hasil pembobotan seluruh kriteria dan alternatif.

Tabel 4. 20 Hasil Pembobotan dengan *Software Super Decision*

| <i>Criteria</i> | <i>Normalized</i> | <i>Limiting</i> |
|------------------------|-------------------|-----------------|
| Peraturan Pemerintah | 0.35423 | 0.183912 |
| Konsekuensi organisasi | 0.23190 | 0.120398 |

| <i>Criteria</i> | <i>Normalized</i> | <i>Limiting</i> |
|--|-------------------|-----------------|
| Biaya | 0.14779 | 0.076729 |
| Kemudahan memperoleh <i>raw material</i> | 0.11514 | 0.059778 |
| Keandalan teknologi | 0.09922 | 0.051512 |
| Kemampuan SDM | 0.051173 | 0.026855 |

Setelah diperoleh nilai pembobotan maka nilai untuk alternatif diurutkan berdasarkan bobot. Pada hasil sintesis *super decision* maka diperoleh urutan prioritas dari nilai terbesar hingga terkecil adalah penggunaan teknologi *reverse osmosis*, penggunaan *soy bean US* dan kolaborasi batu bara cangkang kerang. Hasil sistesis dari *super decision* dapat dilihat pada gambar 4. 31.

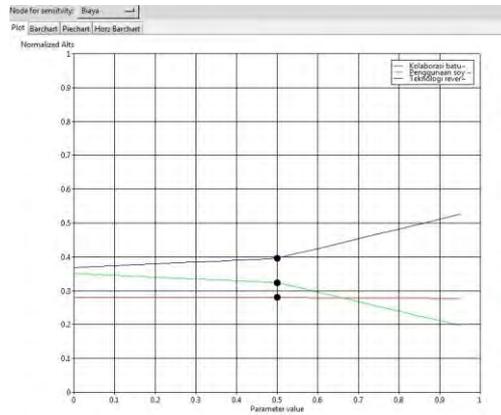


Gambar 4. 31 Hasil Sintesis *Software Super Decision*

4.6.5 Uji Sensitivitas

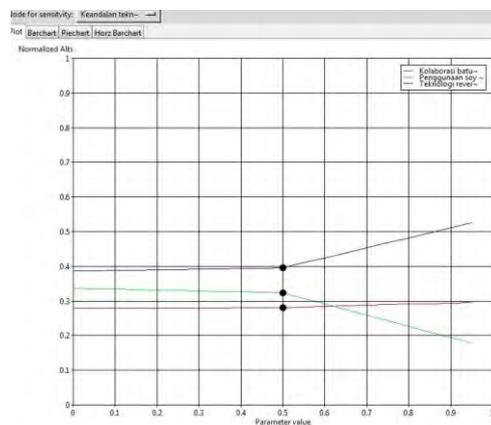
Uji sensitivitas dilakukan dengan menggunakan *software super decision*. Uji sensitivitas ini dilakukan untuk mengetahui interval dari bobot prioritas dan juga bobot dari alternatif. Dari beberapa kriteria akan dilakukan percobaan dengan merubah bobot nilai untuk mengetahui kriteria yang paling kritis untuk perubahan

nilai bobot pada ketiga alternatif. Berikut hasil uji sensitivitas untuk masing-masing kriteria.



Gambar 4. 32 Uji Sensitivitas Kriteria Biaya *Software Super Decision*

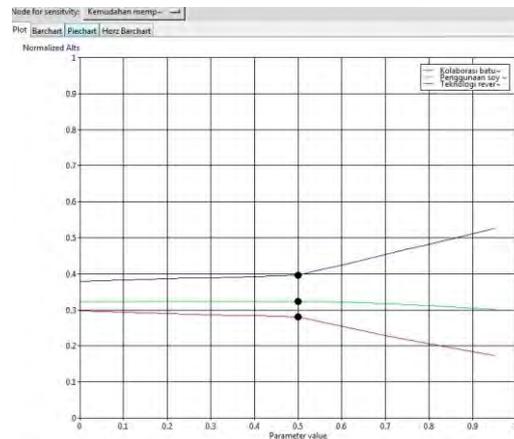
Pada kriteria biaya ketika *parameter value*-nya dirubah menjadi 0,65 maka nilai *normalized* alternatif 2 yaitu penggunaan *soy bean* US akan bergeser menjadi prioritas terakhir. Pada titik tersebut urutan bobot alternatif dari terbesar ke terkecil yaitu penggunaan teknologi RO, kolaborasi batu bara cangkang dan penggunaan *soy bean* US.



Gambar 4. 33 Uji Sensitivitas Kriteria Keandalan Teknologi *Software Super Decision*

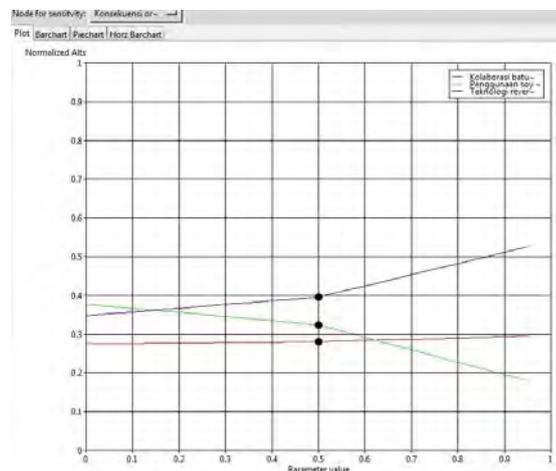
Pada kriteria keandalan teknologi ketika *parameter value*-nya dirubah menjadi 0,6 maka urutan bobot alternatif mulai dari terbesar akan berubah menjadi penggunaan teknologi RO, kolaborasi batu bara cangkang dan penggunaan *soy bean* US. Hal berbeda ditunjukkan oleh kriteria kemudahan

memperoleh *raw material*. Pada kriteria ini urutan bobot kriteria tidak berubah meskipun parameter value-nya dirubah menjadi 0,9.



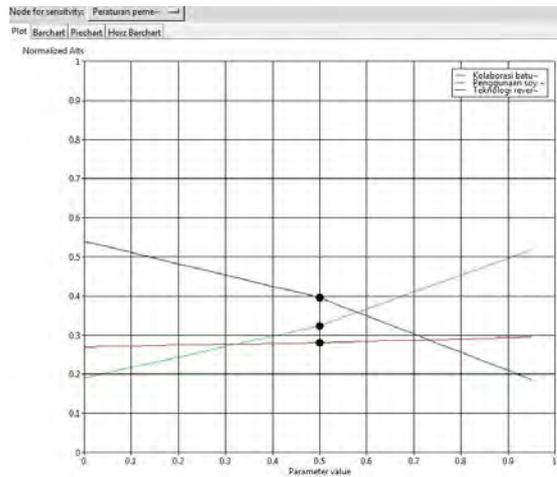
Gambar 4. 34 Uji Sensitivitas Kriteria Kemudahan Memperoleh *Raw Material Software Super Decision*

Pada kriteria konsekuensi organisasi ada dua titik yang sensitif yaitu ketika *parameter value*-nya dirubah menjadi 0,12 dan 0,6. Perubahan bobot alternatif pada kriteria konsekuensi organisasi ditunjukkan oleh gambar 4. 35.



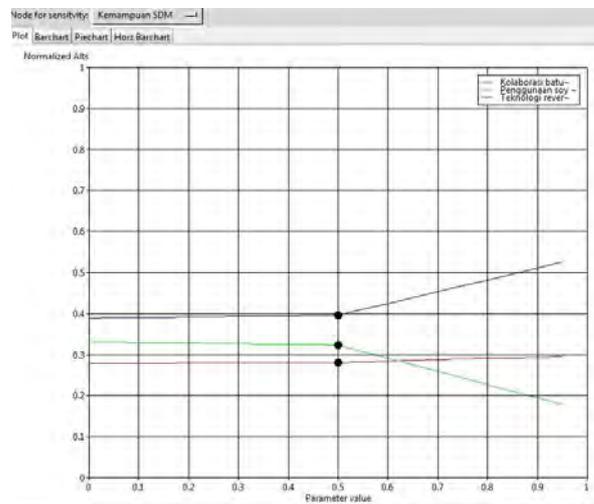
Gambar 4. 35 Uji Sensitivitas Kriteria Konsekuensi Organisasi *Software Super Decision*

Sama seperti kriteria konsekuensi organisasi, kriteria peraturan pemerintah memiliki dua titik yang sensitif yaitu ketika *parameter value*-nya dirubah menjadi 0,3 dan 0,72. Perubahan bobot alternatif pada kriteria peraturan pemerintah ditunjukkan oleh gambar 4. 36.



Gambar 4. 36 Uji Sensitivitas Kriteria Peraturan Pemerintah
Software Super Decision

Pada kriteria kemampuan SDM ketika *parameter value*-nya dirubah menjadi 0,6 maka urutan bobot alternatif mulai dari terbesar akan berubah menjadi penggunaan teknologi RO, kolaborasi batu bara cangkang dan penggunaan *soy bean US*.



Gambar 4. 37 Uji Sensitivitas Kriteria Kemampuan SDM
Software Super Decision

BAB V

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisis dan interpretasi data terhadap hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis pada penelitian ini berfokus pada dampak lingkungan yang dihasilkan berdasarkan pengolahan data dengan menggunakan *software* SimaPro 7.1.8 dan analisa penentuan alternatif perbaikan dengan pendekatan *Analytical Network Process* (ANP).

