



TUGAS AKHIR - TI 141501

**ANALISA *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA
PROSES PRODUKSI DI UKM MURNI MANDIRI,
KECAMATAN NGANCAR, KABUPATEN KEDIRI**

ACHMAD ZULFIKAR

NRP. 2512 100 083

Dosen Pembimbing

YUDHA PRASETYAWAN, S.T, M. ENG.

NIP : 197705232000031002

JURUSAN TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016



FINAL PROJECT - TI 141501

**ANALYSIS OF LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) OF
PRODUCTION PROCESS AT SME MURNI MANDIRI,
NGANCAR SUB-DISTRIC, KEDIRI DISTRICT**

ACHMAD ZULFIKAR

NRP. 2512 100 083

Supervisor

YUDHA PRASETYAWAN, S.T, M. ENG.

NIP : 197705232000031002

INDUSTRIAL ENGINEERING DEPARTMENT
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA 2016

LEMBAR PENGESAHAN

**ANALISA *LIFE CYCLE ASSESSMENT* PADA PROSES
PRODUKSI DI UKM MURNI MANDIRI, KECAMATAN
NGANCAR, KABUPATEN KEDIRI**

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

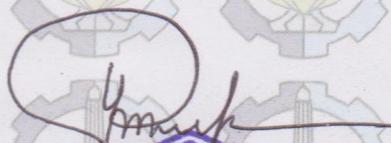
Program Studi S-1 Jurusan Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya

Oleh :

ACHMAD ZULFIKAR

NRP. 2512 100 083

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir,



Yudha Prasetyawan, ST, M. Eng

NIP: 197705232000031002

Surabaya, Juli 2016



ANALISA *LIFE CYCLE ASSESSMET* (LCA) PADA PROSES PRODUKSI DI UKM MURNI MANDIRI, KECAMATAN NGANCAR, KABUPATEN KEDIRI

Nama : Achmad Zulfikar
NRP : 2512100083
Jurusan : Teknik Industri ITS
Pembimbing : Yudha Prasetyawan, ST, M. Eng

ABSTRAK

Kondisi lingkungan yang semakin memburuk menyadarkan banyak pihak mengenai isu lingkungan. Di Indonesia sendiri sudah dilakukan pengembangan bisnis pada daerah berpotensi dengan mempertimbangkan konsep *Green Industry*. Salah satunya yaitu di Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri yang mana memiliki potensi produk unggulan nanas. Salah satu UKM yang mengembangkan bisnis adalah UKM Murni Mandiri, yang mana memproduksi sari buah nanas. Proses produksi sari buah nanas tentunya menghasilkan limbah. Untuk mendukung konsep *green industry*. UKM perlu memperhatikan bagaimana proses produksi yang dilakukan memiliki dampak terhadap lingkungan. Namun, sampai saat ini UKM belum mengetahui bagaimana dampak yang ditimbulkan dari proses produksi yang dilakukan. Untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan, digunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA digunakan untuk menilai siklus hidup dari suatu produk atau proses dengan melakukan input data material, energi, emisi, hingga output yang dihasilkan. Nantinya hasil LCA akan dibandingkan dengan skenario yang memungkinkan menjadi alternatif. Proses LCA dibantu menggunakan *software* SimaPro dengan pengolahan data menggunakan metode Eco-Indicator 99. Dari hasil pengolahan data, didapatkan besar *single score* total sebesar 1,14 Pt dengan pembagian *damage category* antara lain yaitu pada *human health* sebesar 0,222 Pt (20%), *ecosystem quality* sebesar 0,278 (24%), dan *resources* sebesar 0,636 Pt (56%). Berdasarkan hasil perbandingan tiga macam perbaikan kondisi produksi, didapatkan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yaitu pada skenario penggunaan biogas dan peningkatan kapasitas produksi dengan nilai *single score* 1,7131 dan memiliki nilai *single score* terendah dibandingkan dengan kedua skenario lainnya.

Kata Kunci : Dampak Lingkungan, *Life Cycle Assessment*, Produksi Sari Buah Nanas, SimaPro,

Halaman ini sengaja dikosongkan

ANALYSIS OF LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) OF PRODUCTION PROCESS AT SME MURNI MANDIRI, NGANCAR SUB-DISTRIC, KEDIRI DISTRIC

Name : Achmad Zulfikar
NRP : 2512100083
Department : Teknik Industri ITS
Supervisor : Yudha Prasetyawan, ST, M. Eng

ABSTRACT

Worsened environmental conditions causing many people become more aware about environmental issue. In Indonesia itself has been done in the area of business development potential by considering Green Industry concept. One of them is in District Ngancar, Kediri, which has the potential for superior product pineapple. One SMEs develop business are SMEs Murni Mandiri, which produces pineapple juice. Pineapple fruit juice production process would produce waste. To support the concept of green Industry, SMEs need to consider how the production process has an impact on the environment. However, until now SMBs do not yet know how the impact of the production process. To determine the impact, we use Life Cycle Assessment (LCA) method. LCA is used to assess the life cycle of a product or process by doing data input materials, energy, emissions, and the output that is produced. Later the LCA results will be compared with the scenario that allows to be accepted as an alternative. The process of using the software SimaPro LCA assisted with data processing using the Eco-Indicator 99. From the data processing, obtained total singlet score of 1.14 Pt with the distribution of damage category, among others, on human health amounted to 0.222 Pt (20%), 0.278 (24%) on ecosystem quality, and 0.636 Pt (56%) amounted to resources. Based on the comparison of the three conditions of production, we Obtained improvement recommendations to reduce the environmental impacts si the biogas usage and increased production capacity skenario with a single score value of 1.7131. This scenario has the lowest single value compared with the other scenarios.

Keywords: Life Cycle Assessment, Production of Pineapple Juice, SimaPro, Environmental Impact

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	5
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1 <i>Sustainable Development</i>	7
2.2 Sistem Manufaktur.....	8
2.3 <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	10
2.3.1 Tahap Amatan dalam <i>Life Cycle</i> Produk.....	10
2.3.2 Tahapan dalam LCA	12
2.4 <i>Software SimaPro</i>	15
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN.....	17
3.1 <i>Flowchart</i> Metodologi Penelitian	17
3.2 Penjelasan <i>Flowchart</i>	18
3.2.1 Tahap Identifikasi Permasalahan dan Perumusan Tujuan... 18	

3.2.2	Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data	18
3.2.3	Tahap Analisis dan Interpretasi Data.....	20
3.2.4	Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran	20
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		21
4.1	Profil UKM Murni Mandiri	21
4.2	Proses Produksi Pembuatan Sari Buah Nanas di UKM Murni Mandiri	22
4.2.1	Tahap Persiapan.....	22
4.2.2	Tahap Perebusan.....	23
4.2.3	Tahap <i>Packaging</i>	23
4.3	Pengolahan <i>Life Cycle Assessment</i> Menggunakan SimaPro	25
4.3.1	<i>Inventory Analysis</i>	25
4.4	Penilaian Dampak	33
4.4.1	<i>Characterization</i>	34
4.4.2	<i>Normalization</i>	37
4.4.3	<i>Weighting</i>	38
4.4.4	<i>Single Score</i>	39
BAB 5 ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA.....		43
5.1	Analisis Dampak Lingkungan dari Produk Sari Buah Nanas ..	43
5.1.1	Analisa <i>Characterization</i>	43
5.1.2	Analisis <i>Normalization</i> dan <i>Weighting</i>	53
5.1.3	Analisis <i>Single Score</i>	53
5.2	Pemilihan Alternatif Perbaikan	55
5.2.1	Skenario Penggunaan Biogas	55
5.2.2	Skenario Peningkatan Kapasitas Produksi Sari Buah Nanas...	58

5.2.3 Skenario Peningkatan Kapasitas Produksi Sari Buah Nanas ..	62
.....	62
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN	65
6.1 Kesimpulan	65
6.2 Saran	65
DAFTAR PUSTAKA	67
LAMPIRAN	
BIOGRAFI PENULIS	

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR TABEL

Tabel 1. 1 Jumlah Produksi Buah-Buahan di Kecamatan Ngancar Tahun 2015	2
Tabel 4. 1 <i>Life Cycle Inventory</i> pada Tahap Persiapan	26
Tabel 4. 2 <i>Life Cycle Inventory</i> pada Tahap Perebusan Pertama.....	29
Tabel 4. 3 <i>Life Cycle Inventory</i> Tahap Perebusan Kedua	30
Tabel 4. 4 <i>Life Cycle Inventory</i> Tahap Perebusan Ketiga.....	31
Tabel 4. 5 <i>Life Cycle Inventory</i> Tahap <i>Packaging</i>	33
Tabel 4. 6 Hasil <i>Characterization</i> Dampak Lingkungan pada Setiap Kategori ...	34
Tabel 4. 7 Kontribusi Proses Produksi terhadap <i>Human Health</i>	35
Tabel 4. 8 Kontribusi Proses Produksi terhadap Gangguan <i>Ecosystem Quality</i> ...	36
Tabel 4. 9 Kontribusi Proses Produksi terhadap Gangguan <i>Resources</i>	37
Tabel 4. 10 Nilai <i>Normalization</i> berdasarkan <i>Damage Category</i>	38
Tabel 4. 11 Hasil <i>Single Score</i> Dampak Lingkungan dari Sari Buah Nanas Siap Minum.....	39
Tabel 5. 1 Nilai <i>Single Score</i> Dampak Lingkungan untuk Setiap Tahapan.....	54
Tabel 5. 2 Kebutuhan Biogas dari setiap Tahapan.....	56
Tabel 5. 3 Nilai <i>Single Score</i> pada Kondisi Eksisting dengan Skenario Penggunaan Biogas berdasarkan <i>Impact Category</i>	58
Tabel 5. 4 Nilai <i>Single Score</i> pada Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas berdasarkan <i>Impact Category</i>	60
Tabel 5. 5 Tabel Nilai <i>Single Score</i> dan Hasil Output Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas	61
Tabel 5. 6 Nilai <i>Single Score</i> pada Kondisi Eksisting dengan Skenario Biogas dan Peningkatan Kapasitas berdasarkan <i>Impact Category</i>	62
Tabel 5. 7 Tabel Nilai <i>Single Score</i> dan Hasil Output Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas	63
Tabel 5. 8 Perbandingan Spesifikasi Keempat Skenario	64

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Konsep Pengembangan dari <i>Sustainable Development</i>	8
Gambar 2. 2 Gambaran dari Proses Manufaktur.....	9
Gambar 2. 3 Empat Tahap dalam <i>Life Cycle Assessment</i>	12
Gambar 2. 4 Lambang <i>Software SimaPro</i>	15
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Tahapan Penelitian	17
Gambar 4. 1 Alur Proses produksi Sari Buah Nanas UKM Murni Mandiri	24
Gambar 4. 2 <i>Material Balance</i> pada Tahap Persiapan.....	26
Gambar 4. 3 Input Data <i>SimaPro</i> untuk Tahap Persiapan	27
Gambar 4. 4 <i>Material Balance</i> pada Tahap Perebusan Pertama.....	28
Gambar 4. 5 Input Data <i>Software SimaPro</i> Tahap Perebusan 1	29
Gambar 4. 6 <i>Material Balance</i> dari Tahap Perebusan kedua.....	30
Gambar 4. 7 <i>Material Balance</i> pada Tahap Perebusan Ketiga	31
Gambar 4. 8 Input Data <i>SimaPro</i> Tahap Perebusan Ketiga.....	32
Gambar 4. 9 <i>Material Balance</i> pada Tahap <i>Packaging</i>	32
Gambar 4. 10 Input Data <i>SimaPro</i> untuk Tahap <i>Packaging</i>	33
Gambar 4. 11 <i>Characterization</i> dari Produk Sari Buah Nanas Siap Minum.....	34
Gambar 4. 12 Nilai <i>Normalization</i> Dampak Lingkungan dari Sari Buah Nanas Siap Minum.....	38
Gambar 4. 13 Hasil <i>Weighting</i> Dampak Lingkungan dari Sari Buah Nanas	39
Gambar 4. 14 Hasil Proporsi <i>Single Score</i> dari Dampak Lingkungan pada Produk Sari Buah Nanas.....	40
Gambar 4. 15 <i>Network</i> dari Dampak Lingkungan pada Produk Sari Buah Nanas	41
Gambar 5. 1 <i>Network Damage Assessment</i> Berdasarkan Dampak Terhadap <i>Human Health</i>	47
Gambar 5. 2 Proporsi <i>Process Contribution</i> Dampak Lingkungan Terhadap <i>Human Health</i>	48
Gambar 5. 3 <i>Network Damage Assessment</i> Berdasarkan Dampak Terhadap <i>Ecosystem Quality</i>	49

Gambar 5. 4 Proporsi <i>Process Contribution</i> Dampak Lingkungan Terhadap <i>Ecosystem Quality</i>	50
Gambar 5. 5 <i>Network Damage Assessment</i> Berdasarkan Dampak Terhadap <i>Resources</i>	51
Gambar 5. 6 Proporsi <i>Process Contribution</i> Dampak Lingkungan Terhadap <i>Resources</i>	52
Gambar 5. 7 Proporsi Dampak Lingkungan dari Produksi Sari Buah Nanas Berdasarkan <i>Damage Category</i>	54
Gambar 5. 8 Input pada <i>Software Simapro</i> untuk Skenario Penggunaan Biogas..	56
Gambar 5. 9 Perbandingan Persentase <i>Damage Assessment</i> Produksi Sari Buah Nanas Antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Penggunaan Biogas	57
Gambar 5. 10 Perbandingan <i>Single Score</i> dari Proses Produksi Sari Buah Nanas antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Penggunaan Biogas	57
Gambar 5. 11 Input Skenario Peningkatan Kapasitas Produksi Sari Buah Nanas pada <i>Software SimaPro</i>	59
Gambar 5. 12 Perbandingan Persentase <i>Damage Assessment</i> Produksi Sari Buah Nanas Antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas.....	59
Gambar 5. 13 Perbandingan <i>Single Score</i> Proses Produksi Sari Buah Nanas antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas	60
Gambar 5. 14 Perbandingan <i>Single Score</i> Proses Produksi Sari Buah Nanas antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Biogas dan Peningkatan Kapasitas.....	62

BAB 1

PENDAHULUAN

Pada bab 1 ini akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, manfaat penelitian, ruang lingkup dari penelitian, dan sistematika penulisan.

1.1 Latar Belakang

Isu lingkungan kini menjadi salah satu hal yang penting. Pada tahun 1987, diterbitkan laporan yang lebih dikenal dengan istilah *Bruntland Report*. *Bruntland Report* membahas bagaimana kondisi bumi yang semakin terpuruk. Semakin besar pengaruh dari industri-industri di bumi, contohnya yaitu limbah yang memberikan dampak kerusakan terhadap bumi. Sehingga dalam *Bruntland Report*, sangat ditekankan untuk mulai menciptakan keharmonisan antara industri dengan lingkungan dan diwujudkan dalam *sustainable development*. Pada tingkat global, tuntutan agar diterapkannya standar industri yang menitikberatkan pada upaya efisiensi bahan baku, air, dan energi, diversifikasi energi, *eco-design*, dan teknologi rendah karbon dengan sasaran peningkatan produktivitas dan minimalisasi limbah semakin tinggi (Green Listing Indonesia, 2013). *Green Industry* menjadi salah satu hal penting dalam membangun industri. Dalam Rencana Strategis Kementerian Perindustrian tahun 2015-2019, salah satu sasaran strategis adalah menggunakan pengembangan standarisasi industri dengan salah satu poin berupa pengembangan produk industri hijau (Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 2015). Sehingga perlu dilakukan pengembangan bisnis bagi masyarakat Indonesia dengan mempertimbangkan konsep *Green Industry*. Salah satunya yaitu mengembangkan bisnis tersebut di wilayah yang berpotensi dari segi ekonomi.

Kecamatan Ngancar merupakan salah satu wilayah yang berpotensi di Indonesia. Kecamatan Ngancar terletak di Kabupaten Kediri, dengan posisi geografis berada di kaki Gunung Kelud. Jumlah penduduk yang ada sebanyak 45.137 jiwa (BPS Kediri, 2015). Kecamatan Ngancar memiliki beberapa komoditas unggul, khususnya dari sektor pertanian. Beberapa sektor pertanian sendiri

memiliki beberapa macam, seperti padi, sayur-sayuran, tanaman perkebunan, serta buah-buahan yang paling menonjol dibandingkan tanaman lainnya. Tingkat produksi buah-buahan di kecamatan Ngancar ditunjukkan pada Tabel 1.1 di bawah ini .

Tabel 1. 1 Jumlah Produksi Buah-Buahan di Kecamatan Ngancar Tahun 2015
(Sumber : Kecamatan Ngancar Dalam Angka, BPS, 2015)

Jenis Tanaman	Produksi (dalam Kuintal)
Alpoket	15206
Rambutan	9724
Salak	2020
Belinjo	6120
Durian	3655
Belimbing	54
Sirsat	3106
Nanas	1328399
Mangga	19759
Pepaya	2063
Sukun	5633

Berdasarkan Tabel 1.1 di atas, terlihat bahwa buah dengan produksi terbesar adalah buah nanas. Faktanya, buah nanas merupakan buah yang paling banyak dikirim ke luar kota. Hal ini tentu menjadi potensi pasar bagi Kecamatan Ngancar untuk mengembangkan sektor agrobisnis.

Namun, seiring dengan perkembangan zaman, pengembangan dari masing-masing daerah semakin digencarkan. Pada kecamatan Ngancar, pengembangan daerah dilakukan salah satunya pada sektor pariwisata, antara lain dengan adanya wahana, taman anggrek, serta wisata petik buah. Menurut Pak Ngaseri selaku Kepala Kecamatan Ngancar, sudah ada keinginan untuk

memproduksi produk turunan dari berbagai komoditas utama di Kecamatan Ngancar. Selain itu, dari Pemerintah Kabupaten Kediri juga telah mengadakan pelatihan pembuatan dan pengolahan produk turunan di Kecamatan Ngancar bagi masyarakat. Hasilnya, saat ini sudah terdapat beberapa pelaku usaha yang memanfaatkan komoditas untuk membuat produk turunan, seperti pupuk, sari buah, dodol, keripik, minyak, hingga selai. Di antara beberapa beberapa produk turunan tersebut, tiga di antaranya merupakan UKM yang memproduksi produk turunan dengan bahan pokok berupa nanas. Antara lain yaitu dodol, sari buah, serta selai (Ngaseri, 2016).

UKM Murni Mandiri merupakan salah satu UKM yang dominan dan berkembang di kecamatan Ngancar. UKM saat ini memproduksi produk turunan berupa sari buah nanas di Kecamatan Ngancar. UKM Murni Mandiri memiliki pemenuhan pasar di sekitar kecamatan Ngancar dengan produksi setiap harinya sebanyak 250 *cup* plastik berukuran 180 ml. Apabila terdapat hari besar seperti hari raya, pesanan yang didapatkan bisa mencapai tiga kali lipatnya. Dalam proses produksi sari buah nanas, tentunya menghasilkan limbah dari hasil produksi. Untuk mendukung konsep *green industry*, UKM perlu memperhatikan bagaimana proses produksi yang dilakukan memiliki dampak terhadap lingkungan. Tidak hanya proses produksi, cara perlakuan terhadap limbah yang dihasilkan juga perlu diperhatikan. Namun, saat ini belum ada suatu cara untuk menimbulkan kewaspadaan atau *awareness* pada masyarakat terkait pentingnya untuk menjaga lingkungan dari segi produksi produk. Dan UKM belum mengetahui bagaimana dampak yang ditimbulkan dari proses produksi yang dilakukan, baik dalam jangka waktu pendek hingga jangka waktu panjang. Maka dari itu diperlukan edukasi pada masyarakat Ngancar, terkait pentingnya menjaga lingkungan pada proses produksi. Sehingga masyarakat mampu menjaga lingkungan kecamatan Ngancar yang bersih. Salah satu pendekatan yang digunakan untuk mengkaji dampak lingkungan adalah dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment*.

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh suatu produk, proses atau aktivitas. (Scientific Applications International Corporation, 2006). Dengan adanya LCA, dapat dilakukan evaluasi terkait performa perusahaan dari

segi lingkungan pada produk atau proses serta memudahkan dalam melakukan perbaikan lingkungan. LCA merupakan metode yang lebih baik dari metode *end – of – pipe* yang hanya melihat hasil akhir produk dan *waste* yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan LCA mengkaji secara keseluruhan per proses yang dilalui untuk menghasilkan suatu produk, baik itu hasil setelah proses, limbah, serta emisi yang dihasilkan. Sehingga dapat dianalisa dan dilakukan tindakan preventif untuk mengurangi dampak lingkungan dari beberapa proses yang memungkinkan untuk dikurangi. Dalam penelitian ini, LCA akan digunakan untuk menilai dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi sari buah nanas di UKM Murni Mandiri. Selain itu, dapat dilakukan perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan dengan cara memunculkan ide alternatif yang memungkinkan untuk diimplementasikan pada proses produksi yang ada.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang dibahas dalam penelitian ini adalah bagaimana mengetahui penilaian produksi sari buah nanas yang memiliki dampak lingkungan menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* di UKM Murni Mandiri, serta membandingkan dengan beberapa alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan.

1.3 Tujuan Penelitian

Terdapat beberapa tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini :

1. Menganalisa dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi sari buah nanas.
2. Mengidentifikasi faktor-faktor yang mempengaruhi dampak lingkungan.
3. Membandingkan dampak lingkungan dengan alternatif dalam pengelolaan dampak lingkungan pada produksi sari buah nanas.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang dapat diperoleh dari adanya penelitian ini adalah :

1. Memberikan wawasan kepada pelaku usaha terkait dampak lingkungan dari proses produksi serta bagian proses yang memiliki dampak terbesar.
2. Memberikan informasi terkait faktor-faktor yang menyebabkan adanya dampak lingkungan.
3. Memberikan rekomendasi perbaikan untuk pengurangan dampak lingkungan dari proses produksi.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian dibagi menjadi batasan dan asumsi. Berikut merupakan batasan dari penelitian, antara lain yaitu:

1. Data yang digunakan merupakan data *cradle to gate*, di mana ruang lingkup dimulai dari pengadaan *raw material* hingga produk jadi
2. Penelitian hanya sampai rekomendasi, tidak sampai dengan implementasi hasil penelitian.

