

**PENGUKURAN TINGKAT *ECO – EFFICIENCY* PADA
INDUSTRI MIKRO DENGAN METODE LCA
(*LIFE CYCLE ASSESMENT*)
(Studi Kasus: Industri kerupuk Bu Min Pati)**

LAPORAN TUGAS AKHIR

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU
SYARAT MEMPEROLEH GELAR SARJANA STRATA SATU (S1)
PADA PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG



DISUSUN OLEH:

**NITA SEVRILIANA
31601800072**

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG
2023**

**MEASUREMENT OF ECO - EFFICIENCY LEVEL IN MICRO
INDUSTRY USING LCA METHOD
(LIFE CYCLE ASSESSMENT)**

(Case Study: Bu Min Pati Cracker Industry)

FINAL PROJECT

Proposed to complete the requirement to obtain a bachelor's degree (S1)
at Department of Industrial Engineering, Faculty of Industrial
Technology, Universitas Islam Sultan Agung



Arranged by:

NITA SEVRILIANA

31601800072

**DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG**

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "PENGUKURAN TINGKAT *ECO - EFFICIENCY* PADA INDUSTRI MIKRO DENGAN METODE LCA (*LIFE CYCLE ASSESMENT*) (STUDI KASUS: INDUSTRI KERUPUK "BU MIN" PATT)" ini disusun oleh :

Nama : Nita Sevriliana

Nim : 31601800072

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Menyetujui

Dosen Pembimbing I

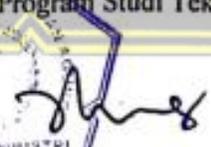
Dosen Pembimbing II


Akhmad Syakhroni, S.T., M.Eng.
NIDN 061 6037601


M. Sagaf, S.T., M.T
NIDN 062 303 7705

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Industri


Nuzulia Khoirivah, ST., MT

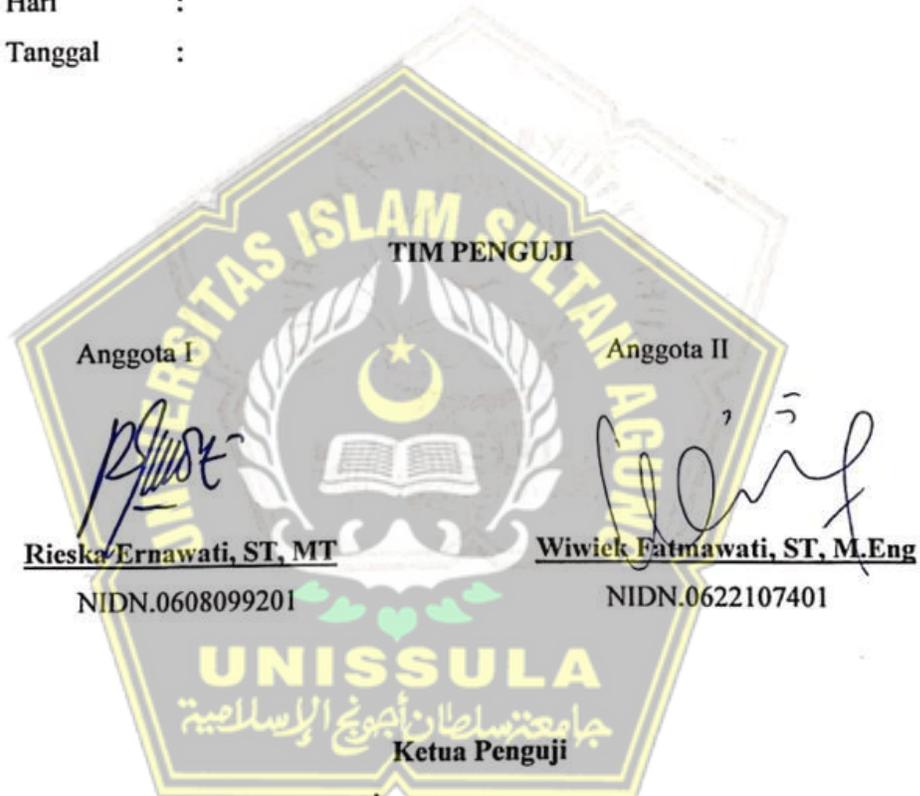
NIK. 210603029

LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan Judul “**PENGUKURAN TINGKAT *ECO - EFFICIENCY* PADA INDUSTRI MIKRO DENGAN METODE LCA (*LIFE CYCLE ASSESMENT*) (STUDI KASUS: INDUSTRI KERUPUK “BU MIN” PATI)” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :**

Hari :

Tanggal :



Dr.Ir.Novi Marllyana., ST., MT.,IPU.,ASEAN.Eng
NIDN. 0015117601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nita Sevriliana
Nim : 31601800072
Judul Tugas Akhir : PENGUKURAN TINGKAT *ECO - EFFICIENCY*
PADA INDUSTRI MIKRO DENGAN METODE LCA
(*LIFE CYCLE ASSESMENT*) (Studi Kasus : Industri
kerupuk Bu Min Pati)

Dengan ini saya menyatakan bahwa judul dan isi Tugas Akhir yang saya buat dalam rangka menyelesaikan Pendidikan Strata Satu (S1) Teknik Industri tersebut adalah asli dan belum pernah diangkat, ditulis atau dipublikasikan oleh siapapun baik keseluruhan maupun sebagian, kecuali yang secara tertulis diacu pada naskah ini dan telah disebutkan dalam daftar pustaka, dan apabila di kemudian hari ternyata terbukti bahwa judul Tugas Akhir tersebut pernah diangkat, ditulis ataupun dipublikasikan, maka saya bersedia dikenakan sanksi akademis. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sadar dan penuh tanggung jawab.

Semarang, 2023

Yang Menyatakan



Nita Sevriliana

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Nita Sevriliana
NIM : 31601800072
Program Studi : Teknik Industri
Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan Judul: **PENGUKURAN TINGKAT ECO-EFFIECIENCY PADA INDUSTRI MICRO DENGAN METODE LCA (LIFE CYCLE ASSESMENT) (Studi Kasus: Industri Kerupuk Bu Min Pati)**

Menyetujui menjadi hak milik Universitas Islam Sultan Agung serta memberikan Hak bebas Royalti Non-Eksklusif untuk disimpan, dialihmediakan, dikelola dan pangkalan data dan dipublikasikan di internet dan media lain untuk kepentingan akademis selama tetap menyantumkan nama penulis sebagai pemilik hak cipta. Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh. Apabila dikemudian hari terbukti ada pelanggaran Hak Cipta/Plagiarisme dalam karya ilmiah ini, maka segala bentuk tuntutan hukum yang timbul akan saya tanggung secara pribadi tanpa melibatkan Universitas Islam Sultan Agung

Semarang, 13 Maret 2023

Yang Menyatakan



Nita Sevriliana

LEMBAR PERSEMBAHAN

Tugas akhir ini penulis persembahkan untuk :

1. Diri saya sendiri
2. Kedua orang tua beserta keluarga besar yang selalu memberikan dukungan dan doa untuk segala urusan agar diperlancar dalam mengerjakan tugas akhir.
3. Kepada seseorang yang telah memberi semangat, membantu dan mendengarkan cerita dari tahun 2021 sampai sekarang
4. Dan teman-teman seperjuangan yang selalu mensupport satu sama lain.



MOTTO

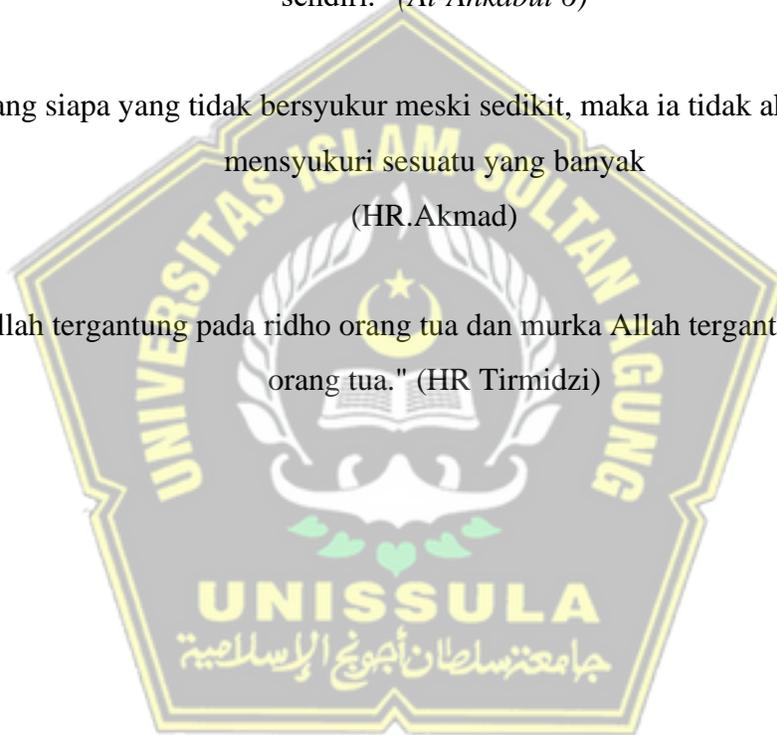
Berani lah mencintai dan menjadi diri sendiri tidak peduli siapa kamu atau darimana kamu berasal
(Nita Sevriliana)

وَمَنْ جَاهَدَ فَإِنَّمَا يُجَاهِدُ لِنَفْسِهِ

“Dan barangsiapa berusaha, maka sesungguhnya usahanya itu untuk dirinya sendiri.” (*Al-Ankabut 6*)

Barang siapa yang tidak bersyukur meski sedikit, maka ia tidak akan mampu mensyukuri sesuatu yang banyak
(HR.Akmad)

Ridho Allah tergantung pada ridho orang tua dan murka Allah tergantung pada murka orang tua." (HR Tirmidzi)



KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Wr. Wb.

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah memberikan rahmat dan hidayahnya kepada penulis, sehingga dapat menyelesaikan penelitian sekaligus laporan tugas akhir yang berjudul “Pengukuran Tingkat *Eco - EFFICIENCY* Pada Industri Mikro Dengan Metode Lca (*Life Cycle Assesment*)(Studi Kasus: Industri Kerupuk “Bu Min ” Pati), sholawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi besar junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Dalam Penyusunan Tugas Akhir ini, penulis sampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada :

1. Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan ridho-Nya serta memberikan kelapangan hati dan pikiran dalam menuntut ilmu.
2. Kedua orang tua saya, bapak dan ibu yang telah memberikan banyak motivasi, semangat, kasih sayang dan dukungan baik materi maupun non materi serta selalu mendoakan dalam setiap sujudnya.
3. Terimakasih kepada Dosen Pembimbing saya Bapak Akhmad Syakhroni ST., M.Eng dan Bapak M.Sagaf, ST.,MT yang telah membantu serta membimbing dengan sabar sampai tugas akhir ini terselesaikan.
4. Bapak dan Ibu selaku dosen penguji yang bersedia memberi masukan berupa saran dan kritik untuk memperbaiki penyusunan laporan tugas akhir.
5. Bapak dan Ibu Dosen Teknik Industri yang telah memberikan ilmu selama dibangku perkuliahan.
6. Terimakasih kepada pihak yang membantu serta memberikan semangat terus kepada saya dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
7. Rekan rekan FTI Angkatan 2018

Kritik dan saran dari pembaca sangat diharapkan. Penulis berharap laporan tugas akhir ini dapat lebih dikembangkan dan bermanfaat bagi banyak orang. Aamiin

Wassalamu’alaikum Wr. Wb,

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR.....	i
FINAL PROJECT	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	Error! Bookmark not defined.
LEMBAR PERSEMBAHAN.....	vi
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
ABSTRAK	ix
ABSTRACT	x
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Pembatasan Masalah	2
1.4. Tujuan.....	3
1.5. Manfaat.....	3
1.6. Sistematika Penulisan.....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tinjauan Pustaka	5
2.2 Landasan Teori.....	15

2.2.1	<i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	15
2.2.2	Karakteristik dan Batasan dari <i>Life Cycle Assessment (LCA)</i>	15
2.2.3	Prinsip LCA	16
2.2.4	Manfaat LCA	17
2.2.5	Tahapan Pada LCA	17
2.2.6	<i>Eco Efficiency</i>	19
2.2.7	<i>Eco cost</i>	20
2.2.8	<i>Cost Benefit Analysis</i>	21
2.2.9	<i>Eco Efficiency index</i>	22
2.2.10	<i>Eco cost Per Value Ratio</i>	23
2.2.11	<i>Eco Efficiency Ratio</i>	23
2.2.12	Harga pokok produksi.....	24
2.2.13	Objek <i>Eco Efficiency</i>	25
2.2.14	Prinsip <i>Eco Efficiency</i>	26
2.2.15	Indikator <i>Eco Efficiency</i>	27
2.2.16	<i>Software Simapro</i>	27
2.2.17	<i>Sankey diagram</i>	28
2.3	Hipotesa dan Kerangka Teoritis	28
2.3.1	Hipotesa Awal.....	28
2.3.2	Kerangka Teoritis.....	28
BAB III METODE PENELITIAN		30
3.1	Objek Dan Lokasi Objek.....	30
3.1.1	Teknik Pengumpulan Data.....	30
3.1.2	Teknik Analisa Data.....	30