5.1 Analisa Dampak Lingkungan Produk Pakan Ayam *Broiler* 512

Penilaian dampak lingkungan yang dihasilkan *software* SimaPro merupakan penilaian “*cradle to gate*”. Pada tahapan *product stage* terdapat enam proses yang dilakukan yaitu *intake, grinding, extrusion, mixing, pelletizing* dan *packing*. Produk pakan ayam memiliki dampak lingkungan yang diakibatkan oleh sumber daya yang dipakai seperti bahan baku utama yaitu *soy bean* dan *corn*, bahan pendukung, energi yang digunakan seperti uap, listrik dan air. Dari pengelolaan data produk pakan ayam yang terkemas, maka dengan melihat nilai karakterisasi terdapat beberapa dampak lingkungan yang dihasilkan. Pada penelitian ini digunakan metode *Eco Indicator 99 (H)* untuk melihat beberapa dampak lingkungan meliputi *carcinogens, respiratory organics, respiratory inorganics, climate change, radiation, ozone layer, ecotoxicity, acidification, land use, minerals* dan *fossil fuels*. Jika menilai dampak lingkungan pada pakan ayam *broiler* dapat dilihat hasil *Life Cycle Assessment* berdasarkan *characterization, normalization, weighting* dan *single score*.

5.1.1 Analisa *Characterization*

Setelah pengolahan data dilakukan, maka akan diperoleh hasil kontribusi masing-masing proses terhadap lingkungan. Berdasarkan penilaian dampak lingkungan karakteristik, maka kategori dampak lingkungan terbesar hingga terkecil adalah *land use, respiratory inorganics, fossil fuels, minerals, ecotoxicity,*

carcinogens, acidification, climate change, respiratory organics, radiation dan *ozone layer*.

Pada penelitian ini menggunakan metode *Eco Indicator 99* (H), dimana metode ini paling banyak digunakan dalam aplikasi LCA. Berdasarkan metode *Eco Indicator 99* kerugian dampak lingkungan terbagi menjadi tiga yaitu kesehatan manusia, kualitas ekosistem dan sumber daya. Kerugian dampak lingkungan lingkungan terhadap kesehatan manusia meliputi kategori *carcinogens, climate change, respiratory organics, respiratory inorganics, radiation* dan *ozone layer*. Kerugian dampak lingkungan terhadap kualitas ekosistem meliputi *ecotoxicity, acidification* dan *land use*. Sedangkan kerugian dampak lingkungan terhadap sumber daya meliputi kategori *fossil fuels* dan *minerals*.

5.1.1.1 Analisis Dampak Lingkungan Tiap Kategori

Masing- masing dari kategori dampak lingkungan dilakukan analisa dan proses yang berkontribusi terhadap kategori dampak tersebut.

1. *Land use* merupakan dampak terhadap tanah karena aktivitas pertanian atau ekstraksi sumber daya. Dampak pada kategori ini ialah hilangnya spesies, hilangnya tanah dan juga hilangnya kandungan organik kering. *Land use* diberi satuan PDF*m2yr atau *potentially disappeared fraction of species (square metre of land per year)*. Dalam produksi pakan ternak ayam, *land use* merupakan dampak terbesar dari keseluruhan kategori. Hal ini diakibatkan oleh bahan baku utama yaitu *soy bean* dan *corn* dimana penanamannya dapat berdampak pada tanah.
2. *Ecotoxicity* merupakan dampak lingkungan yang diukur terpisah dari tiga bagian yaitu air tawar, air laut dan tanah. *Ecotoxicity* dapat terjadi akibat berbagai zat seperti logam berat atau bahan kimia yang digunakan oleh industri sehingga dapat berdampak pada ekosistem. Pada produksi pakan ayam beberapa faktor yang dapat berpengaruh pada jenis kategori ini seperti penggunaan *premix* bahan tambahan kimia dan penggunaan *froklift*.
3. *Acidification* merupakan dampak lingkungan yang dapat menyebabkan hujan asam maupun polusi air. Hujan asam dapat mengikis bangunan, maupun

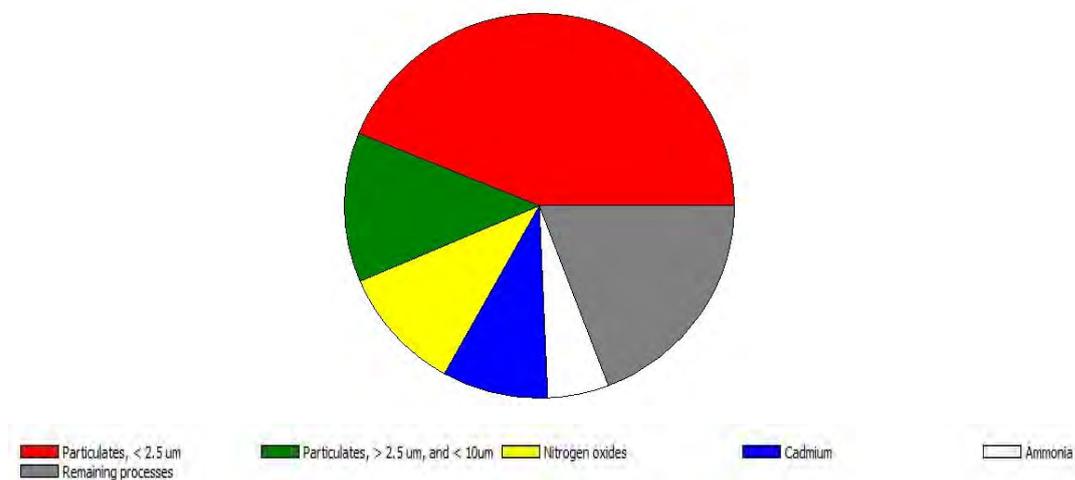
merusak daun tanaman dan menurunkan kualitas air. Pada produksi pakan ternak ayam kategori ini diakibatkan oleh penggunaan batu bara yang menghasilkan emisi SO₂ dan NO₂.

4. *Ozon layer depletion* merupakan penipisan ozon yang mengacu pada penipisan lapisan ozon stratosfir akibat emisi antropogenik. Penipisan ozon juga dapat terjadi akibat meningkatnya konsentrasi ozon di troposfer. Akibat dari kategori dampak ini dapat membuat iritasi saluran bernafasan, menaikkan tekanan darah bahkan mengikis bangunan. Pada produksi pakan ternak ayam penyebab utama kategori ini adalah penggunaan *batu bara* pada broiler.
5. *Minerals* merupakan kategori dampak lingkungan yang berkaitan dengan ketersediaan dan kualitas bahan galian atau mineral. Pada *Eco Indicator 99* model geo statistik dapat digunakan untuk menganalisis hubungan antara ketersediaan dan kualitas mineral. Pada produksi pakan ternak ayam kategori ini diakibatkan oleh penggunaan nikel yang terkandung pada konveyor
6. *Fossil fuels* merupakan kategori dampak lingkungan yang berkaitan dengan kualitas dan ketersediaan bahan bakar fosil. Sama halnya dengan mineral, pada kategori ini dapat berkaitan pada menurunnya sumber daya alam. Pada produksi pakan ternak ayam kategori ini diakibatkan oleh penggunaan batu bara.
7. *Climate change* merupakan perubahan dari aktivitas-aktivitas iklim yang terjadi pada periode waktu tertentu seperti perubahan suhu, perubahan pola angin. Pada produksi pakan ternak ayam kategori ini diakibatkan oleh penggunaan batu bara.
8. *Respiratory effect* merupakan salah satu faktor yang berhubungan dengan efek pada saluran pernafasan. Dalam hal ini *respiratory effect* meliputi *respiration organics* dan *respiration inorganics*. *Respiration organics* merupakan efek saluran pernafasan akibat substansi organik dan *respiration inorganics* merupakan efek pada saluran pernafasan akibat substansi inorganik. Pada produksi pakan ternak ayam kategori ini diakibatkan oleh penggunaan batu bara.

9. *Radiation* merupakan energi yang dipancarkan dalam bentuk gelombang melalui atom. Radiasi dapat berdampak pada kesehatan manusia seperti efek genetik dan efek stomatik atau efek yang dapat dirasakan oleh individu.
10. *Carcinogens* merupakan salah satu senyawa yang terdapat pada polutan lingkungan dan dapat berpengaruh terhadap kesehatan manusia salah satunya penyebab kanker.

5.1.1.2 Analisis Dampak Lingkungan Terhadap Kesehatan Manusia

Kerugian dampak lingkungan lingkungan terhadap kesehatan manusia meliputi kategori *carcinogens*, *climate change*, *respiratory organics*, *respiratory inorganics*, *radiation* dan *ozone layer*. Pada produksi pakan ternak ayam kategori yang berdampak besar terhadap kesehatan manusia yaitu kategori *respiratory inorganics* (964 Pt). Penyebab dari kategori tersebut yaitu penggunaan batu bara pada *broiler* untuk menghasilkan *steam*.