Sedangkan asumsi dari penelitian ini adalah :

1. Data dampak dari *software* SimaPro merupakan data valid

1.6 Sistematika Penulisan

Pada subbab ini akan dijelaskan mengenai sistematika penulisan yang digunakan dalam penulisan laporan penelitian ini.

BAB 1 PENDAHULUAN

Pada bab ini di akan dijelaskan mengenai latar belakang penelitian, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, dan ruang lingkup penelitian yang berisi batasan dan asumsi yang digunakan dalam penelitian ini.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai *literature review* yang mendasari dilakukannya penelitian ini. *Literature review* yang digunakan didapatkan dari beberapa sumber, antara lain adalah jurnal, *website*, *e-book*, dan beberapa buku pendukung lainnya. Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini antara lain yaitu *sustainable development*, sistem manufaktur, *Life Cycle Assessment*, dan *software* SimaPro.

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai langkah-langkah yang perlu dilakukan dalam penelitian dengan tujuan agar penelitian dapat dijalankan secara sistematis dan terarah. Pada metodologi penelitian ini disusun secara sistematis dan terdiri dari tahap identifikasi dan perumusan masalah, pengumpulan data, pengolahan data, serta analisis dan interpretasi data.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data yang diperlukan dan kemudian dibahas mengenai pengolahan sebagai bahan untuk analisis dan interpretasi data. Pengumpulan data dalam penelitian ini antara lain adalah profil UKM, proses produksi sari buah nanas, serta input LCA. Sedangkan pada pengolahan data, antara lain yaitu pengolahan input LCA menggunakan *software* SimaPro untuk menilai dampak lingkungan.

BAB V ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dilakukan analisis dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan pada bab sebelumnya. Analisis yang dilakukan yaitu dampak lingkungan dari proses produksi, serta perbandingan alternatif perbaikan.

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini dijelaskan mengenai kesimpulan dari pengolahan data dan analisis data untuk menjawab tujuan penelitian. Selain itu juga dibahas mengenai saran-saran yang diperlukan untuk pengembangan penelitian ke depannya.

BAB 2

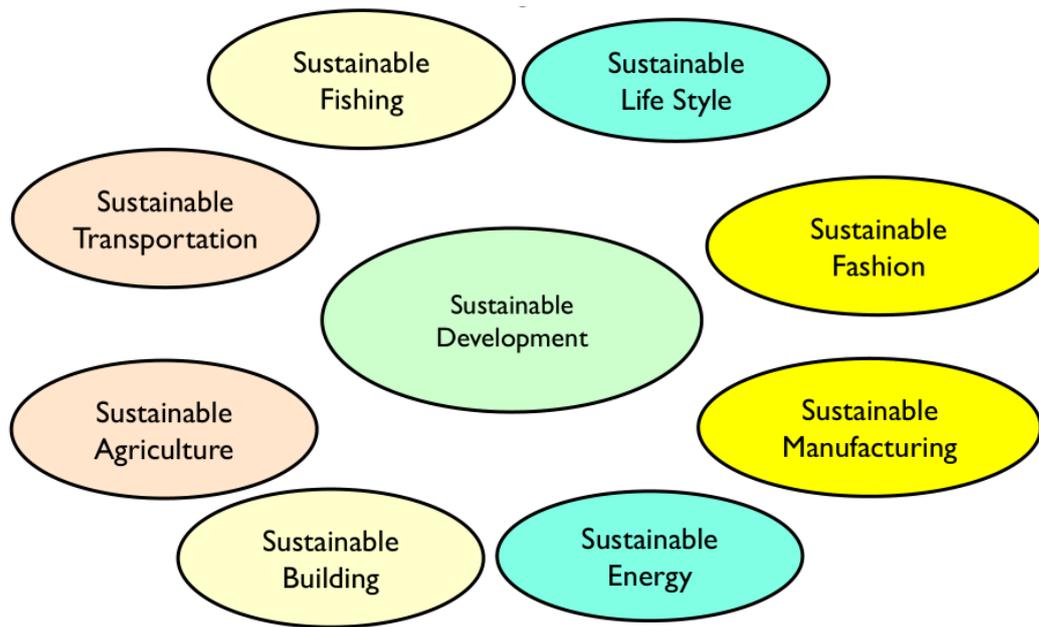
TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab 2 ini akan dijelaskan mengenai tinjauan pustaka yang akan menunjang penelitian, antara lain yaitu *Sustainable Development*, Sistem Manufaktur, *Life Cycle Assessment*, dan *software SimaPro*.

2.1 *Sustainable Development*

Sustainable Development berdasarkan *Brundtland Report* pada tahun 1987 memiliki definisi sebagai “*development that meets the needs of the present, without compromising the ability of future generations to meet their own needs*”. Inti dari *sustainable development* adalah sebuah pendekatan pengembangan untuk menyeimbangkan kebutuhan yang berbeda, dan cenderung saling bersaing terhadap kesadaran dari keterbatasan lingkungan, sosial, serta ekonomi yang dihadapi oleh masyarakat (Sustainable Development Commission, 2011). Hal yang melatarbelakangi adanya inisiasi *sustainable development* antara lain yaitu pertumbuhan populasi, pertumbuhan konsumsi, berkurangnya *resources*, permasalahan polusi dan *waste*, kelangkaan lahan, dan meningkatnya *cost* untuk *waste processing* (Anityasari, 2015).

Tiga aspek yang telah disebutkan di atas (lingkungan, sosial, dan ekonomi) lebih dikenal dengan istilah *The Triple Bottom Line* (TBL). TBL didefinisikan sebagai sebuah *accounting framework* yang menghubungkan tiga dimensi aspek, yaitu sosial, lingkungan, dan ekonomi atau dapat disebut 3P’s (*People, Planet, Profit*) (Slaper & Hall, 2011). Dari TBL, dapat dilakukan pengembangan konsep pembangunan dari *sustainable development*. Konsep pengembangan *sustainable development* dijabarkan dalam *Macro Sustainability Issue* yang ditunjukkan pada Gambar 2.1 di bawah ini:



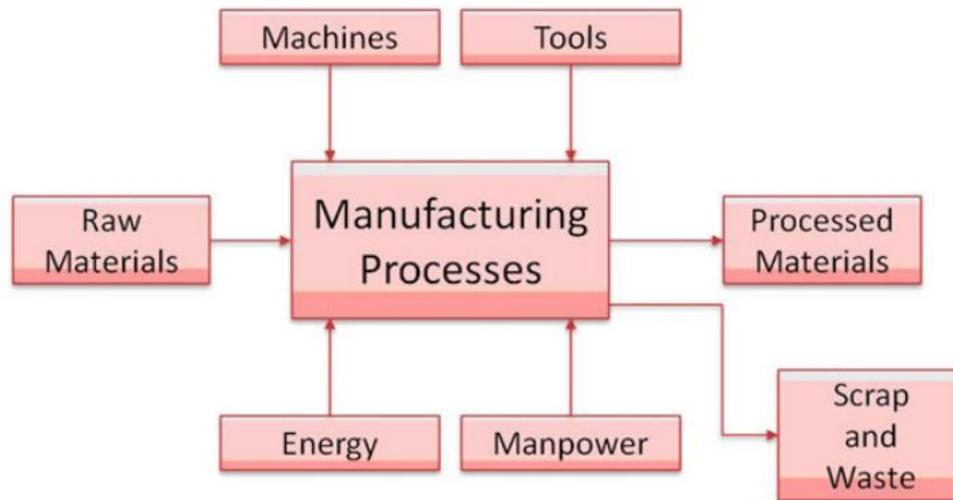
Gambar 2. 1 Konsep Pengembangan dari *Sustainable Development*
 Sumber : (Anityasari, 2015)

Salah satu isu makro dari *sustainable development* adalah *Sustainable Manufacturing*. Menurut *US Department of Commerce* (dalam Jawahir, 2010), definisi dari *sustainable manufacturing* adalah penciptaan produk yang termanufaktur yang menggunakan proses yang mana meminimalkan dampak negatif terhadap lingkungan, menghemat energi dan sumber daya alam, aman bagi para pegawai, komunitas, dan konsumen, serta bersaing secara ekonomi.

2.2 Sistem Manufaktur

Menurut Alessandra Caggiano, sistem manufaktur merupakan sebuah sistem luas yang melibatkan manusia, mesin-mesin, alat-alat, *raw material* serta informasi untuk mencapai tujuan operasi dari suatu perusahaan. Pengertian ini merupakan pandangan secara umum, di mana manufaktur memiliki ruang lingkup yang luas. Dalam sistem manufaktur sendiri terdapat salah satu bagian, yaitu proses manufaktur. Pengertian proses manufaktur ialah cara, metode dan teknik untuk mentransformasi berbagai input (tenaga kerja, mesin, bahan-bahan dan dana) dalam

segi bentuk, tampilan, ukuran, dan lain-lain menjadi output yang diperlukan oleh pasar. (The International Academy for Production Engineering, 2014, hal. 828)



Gambar 2. 2 Gambaran dari Proses Manufaktur
(Sumber : CIRP *Encyclopedia of Production Engineering*, 2014, hal. 830)

Fungsi utama sistem manufaktur adalah memproduksi produk yang diperlukan oleh pasar. Berdasarkan permintaan pelanggan, terdapat dua aspek yang harus dapat dipenuhi oleh sistem manufaktur yaitu aspek jumlah dan aspek rancangan. Aspek aspek jumlah berhubungan dengan kuantitas dari produk yang diproduksi. Sedangkan untuk aspek rancangan merupakan atribut yang terdapat pada suatu produk yang meliputi bentuk, warna, kemampuan, ketahanan dan lain-lain. Untuk memenuhi hal tersebut, diperlukan penunjang berupa fasilitas manufaktur agar pemenuhan produk untuk pasar dapat terus dilakukan. Beberapa komponen utama pada fasilitas manufaktur antara lain berupa mesin-mesin produksi, alat-alat, *assembly/disassembly*, sistem *material handling*, manusia (pekerja), dan sistem komputer (Groover, 2001).

Sistem manufaktur berdasarkan kegiatan produksi dibagi menjadi dua jenis, yaitu barang dan jasa. Sistem manufaktur barang merupakan sistem manufaktur yang mana kegiatan proses produksinya memberikan *added value*, serta mengubah sifat dan bentuk dari input. Contohnya yaitu pada proses produksi sari buah nenas, di mana input berupa daging bus nenas, air, serta beberapa komponen lainnya ditransformasi menjadi sari buah nenas. Sedangkan sistem manufaktur jasa

merupakan suatu proses produksi tanpa memberikan *added value* suatu benda contohnya yaitu pada layanan jasa kantor pos yang mengirimkan surat.

2.3 Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment merupakan suatu alat yang dapat digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang ditimbulkan oleh suatu produk, proses atau aktivitas. (Scientific Applications International Corporation, 2006). Evaluasi yang dilakukan melibatkan analisis "*Cradle-to-Gate*" pada sistem produksi, di mana evaluasi melihat dari semua input untuk melakukan proses. Mulai dari *raw material* hingga seluruh material kembali ke bumi. Fungsi lain dari metode ini adalah untuk mencari bagian mana dari *life cycle* yang memiliki sisi kritis terhadap lingkungan. Untuk melakukan LCA, perlu diketahui bagaimana *life cycle* atau siklus hidup produksi dari suatu produk. Dari identifikasi *life cycle* tersebut kemudian dilakukan tahapan LCA. LCA dapat digunakan untuk pengambilan keputusan, peningkatan produk dan proses, serta dapat mempelajari aspek lingkungan dari suatu produk atau proses. Terdapat beberapa bagian pengamatan dalam pelaksanaan *Life Cycle Assessment* (LCA). Berdasarkan standar ISO 14040 dan 14044 (dalam *Scientific Applications International Corporation*, 2006), terdapat empat tahapan utama dalam melakukan LCA. Karena dari tahapan tersebut sering saling berhubungan, artinya, hasil dari satu tahapan akan memberikan informasi bagaimana tahapan lainnya dapat diselesaikan.

2.3.1 Tahap Amatan dalam Life Cycle Produk

Terdapat beberapa tahapan dari *life cycle* suatu produk antara lain :

a. Raw Material Acquisition

Pada tahap ini, siklus hidup dari produk dimulai dengan menghilangkan sumber *raw material* dan energi dari bumi. Contohnya yaitu penebangan pohon atau penambangan material tidak dapat diperbarui. Selain itu, transportasi untuk memindahkan sumber-sumber tersebut, mulai dari titik pengambilan hingga titik pemrosesan termasuk dalam tahap ini.

b. *Material Processing (Manufacturing)*

Pada tahap *manufacturing*, *raw material* diubah menjadi produk atau kemasan. selanjutnya produk akan dikirimkan hingga ke tangan konsumen. Proses manufaktur terdiri dari tiga bagian. Antara lain yaitu *material manufacturing*, *product fabrication*, dan *filling / packaging / distribution*.

- *Material Manufacturing*

Pada bagian ini kegiatan yang dilakukan melibatkan proses penguahan *raw material* menjadi sebuah bentuk yang dapat digunakan untuk memfabrikasi produk jadi.

- *Product Fabrication*

Pada bagian ini, proses fabrikasi produk memerlukan material yang telah dimanufaktur dan memproses material tersebut menjadi sebuah produk yang siap untuk diisi atau dikemas.

- *Filling / Packaging / Distribution*

Pada bagian ini, dilakukan pematangan produk serta persiapan untuk pengiriman. Hal ini termasuk semua kegiatan manufaktur dan transportasi untuk mengisi mengemas, serta mendistribusikan produk jadi. Produk dikirimkan ke *retail* maupun langsung ke *customer*. Pada bagian ini diperhitungkan efek bagi lingkungan yang disebabkan oleh moda transportasi seperti *trucking* maupun *shipping*.

c. *Use/Reuse/Maintenance*

Pada tahap ini terdapat beberapa hal yang terlibat, seperti penggunaan aktual dari *consumer*, *reuse*, dan *maintenance* dari produk. setelah produk terdistribusi kepada *consumer*, semua kegiatan yang berhubungan dengan *useful life* dari produk termasuk dalam tahap ini. Termasuk kebutuhan energi serta limbah lingkungan yang dihasilkan dari *storage* dan konsumsi produk. Produk atau material mungkin perlu untuk

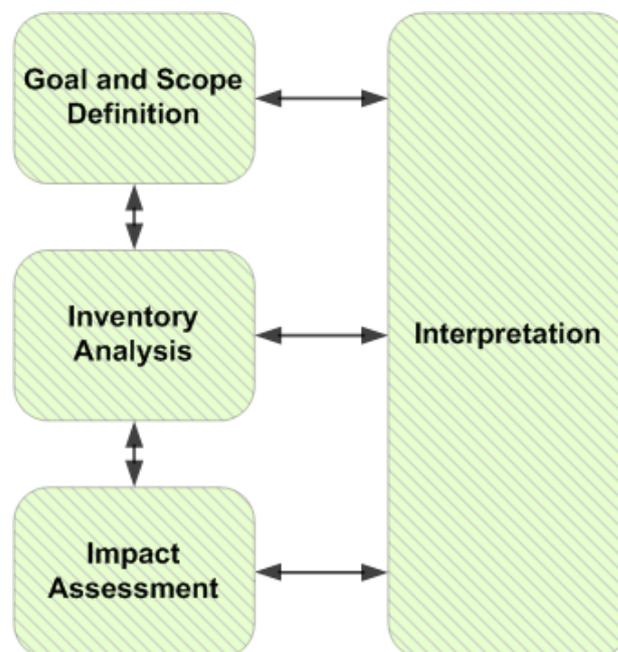
direkondisikan, perbaikan atau servis sehingga dapat mempertahankan performanya. Ketika *consumer* tidak lagi membutuhkan produk tersebut, maka produk tersebut akan didaur ulang atau dibuang.

d. *Recycle / Waste Management*

Pada tahap *recycle / waste management*, hal yang dilibatkan adalah kebutuhan energi dan limbah bagi lingkungan yang berhubungan dengan pembuangan produk atau material.

2.3.2 Tahapan dalam LCA

Dalam metode LCA, terdapat empat tahapan yang dilakukan. Empat tahapan tersebut antara lain yaitu *Goal and Scope Definition*, *Inventory Analysis*, *Impact Assessment*, dan *Interpretation / Improvement Assessment* berdasarkan standar ISO 14040 dan 14043 (dalam *Scientific Applications International Corporation*, 2006) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.2 di bawah ini :



Gambar 2. 3 Empat Tahap dalam *Life Cycle Assessment*
(Sumber : *Life Cycle Assessment : Principles And Practice*,2006)

a. *Goal and Scope Definition*

Fase ini merupakan fase di mana proses LCA mendefinisikan tujuan dan metode yang termasuk dalam dampak lingkungan hidup dari suatu *Life cycle*, yang nantinya dipertimbangkan saat proses pengambilan keputusan. Pada fase ini penting untuk mengetahui data apa saja yang diperlukan untuk mencapai tujuan tersebut, seperti batasan dari sistem yang diamati, penentuan produk, proses atau fasilitas yang diamati, data yang diperlukan, metode interpretasi, serta tipe pelaporan. Sehingga lingkup penelitian dapat dibatasi. Karena semakin luas ruang lingkup pelaksanaan LCA, maka semakin luas pula data yang diperlukan. Dalam menentukan ruang lingkup, LCA memiliki beberapa bagian, antara lain yaitu :

- *Cradle to grave*, di mana ruang lingkup dimulai dari *raw material* hingga proses operasi produk
- *Craddle to Gate*, di mana ruang lingkup dimulai dari *raw material* hingga ke batas sebelum dilakukan operasi proses
- *Gate to gate*, di mana ruang lingkup ini merupakan siklus terpendek. Hal ini disebabkan lingkup hanya meninjau kegiatan terdekat
- *Gate to grave*, di mana ruang lingkup dimulai dari *raw material* hingga daur ulang material.

b. *Inventory Analysis*

Pada tahap *Inventory Analysis*, atau *Life Cycle Inventory (LCI)*, dilakukan amatan pada *life cycle* berupa pengaruh dari bagian-bagian dalam *life cycle* terhadap lingkungan. LCI cocok digunakan untuk pencarian area dengan kesempatan besar untuk melakukan perbaikan kualitas lingkungan melalui konservasi sumber daya dan pengurangan emisi. *Output* yang dihasilkan dari tahap ini yaitu adanya gambaran berupa *flow sheet* atau *process tree* yang dapat menunjukkan susunan keseluruhan dari sistem yang diamati.

c. *Impact Analysis*

Pada tahap ini dilakukan pengelompokan dan penilaian mengenai efek yang ditimbulkan terhadap lingkungan berdasarkan data-data yang

diperoleh pada tahapan LCI. Pada *Impact Analysis* sendiri memiliki tiga langkah, yaitu *Classification & Characterization*, *Normalization*, dan *Weighting*.

- *Classification*

Pada langkah ini dilakukan pengelompokan data-data hasil *inventory* ke dalam kategori *impact* yang sesuai. Sebagai contoh, *Resources depletion* (penggunaan sumber daya baik biotik atau abiotik), polusi (*global warming*, *ozone depletion*, *human toxicity*, *ecotoxicity*, *acidification*, *eutrophication*), dan penurunan ekosistem tanah (*land use*). Pemilihan kategori sangat dipengaruhi oleh tujuan penelitian yang telah ditentukan sebelumnya. Sedangkan *characterization* merupakan tahapan di mana keseluruhan input dan output akan dinilai kontribusinya sesuai kategori dampak yang telah ditentukan pada tahap sebelumnya. *Output* yang dihasilkan adalah suatu profil dampak lingkungan dari sistem yang diamati.

- *Normalization*

Pada langkah ini dilakukan perhitungan tingkat kepentingan indikator hasil relatif terhadap informasi dari sumber yang tersedia. Tahapan ini akan menunjukkan data *indicator impact* dengan kategori *impact* dan kategori dampak dalam satuan waktu.

- *Weighting*

Pada langkah ini, keseluruhan dampak yang telah dinilai akan dibandingkan dan disederhanakan dalam suatu basis ukuran yang sama. Tujuan dilakukan langkah ini adalah untuk mendapatkan nilai perbandingan yang sama untuk setiap kategori dampak yang ada sehingga memudahkan interpretasi selanjutnya

d. *Interpretation / Improvement Analysis*

Tahapan ini merupakan tahapan interpretasi dari keseluruhan tahap sebelumnya. Interpretasi ini nantinya akan mengarah pada perbaikan untuk menurunkan dampak lingkungan yang ditimbulkan dari sistem, produk, atau proses yang diamati. Hasil dari fase LCA sebelumnya dibandingkan dengan

tujuan penelitian yang sebelumnya disebutkan dalam definisi tujuan dan ruang lingkup. Elemen yang penting dalam tahap ini adalah validasi.

Elemen lain seperti pengukuran perbaikan yang bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan dari sistem yang diidentifikasi dan dievaluasi. Semua ini dilakukan berdasarkan hasil dari fase LCA sebelumnya. Langkah untuk mengukur perbaikan adalah : *Load analysis* yang mengindikasikan proses yang relevan, identifikasi alternatif perbaikan, dan menyusun serta memilih alternatif berdasarkan efektivitas alternatif atau variabel eksternal.

LCA membantu *decision maker* untuk memilih produk atau proses yang menghasilkan pengaruh paling sedikit pada lingkungan hidup. Informasi ini dapat dimanfaatkan dengan faktor-faktor lain seperti *cost* dan data untuk memilih produk atau proses.

2.4 *Software SimaPro*



Gambar 2. 4 Lambang *Software SimaPro*
(Sumber : *Pre-Sustainability*, 2016)

SimaPro merupakan sebuah *software* yang dibuat oleh PRÉ Consultants. *Software* ini terdiri dari *database* produk dari proses yang menyediakan inventarisasi energi dan bahan sumber daya yang digunakan, serta senyawa kimia yang dihasilkan. SimaPro merupakan alat profesional yang diperlukan untuk mengumpulkan *sustainability* data, melakukan komputasi pada *Life Cycle Assessment* , dan menganalisa serta memonitor performa *sustainability* dari produk atau *service* dari suatu usaha. Beberapa hal yang dapat dilakukan menggunakan *software* ini antara lain yaitu untuk *Life Cycle Assessment*, *sustainability reporting*, *carbon* dan *water footprinting*, desain produk. dan lain-lain. Dalam penelitian ini, *software* ini digunakan untuk mendesain *Life Cycle Assessment* dari suatu proses produksi produk.