3.1.3 Pembahasan.....	31
3.1.4 Pengujian Hipotesa.....	31
3.1.5 Penyimpulan Hasil Penelitian	31
3.2 Diagram Alir.....	31
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN	34
4.1 Pengumpulan Data	34
4.1.1 Gambaram umum Industri kerupuk Bu Min	34
4.1.2 Proses Pembuatan kerupuk	34
4.1.3 Limbah Hasil Produksi.....	38
4.2 Pengolahan Data.....	39
4.2.1 <i>Goal And Scope Life Cycle Assessment</i>	39
4.2.2 <i>Life Cycle Inventory</i> pembuatan kerupuk	41
4.2.3 <i>Life Cycle Impact Assesment</i>	45
4.2.4 <i>Eco Efficiency</i> Pembuatan Kerupuk Bu Min	60
4.2.5 Tindakan Perbaikan.....	67
4.3 Analisa <i>Interpretasi</i>	78
4.3.1 Analisa <i>Life Cycle Assessment</i>	78
4.3.2 Analisa <i>Eco cost</i>	85
4.3.3 Analisa Tindakan Perbaikan	87
4.4 Pengujian Hipotesa.....	89
4.4.1 <i>Eco Efficiency</i>	89
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	91
5.1 KESIMPULAN	91
Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:.....	91
5.2 SARAN	92



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka	9
Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka (lanjutan).....	10
Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka (lanjutan).....	11
Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka (lanjutan).....	12
Tabel 4. 1 <i>Life Cycle Inventory</i> Input Industri kerupuk Bu Min	42
Tabel 4. 2 <i>Life Cycle Inventory</i> Input Industri kerupuk Bu Min (lanjutan)	43
Tabel 4. 3 <i>Life Cycle Inventory</i> Input Industri kerupuk Bu Min (lanjutan)	44
Tabel 4. 4 <i>output</i> characterization	55
Tabel 4. 5 <i>Output</i> Damage Asessment	57
Tabel 4. 6 <i>Output</i> Normalization	58
Tabel 4. 7 <i>Output</i> Weighting	59
Tabel 4. 8 <i>Output</i> single score	60
Tabel 4. 9 Perhitungan <i>Eco cost</i> IKM Kerupuk Bu Min	61
Tabel 4. 10 Biaya Bahan Untuk Pembuatan kerupuk.....	62
Tabel 4. 11 Biaya Tenaga Kerja	62
Tabel 4. 12 Biaya Penggunaan Alat	64
Tabel 4. 13 Seluruh Biaya Proses Pembuatan kerupuk.....	64
Tabel 4. 14 Rekapitulasi Biaya Proses Pembuatan Kerupuk Baru.....	68
Tabel 4. 15 Biaya tenaga kerja	68
Tabel 4. 16 Biaya Penggunaan Alat	70
Tabel 4. 17 Rekapitulasi Biaya Proses Pembuatan Kerupuk Kecil.....	70
Tabel 4. 18 Perhitungan <i>Eco cost</i> IKM Kerupuk Bu Min	72
Tabel 4. 19 Biaya Bahan Untuk Pembuatan kerupuk.....	72
Tabel 4. 20 Biaya Tenaga Kerja	73
Tabel 4. 21 Biaya Penggunaan Alat	75
Tabel 4. 22 Seluruh Biaya Proses Pembuatan kerupuk.....	75
Tabel 4. 23 Perbandingan <i>Eco Efficiency</i> Sebelum dan Sesudah Perbaikan	89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 kerangka teoritis.....	29
Gambar 3. 1 Diagram Alir.....	32
Gambar 3. 2 Diagram Alir (lanjutan)	33
Gambar 4. 1 Bahan Baku.....	35
Gambar 4. 2 Pencetakan	35
Gambar 4. 3 Pengukusan.....	36
Gambar 4. 4 Penjemuran	36
Gambar 4. 5 Pengguntingan	36
Gambar 4. 6 Penggorengan	37
Gambar 4. 7 Penggorengan	37
Gambar 4. 8 Proses Pembuatan Kerupuk.....	37
Gambar 4. 9 Limbah Potongan Kerupuk.....	38
Gambar 4. 10 Limbah Minyak.....	38
Gambar 4. 11 scope pembuatan kerupuk.....	40
Gambar 4. 12 Text Field Simapro	46
Gambar 4. 13 Pemilihan Libraries dan Metode.....	46
Gambar 4. 14 Proses Simapro	47
Gambar 4. 15 Input Proses Pengulenan.....	48
Gambar 4. 16 input proses pencetakan.....	48
Gambar 4. 17 Input Proses pengukusan	48
Gambar 4. 18 Input Proses Penjemuran	49
Gambar 4. 19 Input Proses pengguntingan.....	49
Gambar 4. 20 Input Proses penggorengan.....	49
Gambar 4. 21 Input Proses pembungkusan	50
Gambar 4. 22 Input Proses Pembuatan Kerupuk Simapro	50
Gambar 4. 23 Sankey Diagram	54
Gambar 4. 24 <i>Output</i> Characterization.....	55
Gambar 4. 25 <i>Output</i> Damage assessment	57

Gambar 4. 26 *Output* Normalization 58
Gambar 4. 27 *Output* Weighting 59
Gambar 4. 28 *Output* single score 59



ABSTRAK

Industri kerupuk Bu Min merupakan salah satu usaha yang berada di daerah Tayu-Pati, Jawa Tengah. Dalam sehari mampu memproduksi sebanyak 14 kg dengan sistem *make to stock*, produsen melakukan proses produksi serta produk yang dihasilkan sudah dalam bentuk jadi sebelum ada permintaan dari konsumen. Proses produksi kerupuk terdapat beberapa tahapan yaitu proses pengulenan, pencetakan, pengukusan, penjemuran, pengguntingan, penggorengan dan pembungkusan. Dari proses produksi di Industri kerupuk Bu Min terdapat beberapa permasalahan seperti kurangnya pemanfaatan limbah cair seperti minyak yang dibuang sembarangan, limbah padat seperti potongan kerupuk, abu kayu bakar, kulit bawang, plastik penggunaan alat produksi yang masih sederhana serta lahan yang digunakan untuk memproduksi terbatas sehingga mempengaruhi *output*. *Life Cycle Assessment (LCA)* metode yang digunakan untuk mengidentifikasi potensi kerusakan lingkungan dan sosial yang disebabkan oleh suatu kegiatan yang berkaitan dengan suatu produk atau jasa. Sasaran untuk Memberikan batasan-batasan, dan asumsi-asumsi yang berhubungan dengan dampak dari proses pengolahan kerupuk di sepanjang siklus hidup sistem yang dievaluasi serta mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan akibat proses produksi kerupuk pada Industri kerupuk Bu Min dalam bentuk *Eco cost*. *Eco Efficiency* sebagai strategi yang dapat menghasilkan suatu produk dengan kinerja baik menggunakan energi dan sumber daya. Hal ini Industri kerupuk Bu Min melakukan perbaikan dan fokus pada peningkatan *efficiency* serta memerlukan pengukuran *Eco Efficiency* sebagai upaya untuk meningkatkan performansi produksi, yang dimaksud adalah untuk meningkatkan pemanfaatan produksi sehingga dapat meningkatkan keuntungan dari limbah produksi. Hasil penelitian ini menunjukkan biaya yang harus dikeluarkan untuk mengatasi dampak lingkungan *human health* sebesar Rp. 662.936, *ecosystem quality* Rp. 3.255.685 dan *resources* Rp.10.777 sehingga total *Eco cost* Rp.3.929.398. Hasil pengukuran *net value* 111.122, maka untuk nilai EEI sebesar 0,0261516 atau dalam kategori nilai EEI= 0-1 untuk itu produk dapat dikatakan terjangkau (*affordable*) namun tidak ramah lingkungan (*not sustainable*) dan nilai *Eco Efficiency ratio* sebesar -3.536 % dari proses produksi kerupuk sehingga dikatakan efisien. Proses yang menyumbang dampak terbesar dari 11 kategori yaitu proses pengulenan dengan nilai 174 MJ Surplus. Tindakan perbaikan yang dilakukan adalah memanfaatkan limbah potongan kerupuk menjadi kerupuk kecil yang bisa meningkatkan keuntungan. simulasi perhitungan *Eco Efficiency* dengan menunjukkan peningkatan nilai *efficiency* dari proses pembuatan kerupuk di Industri kerupuk Bu Min -3,296 % atau naik -0.067 % dari nilai *efficiency* awal.

Kata kunci: Industri Mikro Kerupuk, *Life Cycle Assessment*, Limbah

ABSTRACT

Bu Min 's cracker industry is one of the businesses located in the Tayu-Pati area, Central Java. In a day they are able to produce as much as 14 kg with a make to stock system, producers carry out the production process and the products produced are already in finished form before there is any demand from consumers. The cracker production process consists of several stages, namely the process of kneading, printing, steaming, drying, cutting, frying and wrapping. From the production process at Bu Min 's cracker industry, there are several problems such as the lack of utilization of liquid waste such as oil that is disposed of carelessly, solid waste such as pieces of crackers, firewood ash, onion skins, plastic, the use of simple production equipment and the land used for production is limited so that affect output. Life Cycle Assessment (LCA) method used to identify potential environmental and social damage caused by an activity related to a product or service. Goals to Provide limitations and assumptions related to the impact of the cracker processing process along the life cycle of the system being evaluated and to determine the environmental impact caused by the cracker production process on the Bu Min cracker industry in the form of Eco cost. Eco Efficiency as a strategy that can produce a product with good performance using energy and resources. This means that Bu Min 's cracker industry is making improvements and focusing on increasing efficiency and requires Eco Efficiency measurements as an effort to improve production performance, which is meant to increase production utilization so as to increase profits from production waste. The results of this study indicate that the costs that must be incurred to overcome the human health environmental impact are Rp. 662,936, ecosystem quality Rp. 3,255,685 and resources Rp. 10,777 so that the total *Eco cost* is Rp. 3,929,398. The net value measurement results are 111,122, so for an EEI value of 0.0261516 or in the category of EEI = 0-1 for that product can be said to be affordable (affordable) but not environmentally friendly (not sustainable) and an Eco Efficiency ratio value of -3.536% of the process production of crackers so it is said to be efficient. The process that contributes the greatest impact from the 11 categories is the kneading process with a Surplus value of 174 MJ. The corrective action taken is to utilize the waste pieces of crackers into small crackers that can increase profits. Eco Efficiency calculation simulation by showing an increase in the efficiency value of the cracker making process in the Bu Min cracker industry -3.296% or an increase of -0.067% from the initial efficiency value.

Keywords: Cracker Micro Industry, Life Cycle Assessment, Waste

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Di zaman sekarang persaingan semakin ketat dalam dunia industri memaksa pihak industri untuk terus berinovasi agar dapat mempertahankan usahanya. Disamping itu pihak industri harus memperbaiki suatu sistem produksi dengan melihat hal penting pembangunan berkelanjutan, yaitu keuntungan *Economi*, keseimbangan *Ecologi* dan tanggung jawab bisnis terhadap lingkungan. Munculnya sebuah limbah bisa dari kualitas bahan baku, keterbatasan alat, keterampilan pekerja serta keterbatasan dalam teknologi (*Nisa et al., 2012*)

Industri kerupuk merupakan salah satu bagian dari industri mikro masyarakat yang cukup populer di Indonesia. Salah satu usaha Mikro di kecamatan Tayu, Jawa Tengah yaitu Industri kerupuk Bu Min . Dalam sehari usaha ini mampu memproduksi sebanyak 14 kg dengan bahan baku bawang putih. Di negara Indonesia yang memiliki iklim tropis sehingga cocok untuk pertumbuhan bawang. Industri kerupuk Bu Min menggunakan sistem *make to stock*, produsen melakukan proses produksi serta produk yang dihasilkan sudah dalam bentuk jadi sebelum ada permintaan dari konsumen.

Proses produksi kerupuk terdapat beberapa tahapan yaitu proses pengulenan, pencetakan, pengukusan, penjemuran, pengguntingan, penggorengan dan pembungkusan. Dalam proses produksi di Industri kerupuk Bu Min terdapat beberapa permasalahan yaitu pertama kurangnya pemanfaatan limbah cair dan padat seperti potongan kerupuk, abu kayu bakar, kulit bawang, plastik, air dan minyak goreng. Kedua penggunaan alat produksi yang masih sederhana sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama, ketiga lahan yang digunakan untuk berproduksi terbatas sehingga mempengaruhi *output*. Dalam pemanfaatan limbah pada industri mikro Bu Min ini belum ditangani seperti limbah cair dan padat, sehingga limbah ini berpotensi mencemari lingkungan. Limbah sisa produksi seperti potongan kerupuk dari proses pengukusan, minyak sisa penggorengan dan abu kayu bakar ini langsung buang begitu

saja. Limbah kulit bawang dari pengulenan ini biasanya digunakan untuk bahan pembantu dalam proses pembuatan api sedangkan untuk limbah karung plastik tepung digunakan Kembali dalam proses penjemuran.

Eco Efficiency merupakan strategi konsep *Economi* yang efisien dan *Ecologid* dalam menggunakan sumber daya alam dapat meminimalisir penggunaan sumber daya produksi dan energi sehingga dampak lingkungan yang timbul per unit produk berkurang. Dampak lingkungan semakin kecil membuat biaya lingkungan dari proses produksi juga semakin kecil, *Eco Efficiency* sebagai strategi yang dapat menghasilkan suatu produk dengan kinerja baik menggunakan energi dan sumber daya (Puspita Sari et al., 2012).