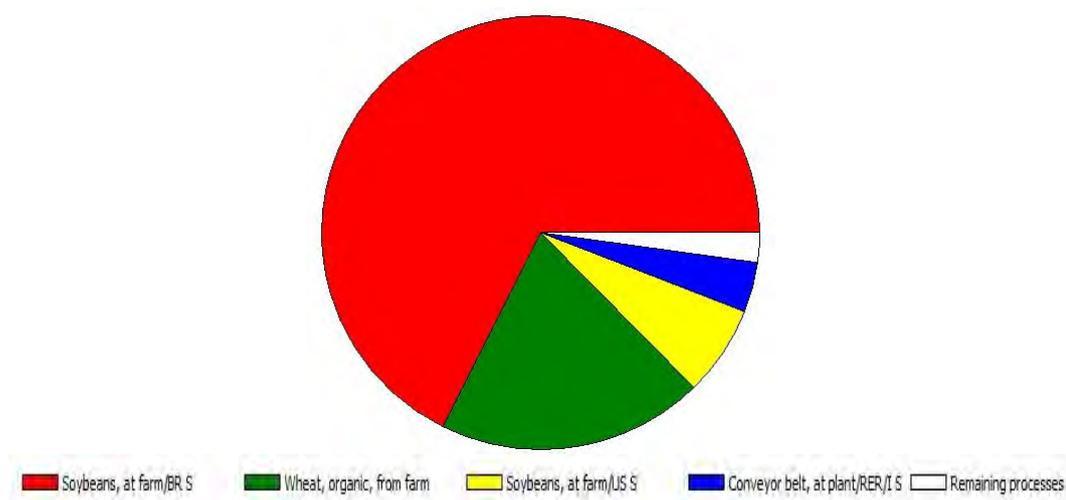


Gambar 5. 1 Komponen Penyebab Dampak Terhadap Kesehatan Manusia

Pada gambar 5. 1 menunjukkan partikular memiliki dampak terbesar kemudian *nitrogen oxides* juga berdampak cukup besar terhadap kesehatan manusia. Kontribusi proses dampak lingkungan terhadap kesehatan manusia pada metode *Eco Indicator 99* menggunakan satuan DALY (*Disability Adjusted Life Years*)

5.1.1.3 Analisis Dampak Lingkungan Terhadap Kualitas Ekosistem

Kerugian dampak lingkungan terhadap kualitas ekosistem meliputi *ecotoxicity*, *acidification* dan *land use*. Pada produksi pakan ternak ayam *broiler* kategori yang berdampak besar terhadap kualitas ekosistem yaitu kategori *land use* (5310 Pt). Penyebab dari kategori tersebut yaitu penggunaan bahan bahan baku utama *soy bean* yang impor dari Brazil.

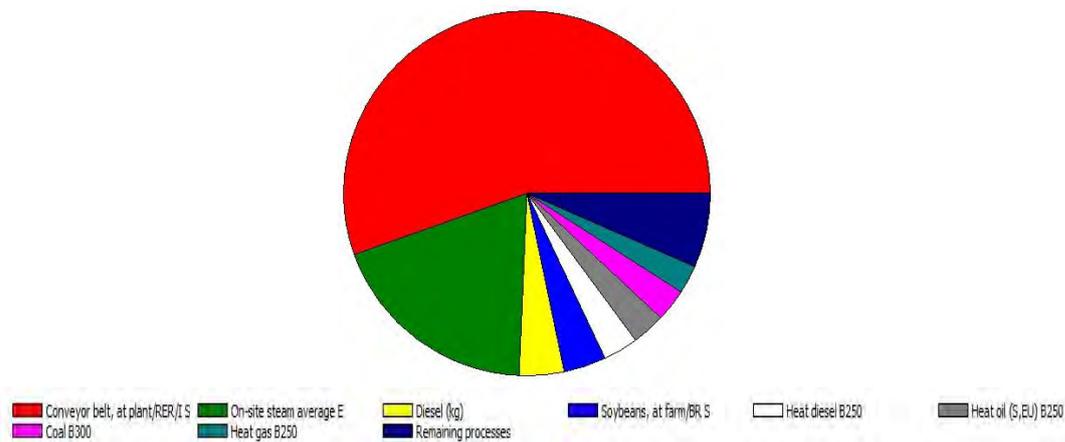


Gambar 5. 2 Komponen Penyebab Dampak Terhadap Kualitas Ekosistem

Kontribusi proses dampak lingkungan kualitas ekosistem dinyatakan dengan satuan PDF*m²yr atau *potentially disappeared fraction of species (square metre of land per year)*. Nilai PDF sendiri diperoleh dari rasio perbedaan relatif antara jumlah spesies pada kondisi referensi dan kondisi yang diciptakan oleh konversi.

5.1.1.4 Analisis Dampak Lingkungan Terhadap Sumber Daya

Kerugian dampak lingkungan terhadap sumber daya meliputi kategori *fossil fuels* dan *minerals*. Pada produksi pakan ternak ayam *broiler* kategori *fossil fuels* memberi dampak 823 Pt dan *minerals* memberi dampak 332 Pt. Pada gambar 5. 3 dapat diketahui bahwa penyebab terbesar dari dampak lingkungan terhadap sumber daya adalah penggunaan konveyor (kandungan nikel).



Gambar 5. 3 Komponen Penyebab Dampak Terhadap Sumber Daya

Kontribusi proses dampak lingkungan terhadap sumber daya dinyatakan dalam satuan MJ surplus. Hal ini menunjukkan dalam kerusakan bernilai satu, maka sumber daya ini di masa depan akan membutuhkan satu tambahan MJ energi karena dilakukan ekstraksi lebih lanjut.

5.1.2 Analisa *Normalization* dan *Weighting*

Tahapan normalisasi merupakan tahapan *impact assessment* yang diperoleh dengan membagi *characterization* dengan nilai *reference*. Nilai *characterization* yang telah dibagi dengan nilai referensi merupakan nilai *impact category* yang memiliki unit seragam agar nilai tersebut dapat dibandingkan. Dari hasil nilai normalisasi maka untuk ketiga kategori dampak lingkungan maka nilai normalisasi terbesar hingga terkecil adalah dampak terhadap kualitas ekosistem sebesar 13,9, kesehatan manusia sebesar 4,03 dan sumber daya sebesar 3,85.

Sedangkan tahapan dari *weighting* (pembobotan) dapat dilakukan dengan mengalikan hasil normalisasi atau dampak normalisasi nilai potensial oleh faktor bobot yang terdapat pada metode *Eco Indicator 99*. Adanya pembobotan maka hasil yang diperoleh akan lebih sesuai dengan kondisi sebenarnya. Berdasarkan *Eco Indocator 99* maka satuan dampak lingkungan dinyatakan dalam Pt (*point*). Dari hasil penilaian dampak lingkungan, kategori dampak lingkungan yang terbesar yaitu *land use* dan yang terkecil adalah *ozon layer*.

5.1.3 Analisa *Single Score*

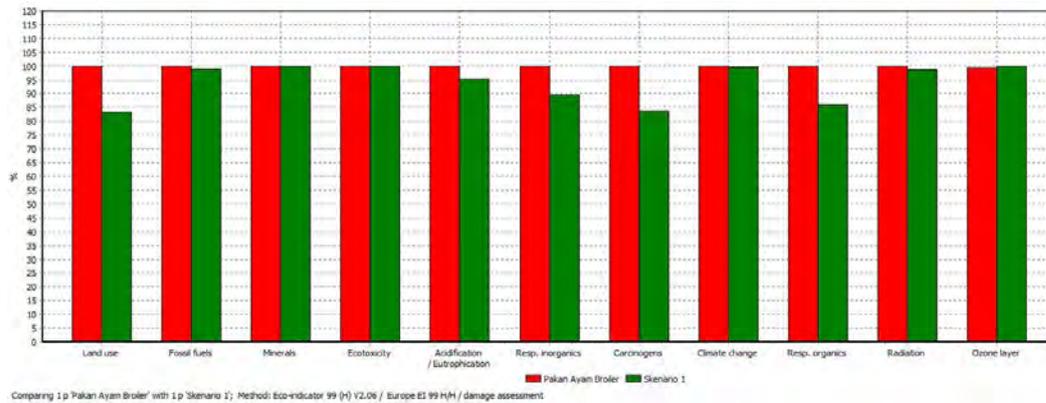
Setelah diperoleh hasil nilai dari pembobotan maka pada *single score* semua nilai-nilai *impact category* diklasifikasikan berdasarkan proses pembentukannya. Total dampak lingkungan yang dihasilkan dalam memproduksi 1 *batch* (5 ton) pakan ternak ayam yaitu 7930 Pt dengan penyumbang terbesar yaitu kategori *land use* sebesar 5310 Pt. Penggunaan bahan baku utama (*soy bean*) yang cukup besar mengakibatkan dampak lingkungan terfokuskan pada kategori *land use*. Dalam pengukuran *single score* stasiun yang memiliki kontribusi terbesar dalam menimbulkan dampak lingkungan yaitu *pelletizing*. Penyebab *pelletizing* menjadi stasiun terbesar dalam menimbulkan dampak lingkungan karena dalam stasiun *pelletizing* semua bahan baku telah masuk dan akan mengalami proses pembentukan yang membutuhkan *steam* dari *boiler* batu bara dimana akan menghasilkan emisi udara (SO₂ dan NO₂) dan B3 (*fly ash*).