Halaman ini sengaja dikosongkan

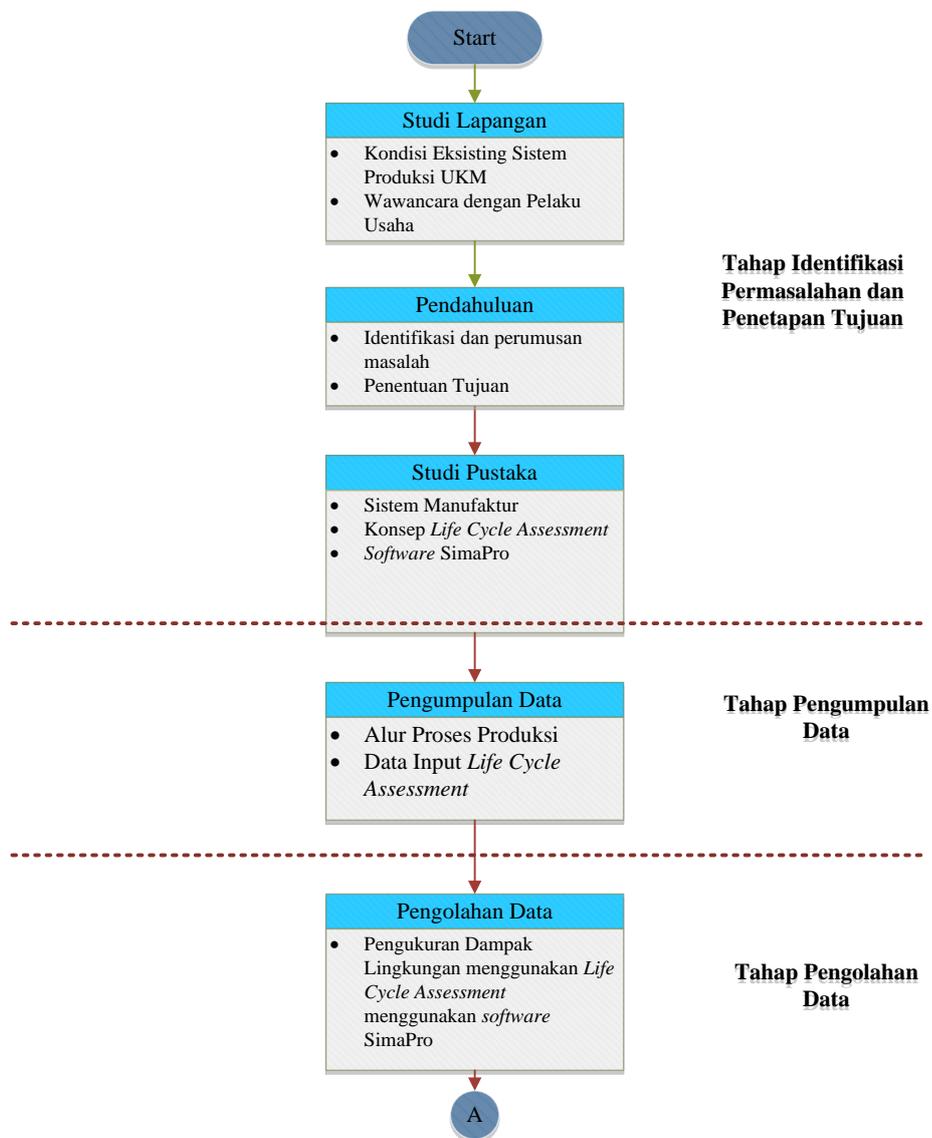
BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

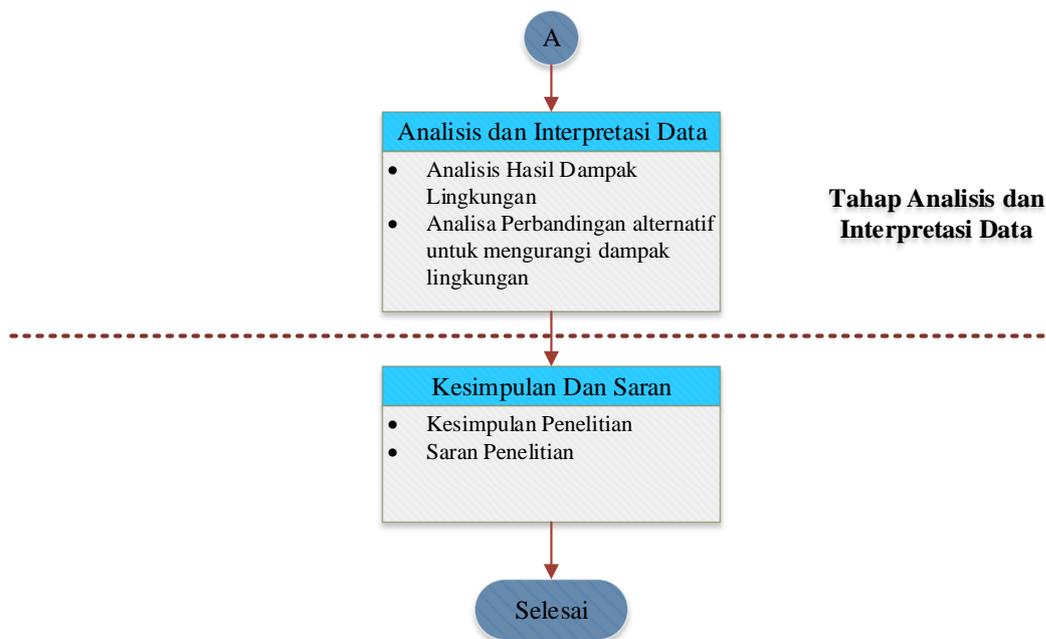
Pada bab ini akan diuraikan tahapan-tahapan yang dilakukan dalam penelitian sebagai acuan dalam pengerjaan penelitian. Adanya tahapan dilakukan agar pengerjaan penelitian dilakukan secara sistematis.

3.1 *Flowchart Metodologi Penelitian*

Berikut merupakan *flowchart* dari penelitian yang akan dilakukan.



Gambar 3. 1 *Flowchart* Tahapan Penelitian



Gambar 3. 1 *Flowchart* Tahapan Penelitian (Lanjutan)

3.2 Penjelasan *Flowchart*

Pada subbab ini akan dijelaskan lebih detail bagaimana tahapan dari penelitian ini.

3.2.1 Tahap Identifikasi Permasalahan dan Perumusan Tujuan

Tahap ini diawali oleh studi lapangan dengan melihat kondisi eksisting dari sistem produksi sari buah nenas. Selain itu dilakukan wawancara dengan pelaku usaha UKM Murni Mandiri. Dari hasil studi lapangan, dilakukan identifikasi permasalahan di UKM Murni Mandiri, serta menentukan keperluan data untuk menunjang penelitian. Setelah itu dilakukan penentuan tujuan dari penelitian. Untuk membantu dalam penentuan tujuan penelitian, dilakukan studi yang dibagi menjadi dua, yaitu studi pustaka dan studi lapangan. Pada studi pustaka dicari berbagai pustaka dari jurnal, buku, *website*, dan lain-lain yang terkait dengan sistem manufaktur, *Life Cycle Assessment*, serta *Software Simapro*.

3.2.2 Tahap Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pada tahap ini, dilakukan pengumpulan data yang diperlukan dalam penelitian, antara lain alur proses produksi eksisting, kebutuhan bahan baku serta energi dari masing-masing proses produksi, serta data input yang digunakan untuk *Life Cycle Assessment* menggunakan *software* SimaPro. Data tersebut didapatkan

dari hasil diskusi dengan pemilik UKM Murni Mandiri. Selanjutnya, dari data yang telah dikumpulkan, dilakukan pengolahan data.

Pengolahan yang dilakukan adalah mengukur dampak lingkungan dari proses produksi sari buah nanas menggunakan *Life Cycle Assessment*. Metode LCA dilakukan untuk mengetahui dampak lingkungan dari suatu proses produksi dalam satu siklus produk. Tahapan pengolahan data yang dilakukan antara lain yaitu mendefinisikan ruang lingkup dan tujuan LCA, mengidentifikasi *Life Cycle Inventory* dari proses produksi, *impact analysis* dan penentuan perbaikan.

3.2.2.1 Penentuan Ruang Lingkup dan Tujuan

Pada tahap ini dilakukan penentuan ruang lingkup dalam melakukan *Life Cycle Assessment*. Pada penelitian ini ruang lingkup yang digunakan adalah *cradle to gate* di mana LCA terbatas mulai dari pengadaan *raw material* hingga produk jadi.

3.2.2.2 *Life Cycle Inventory*

Pada tahap ini, dilakukan identifikasi input dan output data pada *software* SimaPro berdasarkan material, energi, hingga *waste* pada proses produksi eksisting. Hasil dari *inventory analysis* adalah adanya hasil *inventory analysis* berupa jumlah polutan yang muncul pada lingkungan serta banyak material dan energi yang digunakan untuk proses produksi.

3.2.2.3 *Impact Analysis*

Pada tahap ini dilakukan penentuan dampak lingkungan yang telah didapatkan dari tahap *Life Cycle Inventory*. Beberapa tahapan dilakukan antara lain yaitu *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *singlet score*. *Characterization* adalah mengkategorikan dari masing-masing material dari proses produksi dalam *impact category*. Kemudian tahap *normalization* adalah tahapan yang mana dilakukan yaitu untuk lebih memudahkan dalam membandingkan antara *impact category*. Lalu pada tahap *weighting* dilakukan pembobotan dengan cara mengalikasi hasil normalisasi dengan faktor bobot. Tahap terakhir yaitu dilakukan konversi seluruh dampak lingkungan menjadi *singlet score*.

3.2.2.4 Penentuan Perbaikan

Pada tahap ini dilakukan interpretasi dari hasil *impact analysis*, kemudian dari hasil interpretasi dilakukan perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi sari buah nanas.

3.2.3 Tahap Analisis dan Interpretasi Data

Pada tahap ini dilakukan analisa dan interpretasi dari hasil pengolahan data dampak lingkungan menggunakan *software* SimaPro. Selain itu, dilakukan perbandingan alternatif yang memungkinkan untuk mengurangi dampak lingkungan.

3.2.4 Tahap Penarikan Kesimpulan dan Saran

Pada tahap ini dilakukan penarikan kesimpulan berdasarkan hasil analisis data untuk menjawab tujuan penelitian. Selain itu pada bab ini akan dirumuskan saran untuk pengembangan penelitian ke depannya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai pengumpulan data dari obyek amatan serta pengolahan data pada penelitian dengan tujuan penilaian dampak lingkungan serta beberapa alternatif untuk pengurangan dampak terhadap lingkungan. Pengumpulan data yaitu berupa input data untuk *Life Cycle Assessment* dan diolah pada *software* SimaPro. Nantinya dari hasil tersebut dilakukan beberapa alternatif perbaikan

4.1 Profil UKM Murni Mandiri

UKM Murni Mandiri merupakan salah satu bentuk Usaha Kecil dan Menengah yang ada di Kecamatan Ngancar. Lokasi dari UKM ini yaitu berada di Desa Babadan, Kecamatan Ngancar, Kabupaten Kediri, Jawa Timur dengan pemilik bernama pak Koleksi Priya Utama. Produk utama dari UKM ini adalah sari buah nanas. Produk sampingan dari pengolahan sari buah nanas antara lain kulit buah nanas, daging buah nanas, dan ampas sari buah. Kulit buah nanas digunakan sebagai makan untuk ternak dan pupuk. Ampas sari buah sebagai pupuk, dan daging buah nanas yang dijual kembali sebagai bahan baku selai buah. Distribusi dari produk sari buah nanas ini yaitu di sekitar Kecamatan Ngancar. Setiap harinya UKM Murni Mandiri memproduksi 250 cup per hari. Untuk *cup* yang dijual antara lain yaitu ukuran 120 ml dan 180 ml. Sedangkan apabila pada bulan Ramadhan, pesanan dari luar kota meningkat, dan biasanya diproduksi ukuran botol 330 ml. Karena sari buah nanas banyak dicari sebagai minuman untuk Idul Fitri.

Pada awal berdirinya UKM ini pada tahun 2011, produk yang dibuat adalah *yoghurt* dan es krim. Hal ini disebabkan Pak Koleksi selaku pemilik usaha mendapatkan sumbangan sapi sebanyak 5 ekor yang digunakan sebagai modal usaha. Namun pada tahun 2014, Gunung Kelud meletus dan berdampak besar bagi keberlanjutan usaha UKM Murni Mandiri. Selain infrastruktur yang terkena ledakan, penyebaran dari produk juga menurun drastis. Penyebabnya adalah

sulitnya mengurus Perizinan Industri Rumah Tangga (PIRT) untuk produk dengan bahan utama susu. Sehingga produksi *yoghurt* dan es krim dihentikan.

Tumbuhnya ide untuk memproduksi sari buah nanas diawali dengan adanya bantuan nanas untuk ditanam dari kota Subang. Namun, hasil panen buah nanas terdapat beberapa buah yang berukuran kecil dan tidak laku di pasaran. Buah nanas kecil ini menjadi potensi untuk diolah menjadi produk turunan. Pada tahun 2015, Pak Kolek mengikuti pelatihan pengolahan sari buah. Dari pelatihan tersebut, produk sari buah nanas diproduksi secara terus menerus hingga saat ini.

4.2 Proses Produksi Pembuatan Sari Buah Nanas di UKM Murni Mandiri

Proses produksi sari buah nanas di UKM Murni Mandiri menggunakan cara semi-konvensional. Dalam pelaksanaannya, proses produksi terbagi menjadi tiga tahap. Antara lain yaitu :

1. Tahap Persiapan
2. Tahap Perebusan
3. Tahap *Packaging*.

4.2.1 Tahap Persiapan

Pada tahap persiapan, dilakukan pengadaan bahan-bahan yang diperlukan untuk diproses menjadi sari buah. Buah nanas yang merupakan bahan utama, diambil dari para petani nanas melalui pengepul buah di kecamatan Ngancar. Buah nanas yang diambil untuk diolah merupakan nanas dengan ukuran yang kecil atau berada di bawah standar ukuran buah yang dijual di pasaran. Pengambilan buah dilakukan 1 minggu sekali menggunakan *pick up* sebagai alat angkut.

Setelah dikirim ke tempat pengolahan, dilakukan penimbangan buah nanas yang akan diolah. Sebelum diolah, nanas dikupas dan dicuci menggunakan air hingga bersih. Hasil *waste* yang didapatkan adalah berupa kulit nanas dan mahkota nanas. Hasil *waste* tersebut nantinya dijadikan makanan ternak atau pupuk kompos (organik). Daging nanas kemudian dihaluskan menggunakan blender hingga menjadi ukuran kecil dan siap untuk diproses.

4.2.2 Tahap Perebusan

Pada tahap perebusan ini dilakukan untuk mengekstrak sari nanas dari daging nanas menjadi sari buah nanas murni. Tahap perebusan ini terbagi menjadi beberapa tahapan. Pada perebusan tahap pertama, daging nanas yang sudah halus akan direbus dengan air yang mendidih selama 15 menit. Kemudian hasil rebusan nanas disaring, dan direbus ulang sebanyak satu atau dua kali hingga rasa pada daging nanas tidak terasa. Hal ini dilakukan agar hasil ekstrak dari daging buah nanas dapat dikeluarkan secara maksimal.

Selanjutnya air rebusan sari buah nanas murni direbus lagi hingga mendidih. Setelah mendidih, air sari nanas didiamkan selama kurang lebih 6 jam. Hal ini dilakukan untuk memunculkan endapan pada air sari buah dan akan didapatkan air sari nanas jernih. Sisa dari tahap perebusan pertama ini adalah ampas dari hasil penyaringan dan endapan. Nantinya ampas dari sari buah nanas murni dapat dicampur sebagai bahan pupuk. Sedangkan endapan dijual kepada produsen selai buah nanas yang ada di Kecamatan Ngancar

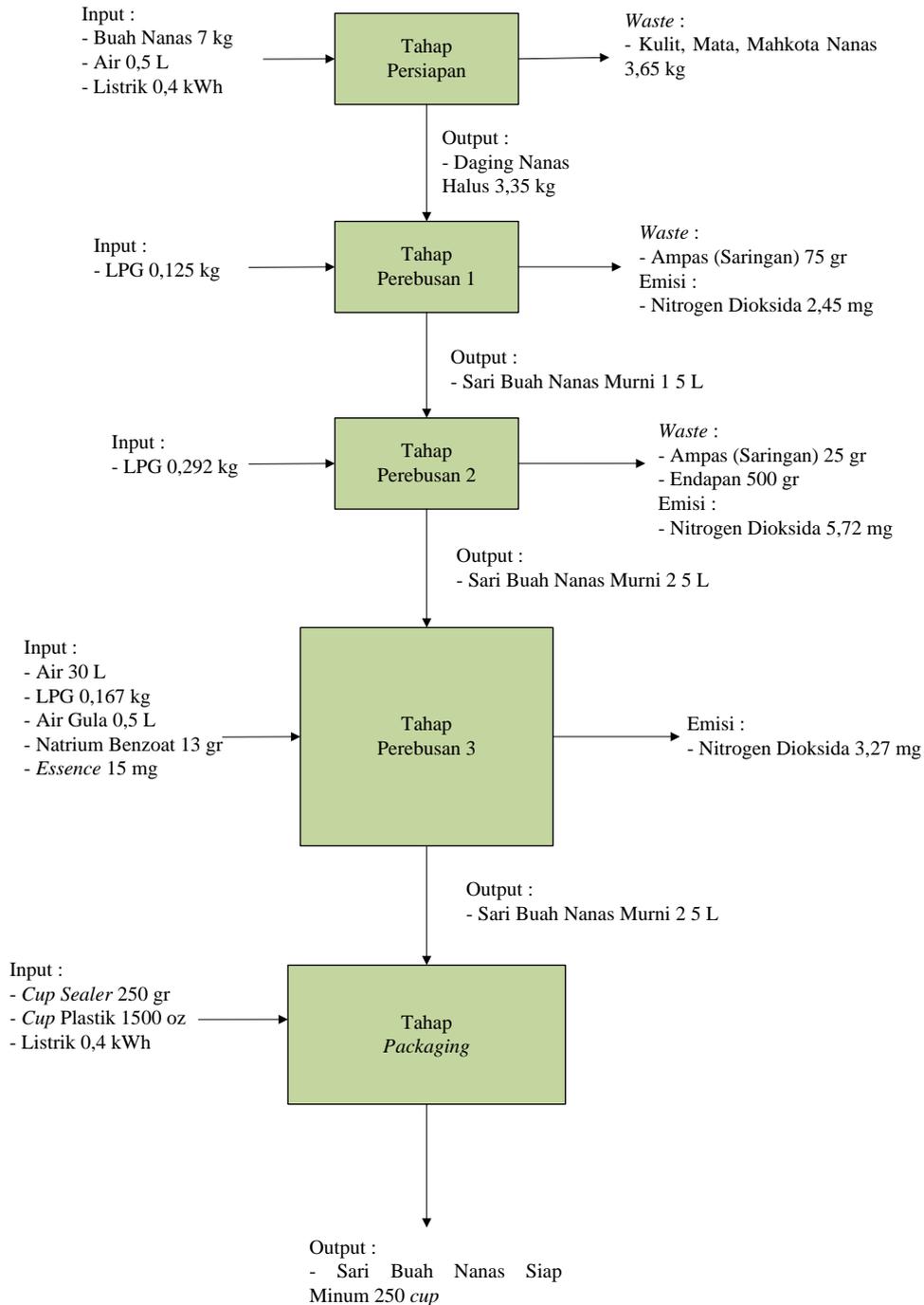
Selain merebus sari buah nanas murni, dilakukan perebusan gula pasir menjadi air gula. Gula pasir direbus dengan air hingga mencair dan mendidih. Kemudian air gula didinginkan selama 6 jam untuk memisahkan endapan dan air gula murni. Air gula nantinya akan digunakan pada perebusan kedua. Pada tahap perebusan kedua, air sari buah murni dan air gula dicampur dalam panci. Kemudian dilakukan perebusan hingga mendidih. Selama perebusan hingga mendidih, air campuran tersebut diberikan Natrium Benzoat dan *essence* (perasa) sebagai penguat rasa dari sari buah nanas. setelah mendidih, api untuk perebusan sari buah nanas dikecilkan hingga sari buah nanas berada pada suhu 85 hingga 90⁰ C. Setelah itu, sari buah nanas siap untuk di-*packaging*.

4.2.3 Tahap Packaging

Pada tahap *packaging*, sari buah nanas akan ditempatkan pada *cup* plastik dengan ukuran 180 ml atau 6 oz. *Cup* plastik sebelumnya telah disterilkan dengan cara dipanaskan. Setelah *cup* plastik telah diisi sari buah, *cup* akan ditutup dengan alat *sealer* (penutup gelas plastik) sehingga sari buah nanas tetap terjaga dengan baik. Selanjutnya *cup* akan dikirimkan ke *retailer* atau toko-toko yang ada di sekitar

Kecamatan Ngancar. Apabila ada pesanan dari luar kota, sari buah akan diletakkan dalam *packaging* kardus dan dikirimkan pada pemesan.

Berikut merupakan alur proses produksi sari buah nanas secara keseluruhan di UKM Murni Mandiri seperti pada Gambar 4.1 di bawah ini.



Gambar 4. 1 Alur Proses produksi Sari Buah Nanas UKM Murni Mandiri

4.3 Pengolahan *Life Cycle Assessment* Menggunakan SimaPro

Dalam melakukan pengolahan data penilaian *Life Cycle Assessment*, tahap ini dibantu menggunakan *software* SimaPro. Pada pengolahan data diperlukan beberapa tahapan, antara lain yaitu *Goal and Scope Definition*, *Inventory Analysis*, *Impact Assessment*, dan *Interpretation / Improvement Assessment*. Untuk tujuan dan batasan pada penelitian ini terbatas pada *cradle to gate*, di mana pengamatan dilakukan mulai dari pengadaan bahan baku hingga *finished product* atau produk jadi.