Penilaian *Eco Efficiency* mempertimbangkan biaya produksi, biaya lingkungan dan serta pemanfaatan produksinya sedangkan biaya lingkungan diperoleh dengan mengukur dampak lingkungan dari proses produksi (Astuti, 2019). Dalam hal ini Industri kerupuk Bu Min melakukan perbaikan dan fokus pada peningkatan *efficiency* serta memerlukan pengukuran *Eco Efficiency* sebagai upaya untuk meningkatkan performansi produksi, yang dimaksud adalah untuk meningkatkan pemanfaatan produksi sehingga dapat meningkatkan keuntungan dari limbah produksi.

1.2. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang permasalahan diatas, maka yang menjadi pokok permasalahan dalam penelitian ini yaitu:

- a. Bagaimana dampak lingkungan dari proses produksi kerupuk?
- b. Bagaimana usulan perbaikan mengenai limbah dari proses produksi?
- c. Bagaimana biaya lingkungan dan hasil pengukuran akibat proses produksi kerupuk?

1.3. Pembatasan Masalah

Agar tujuan awal dalam penelitian ini tidak menyimpang, maka dilakukan pembatasan masalah sebagai berikut:

- a. Pengukuran *Eco Efficiency* penelitian hanya terbatas pada tahap proses produksi kerupuk

- b. Analisis perhitungan dibantu dengan menggunakan menggunakan *Software Simapro 9.4.0*
- c. Tahap penelitian yang dilakukan adalah pada limbah cair dan padat yang memiliki nilai lebih

1.4. Tujuan

Adapun tujuan penelitian yang ingin dicapai dari peneliti adalah:

- a. Menganalisa dampak lingkungan adanya proses produksi kerupuk
- b. Memberikan usulan perbaikan mengenai limbah serta meningkatkan *eco - efficiency*.
- c. Mengetahui biaya lingkungan dan hasil pengukuran akibat proses produksi kerupuk

1.5. Manfaat

Adapun manfaat penelitian ini sebagai berikut:

- a. Bagi perusahaan
Perusahaan mengetahui dampak lingkungan dari seluruh operasinya dan kemudian digunakan mengidentifikasi perbaikan.
- b. Bagi Peneliti
Menambah wawasan dalam hal dampak lingkungan dan pengolahan produksi limbah
- c. Bagi Universitas
Dengan penelitian ini bisa dijadikan salah satu sumber pustaka, menambah wawasan, serta menginspirasi bagi mahasiswa lain yang akan mengambil tugas akhir.

1.6. Sistematika Penulisan

Di dalam penyusunan tugas akhir menggunakan sistematika sebagai berikut ini:

BAB I PENDAHULUAN

Pada bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan, pembatasan masalah, manfaat penelitian dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Pada bab ini berisi latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah, manfaat, dan sistematika penulisan laporan

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi mengenai metode serta diagram alir penelitian

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

pada bab ini berisi mengenai pengumpulan dan pengolahan data yang nanti dibutuhkan serta untuk mengetahui dampak lingkungan dari proses produksi kerupuk Bu Min dan menganalisis data yang sudah dihasilkan.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini berisi kesimpulan serta hasil yang diperoleh dari penelitian untuk memberikan saran yang bersifat perbaikan dan pengembangan bagi peneliti selanjutnya



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah dilakukan penelitian, ditemukan beberapa penelitian yang relevan dengan penelitian yang akan datang. Salah satunya penelitian yang dilakukan oleh (Puspita Sari et al., 2012) berjudul “pengukuran tingkat *Eco Efficiency* dengan metode *Life Cycle Assesment* untuk mewujudkan produksi berkelanjutan di ikm batik”. Studi tersebut mengukur kinerja dengan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA), *Cost Benefit Analysis* (CBA), dan metode *efficiency* lingkungan seperti *Eco Efficiency index* (EEI), *Eco Value Per Ratio* (EVR), dan *Eco Efficiency Ratio* (EER). Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan kimia batik yang digunakan memiliki harga *Eco cost* sebesar Rp. 188.028,32, dan EER sebesar 68,74%. Hal ini menunjukkan bahwa industri batik menguntungkan secara finansial tetapi tidak ramah lingkungan, sesuai hasil EER.

Penentuan tingkat *Eco Efficiency* produksi biji kopi kakao di pusat penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dengan pendekatan *Life Cycle Assessment* oleh (Nisa et al., 2012). Berdasarkan hasil temuan, biaya produksi biji kakao adalah Rp. 610.1300,00 setelah pengomposan dibandingkan dengan Rp. 459.841,00 sebelumnya. Setelah pengomposan, *Eco Efficiency* biji kakao meningkat dari 75,9% menjadi 76,2%. Menurut studi pada usaha biji kakao yang menggunakan prinsip *Eco Efficiency* (LCA, CBA, EEI, EVR, dan EER), penjualan pupuk kompos menghasilkan peningkatan *Eco Efficiency* sebesar 3%. Menggunakan *Simapro* untuk melakukan AMDAL, mencari biaya menggunakan pendekatan LCA dan menganalisis hasilnya. Peneliti ketiga, (Windrianto et al., 2016) menggunakan metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dan *Eco Efficiency Ratio* (EER) untuk mengukur tingkat *Eco Efficiency* produksi batik di IKM Sri Kuncoro Bantul. Mereka menemukan bahwa mengganti kompor minyak tanah dengan kompor listrik dan kayu bakar dengan bahan bakar gas dapat meningkatkan produksi batik dan meningkatkan nilai EER dari 56% menjadi 60% yang mengindikasikan tingkat produksi yang lebih berkelanjutan.

Peneliti keempat (Pringgajaya & Ciptomulyono, 2012) menggunakan metode LCA dan *Analytical Network Process* (ANP) untuk mengembangkan produk lampu hetroik yang ramah lingkungan. Mereka menemukan bahwa proses produksi memiliki dampak lingkungan terbesar, dan mengidentifikasi empat alternatif utama menggunakan metode ANP untuk mengurangi dampak tersebut.

Peneliti kelima (Astuti, 2019), menggunakan pendekatan LCA untuk menganalisis potensi dampak lingkungan dari budidaya tebu. Mereka menemukan bahwa budidaya tebu menghabiskan sumber daya alam seperti tanah, air, dan energi, dan mengidentifikasi lima dampak lingkungan utama menggunakan LCA. Disarankan penggunaan pupuk anorganik dengan dosis yang tepat dan memanfaatkan limbah pasca panen sebagai bahan bakar boiler untuk proses produksi industri gula sebagai alternatif perbaikan. Secara keseluruhan menggunakan metode LCA untuk menilai dampak lingkungan dari berbagai produk dan proses produksi, serta mengidentifikasi perbaikan alternatif untuk mengurangi dampak tersebut dan meningkatkan keberlanjutan.

Peneliti ke enam oleh (Kassir et al., 2016) dengan judul "*Gate To Gate Life Cycle Analysis Of Babel Lead Acid Battery*". Hasil penelitian menunjukkan Hasil dari fase analisis persediaan dihitung menggunakan *Chain Management Life Cycle Assessment* (CMLCA) dan hasil penilaian dampak dianalisis menggunakan metode CML. Hasil menunjukkan bahwa dampak lingkungan menyebar proses produksi dan setiap proses memiliki dampak tertentu, namun yang terbesar dampak lingkungan terkait dengan proses Formasi dan Perakitan, proses Formasi dampak terhadap Eutrofikasi sebesar (71%) dan terhadap Pemanasan Global sebesar (26%).

Peneliti ke tujuh (Cuevas, 2010) yang berjudul "*COMPARATIVE LIFE CYCLE ASSESSMENT OF BIOLUBRICANTS AND MINERAL BASED LUBRICANTS*". menggunakan matriks keputusan untuk menggabungkan dan mengevaluasi kategori untuk memastikan keputusan dibuat tentang pemilihan produk. Mereka menyarankan agar analisis tambahan, seperti menentukan dampak penggunaan lahan, dapat lebih meningkatkan pemilihan pelumas. Meskipun metode ini mungkin rumit dan memakan waktu, metode ini pada akhirnya membantu memilih produk dengan dampak negatif paling kecil terhadap lingkungan, *Ekonomi*, dan masyarakat.

Peneliti ke delapan (S.W.J. Lamberts, 2008) berjudul “*Development of Life Cycle Assessment methodology: a focus on co-product allocation*”. Hasil penelitian menyelidiki berbagai lokasi di tingkat sistem produk. Data hipotetis mereka menunjukkan bahwa mengubah alokasi berdasarkan berat, volume, energi, nilai pasar, atau permintaan tidak memengaruhi peringkat relatif produk alternatif.

Peneliti ke sembilan (Sumarata et al., 2019) dalam penelitiannya yang berjudul “Analisa Dampak Lingkungan Penggunaan Material Dan Energi Pada Proses Pembuatan Batik Menggunakan Metode *Life Cycle Assesement (Lca)* Pada Batik Tobal Pekalongan.”. menemukan bahwa minyak tanah, pewarna, dan listrik energi merupakan bahan baku dengan dampak paling signifikan terhadap lingkungan, dengan nilai dampak di atas 0 Pt. Nilai total kontribusi dampak negatif tertinggi untuk kategori Sumber Daya sebesar 2,74, diikuti Kesehatan Manusia sebesar 0,371 Pt dan *Ecosistem* sebesar 0,067 Pt. Kategori Sumber Daya berkontribusi paling besar terhadap lingkungan dibandingkan dengan dua kategori lainnya.

Peneliti kesepuluh, (Reza aulia, 2021) melakukan penelitian dengan judul “*Eco Efficiency Analysis* produk kursi kulit menggunakan metode *Life Cycle Assessment* di CV Aneka kulit Jepara”. Dari penelitian didapatkan bahwa proses pemasangan ban karet memiliki dampak yang paling besar dengan nilai sebesar 336.1625 MJ. Nilai *Eco Efficiency* produk kursi kulit ditemukan dalam kategori terjangkau, namun tidak ramah lingkungan. Untuk meningkatkan *Eco Efficiency*, potongan limbah kulit dimanfaatkan untuk membuat produk tambahan seperti dompet kulit, yang meningkatkan keuntungan dan *Eco Efficiency*. Tindakan korektif meningkatkan nilai *efficiency* dari 50,77% menjadi 60,33% atau meningkat sebesar 9,56%.

Dalam penelitian (Haryani et al., 2020) berjudul “Penerapan Biaya Lingkungan Pada *Green Hospital*”. Dalam penelitian mereka berjudul “Implementasi Biaya Lingkungan di *Green Hospital* bahwa ada dua jenis biaya lingkungan yaitu biaya lingkungan internal dan biaya lingkungan eksternal. Biaya lingkungan eksternal mengacu pada biaya yang dihasilkan dari kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh organisasi eksternal, seperti penggunaan sumber daya alam, kebisingan dan dampak estetika, sisa emisi udara dan limbah, efek kesehatan yang tidak terkompensasi, dan

perubahan kualitas hidup setempat. Di sisi lain, biaya lingkungan internal perusahaan disusun dari biaya langsung, biaya tidak langsung, dan biaya tidak pasti, dan biasanya dapat diestimasi dan disewakan dengan menggunakan sistem penetapan biaya standar. Penulis menyarankan bahwa dengan menerapkan biaya lingkungan pada konsep rumah sakit hijau, rumah sakit dapat memenuhi tanggung jawab sosial dan lingkungannya serta memberikan nilai positif kepada konsumennya.

Penelitian yang dilakukan oleh (Sukendar et al., 2021) berfokus pada penerapan *Green Manufacturing* di IKM Dadi Mulyo. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dengan menerapkan *Green Manufacturing*, limbah dapat dikurangi dan nilai tambah dapat ditingkatkan hingga 50%. Peningkatan nilai tambah ini berpotensi berdampak positif terhadap kesejahteraan karyawan.