5.2 Desain Alternatif Perbaikan

Terdapat beberapa desain alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yang dihasilkan oleh produksi pakan ternak ayam PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian. Desain perbaikan ini dilakukan dengan membuat skenario perbaikan dengan melakukan studi literatur maupun dengan berdiskusi pada pihak perusahaan terlebih dahulu. Dengan melakukan simulasi pada *software* SimaPro maka diperoleh beberapa skenario yang meliputi penggantian bahan baku *soy bean* BR dengan *soy bean* US, mengkolaborasikan bahan bakar batu bara dengan cangkang kerang, penggunaan *reverse osmosis* untuk menurunkan TDS.

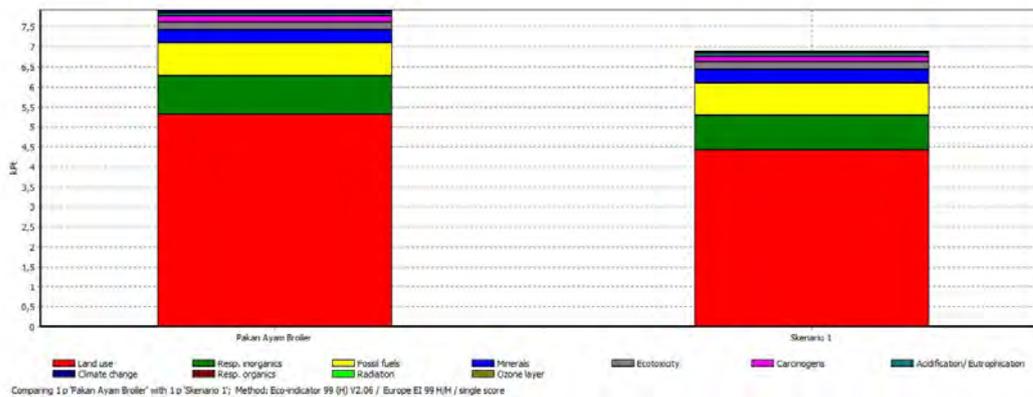
5.2.1 Skenario Penggunaan *Soy Bean* US

Berdasarkan penilaian dampak lingkungan *soy bean* BR menjadi material yang berkontribusi paling besar yaitu memiliki nilai dampak 4.370 Pt. *Soy bean* BR akan diganti dengan *soy bean* US, dimana *soy bean* US memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil dikarenakan transportasi yang lebih pendek. Maka akan dilakukan uji coba mengganti *soy bean* BR dengan *soy bean* US menggunakan *software* SimaPro. Maka setelah membuat skenario dari perubahan bahan baku *soy bean* maka diperoleh hasil seperti pada gambar 5. 4.



Gambar 5. 4 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 1

Dari hasil terlihat ada empat kategori yang mengalami penurunan dampak lingkungan yang cukup besar yaitu *land use*, *resp. inorganic*, *carcinogens* dan *resp. organics*. Ditinjau dari dampak lingkungan yang turun hingga 1020 Pt maka skenario ini dapat digunakan sebagai rekomendasi perbaikan kinerja lingkungan.



Gambar 5. 5 *Single Score* Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 1

Gambar 5. 5 merupakan hasil dari *single score* perbandingan antara kondisi eksisting dengan skenario penggantian *soy bean BR* dengan *soy bean US* untuk masing-masing kategori.

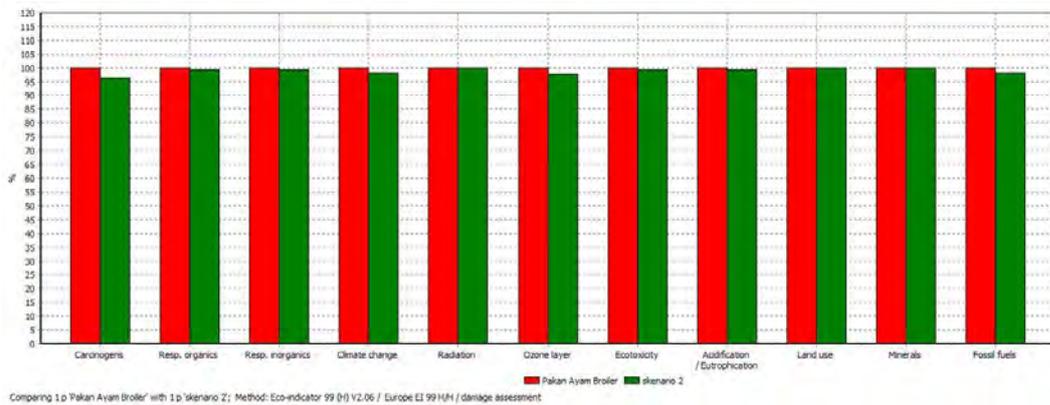
| Impact category | Unit | Pakan Ayam Broiler | Skenario 1 |
|-------------------------------|------|--------------------|------------|
| Total | Pt | 7,93E3 | 6,91E3 |
| Land use | Pt | 5,31E3 | 4,43E3 |
| Resp. inorganics | Pt | 964 | 863 |
| Fossil fuels | Pt | 823 | 815 |
| Minerals | Pt | 332 | 331 |
| Ecotoxicity | Pt | 176 | 176 |
| Carcinogens | Pt | 170 | 142 |
| Acidification/ Eutrophication | Pt | 83,8 | 79,9 |
| Climate change | Pt | 73,3 | 73 |
| Resp. organics | Pt | 1,24 | 1,06 |
| Radiation | Pt | 0,963 | 0,95 |
| Ozone layer | Pt | 0,0575 | 0,0579 |

Gambar 5. 6 *Single Score* Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 1

5.2.2 Skenario Kolaborasi Batu Bara dan Cangkang Kerang

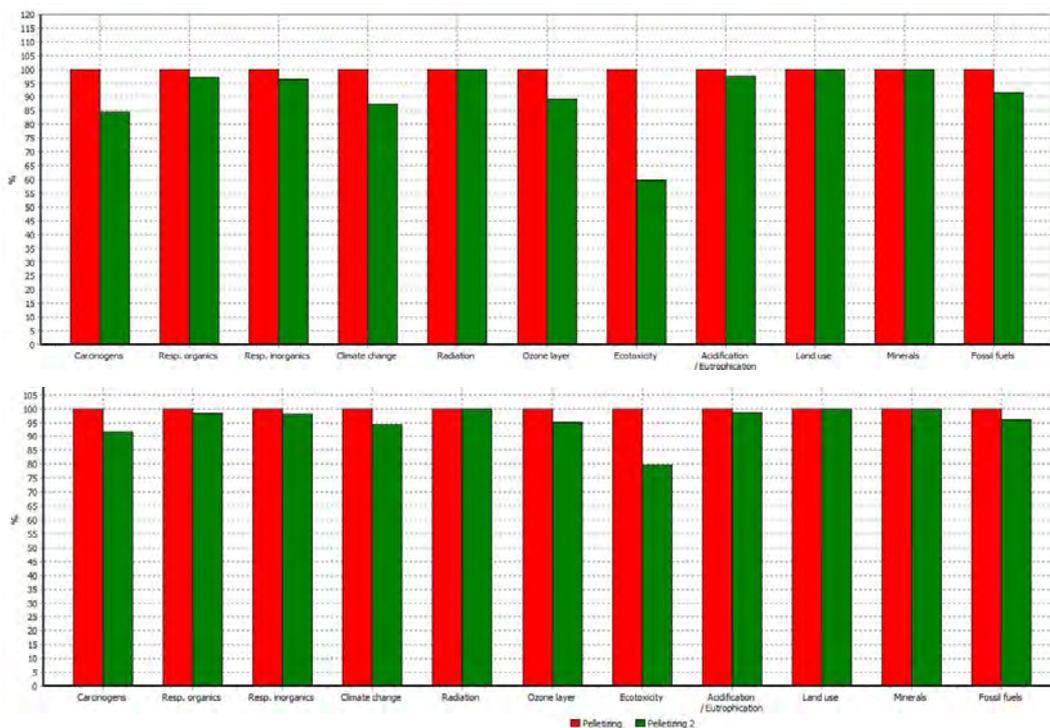
Mengkolaborasikan bahan bakar *boiler* batu bara dengan cangkang kerang. Berdasarkan penilaian dampak lingkungan penggunaan bahan bakar batu bara untuk menghasilkan *steam boiler*, memiliki kontribusi cukup besar yaitu 286 Pt dan 65,2 Pt. Namun jika batu bara diganti dengan bahan bakar lain akan membutuhkan investasi yang besar. Sehingga alternatif yang diusulkan yaitu mengganti 20% bahan bakar batu bara dengan cangkang kerang. Menurut Suyamto (2009), batu bara mempunyai *heating value* 7555,3 kkal/kg sedangkan cangkang kerang memiliki *heating value* 4115 kkal/kg. Sehingga penggantian bahan bakar batu bara setiap 1 kg akan digantikan dengan 1,84 kg cangkang kerang. Kebutuhan untuk memproduksi 1 *batch* pakan ternak ayam yaitu 82,6 kg. 20% dari kebutuhan tersebut akan diganti dengan cangkang kerang. Sehingga untuk skenario ini memproduksi pakan ternak ayam 5 ton membutuhkan 66 kg batu bara dan 29,73 kg cangkang kerang.

Maka akan dilakukan uji coba kolaborasikan bahan bakar *boiler* batu bara dengan cangkang kerang menggunakan *software* SimaPro. Maka setelah membuat skenario dari bahan bakar *boiler* batu bara dengan cangkang kerang maka diperoleh hasil seperti pada gambar 5. 7.