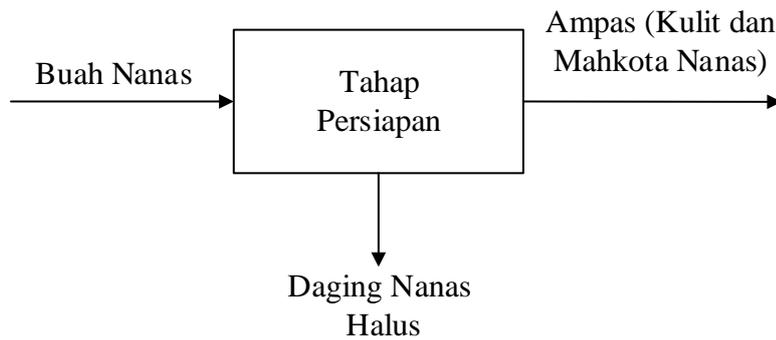
Pada tahap *Inventory Analysis*, dilakukan pengambilan informasi material apa saja yang digunakan pada proses produksi sari buah nanas. Selanjutnya pada tahap *Impact Analysis*, dilakukan penentuan dampak lingkungan. Tahapan yang dilakukan antara lain yaitu *characterization*, *normalization*, dan *weighting*. Data yang menjadi input pada *software* SimaPro ini diperoleh dari UKM. Namun terdapat kelemahan dari *software* SimaPro, yaitu *database* yang ada tidak semuanya tersedia. Sehingga dilakukan pendekatan untuk menyusun material yang menjadi *Resources* untuk memproduksi sari buah nanas.

4.3.1 *Inventory Analysis*

Pada *inventory analysis* atau lebih dikenal dengan *Life Cycle Inventory*, data proses produksi akan digunakan untuk mendapatkan informasi *material* apa saja yang digunakan, energi yang digunakan, limbah yang dihasilkan, dan *output* dari proses produksi sari buah. semua data yang diinput merupakan data untuk membuat satu resep sari buah nanas.

4.3.1.1 *Life Cycle Inventory* Pada Tahap Persiapan

Tahap persiapan merupakan tahapan di mana bahan-bahan untuk memproduksi sari buah nanas didapatkan. Data yang digunakan yaitu berdasarkan resep yang telah dibuat oleh UKM Murni Mandiri. Jumlah produksi rata-rata per-hari adalah 250 *cup* gelas plastik dengan ukuran 180 ml serta dengan waktu kerja sebanyak 250 hari. *Material balance* pada tahap persiapan ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 2 *Material Balance* pada Tahap Persiapan

Berdasarkan data produksi dari UKM, buah nanas yang dibutuhkan untuk membuat sari buah merupakan data buah nanas secara utuh. Sehingga tidak diketahui proporsi berat untuk ampas dari nanas. sehingga perlu dilakukan perhitungan berat bersih daging nanas yang akan diproduksi. Persentase daging nanas dalam buah nanas adalah sebesar 47,89%, sedangkan sisanya (52,11%) adalah limbah (Tahir, Sumarsih, & Astuti, 2008). Berikut merupakan perhitungan jumlah daging nanas dan limbahnya.

- Berat buah nanas : 7 kg
- Berat daging nanas = 47,89% x 7 kg = 3,35 kg
- Berat limbah nanas = 52,11 x 7 kg = 3,65 kg

Life Cycle Inventory dari tahap persiapan ditunjukkan pada Tabel 4.1 di bawah ini.

Tabel 4. 1 *Life Cycle Inventory* pada Tahap Persiapan

Input			Output		
Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan
Buah Nanas	7	kg	Daging Nanas	3,35	kg
Air	200	ml	Limbah Nanas	3,65	kg
Listrik	0,4	kwh			

Selain buah nanas sebagai material utama, digunakan air sebagai bahan pembantu untuk menghaluskan daging nanas. lalu digunakan pula listrik sebagai sumber tenaga penggerak blender untuk menghaluskan daging nanas. proses penghalusan dibantu dengan air sebanyak 500 ml. Nantinya daging nanas halus ini akan diproses pada tahapan selanjutnya. Pengambilan buah nanas dilakukan

sebanyak 100 kg per minggu. Inputan pada *software* SimaPro ditunjukkan pada Gambar 4.4 di bawah ini.

Documentation | Input/output | Parameters | System description |

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Daging Nanas	3,35	kg	Mass	100 %	Food		
(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
Water, process, unspecified natural origin/m3	in ground	0,5	l	Undefined			
(insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD ^{^2} or 2*SDMin	Max	Comment	
Nanas (Produk)	7	kg	Undefined				
(insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD ^{^2} or 2*SDMin	Max	Comment	
Electricity avg. kWh USA	0,4	kWh	Undefined				
(insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ^{^2} or 2*SDMin	Max	Comment
(insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ^{^2} or 2*SDMin	Max	Comment
(insert line here)							
Emissions to soil							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD ^{^2} or 2*SDMin	Max	Comment
(insert line here)							
Final waste flows							

Gambar 4. 3 Input Data SimaPro untuk Tahap Persiapan

Ketika melakukan input pada *software* SimaPro digunakan data material, transportasi, serta energi yang digunakan pada proses produksi. Untuk pengadaan buah nanas, nanas diambil menggunakan truk *pick up* dari lokasi pengepul buah nanas menuju lokasi pengolahan. Jarak dari lokasi pengepul dengan lokasi pengolahan adalah 4 kilometer. Listrik yang digunakan pada blender bersumber dari PLN. Sedangkan limbah yang dihasilkan dari nanas akan diolah menjadi pupuk kompos untuk tanaman.

4.3.1.2 *Life Cycle Inventory* pada Tahap Perebusan

Pada tahap perebusan ini bertujuan untuk mendapatkan sari buah nanas murni dari daging nanas. Material utama yang digunakan adalah daging nanas yang sudah dihaluskan pada tahap sebelumnya. Hasil dari proses ini adalah sari buah nanas, sisa daging nanas, dan ampas hasil rebusan nanas. sari buah nanas akan diproses ke tahap *packaging*. Sisa daging nanas yang telah disaring akan dijual untuk diolah menjadi selai. Sedangkan ampas hasil rebusan nanas diolah menjadi pupuk kompos untuk tanaman.

Tahap perebusan pertama, daging nanas yang telah dihaluskan, direbus hingga mendidih menggunakan kompor. Waktu yang diperlukan untuk merebus hingga sari buah mendidih kurang lebih 15 menit untuk setiap rebusan. Tahap perebusan menggunakan LPG sebagai sumber energi bagi kompor. Perhitungan berat LPG yang dibutuhkan, dilakukan dengan cara melihat lama maksimal penggunaan dari LPG. LPG 3 kg apabila digunakan secara terus menerus dan dengan skala api yang besar, lama penggunaan LPG adalah selama kurang lebih 6 jam (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2011). Sehingga dapat dilakukan perhitungan berat LPG yang dibutuhkan sebagai berikut.

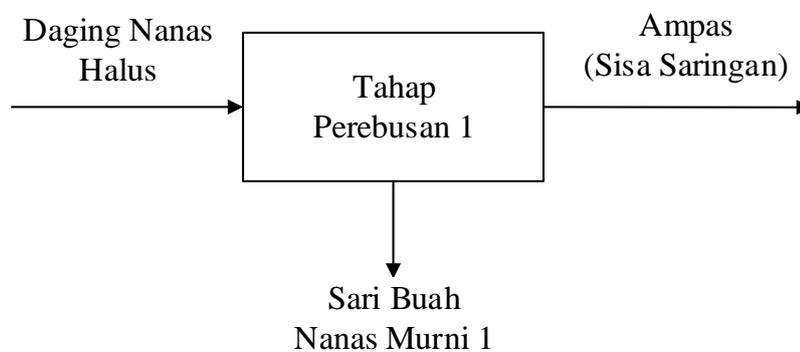
Kebutuhan Berat LPG =

$$\frac{\text{Berat LPG}}{\text{Lama Maksimal Penggunaan LPG}} \times \text{Lama penggunaan LPG (Jam)}$$

Contoh perhitungan untuk perebusan selama 15 menit (1/4 jam)

$$\frac{3 \text{ kg}}{6 \text{ jam}} \times \frac{1}{4} \text{ Jam} = 0,125 \text{ kg}$$

Berikut merupakan *material balance* dari tahap perebusan pertama dan kedua.



Gambar 4. 4 *Material Balance* pada Tahap Perebusan Pertama

Life Cycle Inventory dari tahap perebusan pertama dan kedua menghasilkan 5 liter sari buah nanas murni. Berikut merupakan input dan output dari tahap perebusan pertama.

Tabel 4. 2 *Life Cycle Inventory* pada Tahap Perebusan Pertama

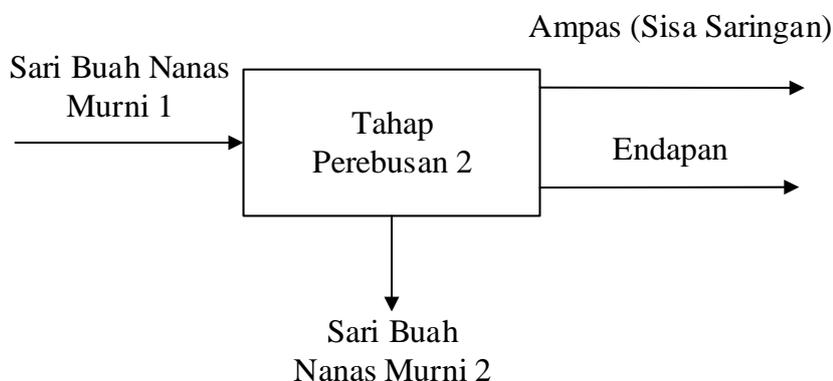
Input			Output		
Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan
Daging Nanas Halus	3,35	kg	Sari Buah Nanas Murni 1	5	l
Air	200	ml	Ampas	75	gr
LPG	0,125	kg			

Data yang diinput pada *software* SimaPro berupa material, dan energi yang digunakan. Namun pada *software* SimaPro tidak semua data tersedia. Sehingga perlu dilakukan penyesuaian. Berikut merupakan input material pada *software* SimaPro.

Gambar 4. 5 Input Data *Software* SimaPro Tahap Perebusan 1

Pada perebusan kedua, proses yang dilakukan kurang lebih sama dengan perebusan pertama. Perbedaan dari perebusan pertama dan kedua adalah, pada perebusan kedua, air sari buah nanas murni menghasilkan ampas lebih sedikit dibandingkan dengan ampas pada perebusan pertama. Selain itu, setelah disaring, sari buah nanas murni direbus kembali. Setelah itu diendapkan selama 6 jam. Nantinya akan terdapat endapan setelah didiamkan. Sari buah nanas murni yang jernih akan diambil dan diproses perebusan ketiga. Sedangkan endapan yang

terkumpul dari sari buah nanas murni akan dijual untuk diolah menjadi selai. Berikut merupakan *material balance* pada tahap perebusan kedua.



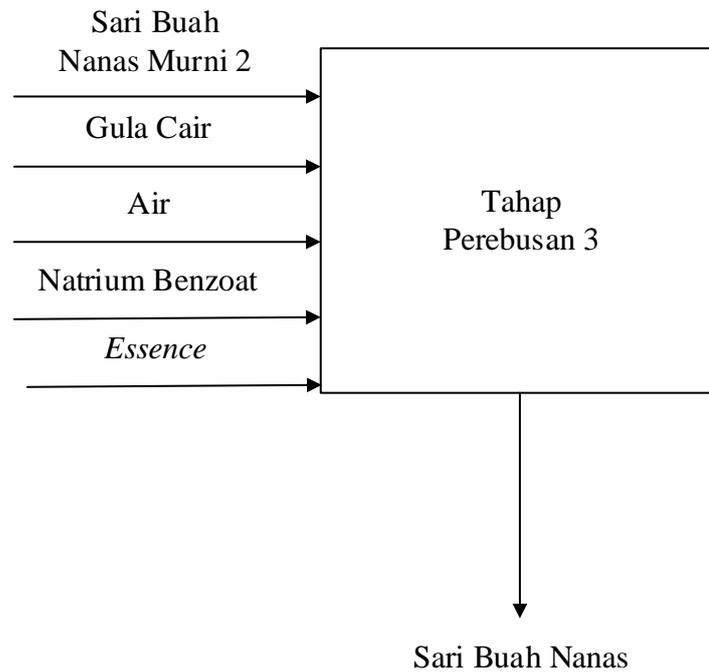
Gambar 4. 6 *Material Balance* dari Tahap Perebusan kedua

Lalu berikut merupakan *Life Cycle Inventory* dari tahap perebusan kedua.

Tabel 4. 3 *Life Cycle Inventory* Tahap Perebusan Kedua

Input			Output		
Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan
Sari buah nanas murni 1	5	l	Sari Buah Nanas Murni 2	5	l
LPG	0,292	kg	Ampas	25	gr
			Endapan	500	gr

Tahap perebusan ketiga adalah tahap perebusan terakhir untuk menghasilkan sari buah nanas siap minum. Sari buah nanas murni yang didapat dari proses perebusan kedua, direbus dengan air sebanyak 30 liter. Selain itu pada tahap perebusan ketiga juga ditambahkan gula pasir sebanyak 3,5 kg, natrium benzoat sebanyak 13 gram, serta *essence* sebanyak 15 miligram. Untuk gula pasir, sebelumnya telah direbus menjadi gula cair dan diendapkan selama 6 jam. Energi yang digunakan adalah LPG untuk menyalakan kompor. Lama penggunaan kompor kurang lebih 20 menit atau membutuhkan 0,167 kg LPG. Hasil dari perebusan ketiga adalah sari buah nanas siap minum sebanyak 35 liter. Sari buah nanas yang sudah jadi selanjutnya akan diproses *packaging* untuk didistribusikan kepada *retailer*. Berikut merupakan *material balance* dari tahap perebusan ketiga.



Gambar 4. 7 *Material Balance* pada Tahap Perebusan Ketiga

Life Cycle Inventory untuk menghasilkan 35 liter sari buah nanas berupa input dan output ditunjukkan pada Tabel 4.4 di bawah ini.

Tabel 4. 4 *Life Cycle Inventory* Tahap Perebusan Ketiga

Input			Output		
Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan
Sari buah nanas murni 2	5	l	Sari Buah Nanas	35	l
Gula cair	3,5	kg			
Air	30	l			
Natrium Benzoat	13	g			
<i>Essence</i>	15	mg			
LPG	0,25	kg			

Selanjutnya dilakukan input data pada *software* SimaPro seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 di bawah ini.

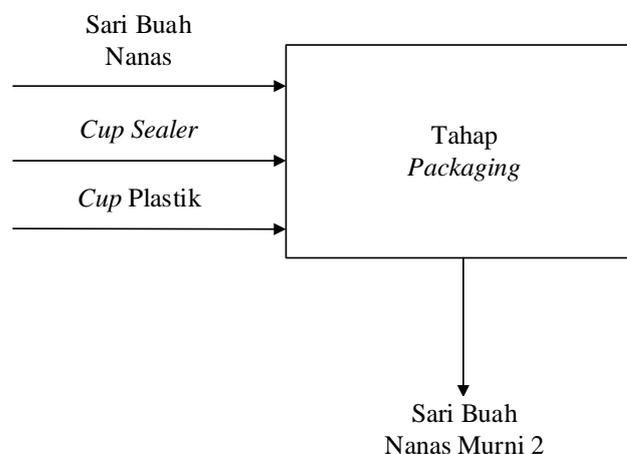
Documentation | Input/output | Parameters | System description

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Sari Buah Nanas F1X	35	l	Volume	100 %	Cooking		
(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
Water, process, unspecified natural origin/m3	in ground	30	l	Undefined			
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Air sari buah nanas 2	5	l	Undefined				
Air Gula	3,5	kg	Undefined				
Natrium Benzoat	13	g	Undefined				
Essence (Perasa)	15	mg	Undefined				
LPG I	0,167	kg	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment
Nitrogen dioxide		3,27	mg	Undefined			
(Insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							

Gambar 4. 8 Input Data SimaPro Tahap Perebusan Ketiga

4.3.1.3 *Life Cycle Inventory* pada Tahap *Packaging*

Tahap *packaging* merupakan tahap di mana sari buah nanas akan ditempatkan pada *cup* plastik dan siap untuk didistribusikan. *Cup* plastik yang digunakan adalah *cup* berukuran 180 ml atau 6 oz dan telah distrerilkan. Lalu terdapat *cup sealer* atau penutup gelas plastik yang terbuat dari plastik. Dengan bantuan alat *sealer* (penutup gelas plastik) bertenaga listrik. Hasil dari tahap *packaging* ini adalah sari buah nanas siap minum sebanyak 250 buah atau 1500 oz. *Material balance* dari tahap *packaging* ditunjukkan pada Gambar 4.10 di bawah ini.



Gambar 4. 9 *Material Balance* pada Tahap *Packaging*

Pada proses *packaging*, digunakan listrik sebagai sumber energi alat *sealer cup* dengan besar watt sebesar 0,4 kWh. *Life cycle inventory* dari tahap *packaging* ditunjukkan pada Tabel 4.5 di bawah ini.

Tabel 4. 5 *Life Cycle Inventory* Tahap *Packaging*

Tahap Perebusan Pertama					
Input			Output		
Material	Kuantitas	Satuan	Material	Kuantitas	Satuan
Sari buah nanas	35	l	Sari buah nanas siap minum	1500	oz
<i>Cup sealer</i>	250	g			
<i>Cup plastik</i>	1250	g			
Listrik	0,4	kWh			

Proses input data pada *software* SimaPro ditunjukkan pada Gambar 4.11 di bawah ini.

The screenshot displays the SimaPro software interface for data input. It features several sections: 'Products', 'Known outputs to technosphere: Products and co-products', 'Known outputs to technosphere: Avoided products', 'Inputs', 'Known inputs from nature (resources)', 'Known inputs from technosphere (materials/fuels)', 'Known inputs from technosphere (electricity/heat)', and 'Outputs'. The 'Inputs' section is expanded to show 'Known inputs from technosphere (materials/fuels)' with a table listing Sari Buah Nanas FIX (35 l), Cup Sealer (250 g), and PET ETH S (1250 g). The 'Outputs' section shows 'Emissions to air', 'Emissions to water', and 'Emissions to soil'.

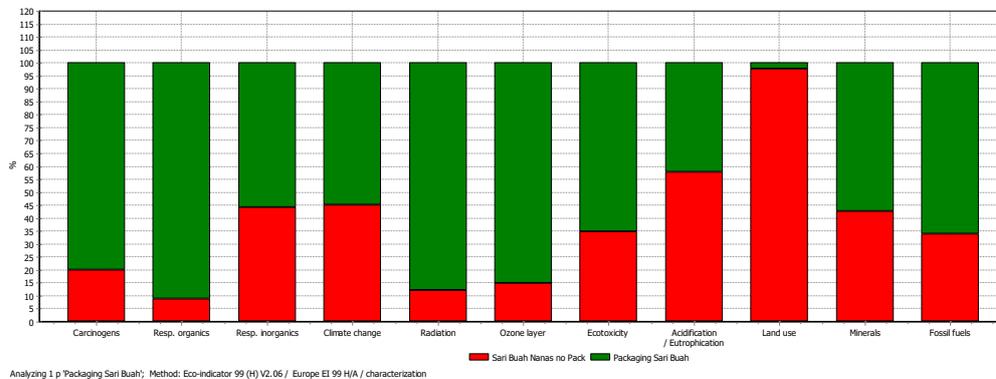
Gambar 4. 10 Input Data SimaPro untuk Tahap *Packaging*

4.4 Penilaian Dampak

Pada tahap penilaian dampak, dilakukan penentuan dampak terhadap lingkungan berdasarkan data yang telah diperoleh dari tahap *Inventory Analysis* atau *Life Cycle Inventory*. Beberapa tahap yang dilakukan dalam penilaian dampak antara lain yaitu *characterization*, *normalization*, dan *weighting*.

4.4.1 Characterization

Characterization atau karakterisasi merupakan tahapan di mana dilakukan perbandingan dari hasil *Life Cycle Inventory* pada setiap kategori yang ada. Metode yang digunakan untuk menilai dampak lingkungan adalah metode *Eco Indicator 99*. Terdapat 11 kategori dampak pada metode ini. Antara lain yaitu *carcinogens*, *respiratory organic*, *respiratory inorganic*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *acidification / eutrophication*, *land use*, *Minerals*, dan *fossil fuels*. Hasil dari *characterization* dampak lingkungan pada proses produksi sari buah nanas ditunjukkan pada Gambar 4.12 di bawah ini



Gambar 4. 11 *Characterization* dari Produk Sari Buah Nanas Siap Minum

Pada Gambar 4.12 merupakan hasil dari karakterisasi dampak lingkungan berdasarkan produk jadi sari buah nanas dalam kemasan *cup*. Pada penilaian ini produk sari buah nanas di-assembly dengan *cup* plastik 180 ml. Hasil dampak yang didapatkan adalah dampak lingkungan dari hasil produksi 250 *cup* gelas sari buah nanas. angka dampak lingkungan per-kategori ditunjukkan pada Tabel 4.6 di bawah ini.

Tabel 4. 6 Hasil *Characterization* Dampak Lingkungan pada Setiap Kategori

Impact Category	Unit	Total	Sari Buah Nanas	Packaging Sari Buah
<i>Fossil fuels</i>	MJ surplus	26,703	9,016972	17,686023
<i>Land use</i>	PDF*m2yr	3,14697	3,0765447	0,0704286
<i>Ecotoxicity</i>	PAF*m2yr	1,80666	0,62820822	1,1784472
<i>Acidification/Eutrophication</i>	PDF*m2yr	0,23191	0,13376156	0,0981519

Impact Category	Unit	Total	Sari Buah Nanas	Packaging Sari Buah
<i>Minerals</i>	MJ surplus	0,03026	0,012862021	0,0174029
<i>Resp. inorganics</i>	DALY	5,55E-06	2,45E-06	3,10E-06
<i>Climate change</i>	DALY	1,92E-06	8,62E-07	1,05E-06
<i>Carcinogens</i>	DALY	8,89E-07	1,79E-07	7,11E-07
<i>Resp. organics</i>	DALY	1,14E-07	1,01E-08	1,04E-07
<i>Radiation</i>	DALY	3,79E-08	4,53E-09	3,34E-08
<i>Ozone layer</i>	DALY	1,62E-08	2,38E-09	1,38E-08

Selain dampak per kategori, pada metode *Eco-Indicator 99*, pada *characterization* juga dapat dibagi menjadi tiga kategori. Antara lain yaitu *Human Health* (kesehatan manusia), *Ecosystem Quality* (kualitas ekosistem), dan *Resources* (sumber daya). Hal ini dapat dilakukan dengan melihat *process contribution* dari hasil pengolahan *Life Cycle Inventory* pada setiap kategori. Berikut merupakan data kontribusi hasil pengolahan *Life Cycle Inventory* dengan metode *eco-indicator 99* yang berpengaruh terhadap *human Health*. Hasil tersebut ditampilkan dengan *cut-off* sebesar 3%.