Tabel 2. 1 Tinjauan Pustaka

No	Peneliti	Judul	Sumber	Permasalahan	Metode	Hasil
1.	(Puspita Sari et al., 2012)	Pengukuran tingkat <i>Eco Efficiency</i> dengan metode <i>Life Cycle Assesment</i> untuk mewujudkan produksi berkelanjutan di ikm batik	Jurnal Teknik Industri, Vol. 14, No. 2, Desember 2012, 137-144 ISSN 1411-2485 print / ISSN 2087-7439 online	UKM batik yang menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar yang dapat merusak lingkungan.	<i>Life Cycle Assessment</i>	<i>Eco cost</i> sebesar Rp. 188.028,32, dan EER sebesar 68,74%. Industri batik menguntungkan secara finansial tetapi tidak ramah lingkungan, sesuai hasil EER.
2.	(Nisa et al., 2012)	Penentuan tingkat <i>Eco Efficiency</i> produksi biji kopi kakao di pusat penelitian Kopi dan Kakao Indonesia	Jurnal Sumberdaya Alam dan Lingkungan	mengolah hasil samping produksi kakao seperti kulit, daun, dan daging buah menjadi produk yang lebih bernilai seperti kompos.	<i>Life Cycle Assessment</i>	biaya produksi biji kakao Rp. 610.1300,00 setelah pengomposan Rp. 459.841,00 sebelumnya. Setelah pengomposan, <i>Eco Efficiency</i> biji kakao meningkat dari 75,9% menjadi 76,2%.
3.	(Windri anto et al., 2016)	Mengukur tingkat <i>Eco Efficiency</i> produksi batik di IKM Sri Kuncoro Bantul.	Vol 9 No 2 Desember 2016 Halaman 143-149	meningkatkan produksi batik pewarna sintetis di Sri Kuncoro, sekaligus memastikan <i>efficiency</i> dan kelestarian	<i>Life Cycle Assessment</i>	mengganti kompor minyak tanah dengan kompor listrik dan kayu bakar dengan bahan bakar gas dapat meningkatkan produksi batik dan meningkatkan nilai EER

Tabel 2. 2 Tinjauan Pustaka (lanjutan)

4.	(Pringgajaya & Ciptomulyono, 2012)	mengembangkan produk lampu hetrik yang ramah lingkungan dengan menerapkan pendekatan LCA dan (ANP)	JURNAL TEKNIK ITS Vol. 1, No.1 (Sept. 2012) ISSN: 2301-9271	dampak lingkungan produk lampu hetrik ditinjau dari kriteria daur hidupnya.	(LCA) dan (ANP)	mengembangkan produk lampu hetrik yang ramah lingkungan.
5.	(Astuti, 2019)	Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan (LCA)	Jurnal Litbang Vol. XV No.1 Juni 2019 Hal 51-64	Budidaya tebu merupakan kontributor utama emisi dibandingkan dengan proses lain dalam rangkaian proses industri gula.	<i>LIFE CYCLE ASSESEMENT</i>	penggunaan pupuk anorganik dengan dosis yang tepat dan memanfaatkan limbah pasca panen sebagai bahan bakar boiler untuk proses produksi industri gula sebagai alternatif perbaikan.
6.	(Kassir et al., 2016)	gate To Gate” Life Cycle Analysis of Babel Lead Acid Battery	<i>Diyala journal of Engineering Science</i> : Vol 09., No 02, pp. 96-108. Iraq	4 kontributor utama lingkungan dampak; Eutrofikasi, Pemanasan Global, Toksisitas Manusia, Pengasaman	<i>LIFE CYCLE ASSESEMENT</i>	terkait dengan proses Formasi dan Perakitan, proses Formasi dampak terhadap Eutrofikasi sebesar (71%) dan terhadap Pemanasan Global sebesar (26%).

Tabel 2. 3 Tinjauan Pustaka (lanjutan)

7.	(Cuevas, 2010)	<i>Comparative Life Cycle Assessment of biolubricants and mineral based lubricant</i> 101	<i>Thesis University of Pittsburgh</i> (2010)	sebagian besar berasal dari mineral, dibuang ke lingkungan selama pembuangan, tumpahan dan penggunaan.	<i>LIFE CYCLE ASSESEMENT</i>	menentukan dampak penggunaan lahan, dapat lebih meningkatkan pemilihan pelumas. Akhirnya membantu memilih produk dengan dampak negatif paling kecil terhadap lingkungan, <i>Economi</i> , dan masyarakat.
8.	(S.W.J. Lamberts, 2008)	<i>Development of Life Cycle Assessment methodology: a focus on co-product allocation</i>	<i>Erasmus University Rotterdam</i> (2008)	pendekatan berbasis bobot, berbasis volume, berbasis nilai pasar, berbasis energi, dan berbasis permintaan	<i>LIFE CYCLE ASSESEMENT</i>	mengubah alokasi berdasarkan berat, volume, energi, nilai pasar, atau permintaan tidak memengaruhi peringkat relatif produk alternatif.
9.	(DENADYAYF, 2019)	Analisa dampak lingkungan penggunaan material dan energi pada proses pembuatan batik menggunakan metode lca	Undergraduate Thesis, Universitas Islam Sultan Agung (2019)	Kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh limbah batik cair masuk dalam kategori “kerusakan”	<i>LIFE CYCLE ASSESEMENT</i>	dampak negatif tertinggi untuk kategori Sumber Daya sebesar 2,74, Kesehatan Manusia sebesar 0,371 Pt, <i>Ecosistem</i> sebesar 0,067 Pt.

Tabel 2. 4 Tinjauan Pustaka (lanjutan)

10.	(Reza aulia, 2021)	Analisis <i>Eco Efficiency</i> produk kursi kayu kulit menggunakan metode lca pada cv aneka kulit di jepara	Undergraduate thesis, Universitas Islam Sultan Agung (2021)	Penilaian dampak lingkungan dari kursi kulit menentukan proses produksinya berkontribusi terhadap pencemaran lingkungan.	<i>LIFE CYCLE ASSESEMENT</i>	Proses pemasangan ban karet memiliki dampak yang paling besar dengan nilai sebesar 336.1625 MJ. Tindakan korektif meningkatkan nilai <i>efficiency</i> dari 50,77% menjadi 60,33% atau meningkat sebesar 9,56%.
11.	(Haryani et al., 2020)	Penerapan Biaya Lingkungan Pada <i>Green Hospital</i>	Jurnal Sinar Manajemen E-ISSN 2598-398X P-ISSN 2337-8743 (Online)	Pembuangan limbah medis dari rumah sakit dapat berdampak buruk bagi kesehatan masyarakat, degradasi lingkungan.	<i>Green Hospital</i>	biaya lingkungan pada konsep rumah sakit hijau, rumah sakit dapat memenuhi tanggung jawab sosial dan lingkungannya serta memberikan nilai positif kepada konsumennya.
12.	(Sukendar et al., 2021)	Penerapan <i>Green Manufacturing</i> pada IKM Dadi Mulyo	<i>Applied Industrial Engineering Journal</i>	IKM Dadi Mulyo menghasilkan sekitar 400 kg limbah serbuk gergaji per hari,	<i>Green Manufacturing</i>	limbah dapat dikurangi dan nilai tambah dapat ditingkatkan hingga 50%.

Berdasarkan tabel yang disajikan, metode penelitian dapat diterapkan untuk mempelajari Industri Kerupuk Mikro Bu Min :

1. *Life Cycle Assessment*

LCA adalah Metode ini melibatkan evaluasi penggunaan energi dan sumber daya di seluruh siklus produk, mulai dari pengumpulan bahan mentah hingga akhir masa pakai produk, dan menghitung dampak lingkungan kumulatif. LCA dapat membantu mengidentifikasi area dengan dampak lingkungan paling signifikan dan dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas produk dan proses (Windrianto et al., 2016)

2. *Green Hospital*

Green Hospital merupakan metode melibatkan perancangan rumah sakit dengan kriteria ramah lingkungan yang dapat menghemat biaya dan memberikan alternatif perbaikan. Konsep tersebut mencakup target yang berkaitan dengan bahan kimia, limbah, energi, air, transportasi, makanan, obat-obatan, bangunan, dan pembelian. Penerapan rumah sakit hijau berfokus pada *efficiency* penggunaan sumber daya, pengurangan limbah, dan dampak lingkungan secara keseluruhan (Windrianto et al., 2016)

3. *Green Manufacturing*

Green Manufacturing adalah sebuah pendekatan yang bertujuan untuk mengurangi limbah dan polusi dalam proses manufaktur. Kegiatan yang terlibat dalam manufaktur ramah lingkungan meliputi minimalisasi limbah, pencegahan polusi, penangkapan energi, dan inisiatif terkait kesehatan. Adopsi teknologi bersih merupakan komponen penting dari manufaktur hijau, yang melibatkan modifikasi proses industri untuk meminimalkan limbah pada sumbernya. Teknologi bersih mencakup serangkaian teknologi, produk, proses, dan sistem yang digunakan untuk mengurangi kerusakan lingkungan. Tidak seperti langkah-langkah pengendalian polusi tradisional yang berfokus pada penanganan polusi setelah terjadi, teknologi bersih bertujuan untuk mencegah terjadinya polusi sejak awal (Windrianto et al., 2016).

Dari beberapa metode yang dipakai untuk penelitian terdapat kelebihan dan kelemahan antara lain:

Kelebihan Metode *Life Cycle Assessment*

- a. Memungkinkan perhitungan penggunaan energi yang akurat
- b. Mengidentifikasi dan mengukur konsumsi sumber daya alam
- c. Menghitung dampak lingkungan dari penggunaan energi dan sumber daya
- d. Menghitung biaya pencegahan dan emisi yang dihasilkan

Kelemahan Metode *Life Cycle Assessment*

- a. Hanya berlaku untuk perusahaan manufaktur, tidak seperti manufaktur ramah lingkungan, yang dapat digunakan dalam desain produk, rantai pasokan, dan manajemen perusahaan

Kelebihan metode *Green Hospital*

- a. Meningkatkan kualitas udara dan ramah lingkungan
- b. Memungkinkan desain bangunan yang efisien dan penggunaan sumber daya air dan energi

Kelemahan metode *Green Hospital*

- a. Keterbatasan lahan dan memungkinkan mengabaikan elemen ramah lingkungan tertentu.

Kelebihan metode *Green Manufacturing*

- A. Untuk bidang termasuk manufaktur, desain produk, rantai pasok dan manajemen perusahaan.

Kelemahan metode *Green Manufacturing*

- a. Kurangnya kemampuan untuk menghitung dampak lingkungan dari penggunaan sumber daya dan energi yang riil

Secara keseluruhan, Metode LCA paling sesuai untuk studi ini karena metode ini dapat secara akurat menghitung penggunaan dan biaya energi, serta menangani masalah *Eco Efficiency*. Metode Manufaktur Hijau mungkin terbatas dalam kemampuan mereka untuk secara akurat menghitung dampak dan biaya lingkungan.

2.2 Landasan Teori

2.2.1 *Life Cycle Assessment (LCA)*

Life Cycle Assessment (LCA) adalah teknik yang digunakan untuk memperkirakan energi yang terkait dengan aliran material dalam siklus hidup produk dan dampak lingkungannya. LCA mengevaluasi berbagai aspek seperti kesehatan masyarakat, sistem ekologi, penipisan sumber daya, dan dampak lingkungan, tetapi tidak mempertimbangkan faktor sosial dan ekonomi. LCA dapat membantu pengambilan keputusan terkait aspek lingkungan, dan keefektifannya sangat penting dalam mencapai ekonomi siklus hidup. Kerangka umum LCA telah dikembangkan oleh *Society for Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC)*, dan ISO telah menetapkan ISO 14040 sebagai standar untuk LCA.

Tujuan utama LCA adalah untuk mengidentifikasi kemungkinan kerusakan lingkungan dan sosial yang disebabkan oleh aktivitas yang terkait dengan produk atau layanan. Itu juga dapat mengukur dampak dari teknologi yang digunakan untuk memproduksi produk atau layanan. Siklus hidup produk meliputi ekstraksi bahan mentah, pemrosesan bahan, produksi produk atau jasa, aktivitas emisi, dan konsumsi sumber daya. Dengan demikian, mengevaluasi dampak lingkungan dari seluruh siklus hidup produk atau layanan dapat membantu dalam membuat keputusan yang tepat mengenai produk yang berkelanjutan, desain produk dan proses, serta strategi bisnis.

2.2.2 **Karakteristik dan Batasan dari *Life Cycle Assessment (LCA)***

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Pujadi pada tahun 2009, fitur dan batasan LCA digunakan untuk mengevaluasi siklus hidup dengan cara sebagai berikut::

1. *Life Cycle Assessment (LCA)* memiliki keterbatasan analitis dan kekuatan keseluruhan. Cakupan LCA yang luas dan lengkap untuk mengevaluasi suatu produk menjadikannya metode yang tak tertandingi, tetapi membutuhkan penyederhanaan aspek lainnya.
2. LCA tidak sesuai untuk mengukur dampak lokal. LCA tidak berfungsi sebagai media untuk menilai risiko dan dampak fasilitas di area tertentu.

3. LCA adalah alat pemodelan linier yang terutama berfokus pada atribut fisik kegiatan industri dan proses ekonomi, menghilangkan mekanisme pasar dan efek kemajuan teknologi.
4. LCA mengikuti standardisasi ISO, memastikan bahwa asumsi dan pilihan setransparan mungkin selama proses implementasi.
5. LCA berfungsi sebagai alat analisis yang memberikan informasi berharga untuk mendukung pengambilan keputusan.

2.2.3 Prinsip LCA

Implementasi LCA memiliki prinsip antara lain :

1. Menentukan seluruh siklus hidup fisik pada produk dan jasa pada suatu pemakaian energi serta material produksi, proses produksi dan penggunaan produk, dan dapat melihat suatu siklus hidup pada proses yang dilakukan untuk penelitian.
2. Menilai beberapa aspek dari suatu lingkungan yang menjadikan penilaian umum serta dampak lingkungannya mampu diidentifikasi
3. Mampu memberikan transparansi suatu rangka dan dapat memastikan *Interpretasi* yang bisa memberikan hasil yang mampu didapatkan oleh suatu perhitungan.
4. Mempunyai empat tahapan serta mempunyai tujuan dari suatu ruang lingkup dalam penelitian, *Life Cycle Inventory (LCT)*, *Life cycle impact Assessment (LCIA)*, dan *interpretasi*.
5. Mempelajari suatu lingkungan dengan berfokus pada suatu aspek dalam lingkungan pada sistem produk, yang bisa membuat suatu aspek *Ekonomi* dan sosial keluar penelitian
6. Menekankan ilmu pengetahuan ilmiah yang bisa berubah. Dan LCA mampu memberikan suatu keadaan tertentu dan bisa memberikan suatu gambaran tertentu.

2.2.4 Manfaat LCA

Proses evaluasi LCA dapat mengidentifikasi tahapan dalam produksi atau layanan yang melibatkan pemrosesan bahan, perakitan, transportasi, produksi dan pemrosesan limbah, pengemasan, distribusi, dan pembuangan akhir. LCA menawarkan beberapa keuntungan, seperti:

1. Tindakan korektif

LCA dapat meningkatkan *efficiency* pemrosesan sumber daya, kualitas perakitan, dan pemrosesan limbah dengan menghitung penggunaan energi dan sumber daya dalam proses atau operasi produksi.