Gambar 5. 7 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 2

Dari gambar 5. 7 belum terlihat penurunan dampak lingkungan yang signifikan, maka pengamatan lebih di fokuskan pada stasiun yang berhubungan dengan skenario ini yaitu stasiun *extrusion* dan *pelletizing*. Berikut hasil perbandingan kondisi eksisting dengan skenario kolaborasi batu bara cangkang di stasiun *extrusion* dan stasiun *pelletizing*.



Gambar 5. 8 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 2 pada Stasiun Extrusion dan Pelletizing

Berdasarkan gambar 5.8 terlihat bahwa skenario kolaborasi batu bara dan cangkang kerang menurunkan di beberapa kategori dampak lingkungan. Kategori yang cukup signifikan turun yaitu kategori *extoxicity*.

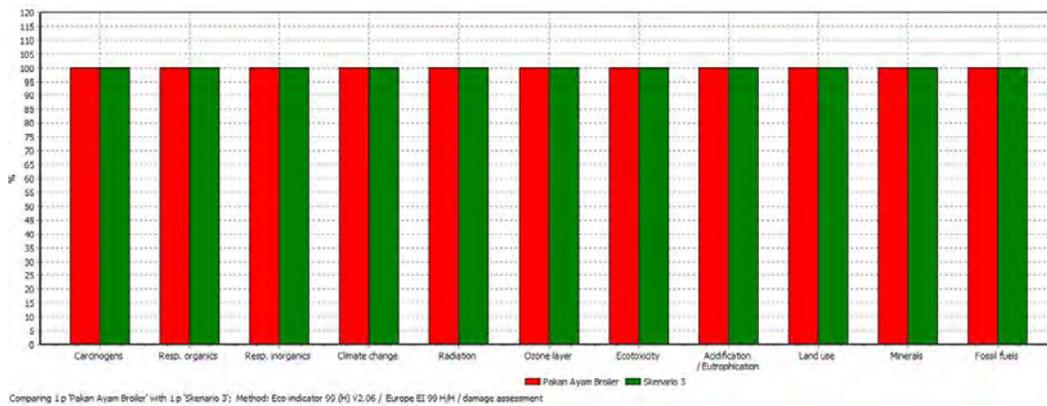
Gambar 5. 9 merupakan hasil dari *single score* perbandingan antara kondisi eksisting dengan skenario batu bara dan cangkang kerang untuk masing-masing kategori.

| Impact category | Unit | Pakan Ayam Broiler | skenario 2 |
|-------------------------------|------|--------------------|------------|
| Total | Pt | 7,93E3 | 7,9E3 |
| Land use | Pt | 5,31E3 | 5,31E3 |
| Resp. inorganics | Pt | 964 | 957 |
| Fossil fuels | Pt | 823 | 807 |
| Minerals | Pt | 332 | 332 |
| Ecotoxicity | Pt | 176 | 175 |
| Carcinogens | Pt | 170 | 164 |
| Acidification/ Eutrophication | Pt | 83,8 | 83,3 |
| Climate change | Pt | 73,3 | 71,9 |
| Resp. organics | Pt | 1,24 | 1,23 |
| Radiation | Pt | 0,963 | 0,963 |
| Ozone layer | Pt | 0,0575 | 0,0562 |

Gambar 5. 9 *Single Score* Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 2

5.3.3 Skenario Penggunaan Teknologi *Reverse Osmosis*

Penggunaan teknologi *reverse osmosis* guna menurunkan *Total Dissolved Solids* (TDS) pada emisi air keluaran *boiler*. Permasalahan TDS tidak terdeteksi oleh *software* Simapro 7.1.8 karena keterbatasan *database*. Departemen HSE PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian telah mendeteksi akan muncul permasalahan TDS. Hal ini dikarenakan air sumur yang digunakan *boiler* mengalami kenaikan TDS yaitu tahun 2014 sekitar 150 mg/l menjadi 200 mg/l di tahun 2015. Air sumur yang digunakan untuk *boiler* akan mengalami kenaikan TDS 6 kali lipat ketika telah menjadi air sisa *boiler* (air *blowdown*). Sehingga tahun 2015 TDS air limbah yang dibuang sekitar 1200 mg/l dimana ambang penerimaan dari Peraturan Gubernur yaitu 2000 mg/l. Untuk mengantisipasi kenaikan TDS maka PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian merencanakan penggunaan teknologi *reverse osmosis*. Pada skenario ini tidak bisa diuji coba karena parameter TDS tidak terdapat di *data base* SimaPro 7.1.8.



Gambar 5. 10 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 3

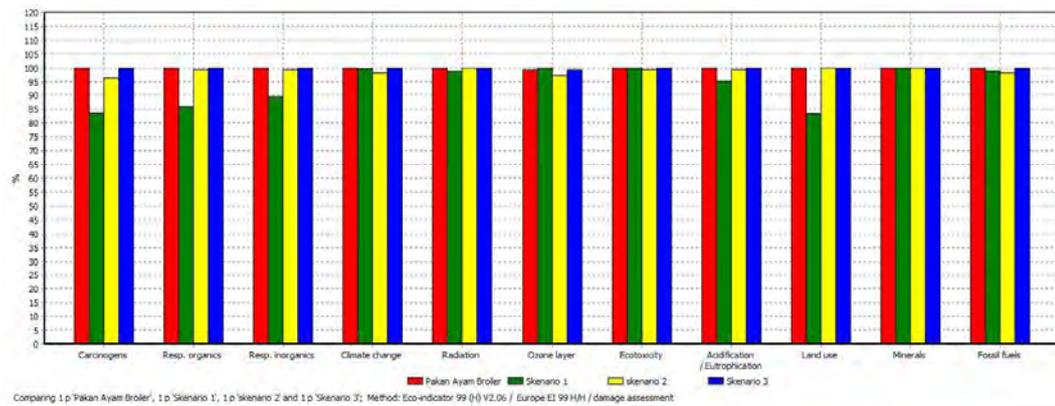
Berdasarkan gambar 5.10 tidak terlihat perubahan, hal ini karena keterbatasan software SimaPro 7.1.8. Untuk memberi gambaran perusahaan mengenai teknologi *reverse osmosis* maka dapat dilihat pada tabel 5.1 berikut ini.

Tabel 5. 1 Spesifikasi *Reverse Osmosis*

| | |
|------------------------------|---|
| Gambar RO |  |
| Daya listrik | 20 Watt untuk <i>Booster Pump</i> dan 6 Watt untuk lampu UV |
| Sumber air | Air sumur, air sungai, air danau, atau sumber air alam (TDS 800-3000 mg/l) |
| Kualitas air yang dihasilkan | TDS 40-100 mg/l |
| <i>Maintenance</i> | Penggantian fabrik satu tahun sekali |

Sumber : qwaterindonesia (2015)

Selanjutnya ketiga skenario dibandingkan berdasarkan characterization yang dapat dilihat pada gambar 5. 11.



Gambar 5. 11 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 1,2,3

Berdasarkan perbandingan perbandingan tiap kategori terlihat bahwa yang nilai dampak lingkungannya turun signifikan dibandingkan kondisi eksisting yaitu skenario penggantian bahan baku *soy bean*. Berikut perbandingan ketiga skenario jika dilihat dari permasalahan yang ditangani sesuai dengan tabel 5. 2.

Tabel 5. 2 Perbandingan Skenario 1,2 dan 3

| Skenario | Dampak lingkungan yang ditangani | Impact |
|--|--|--|
| Penggantian <i>soy bean</i> BR dengan <i>soy bean</i> US | Dampak lingkungan dari bahan baku 4370 Pt | Menurunkan total dampak lingkungan sebesar 1020 Pt |
| Kolaborasi batu bara dan cangkang kerang | Bahaya emisi dari batu bara (SO ₂ dan NO ₂) | Menurunkan dampak lingkungan kategori extoxicity stasiun extrusion 35% |
| Penggunaan teknologi RO | Ancaman TDS diatas 2000 mg/l | Menjaga air sumur dengan TDS minimal 100 mg/l sehingga air blowdown ber TDS 600 mg/l |

Berdasarkan penilaian single score perbandingan ketiga skenario dapat dilihat pada gambar 5. 12 berikut ini.

| Impact category | Unit | Pakan Ayam Broiler | Skenario 1 | skenario 2 | Skenario 3 |
|-------------------------------|------|--------------------|------------|------------|------------|
| Total | Pt | 7,93E3 | 6,91E3 | 7,9E3 | 7,93E3 |
| Land use | Pt | 5,31E3 | 4,43E3 | 5,31E3 | 5,31E3 |
| Resp. inorganics | Pt | 964 | 863 | 957 | 964 |
| Fossil fuels | Pt | 823 | 815 | 807 | 823 |
| Minerals | Pt | 332 | 331 | 332 | 332 |
| Ecotoxicity | Pt | 176 | 176 | 175 | 176 |
| Carcinogens | Pt | 170 | 142 | 164 | 170 |
| Acidification/ Eutrophication | Pt | 83,8 | 79,9 | 83,3 | 83,8 |
| Climate change | Pt | 73,3 | 73 | 71,9 | 73,3 |
| Resp. organics | Pt | 1,24 | 1,06 | 1,23 | 1,24 |
| Radiation | Pt | 0,963 | 0,95 | 0,963 | 0,963 |
| Ozone layer | Pt | 0,0575 | 0,0579 | 0,0562 | 0,0575 |

Gambar 5. 12 Perbandingan Kondisi Eksisting dengan Skenario 1,2,3

5.3 Analisa Hasil Pengolahan *Software Super Decision*

Berdasarkan hasil pembobotan yang dilakukan pada *software super decision* maka urutan alternatif yang terpilih adalah penggunaan teknologi RO, penggantian bahan baku *soy bean*, dan kolaborasi batu bara dan cangkang kerang.