Tabel 4. 7 Kontribusi Proses Produksi terhadap *Human Health*

Process	Project	Unit	Total	Sari Buah Nanas	Packaging Sari Buah
<i>Total of all processes</i>		DALY	8,52E-06	3,50E-06	5,02E-06
<i>Remaining processes</i>		DALY	1,24E-06	9,49E-07	2,90E-07
<i>PET ETH S</i>	ETH-ESU 96 System processes	DALY	4,63E-06	0	4,63E-06
<i>Heat (coal)</i>	LCA Food DK	DALY	9,09E-07	9,09E-07	0
Truck 28t	LCA Food DK	DALY	5,71E-07	5,71E-07	0
Sugar beet, from farm	LCA Food DK	DALY	5,55E-07	5,55E-07	0

<i>Process</i>	<i>Project</i>	<i>Unit</i>	<i>Total</i>	<i>Sari Buah Nanas</i>	<i>Packaging Sari Buah</i>
Heat (oil)	LCA Food DK	DALY	4,37E-07	4,37E-07	0
LPG I	IDEMAT 2001	DALY	3,02E-07	3,02E-07	0
Coal into electricity boilers	Franklin USA 98	DALY	2,97E-07	1,98E-07	9,89E-08
Spring Barley, conventional, from farm	LCA Food DK	DALY	-4,17E-07	-4,17E-07	0

Selanjutnya didapatkan data *process contribution* yang berdampak terhadap *ecosystem quality*. Data tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.8 di bawah ini.

Tabel 4. 8 Kontribusi Proses Produksi terhadap Gangguan *Ecosystem Quality*

<i>Process</i>	<i>Project</i>	<i>Unit</i>	<i>Total</i>	<i>Sari Buah Nanas</i>	<i>Packaging Sari Buah</i>
<i>Total of all processes</i>		PDF*m2yr	3,5595523	3,2731271	0,2864252
<i>Remaining processes</i>		PDF*m2yr	0,25639195	0,2194707	0,0369213
Sugar beet, from farm	LCA Food DK	PDF*m2yr	5,8241255	5,82	0
Nanas	NGANCAR	PDF*m2yr	1,20E+00	1,20	0
PET ETH S	ETH-ESU 96 System processes	PDF*m2yr	0,24950393	0	0,2495039
Spring Barley, conventional, from farm	LCA Food DK	PDF*m2yr	-3,9706746	-3,97	0

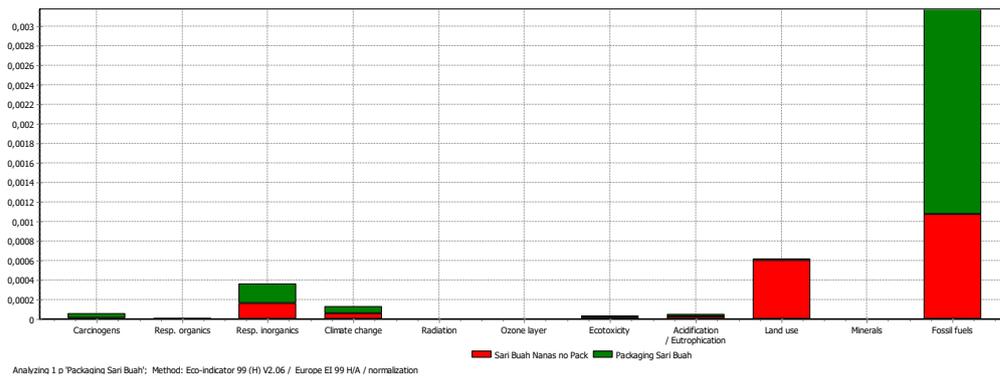
Sedangkan data *contribution* yang berdampak pada gangguan *Resources* ditunjukkan pada Tabel 4.9 di bawah ini.

Tabel 4. 9 Kontribusi Proses Produksi terhadap Gangguan *Resources*

<i>Process</i>	<i>Project</i>	<i>Unit</i>	<i>Total</i>	<i>Sari Buah Nanas</i>	<i>Packaging Sari Buah</i>
Total of all processes		MJ surplus	26,73326	9,029834	17,703426
Remaining processes		MJ surplus	3,057984	2,70126	0,356724
PET ETH S	ETH-ESU 96 System processes	MJ surplus	17,346702	0	17,346702
LPG I	IDEMAT 2001	MJ surplus	4,4856987	4,4856987	0
Heat (oil)	LCA Food DK	MJ surplus	1,8428753	1,8428753	0

4.4.2 *Normalization*

Tahap *normalization* atau normalisasi merupakan tahapan di mana hasil dari *characterization* dengan nilai normalisasi. Tujuan dari normalisasi dilakukan yaitu untuk lebih memudahkan dalam membandingkan antara *impact category*. Hal ini disebabkan setiap kategori menggunakan satuan nilai yang berbeda. Nilai setiap *impact category* yang didapatkan dari tahap *characterization* dibagi dengan nilai *reference*, sehingga besar dari setiap *impact category* menggunakan unit satuan yang sama. Hasil *normalization* untuk setiap kategori ditunjukkan pada Gambar 4.13 di bawah ini.



Gambar 4. 12 Nilai *Normalization* Dampak Lingkungan dari Sari Buah Nanas Siap Minum

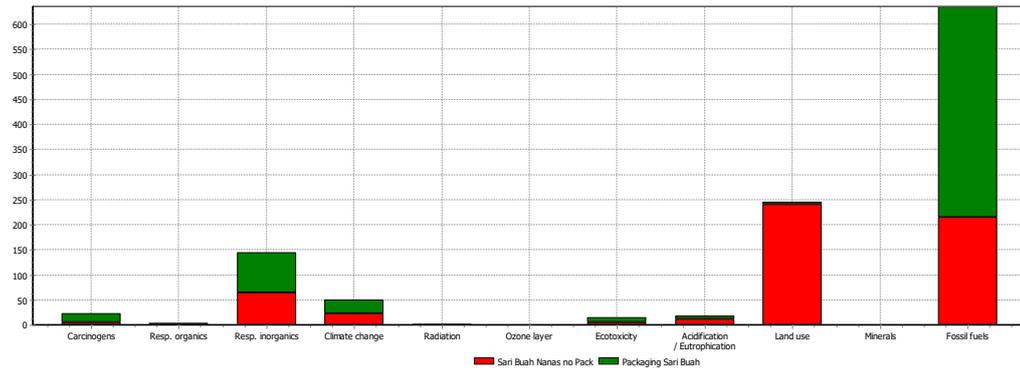
Lalu untuk hasil *normalization* berdasarkan tiga macam dampak (*Human Health, Ecosystem Quality* , dan *Resources*) ditunjukkan pada Tabel 4.10 di bawah ini.

Tabel 4. 10 Nilai *Normalization* berdasarkan *Damage Category*

<i>Damage category</i>	Total	Sari Buah Nanas	<i>Packaging Sari Buah</i>
<i>Human Health</i>	0,00055	0,00023	0,000326
<i>Ecosystem Quality</i>	0,00069	0,00064	5,59E-05
<i>Resources</i>	0,00318	0,00107	0,002107

4.4.3 *Weighting*

Weighting atau pembobotan merupakan tahapan dengan tujuan membuat *impact category* memiliki nilai relatif antara satu kategori dengan kategori lainnya. Hal ini disebabkan, untuk membandingkan berbagai potensi dampak lingkungan, penilaian harus dibuat relatif. *Weighting* dilakukan dengan mengalikan nilai hasil *normalization* dari *impact category* dengan faktor bobot. Berikut merupakan hasil *weighting* dampak lingkungan untuk produk sari buah nanas siap minum yang ditunjukkan pada Gambar 4.14 di bawah ini.



Analisino 1 n "Packaging Sari Buah": Method: Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/A / weightno

Gambar 4. 13 Hasil *Weighting* Dampak Lingkungan dari Sari Buah Nanas

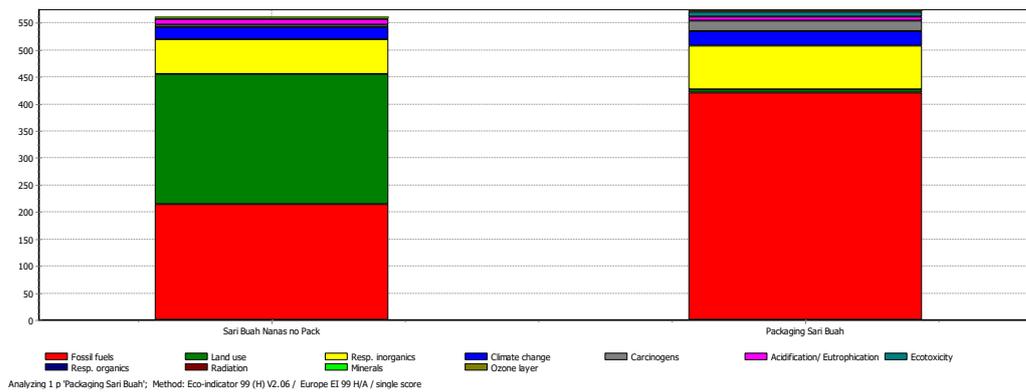
4.4.4 *Single Score*

Setelah dilakukan *weighting*, semua potensi dampak lingkungan berdasarkan metode *eco-indicator* 99 dikonversi menjadi *single score* atau nilai tunggal. Hasil *single score* untuk setiap *impact category* ditunjukkan pada Tabel 4.11 di bawah ini.

Tabel 4. 11 Hasil *Single Score* Dampak Lingkungan dari Sari Buah Nanas Siap Minum

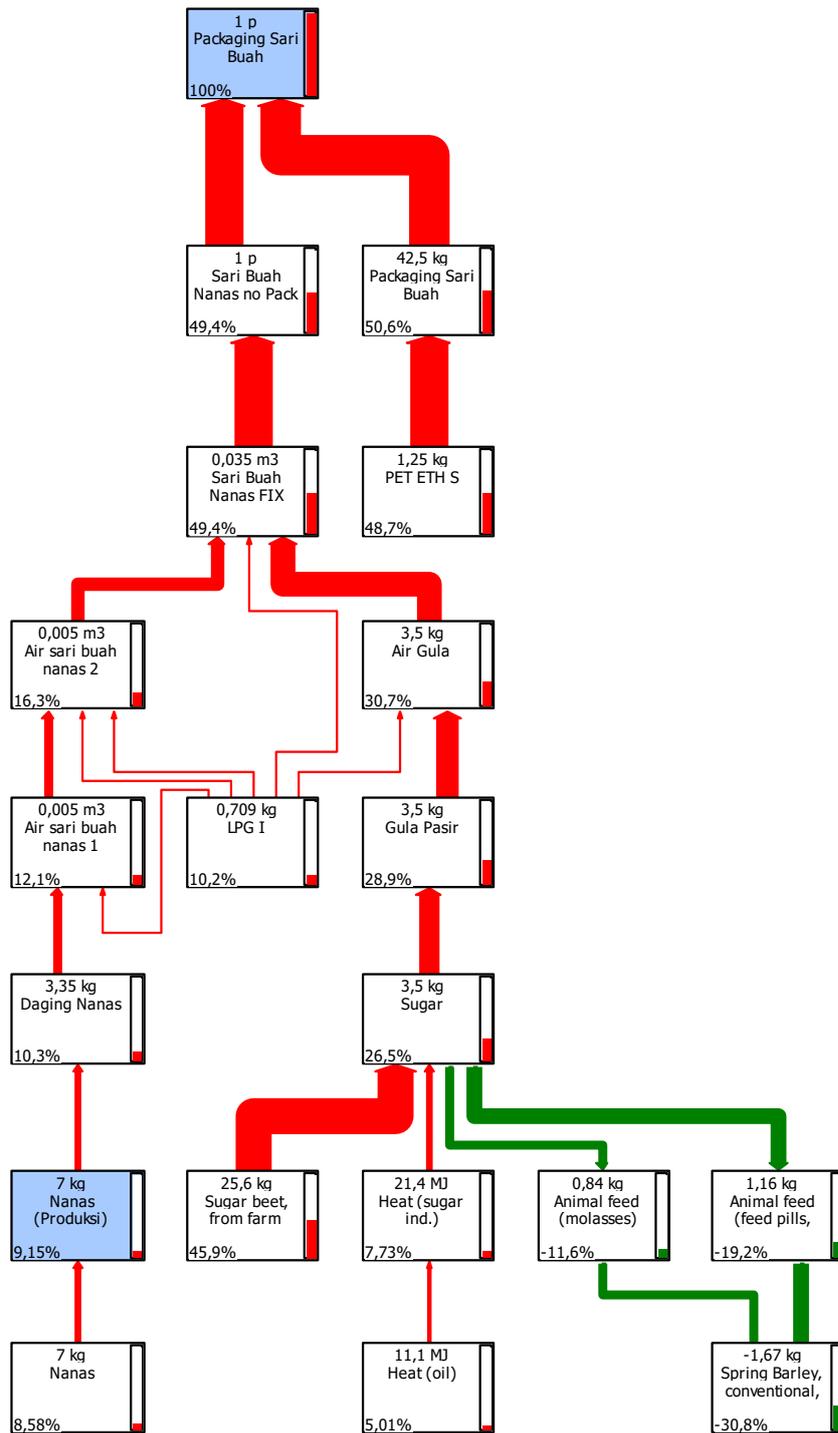
<i>Impact category</i>	Unit	Total	Sari Buah Nanas	Packaging Sari Buah
<i>Total</i>	Pt	1,13574	0,56146407	0,57427627
<i>Fossil fuels</i>	Pt	0,635531	0,21460393	0,42092735
<i>Land use</i>	Pt	0,245464	0,23997048	0,005493428
<i>Resp. inorganics</i>	Pt	0,144401	0,063706983	0,080693703
<i>Climate change</i>	Pt	0,049904	0,022449518	0,027454644
<i>Carcinogens</i>	Pt	0,023156	0,004651026	0,018505
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	Pt	0,018089	0,010433402	0,00765585
<i>Ecotoxicity</i>	Pt	0,014092	0,004900024	0,009191888
<i>Resp. organics</i>	Pt	0,002975	0,000262653	0,002711976
<i>Radiation</i>	Pt	0,000987	0,000118075	0,000868563
<i>Minerals</i>	Pt	0,00072	0,000306116	0,00041419
<i>Ozone layer</i>	Pt	0,000422	6,19E-05	0,000359679

Sedangkan berikut merupakan gambar proporsi *single score* untuk produk sari buah nanas siap minum.



Gambar 4. 14 Hasil Proporsi *Single Score* dari Dampak Lingkungan pada Produk Sari Buah Nanas

Lalu pada *impact assessment* dapat dilihat *network* dampak lingkungan, di mana *network* menggambarkan hubungan dari setiap proses yang dapat memberikan dampak terhadap lingkungan. Berikut merupakan *network* dari proses produksi sari buah nanas yang ditunjukkan pada Gambar 4.16 di bawah ini. Gambar *network* ditampilkan dengan *cut-off* sebesar 5%.



Gambar 4. 15 *Network* dari Dampak Lingkungan pada Produk Sari Buah Nanas

Gambar *network* memberikan informasi dari hubungan antar proses serta besar pengaruh dari masing-masing bahan terhadap lingkungan pada produk sari buah

buah nanas. pada *network* di atas terdapat beberapa tipe garis yang berbeda. Tipe garis dan warna menunjukkan tipe pengaruh proses terhadap dampak lingkungan. Garis merah dan tebal menunjukkan proses tersebut memiliki pengaruh yang besar terhadap dampak lingkungan. Sedangkan garis hijau menunjukkan proses yang memiliki nilai negatif atau tidak memiliki dampak terhadap lingkungan. Sebagai contoh, limbah dari nanas seperti kulit, mata, dan mahkota diolah menjadi pupuk kompos atau pakan ternak.

BAB 5

ANALISIS DAN INTERPRETASI DATA

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai analisis dan interpretasi data dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan di bab sebelumnya. Analisis dilakukan pada dampak lingkungan yang dihasilkan menggunakan *software* SimaPro. Selain itu juga dilakukan pembuatan desain alternatif yang memungkinkan untuk mengurangi dampak terhadap lingkungan.

5.1 Analisis Dampak Lingkungan dari Produk Sari Buah Nanas

Life Cycle Assessment yang dilakukan pada produk sari buah nanas merupakan penilaian yang dilakukan secara *cradle to gate*. Pada tahapan *product stage*, terdapat dua proses yang dilakukan *assembly*. Yaitu produk sari buah nanas serta kemasan *cup* plastik. Sari buah nanas memiliki dampak lingkungan yang disebabkan oleh berbagai sumber daya yang digunakan untuk memproses, antara lain yaitu bahan utama seperti buah nanas, bahan-bahan pendukung, energi untuk memproses seperti listrik, LPG, dan lainnya. Berdasarkan pengolahan data yang telah dilakukan pada sari buah nanas, dengan melihat *characterization* dapat dilihat terdapat beberapa dampak lingkungan yang dihasilkan. Pada penelitian ini, metode yang digunakan untuk mengolah data adalah metode *Eco-Indicator 99*. Beberapa dampak lingkungan yang dihasilkan dari metode ini antara lain yaitu *carcinogens*, *respiratory organics*, *respiratory inorganics*, *climate change*, *radiation*, *ozone layer*, *ecotoxicity*, *acidification / eutrophication*, *land use*, *minerals*, *fossil fuels*. Penilaian dilakukan dengan melihat hasil *life cycle assessment* berdasarkan *characterization*, *normalization*, *weighting*, dan *single score*.

5.1.1 Analisa Characterization

Setelah dilakukan pengolahan data, diperoleh data hasil kontribusi dari masing-masing proses yang berdampak terhadap lingkungan. Dari hasil penilaian dampak lingkungan tahap *characterization*, didapatkan kategori dampak lingkungan dari yang terbesar hingga terkecil. Urutan tersebut antara lain yaitu *fossil fuels*, *land use*, *ecotoxicity*, *acidification / eutrophication*, *minerals*, *respiratory*

inorganics, climate change, carcinogens, respiratory organics, radiation, dan yang terakhir yaitu *ozone layer*. Berdasarkan data yang telah didapatkan, penyumbang dampak lingkungan secara keseluruhan yang terbesar adalah pada *packaging* sari buah nanas.

Metode *Eco-Indicator 99* merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk mengolah *Life Cycle Inventory Analysis* (LCIA). Berdasarkan *Eco-Indicator 99*, terdapat pengelompokan kategori dampak lingkungan berdasarkan tipe kerugian yang ditimbulkan. Kelompok tersebut antara lain yaitu kerugian *human health* (kesehatan manusia), *ecosystem quality* (kualitas ekosistem), dan *resources* (sumber daya). kategori kerugian *human health* terdiri dari kategori dampak *carcinogens, respiratory organics, respiratory inorganics, climate change, radiation*, dan *ozone layer*. Lalu pada kategori kerugian *ecosystem quality* terdiri atas kategori *ecotoxicity, acidification / eutrophication*, dan *land use*. Sedangkan kategori kerugian *resources* terdiri dari kategori *minerals* dan *fossil fuels*.

5.1.1.1 Analisis Dampak Lingkungan pada Setiap Kategori Dampak (*Eco-Indicator*)

Analisa dilakukan pada masing-masing kategori dampak dan setiap proses yang berkontribusi terhadap kategori dampak tersebut.

1. *Carcinogens* merupakan suatu zat senyawa yang ada pada polutan lingkungan, di mana zat tersebut memiliki pengaruh terhadap kesehatan manusia, terutama menjadi pemicu tumbuhnya kanker. Pada proses pembuatan sari buah nanas, salah satu penyebab kategori ini yaitu PET atau *cup* gelas untuk *packaging*, serta panas dari batu bara untuk menghasilkan listrik.
2. *Respiratory organics* dan *inorganics* merupakan kategori dampak yang berhubungan dengan gangguan saluran pernafasan. *Respiratory organics* merupakan dampak terhadap saluran pernafasan yang disebabkan oleh substansi organik. Sedangkan *respiratory inorganic* merupakan dampak terhadap saluran pernafasan yang disebabkan oleh substansi inorganik (substansi tak hidup). Salah satu penyebab kategori ini yaitu PET atau *cup* gelas untuk *packaging*.