2. Perencanaan strategis

LCA dapat membantu dalam merencanakan strategi dan peraturan yang dapat meningkatkan ekspektasi lingkungan dan menekan perusahaan untuk meningkatkan operasi lingkungan mereka.

3. Perbaikan produk

LCA dapat mengidentifikasi cara yang hemat biaya dan efisien untuk mengurangi dampak lingkungan dari suatu produk atau layanan dan mengembangkan produk yang diinginkan konsumen.

4. Penilaian dampak lingkungan

LCA dapat menangani dampak lingkungan di semua siklus hidup produk, proses, dan pemrosesan, mulai dari bahan hingga pembuangan akhir, memungkinkan perusahaan untuk mengidentifikasi perbaikan.

5. Peningkatan *efficiency*

LCA dapat membantu perusahaan meningkatkan *efficiency* proses untuk produk mereka, menjadikannya lebih kompetitif di pasar dan menarik bagi konsumen.

2.2.5 Tahapan Pada LCA

Berikut adalah beberapa tahapan pada *life cycle asesment* sebagai berikut:

1. *Goal And Scope*

Beberapa komponen penting dari *Life Cycle Assessment (LCA)* meliputi tujuan, sistem produk, batasan sistem, unit fungsional, dan aliran referensi. Untuk menghindari

ambiguitas, tujuan penelitian, alasan penggunaan LCA, audiens yang dituju, dan apakah hasilnya akan dipublikasikan harus dinyatakan secara eksplisit (ISO, 2006). Batasan sistem menentukan modul spesifik yang disertakan atau dikecualikan dalam model sistem. Empat opsi untuk menetapkan batasan sistem termasuk *cradle to grave*, *cradle to gate*, *gate to grave*, dan *gate to gate*. Kinerja unit fungsional (FU), yang mengukur kinerja sistem produk, digunakan sebagai unit referensi. FU mengkuantifikasi fungsi sistem dalam kaitannya dengan layanan yang disediakan dan sama untuk semua skenario. Alur inventarisasi dan dampak untuk setiap skenario dihitung per FU.

2. *Life Cycle Inventory*

Pada tahap kedua, dilakukan analisis inventarisasi input dan *output* yang terkait dengan sistem yang diperiksa, menghasilkan inventarisasi siklus hidup yang menawarkan representasi numerik dari pergerakan material, energi, dan polutan dalam batas sistem. Analisis inventaris melibatkan langkah-langkah berikut: dimulai dengan aliran referensi, yang merujuk pada sesuatu yang benar-benar diperoleh, sesuai unit fungsional.

- a. Pada setiap unit proses, tentukan input (aliran perantara terukur) dan emisi (aliran elementer).
- b. Menghasilkan informasi dalam bentuk *flowchart* atau tabel.
- c. Menentukan emisi untuk setiap unit proses dengan menilai jumlah setiap unit proses per unit fungsional menggunakan faktor ekstraksi atau emisi.
- d. Hitung emisi total atau ekstraksi agregat.

3. *Life cycle impact Assessment*

Langkah ketiga melibatkan pelaksanaan penilaian dampak berdasarkan inventarisasi yang diperoleh dari sistem yang sedang dipelajari. Berikut ini adalah langkah-langkah yang terlibat dalam melakukan penilaian dampak:

- a. Klasifikasi - Langkah ini melibatkan identifikasi masalah lingkungan dan menentukan kategori dampak titik tengah untuk jenis masalah yang teridentifikasi. Emisi kemudian diklasifikasikan ke dalam kategori titik tengah yang relevan berdasarkan efeknya. Karakterisasi Titik Tengah

Langkah ini mencakup mengalikan aliran inventaris, emisi, atau ekstraksi berdasarkan faktor, lalu menjumlahkan hasil untuk setiap kategori titik tengah untuk

b. skor titik tengah.

Karakterisasi dilakukan terhadap beberapa kategori kerusakan lingkungan, seperti Rumah Kaca, Lapisan Ozon, Asidifikasi, Eutrofikasi, Logam Berat, Karsinogen, Pestisida, Asap Musim Panas, Asap Musim Dingin, Sumber Energi, dan Limbah Padat, dengan menggunakan Eco-Indicator 99 metode.

c. Karakterisasi

Selama fase ini, hasil dari *Life Cycle Inventory* (LCI) diubah dan diintegrasikan ke dalam metrik representatif dari efek pada kesehatan manusia dan lingkungan. Faktor karakterisasi menunjukkan faktor konversi yang menawarkan cara untuk membandingkan secara langsung temuan LCI dalam setiap klasifikasi dampak. Faktor-faktor ini mengubah distribusi input yang beragam menjadi indikator dampak yang setara yang dapat dibandingkan secara langsung.

d. Normalisasi

Langkah ini melibatkan penentuan kontribusi relatif dari setiap kategori dampak terhadap masalah lingkungan dan menciptakan unit yang seragam untuk semua kategori. Tahapan pembobotan atau pembobotan memberikan bobot pada setiap kategori berdasarkan tingkat kepentingannya. Pembobotan dihitung dengan cara mengalikan setiap kategori dengan faktor pembobotnya kemudian menjumlahkannya untuk mendapatkan skor total.

e. Skor Tunggal

Pada tahap akhir ini, kategori dampak dengan skor tertinggi pada tahap pembobotan diklasifikasikan memiliki dampak terbesar. Setiap kategori dampak dengan nilai tinggi memiliki kontribusi yang tinggi terhadap dampak terhadap lingkungan. tinggi memiliki kontribusi yang tinggi dalam mempengaruhi lingkungan.

2.2.6 Eco Efficiency

Pendekatan bisnis yang berupaya memperbaiki lingkungan sekaligus memberikan manfaat *Economi*. *Eco Efficiency*, seperti yang didefinisikan oleh

WBCSD, adalah cara untuk mengurangi dampak lingkungan dan menggunakan sumber daya di sepanjang siklus hidup produk sekaligus mencapai harga yang kompetitif dan memenuhi kebutuhan manusia. Ini melibatkan melakukan lebih banyak dengan lebih sedikit dan meminimalkan dampak negatif dengan menggunakan sumber daya ekonomi dan ekologi secara optimal dan efisien. OECD mendefinisikan *Eco Efficiency* sebagai efisiensi penggunaan sumber daya alam untuk memenuhi kebutuhan konsumen dan dapat diukur sebagai rasio *output* terhadap input.

Eco-Efficiency berfokus pada penyediaan produk bernilai tambah yang memenuhi kebutuhan konsumen sekaligus mengurangi dampak lingkungan, dan perusahaan yang tidak memprioritaskannya dapat menghadapi biaya produksi yang lebih tinggi dan dampak lingkungan yang negatif, sehingga sulit untuk bersaing. Meskipun *Eco-Efficiency* memiliki kesamaan dengan produksi bersih dalam menciptakan produk yang ramah lingkungan, hal ini menekankan efisiensi sumber daya dan penggunaan lingkungan secara efisien, sedangkan produksi bersih memaksimalkan produktivitas dan meminimalkan produksi limbah untuk mencegah polusi. *Eco Efficiency* adalah pendekatan bisnis yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi ekonomi dan lingkungan. *Eco Efficiency* dapat membantu mengatasi pemanasan global dengan penggunaan energi dan sumber daya yang lebih efisien. Penting untuk dipahami bahwa *Eco Efficiency* juga dapat mendorong metode baru untuk penciptaan nilai sekaligus mengurangi dampak lingkungan. Dengan menggunakan sumber daya yang *Eco Efficiency* dan proses produksi yang tepat, perusahaan dapat menciptakan produk yang menawarkan nilai unggul sekaligus meminimalkan emisi dan dampak lingkungan yang negatif. (Mahastuti, 2017).

2.2.7 Eco cost

Biaya ramah lingkungan mengacu pada metrik yang mengukur dampak lingkungan dari suatu produk dengan menghitung biaya yang terkait dengan pencegahan dampak tersebut. Ini termasuk biaya emisi dan penggunaan sumber daya alam selama siklus hidup produk. Dalam prakteknya, *Eco cost* digunakan untuk membandingkan produk dengan fungsi yang sama. Menghitung biaya ramah

lingkungan bersifat transparan dan relatif sederhana dibandingkan dengan menilai kerusakan lingkungan, yang melibatkan penimbangan berbagai aspek yang berkontribusi terhadap beban lingkungan secara keseluruhan. Biaya ramah lingkungan adalah biaya bayangan yang mewakili titik di mana biaya pencegahan bertemu dengan biaya kerusakan dalam suatu sistem. Nilai *Eco cost* diperoleh dengan menjumlahkan biaya dari tiga komponen: *Eco cost* kesehatan manusia, *Eco cost Ecosystem*, dan *Eco cost* sumber daya. Biaya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

Berikut merupakan rumus pencarian nilai *Eco cost* (Peruzzini et al., 2013)

a. Perhitungan *Eco cost Human health*

- 1 DALYs = 1 QALYs
- 1 QALYs*74000 = euro
- 1 Euro*15244,2 = rupiah
- *Human health* = (*Human health*) x (74000 euro) x (15244,2 rupiah)

b. Perhitungan *Eco cost* pada *Ecosystem Quality*

- 1 (PDFm2yr)*1,4 = euro
- 1 Euro*15244,2 = rupiah
- *Ecosystem Quality* = (*Ecosystem Quality*)x (1,4 euro) x(15244,2 rupiah)

c. Perhitungan *Eco cost* pada *Resources*

- MJ * 0,00411 = euro
- 1 Euro*15244,2 = rupiah
- *Resources* = (*Resources*) x (0,00411) x (15244,2 rupiah)
- Eco cost* = (*Human health**1,4)+(Ecosystem*74000)+(Resource
s*0,00411)

2.2.8 Cost Benefit Analysis

Cost Benefit Analysis adalah alat sistematis yang digunakan untuk membandingkan biaya dan manfaat penting dari aktivitas tertentu. Ini membantu untuk menentukan nilai bersih suatu produk dengan mengurangi biaya produksi dan keuntungan. Nilai bersih ditentukan oleh biaya produksi produk dan harga jual. Tujuan dari *Cost Benefit Analysis* untuk kerupuk adalah untuk mengidentifikasi biaya yang

dikeluarkan dalam memproduksi produk dan menentukan harga jual. Ini membantu menilai kelayakan produk atau layanan dengan memastikan bahwa harga jual melebihi biaya produksi. Profitabilitas perusahaan dapat diukur dengan menghitung nilai bersih produk menggunakan rumus Cost Benefit Analysis. (Vogtländer et al., 2019)

$$Net\ value = Selling\ Price - Production\ cost \dots\dots\dots(2,1)$$

2.2.9 *Eco Efficiency index*

Menurut *World Business Council for Sustainable Development* (WBCS) mendefinisikan *Eco Efficiency* sebagai filosofi manajemen dan konsep bisnis yang mempromosikan praktik bisnis berkelanjutan. Ini menghadirkan peluang bagi perusahaan untuk menjadi bertanggung jawab terhadap lingkungan dan menguntungkan dengan mendorong inovasi dan meningkatkan daya saing. Konsep *Eco Efficiency* harus terintegrasi di seluruh organisasi, termasuk pengembangan produk, produksi, pemasaran, dan distribusi. Pendekatan ini juga harus diterapkan di seluruh siklus hidup produk, dari manufaktur hulu hingga hilir. Kinerja lingkungan dapat dinilai dengan menggunakan Indikator *Eco Efficiency* (EEI), yang merupakan ukuran keberlanjutan produk. EEI dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut:

$$Eco\ efficiency\ Index = \frac{Price - cost}{Cost + Eco\ Cost} \dots\dots\dots (2.2)$$

Untuk mengevaluasi *Eco Efficiency* suatu produk, *Eco Efficiency Index* (EEI) dihitung untuk mengukur kinerjanya dalam hal *Eco Efficiency* dan menilai karakteristiknya. EEI juga digunakan untuk menentukan kelestarian lingkungan suatu produk dan untuk menginformasikan kebijakan yang ditujukan untuk konservasi. Sebagai contoh, EEI dapat digunakan untuk menilai apakah Industri Kerupuk Mikro yang dimiliki oleh Bu Min terjangkau secara finansial dan ramah lingkungan. Perhitungan EEI melibatkan persamaan berikut:

berikut: Sumber : (Mahastuti, 2017)

	> 1	<i>Affordable, Sustainable</i>
<i>Eco efficiency indeks</i>	= 0~1	<i>Affordable, Not Sustainable</i>
	< 0	<i>Not affordable, Not Sustainable</i>

Berikut hasil perhitungan EEI memiliki karakteristik sebagai berikut:

- Produk dengan nilai EEI lebih besar dari 1 dianggap terjangkau secara finansial dan ramah lingkungan (sustainable).
- Produk dengan nilai EEI antara 0 dan 1 dianggap terjangkau secara finansial tetapi tidak ramah lingkungan (tidak berkelanjutan).
- Produk dengan nilai EEI kurang dari 1 dianggap tidak terjangkau secara finansial dan tidak ramah lingkungan (tidak berkelanjutan).