1. Penggunaan Teknologi *Reverse Osmosis*

Berdasarkan hasil pengolahan ANP pada *software super decision* maka bobot yang diperoleh adalah 0.39572 (peringkat pertama). Jika dikaitkan dengan hasil skenario SimaPro memang tidak seimbang. Hal ini karena alternatif ini tidak bisa di uji dengan SimaPro akibat keterbatasan *software*. Namun jika kita lihat kebutuhan dalam mengatasi permasalahan, alternatif ini patut mendapatkan bobot tertinggi. Hal ini karena permasalahan yang dijawab oleh alternatif penggunaan teknologi RO adalah permasalahan yang bersinggungan dengan peraturan pemerintah. Dimana peraturan pemerintah merupakan kriteria kritis sesuai uji sensitivitas.

2. Penggantian Bahan Baku *Soy Bean*

Berdasarkan hasil pengolahan ANP pada *software super decision* maka bobot yang diperoleh adalah 0.32392 (peringkat kedua). Jika dikaitkan dengan hasil skenario SimaPro maka bobot alternatif penggantian bahan baku *soy bean* cukup

berimbang. Hal ini karena alternatif penggantian bahan baku mampu menurunkan dampak lingkungan sebesar 1020 Pt.

3. Kolaborasi Batu Bara dan Cangkang Kerang

Berdasarkan hasil pengolahan ANP pada *software super decision* maka bobot yang diperoleh adalah 0.28036 (peringkat ketiga). Jika dibandingkan dengan hasil skenario Simapro alternatif kolaborasi batu bara dan cangkang seimbang. Hal ini karena tidak mampu menurunkan dampak lingkungan secara signifikan.

5.4 Analisa Uji Sensitivitas

Uji sensitivitas dilakukan untuk mengetahui sejauh mana stabilitas dari alternatif-alternatif yang ada. Berdasarkan uji sensitivitas ada beberapa kriteria yang dianggap kritis karena memiliki dua titik ketidakstabilan yaitu kriteria konsekuensi organisasi dan peraturan pemerintah. Kedua kriteria tersebut tidak bisa perusahaan kontrol karena berhubungan dengan pihak eksternal sehingga kestabilan dari kedua kriteria tidak baik. Selanjutnya ada beberapa kriteria yang memiliki satu titik ketidakstabilan yaitu kriteria biaya keandalan teknologi dan kemampuan SDM. Satu-satunya kriteria yang stabil atau robas ketika diuji sensitivitas yaitu kriteria kemudahan memperoleh *raw material*.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dilakukan penarikan kesimpulan dari hasil pelaksanaan penelitian tugas akhir sesuai dengan tujuan yang ingin dicapai serta saran-saran yang dapat diberikan untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan analisa yang telah dilakukan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut.

1. Dampak lingkungan yang ditimbulkan pada proses produksi pakan ternak ayam *broiler* di PT. Charoen Pokphand – Krian mencakup tiga dampak yaitu dampak terhadap kesehatan manusia, kualitas ekosistem dan sumber daya. Dampak lingkungan diurutkan dari yang terbesar yaitu dampak terhadap kualitas ekosistem sebesar 5570 Pt, dampak terhadap kesehatan manusia sebesar 1210 Pt dan dampak terhadap sumber daya sebesar 1150 Pt. Kategori yang mengakibatkan dampak terhadap kualitas ekosistem besar yaitu kategori *land use* dengan kontribusi sebesar 5310 Pt dari total dampak lingkungan yang terjadi 7930 Pt.
2. Pada PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian terdapat enam stasiun dalam rantai produksi kerja yaitu *intake*, *grinding*, *extrusion*, *mixing*, *pelletizing* dan *packing*. Stasiun yang memiliki dampak lingkungan terbesar yaitu stasiun *pelletizing* (1640 Pt), selanjutnya *mixing* (1550 Pt), *intake* (1480 Pt), *packing* (1290 Pt), *extrusion* (1020 Pt) dan yang terakhir *grinding* (955 Pt).
3. Untuk meningkatkan kinerja lingkungan PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian maka diusulkan tiga alternatif perbaikan yaitu penggunaan teknologi *reverse osmosis* (bobot 0.3957), penggantian bahan baku *soy bean* BR dengan *soy bean* US (bobot 0.3239) dan kolaborasi bahan bakar batu bara dan cangkang kerang (bobot 0.2803).

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Sebaiknya penelitian *Life Cycle Assessment* (LCA) menggunakan *software* SimaPro yang terbaru agar *data base* yang tersedia lebih lengkap.
2. Penelitian LCA tidak hanya sebatas pada proses produksi namun sebaiknya dilakukan juga LCA saat produk digunakan dan saat *disposal*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, Y., 2014. *Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP) untuk Manajemen Lingkungan pada PT. PG Candi Baru*, Surabaya: Tugas Akhir, ITS.
- BAPEDAL, 1996. Himpunan Peraturan Tentang Pengendalian Dampak Lingkungan Seri IV. KEPMEN LH No : KEP-42/MENLH/11/94 Tentang Pedoman Umum Pelaksanaan Lingkungan. Jakarta.
- BPS, 2015. *Jumlah Perusahaan Industri Besar Sedang Menurut Sub-Sektor, Tahun 2015* [Online] Badan Pusat Statistik. Available at <http://www.bps.go.id/link/TabelStatis/view/id/1054> [Diakses 20 Maret 2016].
- Bengstsson, J., 2010. *A Life Cycle Assessment, Part 1 Characterization and Clasification*. S.I.:Building Product Innovation Council.
- Bratasida, Liana., 1996. *Prospek Pengembangan Sistem Manajemen Lingkungan di Indonesia*. BAPEDAL. Jakarta.
- Ciptomulyono, U., 2008. *Model Multi Criteria Decision Making (MCDM) dan Teknometrik Untuk Pengukuran Teknologi di Sektor Industri*, Surabaya: Teknik Industri ITS.
- Ciptomulyono, U., 2010. *Paradigma Pengambilan Keputusan Multikriteria dalam Perspektif Pengembangan Proyek dan Industri yang Berwawasan Lingkungan*, Surabaya: Teknik Industri ITS.
- Curran, M. A., 1996. *Environmental Life Cycle Assessment*, Me Graw Hill.
- Destiana, M., 2010. *Prospek Industri Pakan Nasional*, Economic Riview.
- GPMT, 2009. *Tentang GPMT* [Online] Gabungan Pengusaha Makan Ternak. Available at <http://asosiasi-gpmt.blogspot.co.id/p/tentang-gpmt.html> [Diakses 20 Maret 2016].
- Gilliani, S. T., 2010, Review of Life Cycle Assessment in Argo Chemical Process. Open Archive Toulouse Archive Ouverte (OATAO), 5(1), pp. 1-29.

- Gunther, Edeltraud dan Strum, Anke., 2001. *Environmental Performace Measurement: Descriptive Assessment*, Dresdner Beitrage zur Betriebs Wirtschaftslehre, Fakultat Wirtschaftswissenschaften.
- Hermawan, 2013. *Peran Life Cycle Analysis (LCA) pada Material Konstruksi dalam Upaya Menurunkan Dampak Emisi Karbon Dioksida pada Efek Gas Rumah Kaca*. Surakarta, Konferensi Nasional Teknik Sipil 7 UNS.
- Kementrian Lingkungan Hidup, 2013. *Kementrian Lingkungan Hidup*, [Online] Available at www.menlh.go.id [Diakses 20 Maret 2016].
- Kementrian Lingkungan Hidup, 2013. *ISO 14000*, [Online] Available at <http://www.menlh.go.id/tanya-jawab-iso-14000/> [Diakses 20 Maret 2016].
- Kuhre, W.L., 1996. *ISO 14001 Certification: Environmental Management Systems*, University of San Fransisco, Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ.
- Lesmes, D., 2009. *Application of The Analytic Network Process (ANP) to Establish Weight in Order to Re-Accredit A Progam of AUniversity*. Bogota, Colombia, s.n.
- Lewis, H. and Demmers, M., 1996. *Life Cycle Assessment and Environmental Management*, Australian Journal of Environmental Management.
- PBL Netherland Environmental Assessment Agency, Joint Research Centre, 2013. *Tren in Global CO2 Emissions*, Netherland: PBL Publisher.
- PBL Netherland Environmental Assessment Agency, Joint Research Centre, 2015. *Tren in Global CO2 Emissions*, Netherland: PBL Publisher.
- Purba, A. D. F., 2013. *Manajemen Kinerja Lingkungan dengan Pendekatan LCA dan ANP pada Departemen Processing di PT. Lotis Indah Textile Industri*, Surabaya: Tugas Akhir, ITS.
- Purwanto, A. T. dan Lingkungan, P. M., 2000. *Perangkat Manajemen Lingkungan Production*, 1-21.
- Report PT. Charoen Pokphand - Krian, 2015. *Laporan Tahunan*, Surabaya: PT. Charoen Pokphand - Krian.
- Saaty, T. L., 1996. *The Analytical Network Process*, 1st penyunt. Pittsburgh, USA: RWS Publications.
- Saaty, T. L., 2001. *Decision Making with Dependence and Feedback*.