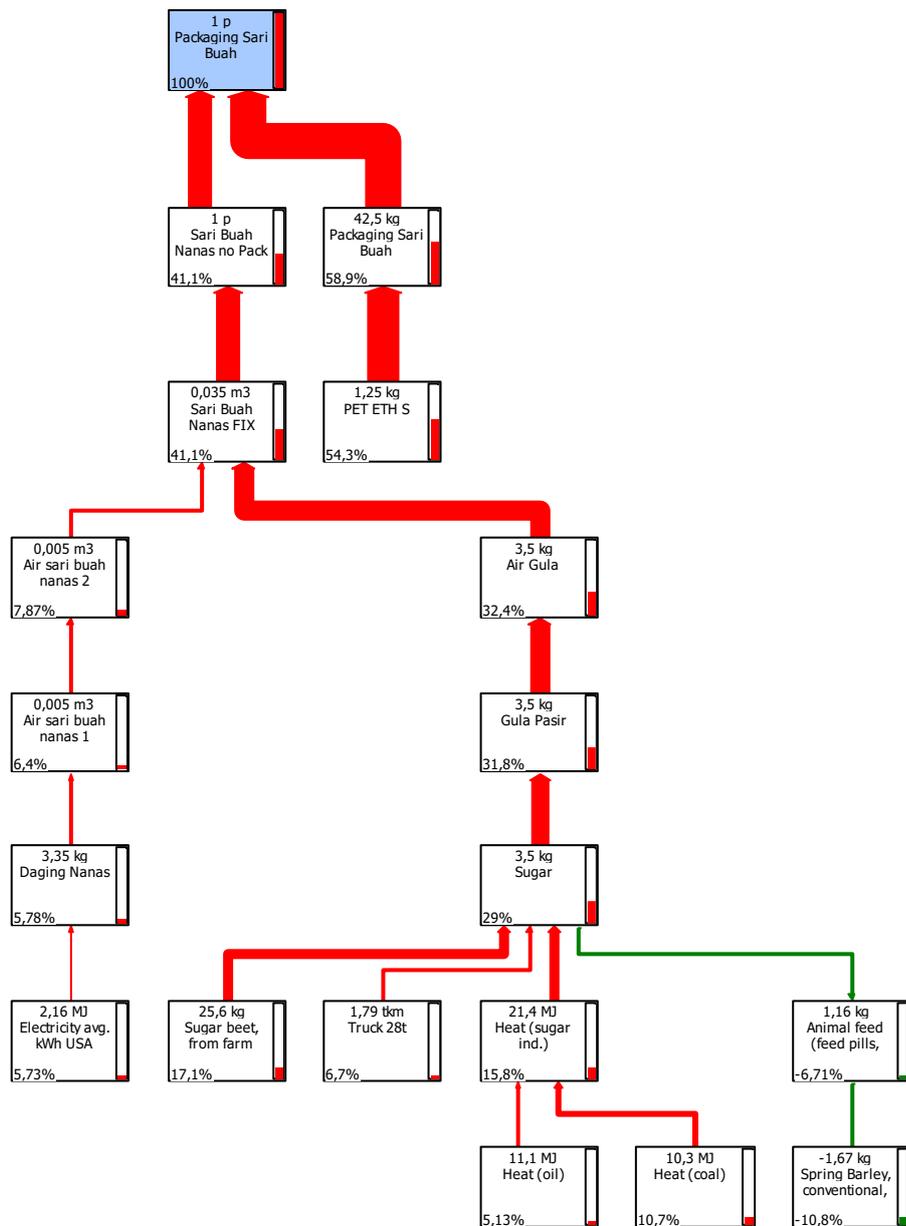
3. *Climate change* merupakan dampak yang menyebabkan adanya perubahan iklim pada waktu tertentu. Contohnya yaitu perubahan suhu. Pada produksi sari buah nanas, penyebab adanya dampak ini disebabkan oleh penggunaan truk dan penggunaan energi panas.
4. *Radiation* merupakan dampak di mana energi yang dipancarkan dalam bentuk partikel atau gelombang melalui ruang (Badan Tenaga Nuklir Nasional, 2013). Kerugian yang ditimbulkan oleh *radiation* kepada manusia antara lain yaitu efek genetik secara individu. Pada produksi sari buah nanas, beberapa hal yang dapat mengakibatkan dampak ini antara lain yaitu penggunaan *cup* plastik, penggunaan truk, serta penggunaan listrik.
5. *Ozone layer* merupakan dampak di mana lapisan ozon mengalami penipisan di lapisan stratosfer yang disebabkan penurunan temperatur bumi, serta gas antropogenik (Jain, 2015). Akibat dari kategori ini antara lain yaitu terganggunya saluran pernafasan, gangguan kulit dan mata, tanaman, hingga merusak bangunan. Pada proses sari buah nanas, penyebab utama dari dampak ini adalah penggunaan *cup* plastik dengan nilai $8,98 \times 10^{-7}$
6. *Ecotoxicity* merupakan dampak lingkungan yang terdiri dari tiga bagian. Yaitu air tanah, air laut, dan tanah. Penyebab terjadinya *ecotoxicity* yaitu adanya berbagai zat seperti bahan kimia yang digunakan pada industri dan berdampak bagi ekosistem. Pada produksi sari buah nanas, faktor yang berpengaruh terhadap dampak ini adalah penggunaan *cup* plastik, dan penggunaan plastik.
7. *Acidification / eutrophication* adalah dampak lingkungan yang dapat menyebabkan terjadinya hujan asam atau polusi air. Dampak yang ditimbulkan antara lain yaitu merusak tanaman dan penurunan kualitas air. Beberapa penyebab dampak ini berdasarkan proses produksi sari buah nanas antara lain yaitu penggunaan LPG dan penggunaan truk.
8. *Land use* merupakan dampak pada tanah yang disebabkan oleh aktivitas tertentu, seperti pertanian, atau pengambilan sumber daya. efek yang ditimbulkan dari *land use* antara lain yaitu hilangnya tanah karena tidak dapat digunakan, punahnya spesies, hingga kandungan organik tanah yang hilang. Satuan dari *land use* yaitu $PDF \cdot m^2 \cdot yr$ (*Potentially disappeared fraction of spesies*) * *Square mete of land per year*. Arti dari satuan ini adalah potensi

hilangnya spesies per m² setiap tahun. Dalam produksi sari buah nanas, dampak ini dapat disebabkan oleh buah nanas, atau gula yang berasal dari tebu.

9. *Minerals* merupakan kategori terkait ketersediaan dan kualitas dari mineral. Penyebab kualitas mineral yang menurun antara lain yaitu peningkatan konsentrasi pada emisi. Pada produksi sari buah nanas, kategori dampak ini disebabkan oleh penggunaan truk dan penggunaan *cup* plastik.
10. *Fossil fuels* merupakan dampak lingkungan yang berhubungan dengan ketersediaan dan kualitas dari bahan bakar berbasis fosil. Dampak dari banyaknya emisi dapat menyebabkan kualitas sumber daya. pada produksi sari buah nanas, kategori ini disebabkan oleh LPG sebagai bahan bakar, serta penggunaan *cup* plastik.

5.1.1.2 Analisis Dampak Lingkungan Terhadap *Human Health*

Dari hasil *characterization*, didapatkan pada produk sari buah nanas bahwa dampak *human health* dipengaruhi paling besar oleh *respiratory inorganic* dan *climate change*. jika dilihat dalam bentuk *network*, penilaian dampak lingkungan berdasarkan kerugian terhadap *human health* ditunjukkan pada Gambar 5.1 di bawah ini.

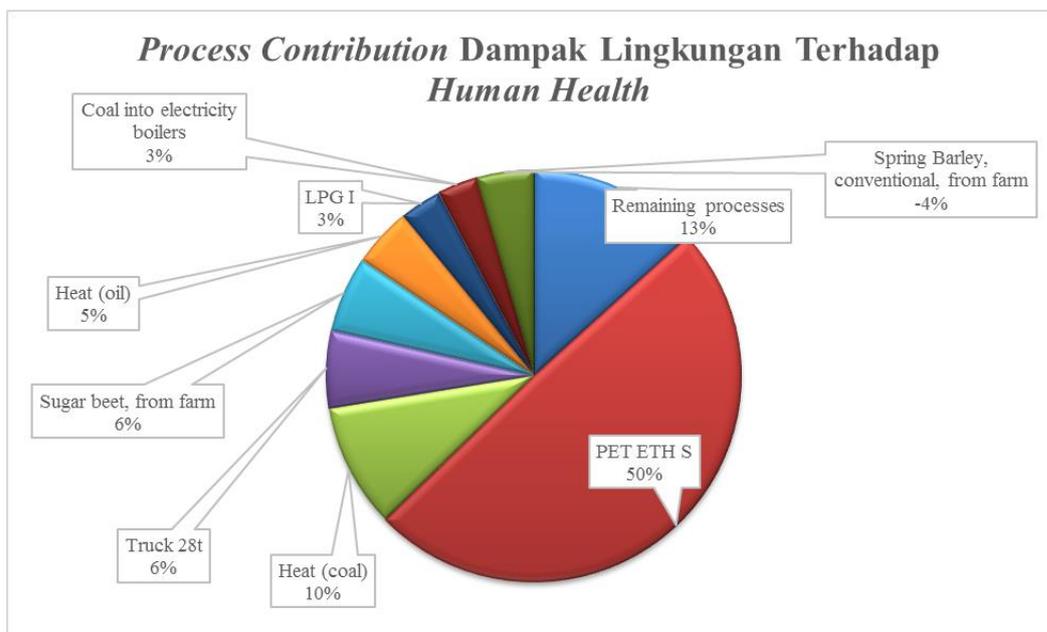


Gambar 5. 1 *Network Damage Assessment* Berdasarkan Dampak Terhadap *Human Health*

Gambar 5.1 menunjukkan hasil *network* dari dampak lingkungan berdasarkan kerugian *human health*. Besar pengaruh ditunjukkan dengan hubungan antar proses dan output yang dihasilkan dengan garis hubung. Garis hubung merah tebal menunjukkan proses tersebut memiliki dampak yang besar terhadap *human health*. Lalu untuk garis berwarna hijau menunjukkan nilai negatif. Di mana proses tersebut tidak memiliki dampak terhadap lingkungan. Pada Gambar 5.1, terlihat

berdasarkan garis bahwa faktor yang berpengaruh terhadap *human health* yaitu pada *packaging* sari buah nanas, lalu diikuti oleh proses pembuatan sari buah nanas.

Lalu apabila dilihat dari *process contribution*, berikut merupakan hasil proporsi *process contribution* dengan *cut-off* sebesar 3%.



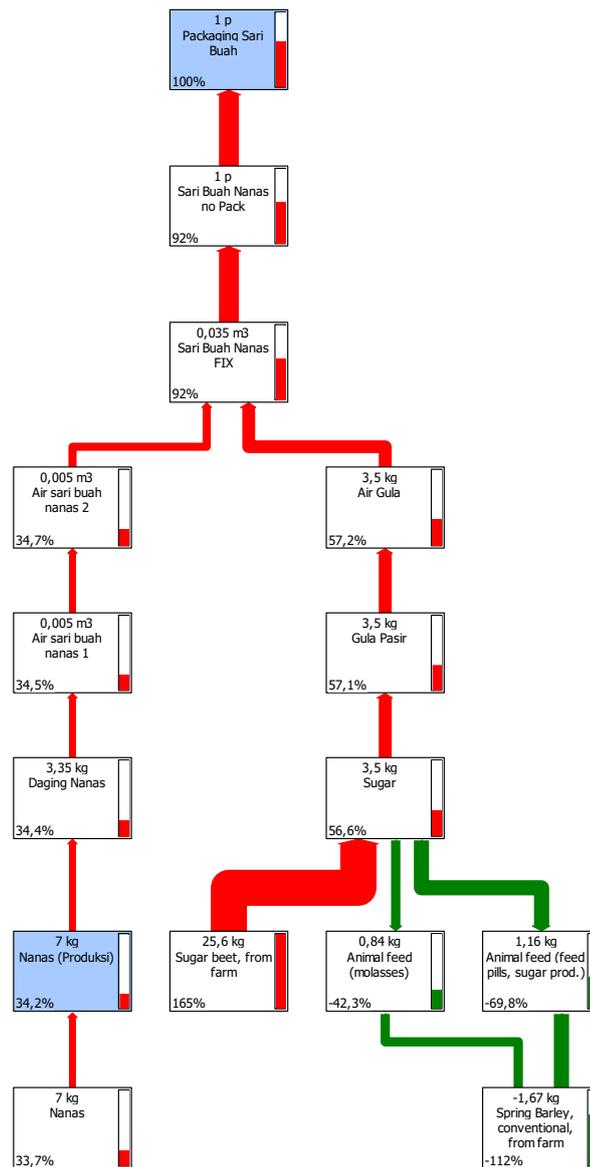
Gambar 5. 2 Proporsi *Process Contribution Dampak Lingkungan Terhadap Human Health*

Process contribution yang ditampilkan yaitu berdasarkan produksi sari buah nanas sebanyak 250 cup. Material yang berkontribusi terhadap dampak lingkungan yang menyebabkan *human health* antara lain yaitu menggunakan *cup* plastik, penggunaan panas dari batu bara untuk pembangkit listrik, LPG, penggunaan transportasi truk, dan beberapa material lainnya. Dampak lingkungan terhadap *human health* dalam *Eco-Indicator 99* menggunakan satuan DALY (*disability adjusted life years*). DALY merupakan satuan ukuran dari beban penyakit secara keseluruhan, dinyatakan sebagai jumlah tahun yang hilang akibat gangguan kesehatan, cacat atau kematian dini. (World Health Organization, 2012)

Jika dilihat dari segi dampak lingkungan yang berpengaruh terhadap *human health*, baik dari *inventory* maupun *process contribution*, terlihat bahwa pengaruh terbesar dari PET ETH atau penggunaan *cup* gelas plastik yang terdapat pada proses *packaging* sari buah nanas.

5.1.1.3 Analisis Dampak Lingkungan Terhadap *Ecosystem Quality*

Berdasarkan hasil pengolahan, dapat dijabarkan hasil *network* penilaian dampak lingkungan berdasarkan *ecosystem quality*. Hasil *network* dapat ditunjukkan pada Gambar 5.3 di bawah ini.

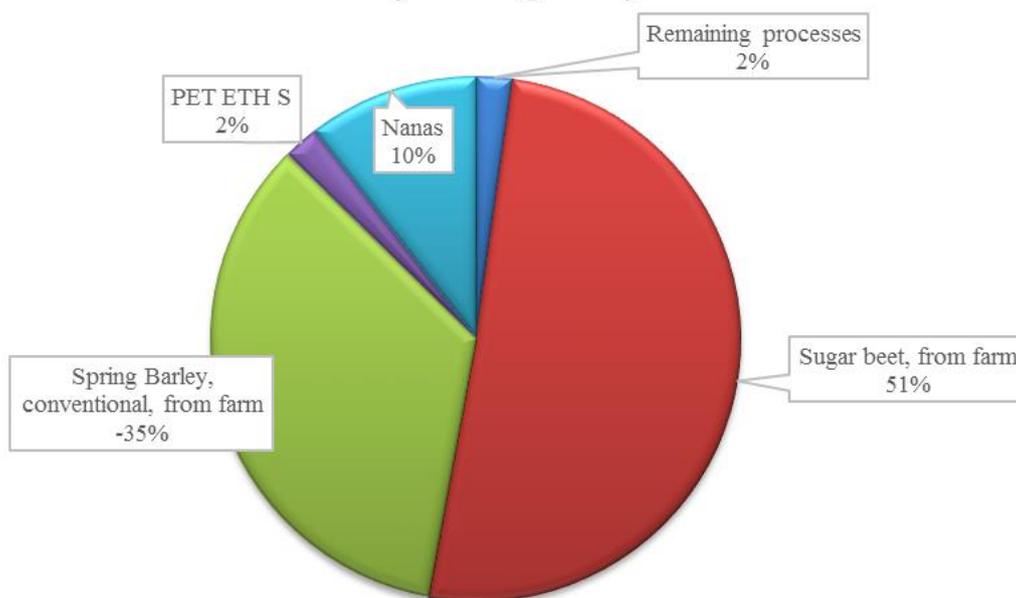


Gambar 5. 3 *Network Damage Assessment* Berdasarkan Dampak Terhadap *Ecosystem Quality*

Berdasarkan Gambar 5.3, terlihat bahwa material yang berpengaruh terhadap *ecosystem quality* adalah gula pasir, di mana salah satu komponen penyusun gula, yaitu tebu, membutuhkan jumlah yang besar untuk menghasilkan gula pasir. Selain itu, tidak semua tebu yang dihasilkan seluruhnya menjadi gula pasir. Proses lain yang berpengaruh adalah pada saat peracikan sari buah nanas (perebusan ketiga), hingga *packaging* sari buah nanas.

Sedangkan jika dilihat dari *process contribution* terhadap *ecosystem quality*. Dapat dilihat pada Gambar 5.4 di bawah ini.

Process Contribution Dampak Lingkungan Terhadap Ecosystem Quality



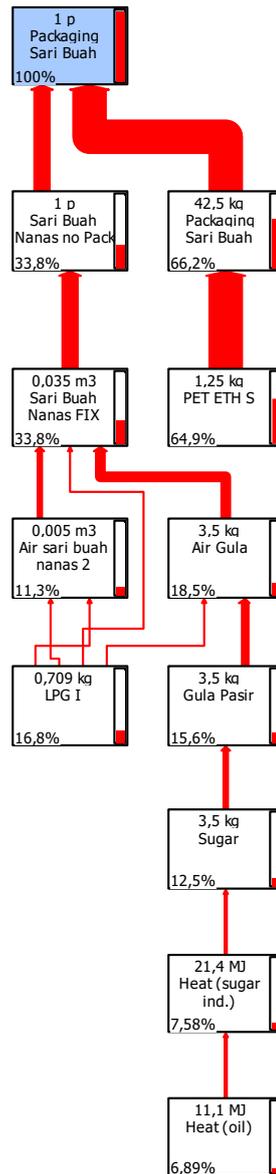
Gambar 5. 4 Proporsi *Process Contribution* Dampak Lingkungan Terhadap *Ecosystem Quality*

Dari data *process contribution* pada metode *Eco-Indicator 99* dengan *cut-off* sebesar 6%, terlihat material yang berpengaruh terhadap *ecosystem quality*. Material yang berpengaruh antara lain yaitu tebu sebagai bahan gula pasir, *spring barley* atau gandum, nanas, serta proses atau bahan lainnya. Besar dampak lingkungan terhadap *ecosystem quality* dinyatakan dalam satuan $\text{PDF} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{yr}$ (*Potentially disappeared fraction of species*) * *Square mete of land per year*. Arti

dari satuan ini adalah potensi hilangnya spesies per m² setiap tahun. (Goedkoop & Spriensma, 2000)

5.1.1.4 Analisis Dampak Lingkungan Terhadap *Resources*

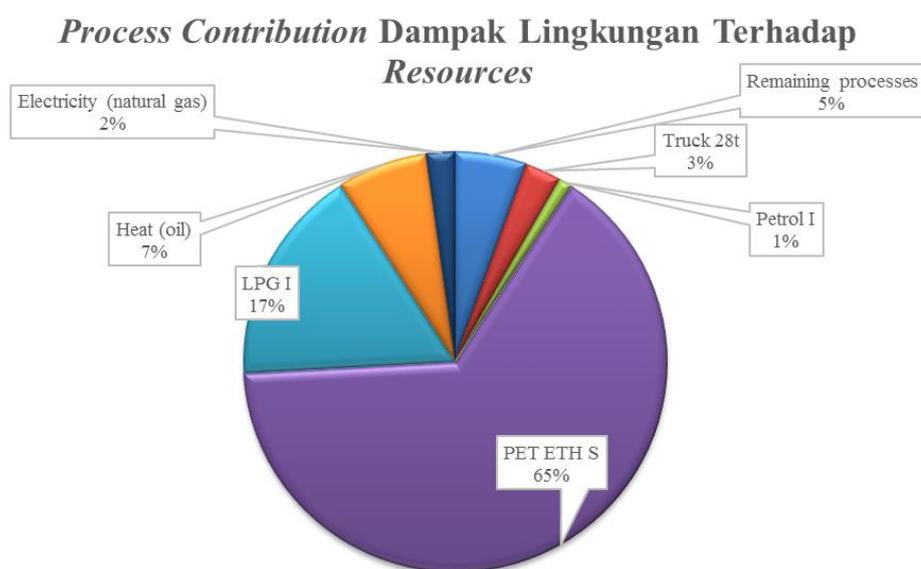
Pada pengolahan data, dapat dijabarkan hasil *network* penilaian dampak lingkungan berdasarkan *resources*. Hasil *network* dapat ditunjukkan pada Gambar 5.5 di bawah ini.



Gambar 5. 5 *Network Damage Assessment* Berdasarkan Dampak Terhadap *Resources*

Berdasarkan Gambar 5.5, jika dilihat menunjukkan hasil *network* dari dampak lingkungan berdasarkan *Resources*. Besar pengaruh ditunjukkan dengan hubungan antar proses dan output yang dihasilkan dengan garis hubung. Pada Gambar 5.5, terlihat berdasarkan garis bahwa faktor yang berpengaruh terhadap *human health* yaitu pada *packaging* sari buah nanas, lalu diikuti oleh proses pembuatan sari buah nanas.

Sedangkan jika dilihat dari *process contribution* terhadap *resources*. Dapat dilihat pada Gambar 5.6 di bawah ini.



Gambar 5. 6 Proporsi *Process Contribution* Dampak Lingkungan Terhadap *Resources*

Berdasarkan hasil *process contribution* menggunakan *Eco-Indicator 99* dengan *cut-off* sebesar 1%, didapatkan proses atau material yang memiliki pengaruh terbesar, yaitu menggunakan *cup* plastik, hal ini dikarenakan dalam pembuatan *cup* plastik membutuhkan proses yang cukup banyak. Selain *cup* plastik, *resources* yang cukup mempengaruhi adalah LPG. penggunaan transportasi truk, dan beberapa material lainnya. LPG memiliki cukup pengaruh, disebabkan sebagian besar proses produksi sari buah nanas menggunakan LPG sebagai sumber energi untuk kompor. Selain itu, LPG juga memiliki berbagai zat kimia dari alam seperti propana dan butana. Besar dampak lingkungan terhadap *resources* dinyatakan dalam satuan MJ Surplus. Satuan MJ Surplus memiliki arti setiap terdapat kerusakan yang

disebabkan oleh suatu pengambilan atau proses ekstraksi dari sumber daya tertentu, maka di masa depan sumber daya tersebut membutuhkan tambahan satu MJ energi. (Goedkoop & Spriensma, 2000)

5.1.2 Analisis *Normalization* dan *Weighting*

Tahap *normalization* merupakan salah satu tahapan *impact assessment*. Nilai *normalization* diperoleh dengan membagi nilai *characterization* dengan nilai *reference* (normal). Hasil pembagian tersebut merupakan nilai *impact category* di mana nilai tersebut memiliki unit seragam. , sehingga nilai *impact category* dapat dibandingkan antara satu dengan lainnya. Nilai *normalization* didapatkan melalui persamaan berikut.

$$\text{Normalized effect score} = \frac{\text{Kontribusi tahunan pada area tertentu}}{\text{Skor impact kategori tertentu}} \quad (1)$$

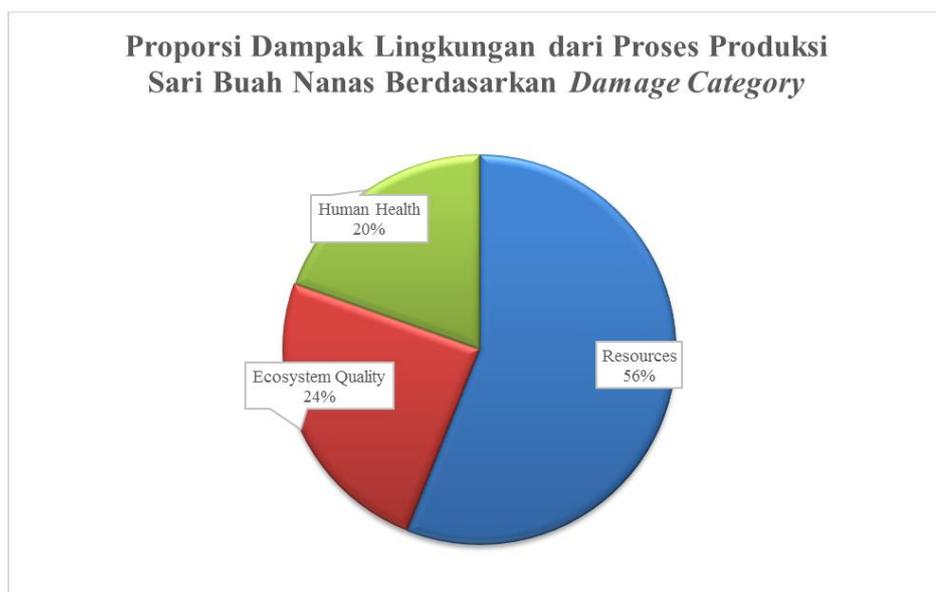
Dari hasil perhitungan nilai *normalization* menggunakan *software* SimaPro, didapatkan nilai untuk tiga macam *damage category* dengan urutan dari yang terbesar hingga terkecil, yaitu dampak lingkungan terhadap *resources* sebesar 0,00318 , *ecosystem quality* sebesar 0,000694 , dan *human health* sebesar 0,000555.