2.2.10 *Eco cost Per Value Ratio*

Eco cost per value ratio (EVR) adalah alat yang digunakan untuk menghitung *Eco Efficiency Ratio* (EER) dari suatu proses pembuatan produk. Rasio ini memperhitungkan parameter *Ekonomi* dan *Ecologi*, yang memungkinkan analisis yang lebih lengkap tentang dampak produk terhadap lingkungan. EVR adalah aspek kualitas dari analisis *Life Cycle Assessment* (LCA), yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk sepanjang siklus hidupnya. Nilai kualitas rendah dalam analisis EVR menunjukkan kelayakan, sedangkan nilai kualitas tinggi menunjukkan perlunya mempertimbangkan desain alternatif yang lebih sesuai dengan prinsip keberlanjutan (Reza aulia, 2021).

Untuk menghitung nilai EVR dari membagi *Eco cost* dengan *net value* Nilai bersih dihitung dengan mengurangi biaya proses dari keuntungan bersih. *Eco cost* diperoleh dari interpretasi analisis LCA. Dengan membagi biaya dengan nilai bersih, *Eco Efficiency Ratio* (EER) diperoleh. Persamaan 2.3 berikut merupakan persamaan untuk menghitung nilai EVR (Vogtländer et al., 2019)

$$EVR = \frac{Eco\ cost\ Net\ value}{Net\ value} \dots \dots \dots (2.3)$$

2.2.11 *Eco Efficiency Ratio*

Eco Efficiency Ratio (EER) adalah perhitungan akhir yang digunakan untuk mengukur tingkat *Eco Efficiency* suatu produk. Perhitungan EER dilakukan dengan tujuan untuk menentukan tingkat *efficiency* proses manufaktur suatu produk. Dengan melakukan perhitungan tersebut, sebuah perusahaan dapat menentukan nilai EER untuk proses produksi tertentu dari produk yang diproduksinya. Nilai EER diperoleh

dengan membagi nilai *net benefit* dikurangi biaya proses dengan *Eco cost* yang diperoleh dari interpretasi analisis LCA.(Vogtländer et al., 2019)

$$EER = (1 - EVR) \times 100\% \dots \dots \dots (2.4)$$

2.2.12 Harga pokok produksi

Pengertian Harga Pokok Produksi menurut Mulyadi (2001) adalah sumber daya yang dikorbankan untuk mengubah bahan baku menjadi produk jadi. Berdasarkan definisi tersebut, tujuan dan manfaat perhitungan harga pokok produksi adalah:

1. menentukan harga jual produk yang sesuai.
2. Untuk mengevaluasi *efficiency* proses produksi.
3. Melakukan standarisasi realisasi biaya produksi.
4. Untuk menentukan keuntungan atau kerugian periodik.
5. Untuk menilai dan menentukan biaya persediaan.
6. Untuk memandu pengambilan keputusan bisnis.

Biaya pabrikasi (*product cost*) sering disebut sebagai biaya produksi atau biaya pabrik, terdiri dari :

A. Biaya produksi

Biaya mengacu pada nilai upah yang terlibat dalam bahan yang digunakan selama proses produksi. Ada tiga jenis biaya material:

1. Biaya bahan langsung Ini mengacu pada biaya bahan baku yang digunakan dalam proses produksi, yang dapat diidentifikasi dalam produk jadi.
2. Biaya bahan tidak langsung ini mengacu pada biaya bahan pendukung yang digunakan untuk menyelesaikan suatu produk, yang mungkin relatif kecil atau sulit diidentifikasi dalam produk jadi.
3. Biaya tenaga kerja: Ini mengacu pada gaji atau upah karyawan produksi, yang dapat dibagi menjadi biaya tenaga kerja langsung dan biaya tenaga kerja tidak langsung.
 - a. Biaya tenaga kerja langsung: Ini mengacu pada gaji atau upah tenaga kerja yang terlibat langsung dalam pengolahan bahan menjadi barang jadi.

- b. Biaya tenaga kerja tidak langsung: Ini mengacu pada gaji atau upah untuk pekerja di departemen produksi yang secara tidak langsung terlibat dalam proses mengubah bahan menjadi produk jadi.

B. Biaya *Overhead*

Biaya *overhead* pabrik adalah biaya yang berkaitan dengan proses produksi yang tidak termasuk dalam biaya bahan baku dan biaya tenaga kerja langsung. Kategori ini mencakup berbagai pengeluaran seperti biaya pemakaian peralatan pabrik, minyak pelumas, biaya penyusutan, biaya pemeliharaan produksi, biaya listrik produksi, biaya asuransi produksi, dan biaya pengawasan. Di sisi lain, biaya lingkungan mengacu pada biaya yang dikeluarkan untuk mengurangi dampak proses produksi terhadap lingkungan. Biaya ini sudah termasuk biaya pengelolaan limbah seperti pemasangan instalasi pengolahan air limbah (IPAL) untuk mencegah pencemaran. Perbedaan antara biaya lingkungan dan biaya produksi adalah bahwa yang terakhir mencakup semua biaya yang terlibat dalam proses produksi dari bahan mentah hingga produk jadi, termasuk bahan baku, tenaga kerja, mesin, energi listrik, dan fasilitas.

2.2.13 Objek *Eco Efficiency*

Konsep *Eco Efficiency* merupakan pendekatan bisnis yang bertujuan untuk mengoptimalkan operasional bisnis, menjadikannya lebih efektif dan produktif. Strategi ini berfokus pada *Eco Efficiency*, yang memungkinkan bisnis memperoleh nilai lebih besar dari input energi dan materialnya sekaligus mengurangi emisinya. *Eco Efficiency* dicapai dengan berfokus pada tiga tujuan utama: meminimalkan konsumsi sumber daya, mengurangi dampak lingkungan, dan meningkatkan nilai produk atau layanan. Untuk meminimalkan konsumsi sumber daya, bisnis dapat mengurangi penggunaan energi dan material, meningkatkan daur ulang produk, dan mengoptimalkan siklus material. Untuk mengurangi dampak lingkungan, bisnis dapat meminimalkan emisi udara, mengurangi penggunaan zat berbahaya, dan meningkatkan penggunaan sumber daya terbarukan.

2.2.14 Prinsip *Eco Efficiency*

Ada delapan prinsip *Eco Efficiency* yang secara ilmiah relevan dengan lingkungan dan berguna untuk setiap bisnis manufaktur, seperti yang diidentifikasi oleh WBCSD (2000). Prinsip-prinsip ini adalah:

1. *Eco Efficiency* harus bertujuan untuk melindungi dan melestarikan lingkungan dengan cara yang mempromosikan kesehatan manusia dan meningkatkan kualitas hidup. Fokusnya harus pada peningkatan kinerja perusahaan dalam hal nilai produk dan layanannya.
2. *Eco Efficiency* harus memandu pengambilan keputusan dan membantu dalam proses produksi, secara efektif mengurangi penggunaan sumber daya dan meningkatkan kinerja produk.
3. Indikator *Eco Efficiency* yang digunakan harus bersifat universal dan mencakup aspek lingkungan, tetapi juga mencerminkan kebutuhan dan nilai spesifik dari masing-masing bisnis.
4. Indikator *Eco Efficiency* harus konsisten dari waktu ke waktu dan memaksimalkan nilai tolok ukur sambil meminimalkan faktor yang tidak terkait dengan kinerja lingkungan dan nilai produk.
5. Indikator harus transparan, dapat diverifikasi, dan terukur untuk mendukung pengambilan keputusan yang jelas dan memfasilitasi verifikasi internal dan eksternal.
6. Indikator harus jelas dan mudah dipahami, menghindari kerumitan berlebihan yang dapat menghambat penggunaan efektifnya.
7. Evaluasi harus mencakup semua bidang yang terkait dengan operasi produk dan layanan dan fokus pada bidang yang relevan dan dapat dikendalikan oleh bisnis, seperti pemilihan bahan dan distribusi produk.
8. *Eco Efficiency* harus mencakup aspek-aspek yang terkait dengan pemasok dan penggunaan dan pembuangan produk oleh pengguna akhir, mengingat bahwa tingkat kendali yang dimiliki bisnis atas area ini mungkin terbatas.

2.2.15 Indikator *Eco Efficiency*

Untuk meningkatkan kinerja *Eco Efficiency*, perusahaan dapat menggunakan indikator yang dikaitkan dengan faktor lingkungan yang relevan untuk menghasilkan rasio *Eco Efficiency*. ISO 14031 digunakan untuk memilih indikator spesifik untuk mengevaluasi kinerja lingkungan. Indikator pertama adalah jumlah produk yang diproduksi dan dijual atau dikirim ke konsumen, yang dapat diukur dengan massa, volume, atau jumlah. Indikator kedua adalah nilai penjualan yang memperhitungkan diskon dan potongan harga. Walaupun dipengaruhi oleh faktor-faktor yang tidak terkait dengan *Eco Efficiency*, nilai penjualan tetap berguna dalam mengukur kinerja perusahaan.

Indikator lingkungan pertama adalah konsumsi energi, yang relevan untuk semua sektor bisnis. Indikator ini meliputi total energi yang dikonsumsi dan diperoleh dari sumber seperti gas alam, minyak bumi, dan batubara, serta energi yang dijual (listrik dan uap) dan sumber energi non-fosil seperti angin dan air. Indikator lingkungan kedua adalah konsumsi bahan, yang meliputi semua bahan yang digunakan dan dibatasi oleh proses manufaktur. Indikator lingkungan yang ketiga adalah konsumsi air, yang diperoleh dari jumlah air bersih yang digunakan dan biaya yang diperlukan untuk mendapatkannya.

Indikator lingkungan keempat adalah emisi Bahan Perusak Ozon (BPO) yang berkontribusi terhadap masalah lingkungan global. Emisi BPO berasal dari proses yang melepaskan zat tersebut ke udara. Indikator lingkungan kelima adalah emisi gas rumah kaca, termasuk karbon dioksida, metana, dinitrogen oksida, dan sulfur heksafluorida, yang dihasilkan dari pembakaran bahan bakar, proses pengolahan, dan reaksi proses.

2.2.16 *Software Simapro*

Metode *Life Cycle Assessment* (LCA) dapat digunakan untuk mengidentifikasi dampak lingkungan dari kerupuk yang dihasilkan selama produksi. Untuk melakukan analisis LCA, perangkat lunak *Simapro* biasa yang digunakan. *Simapro* memfasilitasi analisis aspek lingkungan yang terkait dengan proses produksi. Perangkat lunak ini memungkinkan perhitungan dilakukan berdasarkan kerangka kerja, memungkinkan

evaluasi sistematis dari opsi pemrosesan yang paling menguntungkan untuk suatu produk. Intinya, *Simapro* berfungsi sebagai alat pendukung LCA yang membantu pengambilan keputusan.

2.217 Sankey diagram

Sebuah diagram yang menggambarkan aliran energi, massa, atau uang dari satu sumber ke tujuan yang berbeda. Diagram Sankey biasanya terdiri dari garis yang menggambarkan aliran yang diberi label dengan jumlah yang ditransfer pada setiap aliran. Garis tersebut biasanya diberi tingkat ketebalan yang berbeda untuk menunjukkan jumlah yang lebih besar atau lebih kecil.

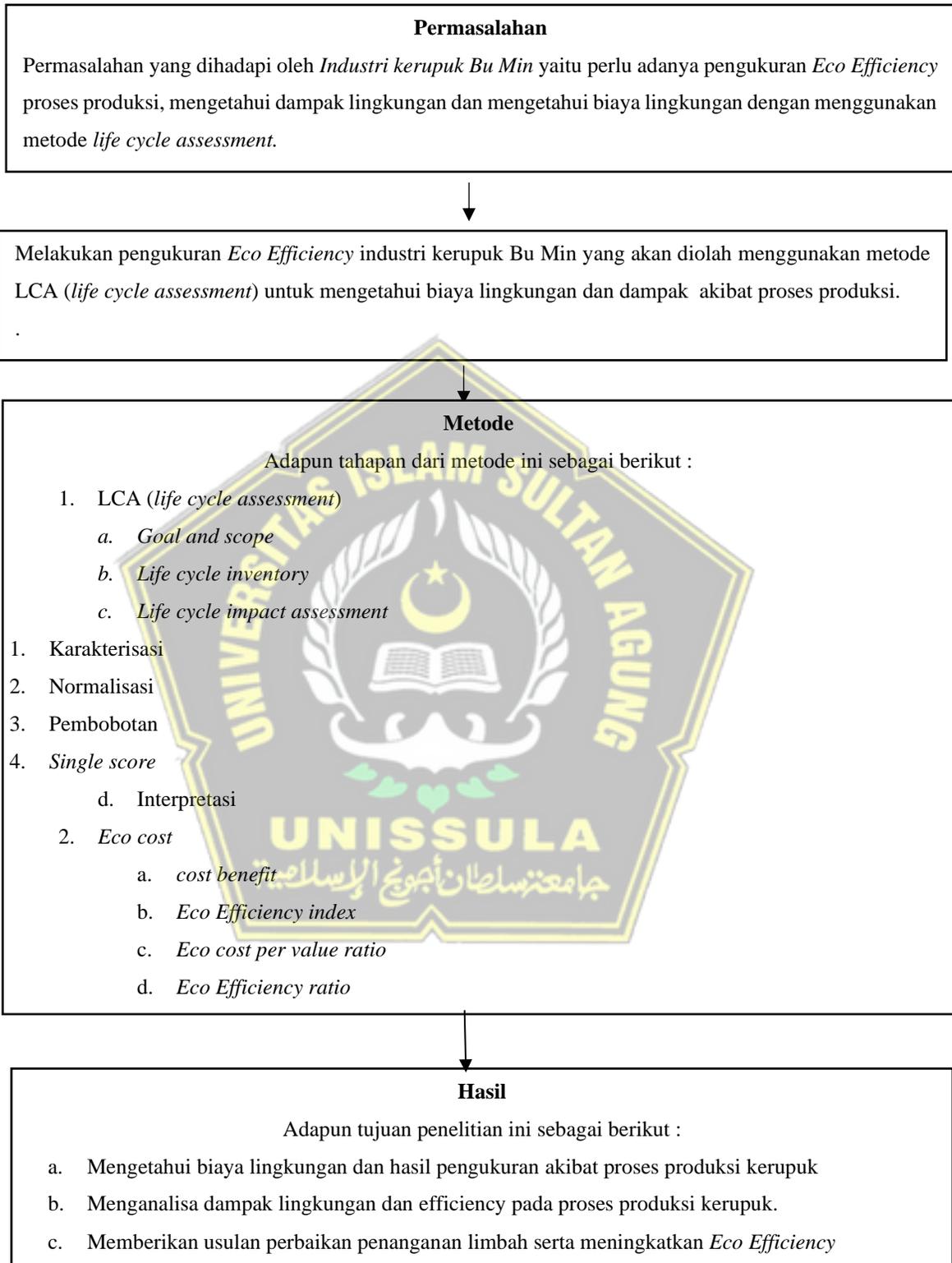
2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis

2.3.1 Hipotesa Awal

Life Cycle Assessment mengidentifikasi 3 kategori dampak yaitu *Human health* untuk mengukur Kesehatan manusia akibat dampak produksi suatu produk, *Ecosystem Quality* untuk mengukur kualitas *Ecosistem* produk sedangkan *Resources* untuk mengukur sumberdaya produk tersebut. Kemudian *Eco Efficiency* digunakan untuk mengetahui seberapa efisien proses pembuatan kerupuk dari segi biaya baik maupun nilai indikator lingkungan.