- Saaty, T. L., 2006. *Theory and Application of The Analytic Network Process*, RWS Publication.
- Sunu, Pramudya., 2001. *Melindungi Lingkungan dengan Menerapkan ISO 14001*.
- Tabucanon, M. T., 1988. *Multi Criteria Decision Making in Industry*, Bangkok, Thailand: Elsevier Science Publisher.
- Wenzel, H., 1997. *Environmental Assessment of Product*. London, UK: Chapman & Hall.

Halaman ini sengaja dikosongkan

LAMPIRAN

7.1 Emisi atau Limbah Proses Produksi Pakan Ternak Ayam *Broiler*

| No | Jenis Emisi | Jumlah | Satuan |
|----|---|---------|---------|
| 1 | Temperatur | 25.70 | °C |
| 2 | TDS | 1106.00 | mg/l |
| 3 | TSS | 23.00 | mg/l |
| 4 | pH | 6.26 | pH Unit |
| 5 | Besi (Fe) | 0.01 | mg/l |
| 6 | Mangan (Mn) | 0.06 | mg/l |
| 7 | Barium (Ba) | 0.04 | mg/l |
| 8 | Tembaga (Cu) | 0.00 | mg/l |
| 9 | Seng (Zn) | 0.03 | mg/l |
| 10 | Cr(6+) | 0.01 | mg/l |
| 11 | Cr | 0.00 | mg/l |
| 12 | Cd | 0.00 | mg/l |
| 13 | Raksa (Hg) | 0.00 | mg/l |
| 14 | Pb | 0.01 | mg/l |
| 15 | Stanum | 0.00 | mg/l |
| 16 | Arsen (As) Total | 0.00 | mg/l |
| 17 | Selenium | 0.01 | mg/l |
| 18 | Ni | 0.00 | mg/l |
| 19 | Co | 0.00 | mg/l |
| 20 | CN | 0.01 | mg/l |
| 21 | Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S) | 0.00 | mg/l |
| 22 | Fluorida (F) | 1.48 | mg/l |
| 23 | Klorin Bebas (Cl ₂) | 0.06 | mg/l |
| 24 | Amonia (sebagai NH ₃ -N) | 0.32 | mg/l |
| 25 | Nitrat (NO ₃ -N) | 0.06 | mg/l |
| 26 | Nitrit (NO ₂ -N) | 0.03 | mg/l |

| No | Jenis Emisi | Jumlah | Satuan |
|----|------------------|--------|--------|
| 27 | BOD 5 | 2.00 | mg/l |
| 28 | COD | 38.00 | mg/l |
| 29 | MBAS | 0.03 | mg/l |
| 30 | Fenol | 0.167 | mg/l |
| 31 | Minyak Bebas | 1.40 | mg/l |
| 32 | Minyak Mineral | 1.40 | mg/l |
| 33 | Minyak dan Lemak | 1.40 | mg/l |

| Stasiun | Kebisingan (dB) |
|--------------------|-----------------|
| <i>Intake</i> | 74,2 |
| <i>Grinding</i> | 100,2 |
| <i>Extrusion</i> | 85,2 |
| <i>Mixing</i> | 91,3 |
| <i>Pelletizing</i> | 97,1 |
| <i>Packing</i> | 88,8 |

| No. | Sumber Emisi | Parameter | Tahun 2015 (mg/Nm ³) | Baku Mutu (mg/Nm ³) |
|-----|---------------|------------|----------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Boiler 10 Ton | SO2 | 415.65 | 750 |
| | | NO2 | 310.17 | 825 |
| | | Partikulat | 56.00 | 230 |
| | | Opasitas | 8.00 | 20 |
| 2 | Boiler 5 Ton | SO2 | 478.00 | 150 |
| | | NO2 | 84.79 | 650 |
| | | Partikulat | 18.00 | |
| | | Opasitas | 1.00 | |
| 3 | Boiler 7 Ton | SO2 | 0.03 | 150 |
| | | NO2 | 42.79 | 650 |
| | | Partikulat | 11.00 | |
| | | Opasitas | 1.00 | |

7.2 Kuisioner Perbandingan Berpasangan

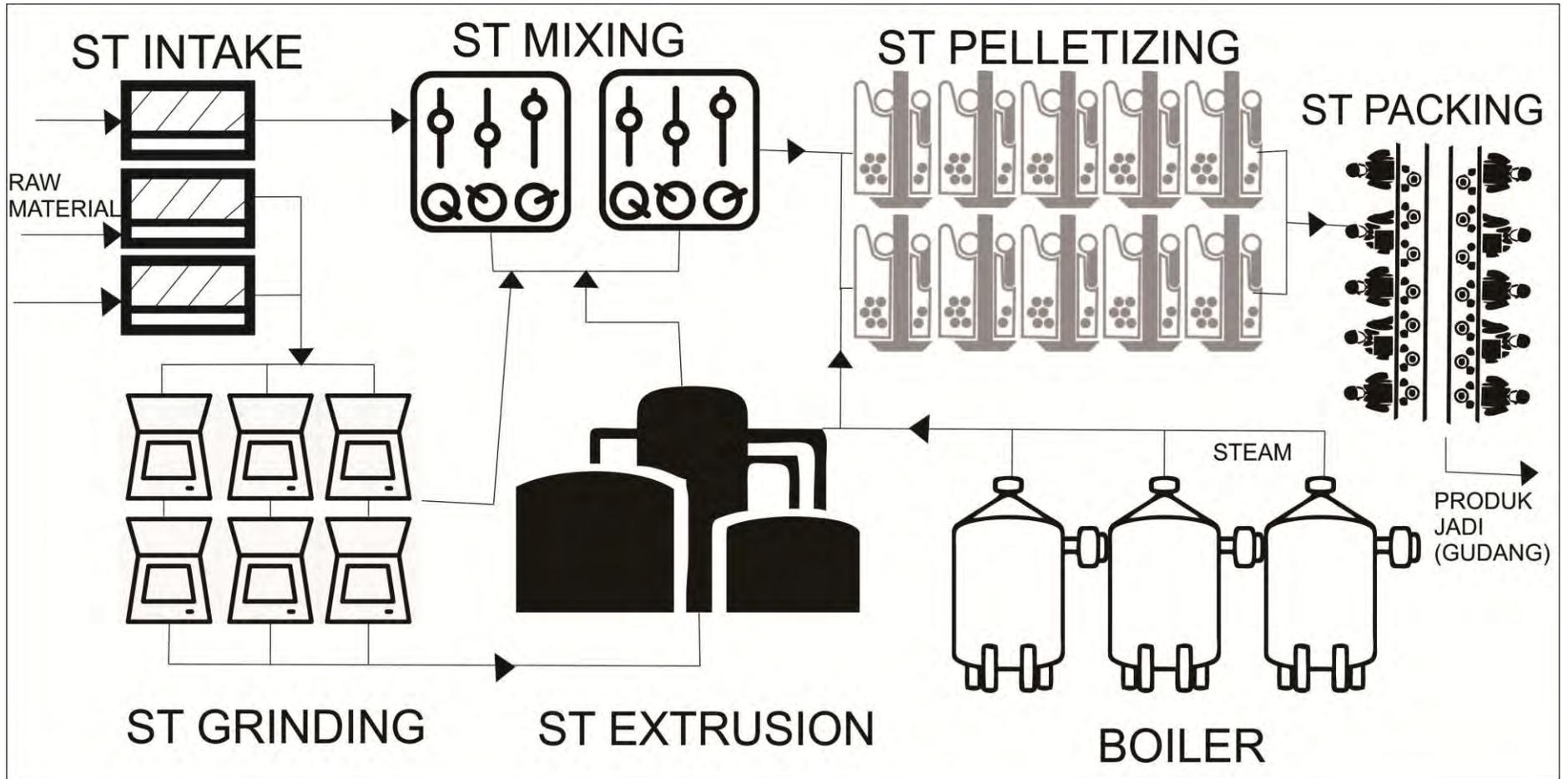
| Intensitas kepentingan | Keterangan | Penjelasan |
|------------------------|---|--|
| 1 | Kedua elemen sama pentingnya | Dua elemen mempunyai pengaruh yang sama besar terhadap tujuan |
| 3 | Elemen yang satu sedikit lebih penting daripada elemen yang lainnya | Pengalaman dan penilaian sedikit menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya. |
| 5 | Elemen yang satu lebih penting daripada elemen yang lainnya | Pengalaman dan penilaian sangat kuat menyokong satu elemen dibandingkan elemen lainnya. |
| 7 | Satu elemen jelas lebih mutlak penting daripada elemen yang lain | Satu elemen yang kuat disokong dan diminan terlihat dalam praktek |
| 9 | Satu elemen mutlak penting daripada elemen yang lainnya | Bukti yang mendukung elemen yang satu terhadap yang lain memiliki tingkat penegasan tertinggi yang mungkin menguatkan. |
| 2,4,6,8 | Nilai-nilai diantara dua nilai pertimbangan yang berdekatan | Nilai ini diberikan bila ada dua kompromi di antara dua pilihan |