Selanjutnya adalah tahap *weighting* yang mana merupakan perkalian dari *normalization* dengan bobot pada metode *Eco-Indicator 99*. Dengan adanya *weighting*, hasil *impact category* akan memiliki nilai relatif antara satu kategori dengan kategori lainnya. Satuan yang digunakan setelah dilakukan *weighting* dinyatakan dalam Pt (*points*). Dari hasil penilaian dampak lingkungan berdasarkan *impact category*, didapatkan urutan dampak lingkungan dari yang terbesar hingga yang terkecil. Antara lain yaitu *fossil fuels*, *land use*, *respiratory inorganics*, *climate change*, *carcinogens*, *acidification / eutrophication*, *ecotoxicity*, *respiratory organics*, *radiation*, *minerals*, dan yang terakhir *ozone layer*.

5.1.3 Analisis *Single Score*

Setelah dilakukan *weighting*, seluruh *impact category* dikelompokkan berdasarkan *damage category*-nya. Yaitu *human health*, *ecosystem quality*, dan *resources*. Secara keseluruhan, pengaruh dampak lingkungan yang paling besar adalah PET ETH atau *cup* plastik. Hal ini dikarenakan *cup* plastik memiliki komponen penyusun yang beragam, selain itu proses pembuatan *cup* plastik

membutuhkan berbagai proses yang cukup membutuhkan energi yang banyak. Selain itu, terdapat pengaruh dari material lain, diantaranya gula, LPG, buah nanas, penggunaan truk. Sedangkan proporsi dari masing-masing *damage category human health, ecosystem quality, dan Resources* ditunjukkan pada Gambar 5.7 di bawah ini.



Gambar 5. 7 Proporsi Dampak Lingkungan dari Produksi Sari Buah Nanas Berdasarkan *Damage Category*

Berdasarkan hasil *single score* untuk *damage category* pada Gambar 5.7. Didapatkan bahwa dalam proses pembuatan sari buah nanas sebanyak 1 resep atau 250 *cup* gelas plastik memiliki proporsi dampak terhadap *human health* sebesar 20%, *ecosystem quality* sebesar 24%, dan *resources* sebesar 56%. Lalu jika dilihat dari *network single score* untuk setiap tahapan, ditunjukkan pada Tabel 5.7 di bawah ini.

Tabel 5. 1 Nilai *Single Score* Dampak Lingkungan untuk Setiap Tahapan

Tahap	Hasil	Nilai Dampak Lingkungan
Tahap Persiapan	Daging Nanas Halus	0,117
Tahap Perebusan 1	Air Sari Nanas 1	0,138
Tahap Perebusan 2	Air Sari Nanas 2	0,186
Tahap Perebusan 3	Sari Buah Nanas	0,561
<i>Packaging</i> Sari Buah	Sari Buah Nanas siap Minum	0,574

5.2 Pemilihan Alternatif Perbaikan

Alternatif perbaikan yang dilakukan yaitu untuk mengurangi *impact* dari suatu proses produksi terhadap lingkungan. Terdapat beberapa pilihan alternatif untuk mengurangi dampak dari lingkungan untuk proses produksi sari buah nanas di UKM Murni Mandiri. Alternatif ini didesain agar memungkinkan untuk diimplementasikan. Skenario perbaikan ini nantinya disimulasikan dengan *software* SimaPro. Beberapa skenario tersebut antara lain yaitu mengubah bahan bakar untuk dari LPG menjadi biogas, melakukan peningkatan kapasitas produksi, dan gabungan dari kedua skenario tersebut.

5.2.1 Skenario Penggunaan Biogas

Melihat dari material yang digunakan pada proses produksi eksisting, LPG sebagai salah satu energi dapat digantikan dengan biogas. Biogas merupakan suatu gas yang dihasilkan dari proses anaerobik bahan organik baik dari tanaman maupun hewan oleh bakteri. (University of Florida, 2015). Komponen dari biogas antara lain yaitu gas metana (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Metana sendiri yang merupakan komponen utama dari gas alam dengan persentase sebesar 98%, membantu membuat 55 -90% dari volume biogas. Biogas diproduksi di semua lingkungan alam yang memiliki kadar rendah oksigen (O_2).

Pemilihan biogas sebagai salah satu alternatif disebabkan oleh Kecamatan Ngancar yang mengembangkan biogas sejak tahun 2008. Dan sejak tahun 2010, telah dilakukan kerja sama antara BIRU (Biogas Rumah) melalui kerja sama dengan salah satu LSM di Malang. Dari kerja sama tersebut telah dihasilkan pembangunan reaktor biogas rumah sebanyak 197 buah (Putri & Nasution, 2014). Sehingga penggunaan biogas sebagai sumber energi pengganti LPG. Skenario penggunaan biogas dalam produksi sari buah nanas diuji coba pada *software* SimaPro. Penggantian sumber energi dari LPG menjadi biogas dilakukan pada proses perebusan. Untuk banyak biogas yang digunakan, digunakan konversi persamaan biogas dengan LPG. 1 m^3 biogas setara dengan 0,48 kg LPG (Pratava, 2010). sehingga konversi kebutuhan biogas untuk masing-masing proses ditampilkan pada Tabel 5.2 di bawah ini

Tabel 5. 2 Kebutuhan Biogas dari setiap Tahapan

Tahap	Kebutuhan Biogas (m3)
Perebusan 1	0,26
Perebusan 2	0,608
Perebusan 3	0,348

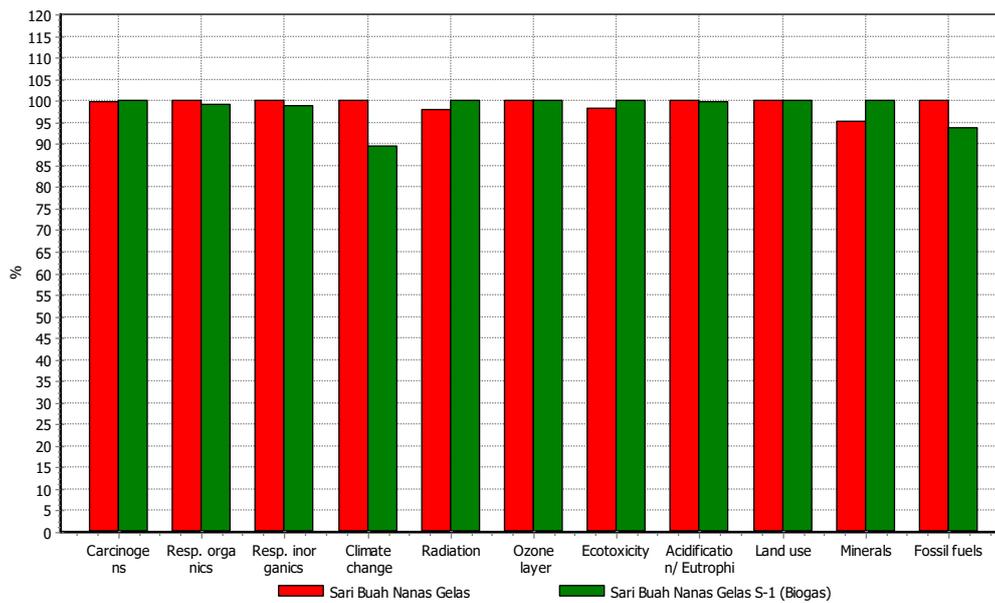
Berikut merupakan input dari skenario penggunaan biogas pada *software* SimaPro.

The screenshot shows the SimaPro software interface with the following data entries:

Products							
Known outputs to technosphere, Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Sari Buah Nanas 5-1 (Biogas)	35	l	Volume	100 %	Cooking		
(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
Water, well, in ground	in ground	30	l	Undefined			
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Air sari buah nanas 2	5	l	Undefined				
Air Gula 5-1 (Biogas)	0,5	l	Undefined				
Natrium Benzoat	13	g	Undefined				
Essence (Perasa)	15	mg	Undefined				
Biogas, from biowaste, at storage/CH S	0,348	m3	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Nitrogen dioxide		3,27	mg	Undefined			

Gambar 5. 8 Input pada *Software Simapro* untuk Skenario Penggunaan Biogas

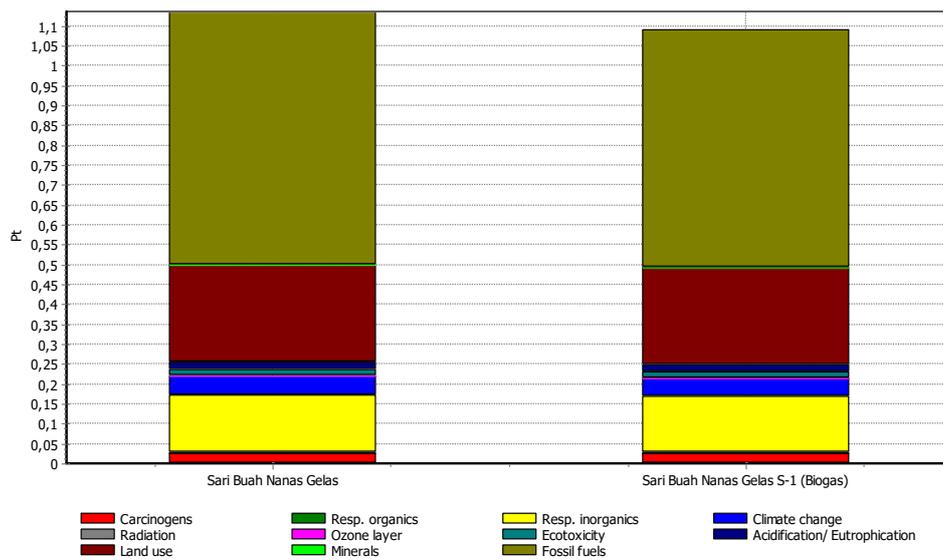
Setelah dilakukan input skenario penggunaan biogas ke dalam tahap yang dapat diganti, dilakukan perbandingan antara kondisi produksi eksisting dengan skenario penggunaan biogas. Hasil perbandingan dapat dilihat pada Gambar 5.9 di bawah ini.



Comparing 1 p 'Sari Buah Nanas Gelas' with 1 p 'Sari Buah Nanas Gelas S-1 (Biogas)'; Method: Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/A / damage assessment

Gambar 5. 9 Perbandingan Persentase *Damage Assessment* Produksi Sari Buah Nanas Antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Penggunaan Biogas

Jika dilihat dari Gambar 5.9, terdapat perbedaan persentase dari masing-masing *impact category* pada *damage assessment*. Namun agar lebih jelas, perbandingan dampak dilihat dari *single score* agar terlihat perbandingan dampak lingkungan. Hasil perbandingan *single score* dari kedua kondisi tersebut ditunjukkan pada Gambar 5.10.



Comparing 1 p 'Sari Buah Nanas Gelas' with 1 p 'Sari Buah Nanas Gelas S-1 (Biogas)'; Method: Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/A / single score

Gambar 5. 10 Perbandingan *Single Score* dari Proses Produksi Sari Buah Nanas antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Penggunaan Biogas

Berdasarkan Gambar 5.10, terlihat bahwa skenario penggunaan biogas memiliki dampak lingkungan lebih rendah daripada kondisi produksi eksisting. Namun penurunan dampak lingkungan yang dihasilkan tidak terlalu signifikan. Total *single score* dari kondisi eksisting yaitu sebesar 1,136 Pt. Sedangkan total *single score* untuk skenario penggunaan biogas yaitu sebesar 1,088. Detail nilai *single score* perbandingan antara kondisi eksisting dengan skenario penggunaan biogas pada setiap *impact category* ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 3 Nilai *Single Score* pada Kondisi Eksisting dengan Skenario Penggunaan Biogas berdasarkan *Impact Category*

<i>Impact category</i>	Unit	Sari Buah Nanas Gelas	Sari Buah Nanas Gelas S-1 (Biogas)
<i>Total</i>	Pt	1,1357403	1,0885327
<i>Fossil fuels</i>	Pt	0,63553128	0,59488933
<i>Land use</i>	Pt	0,24546391	0,24542047
<i>Resp. inorganics</i>	Pt	0,14440069	0,14289927
<i>Climate change</i>	Pt	0,049904162	0,044598879
<i>Carcinogens</i>	Pt	0,023156025	0,023214832
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	Pt	0,018089252	0,018043748
<i>Ecotoxicity</i>	Pt	0,014091912	0,014331721
<i>Resp. organics</i>	Pt	0,002974629	0,002950541
<i>Radiation</i>	Pt	0,000986638	0,001005902
<i>Minerals</i>	Pt	0,000720306	0,000756262
<i>Ozone layer</i>	Pt	0,00042154	0,000421775

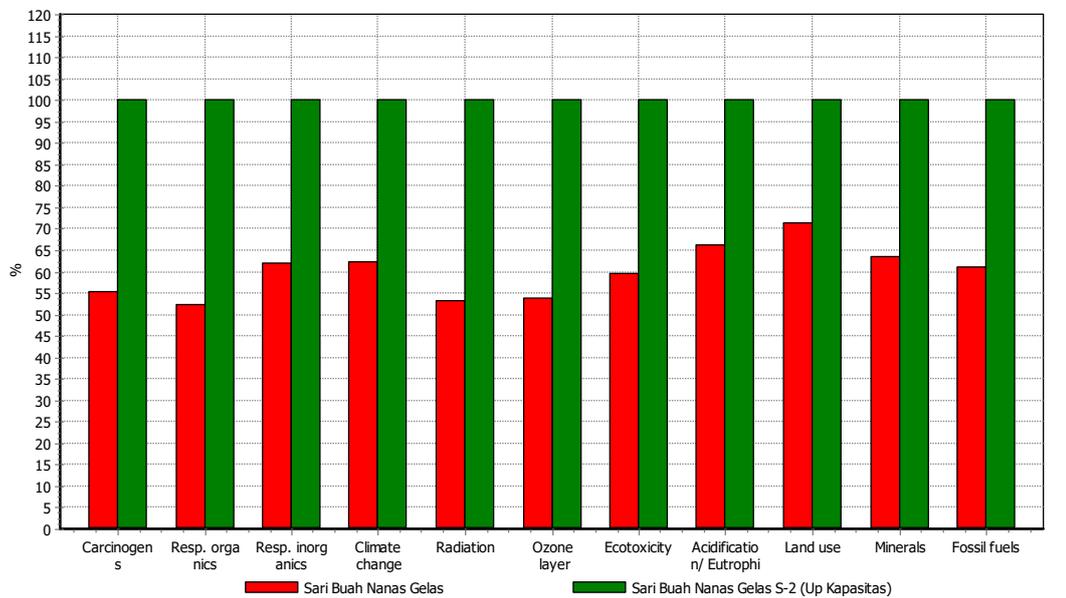
5.2.2 Skenario Peningkatan Kapasitas Produksi Sari Buah Nanas

Pada proses produksi sari buah nanas, kapasitas panci untuk proses perebusan yaitu sebesar 40 L dan produksi sari buah nanas yaitu sebanyak 35 L. Pada skenario ini dilakukan peningkatan kapasitas produksi sari buah nanas. Beberapa hal yang dilakukan pada skenario ini antara lain yaitu pengadaan panci untuk proses perebusan dengan volume 75 liter. Selain itu dilakukan beberapa penyesuaian, seperti lama perebusan air nanas hingga mendidih, serta pengadaan material yang lebih banyak. Input untuk skenario peningkatan kapasitas produksi pada *software* SimaPro ditunjukkan pada Gambar 5.11 di bawah ini.

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Sari Buah Nanas S-2 (Up Kapasitas)	70	l	Volume	100 %	Cooking		
(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
Water, well, in ground	in ground	60	l	Undefined			
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2^*SD Min	Max	Comment	
Air sari buah nanas 1 S-2 (Up Kapasitas)	10	l	Undefined				
Air Gula S-2 (Up Capacity)	0,5	l	Undefined				
Natrium Benzoat	26	g	Undefined				
Esence (Perasa)	30	mg	Undefined				
LPG I	0,333	kg	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2^*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2^*SD Min	Max	Comment
Nitrogen dioxide		5,27	mg	Undefined			
< >							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2^*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							

Gambar 5. 11 Input Skenario Peningkatan Kapasitas Produksi Sari Buah Nanas pada *Software SimaPro*

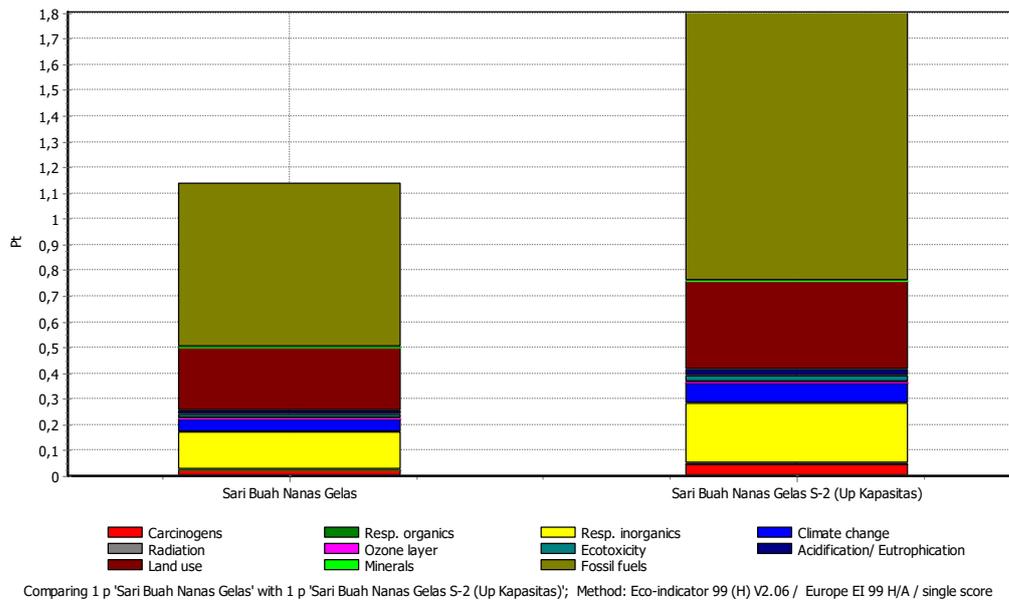
Selanjutnya dilakukan perbandingan *damage assessment* antara produksi eksisting dengan skenario peningkatan kapasitas. Hasil perbandingan ditunjukkan pada Gambar 5.12



Comparing 1 p 'Sari Buah Nanas Gelas' with 1 p 'Sari Buah Nanas Gelas S-2 (Up Kapasitas)'; Method: Eco-indicator 99 (H) V2.06 / Europe EI 99 H/A / damage assessment

Gambar 5. 12 Perbandingan Persentase *Damage Assessment* Produksi Sari Buah Nanas Antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas

Jika dilihat pada Gambar 5.12, terdapat perbedaan yang cukup besar, di mana skenario peningkatan kapasitas produksi memiliki dampak jauh lebih besar dibandingkan dengan produksi eksisting. Selanjutnya dilakukan perhitungan *single score* perbandingan antara kondisi eksisting dengan skenario peningkatan kapasitas.



Gambar 5. 13 Perbandingan *Single Score* Proses Produksi Sari Buah Nanas antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas

Berdasarkan Gambar 5.13, terlihat bahwa skenario peningkatan kapasitas produksi memiliki dampak lebih besar dibandingkan dengan eksisting. Total *single score* dari kondisi eksisting yaitu sebesar 1,136 Pt. Sedangkan total *single score* untuk skenario penggunaan biogas yaitu sebesar 1,088. Detail nilai *single score* perbandingan antara kondisi eksisting dengan skenario penggunaan biogas pada setiap *impact category* ditunjukkan pada Tabel 5.3.

Tabel 5. 4 Nilai *Single Score* pada Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas berdasarkan *Impact Category*

<i>Impact category</i>	Unit	Sari Buah Nanas Gelas	Sari Buah Nanas Gelas S-2 (Up Kapasitas)
<i>Total</i>	Pt	1,1357403	1,8033758
<i>Fossil fuels</i>	Pt	0,63553128	1,0433875
<i>Land use</i>	Pt	0,24546391	0,344274

Impact category	Unit	Sari Buah Nanas Gelas	Sari Buah Nanas Gelas S-2 (Up Kapasitas)
<i>Resp. inorganics</i>	Pt	0,14440069	0,23330114
<i>Climate change</i>	Pt	0,049904162	0,080104444
<i>Carcinogens</i>	Pt	0,023156025	0,041883079
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	Pt	0,018089252	0,027297149
<i>Ecotoxicity</i>	Pt	0,014091912	0,023674889
<i>Resp. organics</i>	Pt	0,002974629	0,005683057
<i>Radiation</i>	Pt	0,000986638	0,001855202
<i>Minerals</i>	Pt	0,000720306	0,001133911
<i>Ozone layer</i>	Pt	0,00042154	0,000781405

Jika dilihat secara langsung, terlihat bahwa nilai dampak yang dihasilkan pada skenario kedua lebih tinggi dari kondisi eksisting. Namun, jika dilihat dari segi efisiensi, skenario peningkatan kapasitas memiliki hasil lebih baik. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.5.