2.3.2 Kerangka Teoritis

Berikut adalah kerangka teoritis pada penelitian di Industri kerupuk Bu Min :



Gambar 2. 1 kerangka teoritis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek Dan Lokasi Objek

Penelitian ini yaitu produksi kerupuk karena memiliki dampak lingkungan dan mengukur nilai *Eco Efficiency* . Lokasi penelitian pada tugas akhir ini yaitu Industri kerupuk Bu Min yang berlokasi di Pati.

3.1.1 Teknik Pengumpulan Data

Pada fase ini, metode pengumpulan data Pada fase ini dijelaskan metode pengumpulan data. Untuk mengumpulkan data penelitian, teknik berikut digunakan:

1. Pengamatan:

Mengamati atau meneliti secara langsung kondisi yang terjadi di dalam perusahaan sesuai dengan permasalahan yang akan diteliti oleh peneliti. Dalam hal ini dilakukan pengamatan mengenai proses produksi pembuatan kerupuk.

2. Wawancara:

Pengumpulan data dilakukan melalui wawancara langsung dengan karyawan. Teknik ini dilakukan untuk mendapatkan data terkait alur kerja pembuatan kerupuk dan informasi lainnya.

3. Dokumentasi:

Pengumpulan data melalui dokumentasi melibatkan pengumpulan data berupa arsip dan catatan, seperti data produksi. Dalam penelitian tugas akhir ini digunakan teknik pengumpulan data primer dan sekunder.

a. Data Primer:

Data primer diperoleh langsung dari sumber-sumber di lapangan. Data primer yang diperoleh dalam penelitian ini meliputi jumlah bahan baku, proses produksi, dan proses kerja.

b. Data Sekunder:

Data sekunder secara tidak langsung memberikan informasi kepada peneliti. Data sekunder dapat diperoleh dari literatur, buku, catatan sejarah perusahaan, dan sumber

lain yang berhubungan dengan penelitian. dijelaskan kembali. Untuk mengumpulkan data penelitian, teknik berikut digunakan:

3.1.2 Teknik Analisa Data

Setelah melakukan pengumpulan data maka akan diolah secara manual dengan menggunakan metode LCA (*Life Cycle Assessment*) yaitu:

- A. Mengidentifikasi nilai dampak lingkungan yang terjadi pada aktivitas produksi
- B. Mengidentifikasi *input* dan *output* dari *Cost Benefit Analysis* .
- C. Mengidentifikasi *input* dan *Output Eco Efficiency index*, dan *Eco cost per value ratio*.

3.1.3 Pembahasan

Setelah dilakukan analisa data maka akan dilakukan pembahasan berdasarkan hasil analisa data menggunakan metode LCA (*Life Cycle Assessment*).

3.1.4 Pengujian Hipotesa

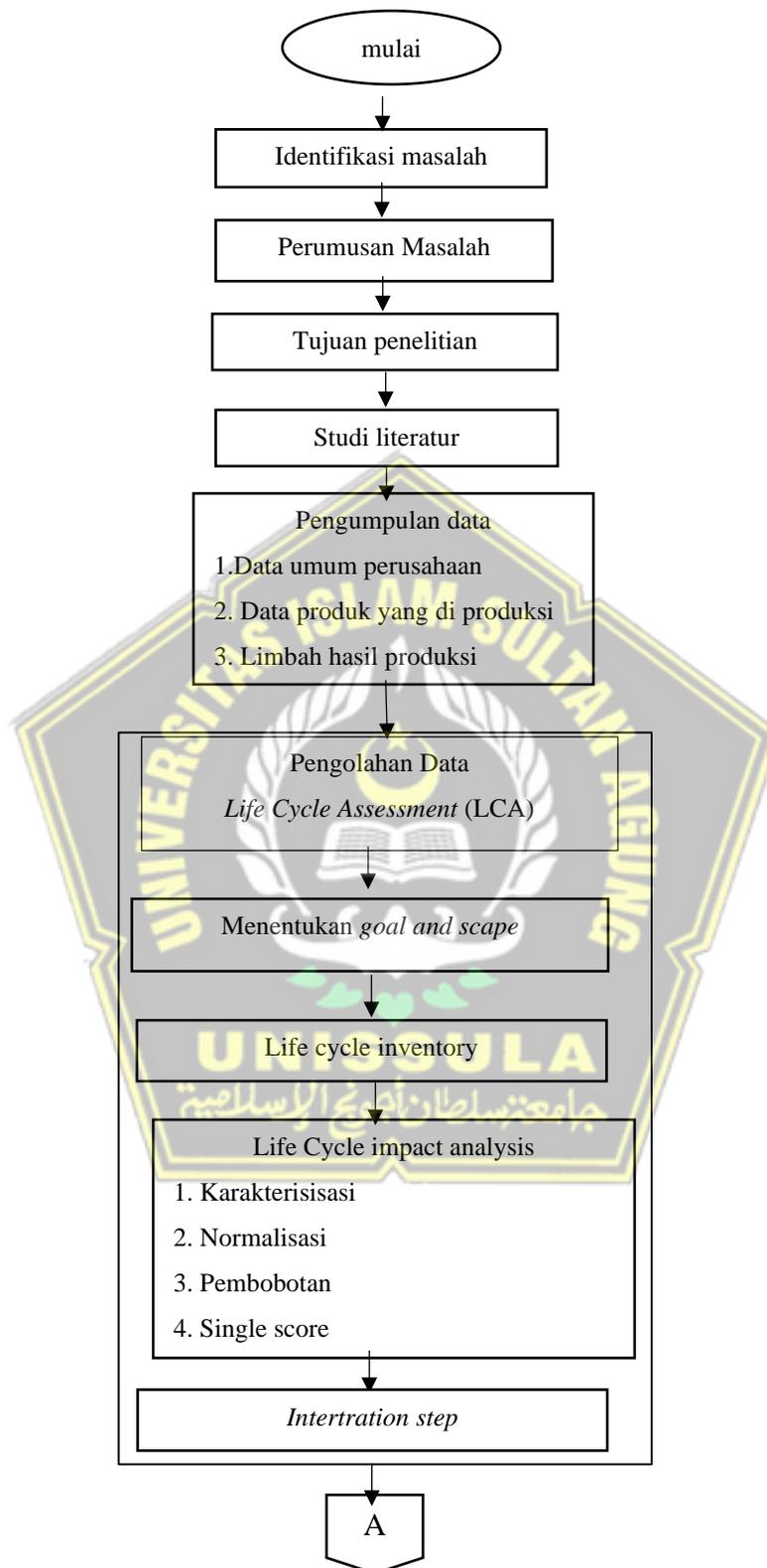
Setelah data dianalisis, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian hipotesis dengan menguji hipotesis awal, yang bertujuan untuk menghasilkan *output* berupa proses atau aktivitas produksi di perusahaan yang memiliki nilai dampak paling signifikan terhadap lingkungan.

3.1.5 Penyimpulan Hasil Penelitian

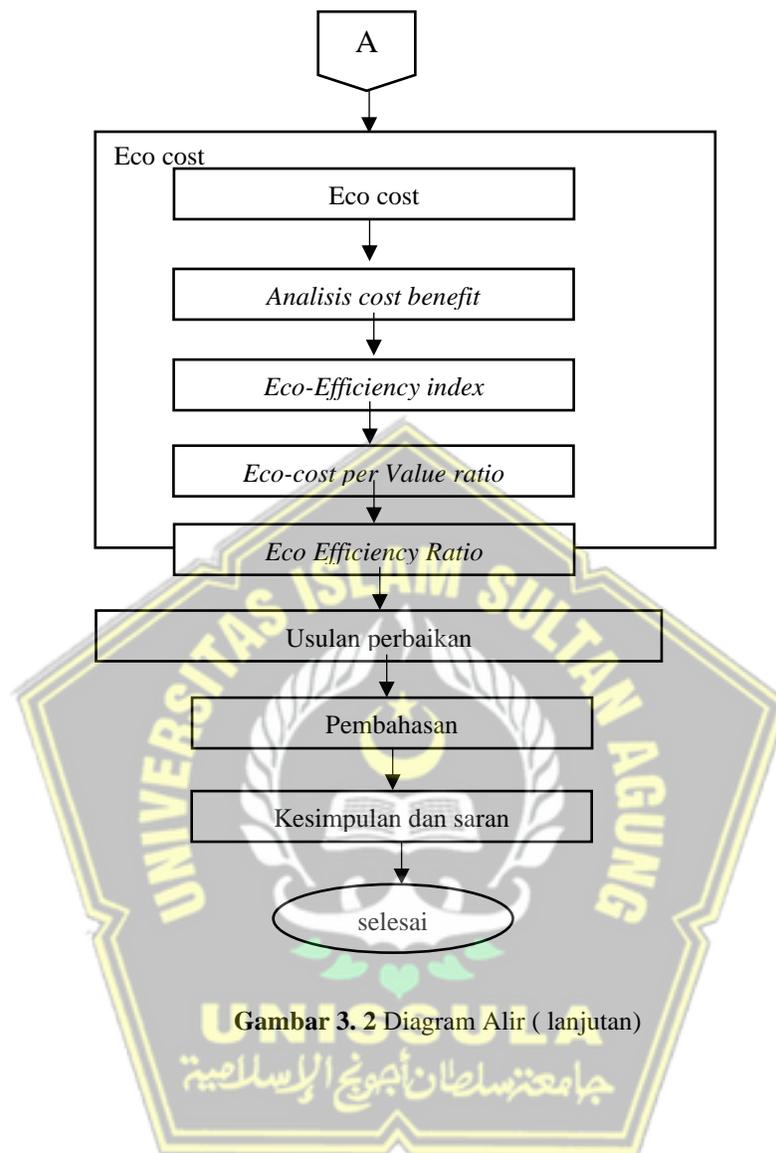
Tahap ini merupakan puncak dari penelitian yang dilakukan. Kesimpulan penelitian merupakan hasil dari rumusan masalah dan merupakan ringkasan dari hasil pengolahan dan analisis data.

3.2 Diagram Alir

Berikut ini metodologi yang digunakan dalam penelitian yang digambarkan melalui diagram alir dibawah ini:



Gambar 3. 1 Diagram Alir



Gambar 3. 2 Diagram Alir (lanjutan)

جامعته سلطان أبو جوح الإسلامية

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Gambaram umum Industri kerupuk Bu Min

Industri Kerupuk merupakan salah satu bagian dari Industri Mikro masyarakat yang cukup populer dan berkembang di Indonesia, karena Indonesia negara beriklim tropis sehingga pertumbuhan bawang sebagai bahan baku utama pembuatan kerupuk dapat tumbuh dengan baik. Industri kerupuk Bu Min terletak di Desa Kalikalong kecamatan Tayu kabupaten Pati Jawa Tengah. Produk yang dihasilkan per hari mencapai 14 kg dengan bahan baku bawang putih. Industri kerupuk Bu Min menggunakan sistem *make to stock*, strategi dimana produsen telah melakukan proses produksi dan produk yang dihasilkan sudah dalam bentuk jadi sebelum menerima pesanan dari konsumen. Untuk pekerja di industri mikro ini berjumlah 3 orang dengan jam kerja fleksibel.

4.1.2 Proses Pembuatan kerupuk

1. Pengulenan

Proses yang pertama adalah pengulenan. Pengulenan ini dimulai dari mempersiapkan semua bahan baku yang digunakan untuk proses produksi, seperti gambar 4.1, bahan yang digunakan yaitu tepung terigu, tepung tapioka, bawang putih, garam, ketumbar, air dan penyedap rasa. Setelah siap bahan baku lanjut untuk menghaluskan bumbu dengan menggunakan blender. Proses penghalusan bumbu ini memakan waktu kurang lebih 35 menit. Tepung terigu dicampurkan dengan tepung tapioka ini berguna agar proses dalam pengulenan tidak menggumpal. Setelah di campurkan, tinggal menuangkan bumbu yang sudah dihaluskan kedalam campuran tepung terigu tadi. Tambahkan sedikit demi sedikit air agar proses pengulenan tidak terasa berat.