| Kriteria | Penilaian | | | | | | | | | | | | | | | | Kriteria | |
|---------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----------|------------------------|
| Biaya | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Keandalan teknologi |
| Biaya | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kemampuan SDM |
| Biaya | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kemudahan raw material |
| Biaya | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Peraturan pemerintah |
| Biaya | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Konsekuensi organisasi |
| Keandalan teknologi | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kemampuan SDM |
| Keandalan teknologi | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kemudahan raw material |
| Keandalan teknologi | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Peraturan pemerintah |
| Keandalan teknologi | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Konsekuensi organisasi |
| Kemampuan SDM | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kemudahan raw material |

| Kriteria | Penilaian | | | | | | | | | | | | | | | | | Kriteria |
|------------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|------------------------|
| Kemampuan SDM | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Peraturan pemerintah |
| Kemampuan SDM | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Konsekuensi organisasi |
| Kemudahan raw material | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Peraturan pemerintah |
| Kemudahan raw material | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Konsekuensi organisasi |
| Peraturan pemerintah | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Konsekuensi organisasi |

| Alternatif | Penilaian | | | | | | | | | | | | | | | | | Alternatif |
|------------------------|-----------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|-----------------------------------|
| Penggunaan RO | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Penggunaan soy bean US |
| Penggunaan RO | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kolaborasi batu bara dan cangkang |
| Penggunaan soy bean US | 9 | 8 | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | Kolaborasi batu bara dan cangkang |

7.3 *Flow Sheet Proses Produksi Pakan PT. Charoen Pokphand*



7.4 Data Pendukung Prespektif Kriteria ANP

1. Peraturan Pemerintah

| Peraturan Pemerintah | Penjelasan |
|---|--|
| Peraturan Gubernur no 10/2009 dan Peraturan Gubernur no 72/2013 | Standarisasi batas limit pengeluaran limbah cair, gas dan B3 pada perusahaan |
| UU no 5 tahun 1990 | Tentang konservasi sumber daya alam hayati dan ekosistem |
| Peraturan Menteri Perdagangan no 45/M-DAG/KEP/8/2013 | Tentang impor kedelai |

2. Konsekuensi Organisasi

| Kasus Lingkungan | Tanggal | Sumber |
|---|-----------|----------------|
| Warga Kabupaten Jembaran, Bali mengancam melakukan langkah pidana terhadap PT. Charoen Pokphand yang dianggap mencemari kebun miliknya dengan limbah. | 26-Mei-16 | antarabali.com |
| Peternakan PT. Charoen Pokphand ditindak oleh Gubernur Kalimantan Barat karena terbukti tidak memiliki dokumen amdal. | 21-Mei-15 | viva.co.id |
| Tuntut pabrik pakan ternak ditutup, ratusan warga Rembang gelar aksi demo | 03-Nop-15 | kabarpas.com |

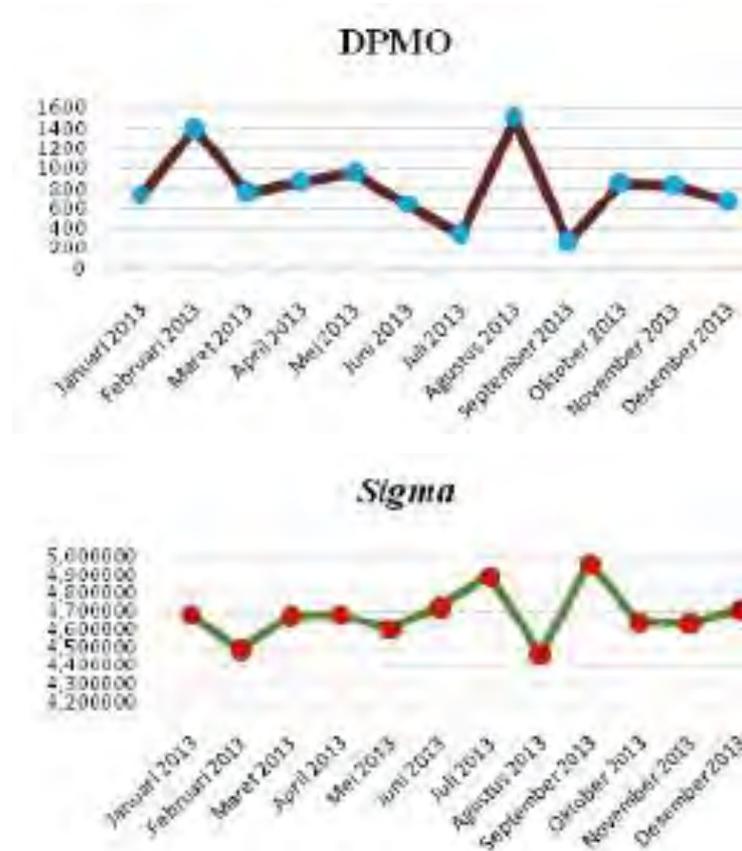
3. Biaya

Anggaran dana tahunan Departemen HSE PT. Charoen Pokphand Indonesia – Krian tidak bisa dipublikasikan.

| Alternatif | Biaya |
|--|--|
| Penggantian <i>soy bean</i> | Harga <i>soy bean</i> US berkisar Rp 6.500 per kg (liputan6.com, 2016) |
| Kolaborasi batu bara dan cangkang kerang | Harga cangkang kerang Rp700.00 per ton dibanding harga batu bara Rp 800.000 per ton (esdm.go.id, 2016) |
| Penggunaan teknologi RO | Investasi teknologi RO berkisar USD 1,000 (alibaba.com, 2016) |

4. Keandalan Teknologi

| Tanggal | Jumlah Produksi (kg) | Jumlah Defect (kg) | Prosentase Defect |
|----------------|-----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Jan-13 | 66.724.121 | 488.190 | 0,73% |
| Feb-13 | 56.746.183 | 790.500 | 1,39% |
| Mar-13 | 72.884.514 | 551.190 | 0,76% |
| Apr-13 | 67.697.419 | 587.280 | 0,87% |
| Mei-13 | 76.699.000 | 735.070 | 0,96% |
| Jun-13 | 75.413.853 | 478.750 | 0,63% |
| Jul-13 | 88.081.197 | 304.560 | 0,35% |
| Agust-13 | 58.204.000 | 874.920 | 1,50% |
| Sep-13 | 84.733.440 | 230.500 | 0,27% |
| Okt-13 | 62.632.529 | 535.000 | 0,85% |
| Nop-13 | 76.637.238 | 635.640 | 0,83% |
| Des-13 | 88.350.954 | 591.320 | 0,67% |
| Total | 874.804.448 | 6.802.920 | |



5. Kemampuan SDM

| Anggota Departemen HSE | Jumlah |
|---------------------------------------|--------|
| Koordinator (Bapak Nanang Prihandoro) | 1 |
| Staff | 2 |

| Alternatif | Kemampuan Staff | Estimasi Kebutuhan SDM |
|--|---|------------------------|
| Penggantian soy bean | Perencanaan ppic yang terstruktur dengan baik | 1 |
| Kolaborasi batu bara dan cangkang kerang | Ppic dan kontrol <i>head value</i> yang optimal | 1 |

| Alternatif | Kemampuan Staff | Estimasi Kebutuhan SDM |
|-------------------------|---|-------------------------------|
| Penggunaan teknologi RO | Pemasangan, kontrol dan pemeliharaan alat | 1 |

6. Kemudahan Memperoleh *Raw Material*

| Alternatif | <i>Raw Material</i> | Penjelasan |
|--|----------------------------|---|
| Penggantian <i>soy bean</i> | <i>Soy bean</i> US | Mudah diperoleh dan lebih murah dibandingkan kedelai BR. Memiliki dampak lingkungan yang lebih kecil dibandingkan <i>soy bean</i> BR. |
| Kolaborasi batu bara dan cangkang kerang | Cangkang kerang | Mudah diperoleh karena berdasarkan data ekspor hasil perikanan Indonesia tahun 2011, Indonesia mampu mengekspor 11.548 ton cangkang kerang. |
| Penggunaan teknologi RO | Air sumur | Mudah diperoleh dan cukup untuk memenuhi kebutuhan air di perusahaan. |

Halaman ini sengaja dikosongkan

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama lengkap Achmad Effendi dilahirkan di Kota Madiun pada tanggal 20 Agustus 1993. Putera pertama dari pasangan Slamet Siswanto dan Lily Ardiyanti. Penulis menempuh pendidikan menengah atas di SMAN 1 Bojonegoro. Pendidikan tinggi ditempuh di program studi S1 Jurusan Teknik Industri FTI-ITS angkatan 2012.

Selama menempuh pendidikan tinggi, penulis bergabung dengan kepengurusan BEM FTI-ITS periode 2013-2014 sebagai staf Departemen Kewirausahaan dan periode 2014-2015 sebagai Kepala Departemen Pendidikan Keilmiahan dan Teknologi. Selain itu juga pernah mengikuti beberapa kepanitiaan untuk kegiatan tingkat institut. Penulis pernah melaksanakan kegiatan Kerja Praktek di PT. Charoen Pokphand Indonesia - Krian pada tahun 2015. Penulis dapat dihubungi melalui nomor *handphone* 082346188747 atau melalui alamat *email* achmadeffendi11@yahoo.com.

Halaman ini sengaja dikosongkan