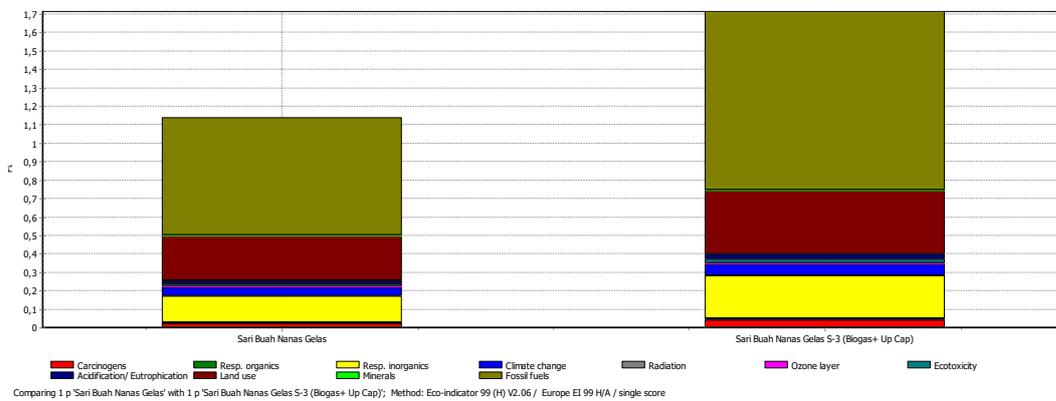
Tabel 5. 5 Tabel Nilai *Single Score* dan Hasil Output Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas

Kondisi	Nilai <i>Single Score</i> Dampak Lingkungan	Output
Eksisting	2,2714	2 Resep
Skenario 2 (Peningkatan Kapasitas)	1,8034	2 Resep

Jika jumlah produksi disamakan menjadi 2 resep, nilai *single score* dari skenario kedua memiliki nilai lebih rendah daripada eksisting. Hal ini dikarenakan, output yang dihasilkan oleh skenario peningkatan kapasitas sama dengan dua kali proses produksi eksisting. Jika dibandingkan, dua kali proses produksi menghasilkan nilai dampak sebesar 2,2714 Pt. Sedangkan pada skenario peningkatan kapasitas menghasilkan nilai dampak sebesar 1,803 Pt. Sehingga bisa dikatakan, dengan output yang sama, skenario ini dapat mengurangi dampak sebesar 0,4681 dibandingkan dengan kondisi eksisting.

5.2.3 Skenario Peningkatan Kapasitas Produksi Sari Buah Nanas

Skenario ketiga yang dilakukan adalah dengan menggabungkan dua skenario yang telah digunakan sebelumnya. Yaitu penggunaan biogas yang menggantikan LPG sebagai bahan bakar, dan peningkatan kapasitas produksi dari 40 L menjadi 75 L. Selain itu dilakukan beberapa penyesuaian, seperti lama perebusan air nanas hingga mendidih, serta pengadaan material yang lebih banyak. Berikut merupakan hasil pengolahan data skenario ketiga menggunakan *software* SimaPro seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.14 di bawah ini.



Gambar 5. 14 Perbandingan Single Score Proses Produksi Sari Buah Nanas antara Kondisi Eksisting dengan Skenario Biogas dan Peningkatan Kapasitas

Detail nilai *single score* perbandingan antara kondisi eksisting dengan skenario penggunaan biogas pada setiap *impact category* ditunjukkan pada Tabel 5.6.

Tabel 5. 6 Nilai *Single Score* pada Kondisi Eksisting dengan Skenario Biogas dan Peningkatan Kapasitas berdasarkan *Impact Category*

<i>Impact category</i>	<i>Unit</i>	Sari Buah Nanas Gelas	Sari Buah Nanas Gelas S-3 (Biogas+ Up Cap)
Total	Pt	1,1357	1,7131
<i>Carcinogens</i>	Pt	0,0232	0,0421
<i>Resp. organics</i>	Pt	0,0030	0,0056
<i>Resp. inorganics</i>	Pt	0,1444	0,2319
<i>Climate change</i>	Pt	0,0499	0,0644
<i>Radiation</i>	Pt	0,0010	0,0019
<i>Ozone layer</i>	Pt	0,0004	0,0008

<i>Impact category</i>	<i>Unit</i>	Sari Buah Nanas Gelas	Sari Buah Nanas Gelas S-3 (Biogas+ Up Cap)
<i>Ecotoxicity</i>	Pt	0,0141	0,0244
<i>Acidification/ Eutrophication</i>	Pt	0,0181	0,0276
<i>Land use</i>	Pt	0,2455	0,3443
<i>Minerals</i>	Pt	0,0007	0,0012
<i>Fossil fuels</i>	Pt	0,6355	0,9689

Berdasarkan Gambar 5.14, terlihat bahwa skenario peningkatan kapasitas produksi memiliki dampak lebih besar dibandingkan dengan eksisting. Total *single score* dari kondisi eksisting yaitu sebesar 1,136 Pt. Sedangkan total *single score* untuk skenario penggunaan biogas yaitu sebesar 1,7131. Namun, jika dilihat dari segi efisiensi, skenario peningkatan kapasitas memiliki hasil lebih baik. Hal ini dapat ditunjukkan pada Tabel 5.7.

Tabel 5. 7 Tabel Nilai *Single Score* dan Hasil Output Kondisi Eksisting dengan Skenario Peningkatan Kapasitas

Kondisi	Nilai <i>Single Score</i> Dampak Lingkungan	Output
Eksisting	2,2714	2 Resep
Skenario 3 (Biogas dan Peningkatan Kapasitas)	1,7131	2 Resep

Jika jumlah produksi disamakan menjadi 2 resep, nilai *single score* dari skenario ketiga memiliki nilai lebih rendah daripada eksisting. Hal ini dikarenakan, output yang dihasilkan oleh skenario peningkatan kapasitas sama dengan dua kali proses produksi eksisting. Jika dibandingkan, dua kali proses produksi menghasilkan nilai dampak sebesar 2,2714 Pt. Sedangkan pada skenario peningkatan kapasitas menghasilkan nilai dampak sebesar 1,7131 Pt. Sehingga bisa dikatakan, dengan output yang sama, skenario ini dapat mengurangi dampak sebesar 0,5583 dibandingkan dengan kondisi eksisting.

Dari keempat kondisi tersebut, berikut merupakan beberapa spesifikasi yang dibutuhkan untuk beberapa alternatif yang ditunjukkan pada Tabel 5.5. Dengan penyesuaian jumlah output yang disamakan.

Tabel 5. 8 Perbandingan Spesifikasi Keempat Skenario

Kondisi	Nilai <i>Single Score</i> Dampak Lingkungan (Pts)	Peralatan yang Dibutuhkan	Kebutuhan <i>Raw Material</i>	Output
Eksisting	2,2714	-	-	2 Resep
Skenario 1 (Biogas)	2,177	Reaktor Biogas	Biogas	2 Resep
Skenario 2 (Peningkatan Kapasitas)	1,8034	Panci Kapasitas 75 L	-	2 Resep
Skenario 3 (Biogas dan Peningkatan Kapasitas)	1,7131	Reaktor Biogas, Panci Kapasitas 75 L	-	2 Resep

Dari hasil perbandingan tersebut, terlihat bahwa hasil terbaik untuk ketiga alternatif untuk nilai dampak lingkungan adalah skenario ketiga, yaitu penggunaan biogas dan peningkatan kapasitas dengan nilai *single score* sebesar 1,7131.

LAMPIRAN

LAMPIRAN 1

Dokumentasi Proses Produksi Sari Buah Nanas





LAMPIRAN 2

Input Output Proses Prpduksi pada *Software SimaPro*

Input-Output pada Tahap Persiapan

Documentation Input/output Parameters System description									
Products									
Known outputs to technosphere. Products and co-products									
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment			
Diaging Nanas (Insert line here)	3,35	kg	Mass	100 %	Food				
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		
Water, well, in ground (Insert line here)	in ground	0,5	l	Undefined					
Known inputs from technosphere (materials/fuels)									
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment			
Nanas (Produk) (Insert line here)	7	kg	Undefined						
Known inputs from technosphere (electricity/heat)									
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment			
Electricity avg. kWh USA (Insert line here)	0,4	kWh	Undefined						
Outputs									
Emissions to air									
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment		
(Insert line here)									
Emissions to water									
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment		
(Insert line here)									
Emissions to soil									
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment		
(Insert line here)									
Final waste flows									
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SU [^] 2 or 2*SU Min	Max	Comment		
(Insert line here)									
Non material emissions									
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment		
(Insert line here)									
Social issues									
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment		
(Insert line here)									
Economic issues									
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment		
(Insert line here)									
Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment									
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SD Min	Max	Comment			
Composting organic waste/RER S (Insert line here)	3,65	kg	Undefined						

Input-Output pada Tahap Perebusan 1

Documentation Input/output Parameters System description								
Products								
Final waste flows								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Non material emissions								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Social issues								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Economic issues								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Known outputs to technosphere, Waste and emissions to treatment								
Name		Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Composting organic waste/RER U		75	g	Undefined				
(Insert line here)								
Known inputs from technosphere (electricity/heat)								
Name		Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
LPG I		0,125	kg	Undefined				
Daging Nanas		3,35	kg	Undefined				
(Insert line here)								
Known inputs from technosphere (electricity/heat)								
Name		Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Outputs								
Emissions to air								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Nitrogen dioxide		2,45	mg	Undefined				
(Insert line here)								
Emissions to water								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Emissions to soil								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Final waste flows								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Non material emissions								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Social issues								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Economic issues								
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)								
Known outputs to technosphere, Waste and emissions to treatment								
Name		Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Composting organic waste/RER U		75	g	Undefined				
(Insert line here)								

Input – Output pada Tahap Perebusan 2

Documentation Input/output Parameters System description							
Products							
Known outputs to technosphere, Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Air sari buah nanas 2	5	l	Volume	100 %	Cooking		
(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
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Air sari buah nanas 1	5	l	Undefined				
LPG I	0,125	kg	Undefined			Untuk mendidihkan ketika ada daging nanas	
LPG I	0,167	kg	Undefined			Untuk mendidihkan air sari nanas setelah disaring	
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment	
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment
Nitrogen dioxide		5,72	mg	Undefined			
(Insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to soil							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Final waste flows							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Non material emissions							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Social issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Economic issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere, Waste and emissions to treatment							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2*SDMin	Max	Comment	
Composting organic waste/RER U	25	g	Undefined				
Pengolahan Daging Nanas menjadi Selai	0,5	kg	Undefined				
(Insert line here)							

Input – Output pada Tahap Perebusan 3

Documentation Input/output Parameters System description							
Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Sari Buah Nanas	35	l	Volume	100 %	Cooking		
(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
Water, well, in ground	in ground	30	l	Undefined			
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (materials/fuels)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
Air sari buah nanas 2	5	l	Undefined				
Air Gula	0,5	l	Undefined				
Natrium Benzoat	13	g	Undefined				
Essence (Perasa)	15	mg	Undefined				
LPG I	0,167	kg	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
Nitrogen dioxide		3,27	mg	Undefined			
(Insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to soil							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Final waste flows							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Non material emissions							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Social issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Economic issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD^2 or 2*SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							

Input – Output pada Tahap *Packaging* Sari Buah Nanas

Products							
Known outputs to technosphere. Products and co-products							
Name	Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Category	Comment	
Packaging Sari Buah	1500	oz	Mass	100 %	Food		
(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	
Cup Sealer	250	g	Undefined				
PET ETH S	1250	g	Undefined				
(Insert line here)							
Known inputs from technosphere (electricity/heat)							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							
Outputs							
Emissions to air							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to water							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Emissions to soil							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Final waste flows							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Non material emissions							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Social issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Economic issues							
Name	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment
(Insert line here)							
Known outputs to technosphere. Waste and emissions to treatment							
Name	Amount	Unit	Distribution	SD [^] 2 or 2 [^] SD Min	Max	Comment	
(Insert line here)							

LAMPIRAN 3

Lampiran *Inventory Emisi*

Emisi Udara

Emisi	Satuan	Jumlah Emisi
Nitrogen Dioxida	mg / kg	17,2

Limbah Produksi

Emisi	Satuan	Jumlah Emisi
Limbah Nanas	kg	3,65
Ampas sari buah	kg	0,1
Endapan	kg	0,5

Halaman ini sengaja dikosongkan

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

Pada bab ini akan dijabarkan mengenai kesimpulan dari penelitian yang dilakukan, serta diberikan saran untuk pengembangan penelitian.

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan dan analisa serta interpretasi data, didapatkan beberapa kesimpulan dari penelitian antara lain sebagai berikut.

1. Berdasarkan hasil pengolahan *Life Cycle Assessment* pada proses produksi sari buah nanas menggunakan *software* SimaPro, didapatkan besar *single score* total sebesar 1,14 Pt dengan pembagian *damage category* antara lain yaitu pada *human health* sebesar 0,222 Pt (20%), *ecosystem quality* sebesar 0,278 (24%), dan *resources* sebesar 0,636 Pt (56%).
2. Beberapa faktor yang memiliki pengaruh terhadap dampak lingkungan antara lain yaitu penggunaan sumber daya, energi, emisi yang dikeluarkan, hingga pengelolaan limbah dari hasil produksi.
3. Berdasarkan hasil perbandingan tiga kondisi produksi. Didapatkan rekomendasi perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan yaitu pada skenario penggunaan biogas dan peningkatan kapasitas produksi dengan nilai *single score* 1,7131 dan memiliki nilai *single score* terendah dibandingkan dengan kedua skenario perbaikan lainnya.

6.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini antara lain sebagai berikut.

1. Penelitian *Life Cycle Assessment* dapat dikembangkan untuk tingkat manufaktur lainnya.
2. Penelitian alternatif pengurangan dampak untuk produksi sari buah dapat dikembangkan lagi.

Halaman ini sengaja dikosongkan

DAFTAR PUSTAKA

- Andriani, Y. (2014). *IMPLEMENTASI LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) DAN PENDEKATAN ANALYTICAL NETWORK PROCESS (ANP) UNTUK MANAJEMEN LINGKUNGAN PADA PT. PG CANDI BARU*.
- Anityasari, M. (2015, September 7). History of Sustainable Development. *Powerpoint Presentation*. Surabaya. Dipetik April 19, 2016
- Badan Tenaga Nuklir Nasional. (2013). *Radiasi dan Dunia yang Kita Huni*. Dipetik Juli 2, 2016, dari Badan Tenaga Nuklir Nasional: http://www.batan.go.id/pusdiklat/elearning/proteksiradiasi/pengenalan_radiasi/1-1.htm
- Delft University of Technology. (t.thn.). *The Model of the Eco-costs / Value Ratio (EVR)*. Dipetik Maret 31, 2016, dari Eco-Cost Value: <http://www.ecocostsvalue.com/index.html>
- Global Development Research Center. (t.thn.). *Defining Life Cycle Assessment*. Dipetik Maret 4, 2016, dari The Global Development Research Center: <http://www.gdrc.org/uem/lca/lca-define.html>
- Goedkoop, M., & Spriensma, R. (2000, April 17). The Eco-Indicator 99 : A damage oriented method for Life Cycle Impact Assessment. Amersfoort, Netherland. Dipetik Juli 9, 2016, dari teclim.ufba.br/jsf/indicadores/holan%20ecoindicator%2099.pdf
- Green Listing Indonesia. (2013, April 2013). *Kebijakan Pengembangan Industri Hijau (Green Industry) Kementerian Perindustrian*. Dipetik April 4, 2016, dari Green Listing Indonesia: <http://greenlistingindonesia.com/berita-147-kebijakan-pengembangan-industri-hijau-green-industry-kementerian-perindustrian.html>
- Groover, M. P. (2001). *Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing* (2 ed.). (I. K. Gunarta, & B. Arthaya, Penerj.) New Jersey, United States: Prentice-Hall, Inc.
- Institute, R. T. (2012). *Defining Life Cycle Assessment*.
- Jain, A. (2015, Juni 18). *Ozone Layer Depletion – Causes, Effects and Solutions*. Dipetik Juli 2, 2016, dari The 7 Continents and 5 Oceans of the World:

- <http://www.7continents5oceans.com/ozone-layer-depletion-causes-effects-and-solutions>
- Jawahir, I. S. (2010, February 8). *Sustainable Manufacturing : The Driving Force for Innovative Products, Processes and Systems for Next Generation Manufacturing*. Lexington, KY, United States: University of Kentucky. Dipetik April 20, 2016, dari www.ncsl.org/Portals/1/Documents/employ/Jawahir-Manuf.pdf
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2011, April 11). *Konversi Minyak Tanah ke LPG Lebih Murah & Lebih Bersih*. Dipetik Juni 21, 2016, dari Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral: <http://www.esdm.go.id/berita/artikel/56-artikel/4122-konversi-minyak-tanah-ke-lpg-lebih-murah-lebih-bersih.html?tmpl=component&print=1&page=>
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2012, Maret 27). *Workshop Energi*. Diambil kembali dari IESR: http://www.iesr.or.id/files/2apr_WORKSHOP_ENERGI.pdf
- Kementerian Perindustrian Republik Indonesia. (2015, Maret 13). *Rencana Strategis Kementerian Perindustrian*. Diambil kembali dari Kementerian Perindustrian Republik Indonesia: <http://www.kemenperin.go.id/profil/71/rencana-strategis-kementerian-perindustrian>
- Ngaseri. (2016, Maret). (A. Zulfikar, A. Sembiring, A. Henry, Y. Nainggolan, & R. N. A'lima, Pewawancara)
- Pratava, A. (2010, September 19). *POTENSI BIOGAS UNTUK MASYARAKAT INDONESIA*. Dipetik Juli 5, 2016, dari Energi : Sustainable Energy Monthly Magazine: <http://majalahenergi.com/forum/energi-baru-dan-terbarukan/bioenergy/potensi-biogas-untuk-masyarakat-indonesia>
- Pre-Sustainability. (t.thn.). Dipetik April 5, 2016, dari Pre-Sustainability.
- Putri, H., & Nasution, H. B. (2014, Maret 11). *Pasangan Kompak dari Lereng Gunung Kelud*. Dipetik Juli 3, 2016, dari Biogas Rumah: <http://www.biru.or.id/index.php/news/2014/03/11/159/pasangan-kompak-dari-lereng-gunung-kelud.html>

- Sari, D. P., Hartini, S., Rinawati, D. I., & Wicaksono, T. S. (2012, Desember). Pengukuran Tingkat Eko-efisiensi Menggunakan Life Cycle Assessment untuk Menciptakan Sustainable Production di Industri Kecil Menengah Batik. *Jurnal Teknik Industri*, 14, 137 - 144. Dipetik April 5, 2016, dari jurnalindustri.petra.ac.id/index.php/ind/article/view/18541/18326
- Scientific Applications International Corporation. (2006, May). Life Cycle Assessment : Principles and Practices. 11-12. Cincinnati, Ohio, US. Dipetik April 5, 2016, dari United States Environmental Protection Agency: <http://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.exe/P1000L86.TXT?ZyActionD=ZyDocument&Client=EPA&Index=2006+Thru+2010&Docs=&Query=&Time=&EndTime=&SearchMethod=1&TocRestrict=n&Toc=&TocEntry=&QField=&QFieldYear=&QFieldMonth=&QFieldDay=&IntQFieldOp=0&ExtQFieldOp=0&XmlQuery=&>
- Slaper, T. F., & Hall, T. J. (2011). *The Triple Bottom Line: What Is It and How Does It Work?* Dipetik April 20, 2016, dari Indiana Business Review: <http://www.ibrc.indiana.edu/ibr/2011/spring/article2.html>
- Sustainable Development Commission. (2011). *What is Sustainable Development*. Diambil kembali dari Sustainable Development Commission: <http://www.sd-commission.org.uk/pages/what-is-sustainable-development.html>
- Tahir, I., Sumarsih, S., & Astuti, S. D. (2008, Juli 10). KAJIAN PENGGUNAAN LIMBAH BUAH NENAS LOKAL (*Ananas comosus*, L) SEBAGAI BAHAN BAKU PEMBUATAN NATA. Yogyakarta, Jawa Tengah, Indonesia. Dipetik Juni 18, 2016, dari iqmal.staff.ugm.ac.id/wp.../semnaskimxviii-2008-iqmal-nanas.pdf
- The International Academy for Production Engineering. (2014). CIRP Encyclopedia of Production Engineering. 3(1st). Springer. Dipetik April 20, 2016, dari Springer Link: http://link.springer.com/referenceworkentry/10.1007%2F978-3-642-20617-7_6562

University of Florida. (2015, Desember 20). *Biogas : A Renewable Biofuel*. Dipetik Juli 4, 2016, dari University of Florida: <http://biogas.ifas.ufl.edu/biogasdefs.asp>

World Health Organization. (2012). *Health Statistics and Information Systems*. Dipetik Juli 9, 2016, dari World Health Organization: http://www.who.int/healthinfo/global_burden_disease/metrics_daly/en/

BIOGRAFI PENULIS



Penulis bernama Achmad Zulfikar. Lahir di Surabaya, 21 November 1993. Merupakan anak keempat dari lima bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan mulai dari TK Yaa Bunayya (1997-2000), SD Integral Luqman Al-Hakim (2000-2006), SMP Integral Luqman Al-Hakim (2006-2009), SMA Negeri 1 Surabaya (2009 – 2012), serta S1 Jurusan Teknik Industri ITS Surabaya. (2012 – 2016). Selama masa sekolah penulis pernah menjabat sebagai Wakil Ketua OPLH SMPI Luqman Al-Hakim (2007-2008), dan Ketua OSIS SMAN 1 Surabaya (2010-2011). Selama masa kuliah, penulis terdaftar sebagai anggota BPH Himpunan Mahasiswa Teknik Industri ITS di departemen Kewirausahaan (2013-2014), staf departemen Syi'ar (2013-2014) dan Sekretaris Umum (2014-2015) Masyarakat Studi Islam Ulul 'Ilmi TI ITS. Penulis beberapa kali ikut serta dalam kepanitiaan, antara lain yaitu Kamjin GERIGI 2013, Konsumi ITS EXPO 2013 dan 2014, serta tim Konseptor ITS EXPO 2015. Penulis pernah beberapa kali mengikut pelatihan. Penulis juga beberapa kali mendapatkan pendanaan Program Kreativitas Mahasiswa. Salah satu karya tersebut lolos pada perlombaan tingkat nasional yaitu Pekan Ilmiah Mahasiswa Nasional XXVI di Universitas Diponegoro, Semarang, dan mendapatkan Juara II untuk kategori PKM - Karsa Cipta. Penulis dapat dihubungi melalui email : achmadzulfikar93@gmail.com.