Gambar 4. 1 Bahan Baku

4. Pencetakan

Pencetakan ini menggunakan Loyang dengan ukuran kira kira 30 cm x 25 cm. Loyang terlebih dulu diolesi minyak agar tidak lengket saat di ambil, untuk menuangkan adonan kerupuk diloyang menggunakan takaran 3 ½ sendok makan.



Gambar 4. 2 Pencetakan

5. Pengukusan

Pengukusan ini menggunakan bahan bakar kayu. Pengukusan dimulai saat tungku yang berisi air sudah mendidih, dengan proses mendidihnya air selama waktu 30 menit. Pengukusan ini cukup 5 menit, apabila terlalu lama dalam pengukusan maka tekstur kerupuk akan berubah serta memungkinkan loyang akan leleh.



Gambar 4. 3 Pengukusan

6. Penjemuran

Penjemuran ini menggunakan lahan samping rumah dengan alat papan dan karung dari tepung terigu yang telah digunting. Lama Penjemuran ini tergantung cuaca. Untuk cuaca terik bisa sehari kering tetapi jika cuacanya tidak lumayan terik maka butuh waktu 2 hari



Gambar 4. 4 Penjemuran

7. Pengguntingan

Setelah sedikit kering maka kerupuk dipotong menggunakan alat potong dengan ukuran yang telah ditentukan oleh produsen. Pengguntingan ini memakan waktu hampir 2 jam.



Gambar 4. 5 Panggungan

8. Penggorengan

Kerupuk yang sudah kering akan di goreng menggunakan alat seperti wajan besar, spatula dan peniris gorengan. Penggorengan kerupuk ini menggunakan minyak yang tidak terlalu panas agar kerupuk mengembang dengan baik. Lama penggorengan mencapai hampir 3 jam.



Gambar 4. 6 Penggorengan

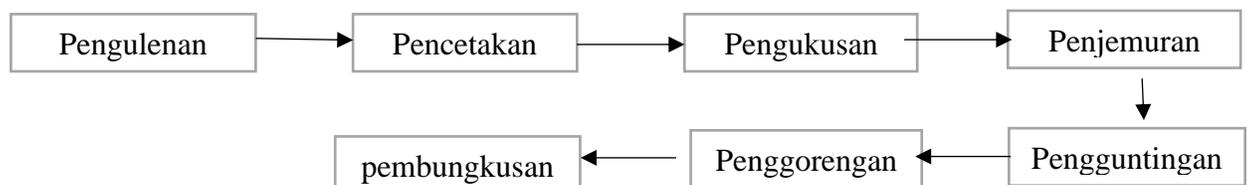
9. Pembungkusan

Kerupuk dibungkus manual menggunakan plastik berukuran ½ kg. Proses pembungkusan ini memakan waktu hampir 4 jam. Setelah dibungkus kerupuk ditata dalam plastik dan karung serta siap untuk di jual ke konsumen.



Gambar 4. 7 Penggorengan

Proses pembuatan kerupuk terdiri dari beberapa tahapan yaitu :



Gambar 4. 8 Proses Pembuatan Kerupuk

4.1.3 Limbah Hasil Produksi

1. Limbah potongan kerupuk

Limbah potongan kerupuk dihasilkan oleh proses pengukusan kerupuk yang terdapat pada loyang.



Gambar 4. 9 Limbah Potongan Kerupuk

2. Limbah minyak

Limbah minyak dihasilkan oleh proses penggorengan kerupuk. Limbah ini akan dimanfaatkan kembali dengan cara menjual minyak dalam kurun waktu satu bulan dengan kisaran 10-15 liter.



Gambar 4. 10 Limbah Minyak

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 *Goal And Scope Life Cycle Assessment*

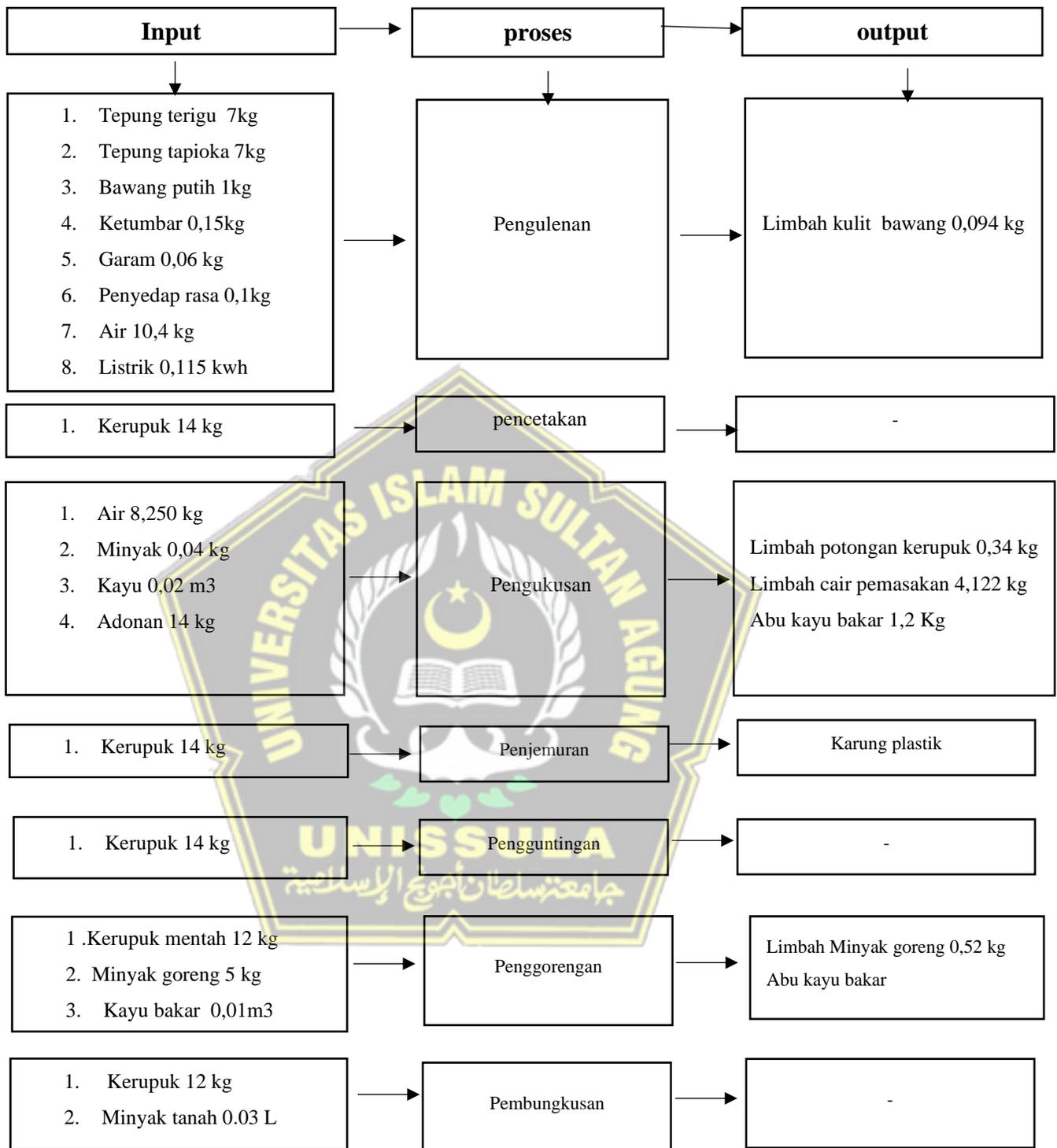
Tahap pertama dalam tahapan *Life Cycle Assessment* yaitu menentukan tujuan untuk mendiskripsikan pengukuran dan batasan dari sistem yang akan dievaluasi, yang berhubungan dengan dampak dari sistem yang akan dievaluasi untuk pembuatan produk kerupuk. Berikut yang menunjukkan tujuan dan lingkup LCA. Fase ini bertujuan agar penelitian memiliki arah yang jelas dan pembahasan tidak melebar.

4.2.1.1 *Goal Life Cycle Assessment*

Goal atau sasaran adalah menyusun formulasi dan mendeskripsikan tujuan dari sistem yang akan dievaluasi. Bagian ini menguraikan kendala dan anggapan yang terkait dengan pengaruh proses pengolahan kerupuk sepanjang siklus hidup sistem yang dievaluasi dan mengidentifikasi dampak lingkungan yang disebabkan oleh proses produksi kerupuk di industri kerupuk Bu Min, dalam bentuk biaya Eco. Objek yang digunakan dalam penelitian ini adalah pembuatan kerupuk yang dipilih karena proses produksinya menghasilkan limbah. Parameter yang digunakan untuk menganalisis dampak lingkungan adalah Kesehatan manusia dalam satuan DALY, Ekosistem dalam satuan Species.yr (PDFm2yr), dan Sumber Daya dalam satuan MJ Surplus. Lingkup input dianalisis hanya dalam proses input proses pembuatan (pembuatan kerupuk), dan bukan input bahan baku.

4.2.1.2 *Scope Life Cycle Assessment*

Scope adalah parameter untuk mengukur dampak yaitu Kajian ini menggunakan kesehatan Manusia dalam satuan DALY, Ekosistem dalam satuan Species.yr (PDFm2yr), dan Sumber Daya dalam satuan MJ Surplus untuk mengukur dampak lingkungan. Ruang lingkup kajiannya adalah “*cradle to gate*” yang meliputi rangkaian kegiatan dalam proses produksi. Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data harian selama bulan Desember 2022.



Gambar 4. 11 *scope* pembuatan kerupuk

Dibawah ini merupakan penjelasan ruang lingkup dari gambar diatas :

1. Analisis dalam penelitian ini hanya mempertimbangkan input proses dalam proses pembuatan kerupuk dan tidak memasukkan input bahan baku. Analisis juga tidak memasukkan produk kerupuk sebagai output.
2. Perhitungan pada penelitian ini menggunakan software Simapro versi terbaru (v 9.40) dan metode 99 H *eco indicator*.
3. Keluaran hasil perhitungan Simapro dalam penelitian ini menunjukkan dampak lingkungan dari proses pembuatan kerupuk yang diukur dalam satuan Kesehatan Manusia di DALY, Ekosistem dalam Spesies.yr (PDFm2yr), dan Sumber Daya dalam MJ Surplus.

4.2.2 *Life Cycle Inventory* pembuatan kerupuk

Dalam proses pembuatan kerupuk, *Life Cycle Inventory* (LCI) merupakan tahapan pengumpulan data bahan baku yang digunakan untuk menghasilkan produk. Setelah menentukan *Goal and Scope* LCA dalam proses produksi cracker, langkah selanjutnya adalah menentukan *Life Cycle Inventory* (LCI) yang menunjukkan kebutuhan material yang digunakan dalam proses produksi. Analisis berfokus pada bahan yang dibutuhkan selama proses pembuatan, terlepas dari bahan utama yang digunakan untuk membuat kerupuk. Data yang terkumpul selama tahap LCI akan digunakan sebagai data input pada software Simapro. Tabel 4.1 menunjukkan *Life Cycle Inventory* (LCI) produksi kerupuk untuk satu hari produksi di industri kerupuk Bu Min.

Tabel 4.1 *Life Cycle Inventory* Input Industri kerupuk Bu Min

Langkah siklus	Kegiatan	Bahan yang digunakan dalam proses	Jumlah input	Satuan	Corresponding LCA Simapro
Proses produksi kerupuk	Proses Pengulenan	Tepung terigu	7	Kg	Wheat flour {RoW} market for wheat flour Cut-off, U
		Tepung tapioka	7	Kg	Enzymes {RoW} enzymes production Cut-off, U
		Garam	0,06	Kg	Salt {GLO} market for salt Cut-off, U
		Bawang putih	1	Kg	Selenium {GLO} market for Cut-off, U
		Penyedap rasa	0,1	Kg	Vinasse, from fermentation of sugarcane {GLO} market for Cut-off, U
		Ketumbar	0,15	Kg	Coriander {GLO} market for coriander Cut-off, U
		Air	10,4	kg	Tap water {RoW} tap water production, underground water with chemical treatment Cut-off, U
		Blender	0.115	KwH	Electricity, medium voltage {ID} market for Cut-off, U
	Proses percetakan	Adona kerupuk	14	kg	Wheat flour mix {GLO} market for wheat flour mix Cut-off, U

Tabel 4.2 Life Cycle Inventory Input Industri kerupuk Bu Min (lanjutan)

Proses pengukusan	Adonan kerupuk	14	Kg	<i>Wheat flour mix {GLO}/ market for wheat flour mix / Cut-off, U</i>
	Minyak goreng	0,04	Kg	<i>Coconut oil, crude {RoW}/ production / Cut-off, U</i>
	Air	8,250	Kg	<i>Tap water {RoW}/ tap water production, underground water with chemical treatment / Cut-off, U</i>
	Kayu bakar	20	unit	<i>Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW}/ market for / Cut-off, U</i>
Proses Penjemuran	Kerupuk	14	Kg	<i>Wheat flour mix {GLO}/ market for wheat flour mix / Cut-off, U</i>
Proses pengguntingan	Kerupuk	14	Kg	<i>Wheat flour mix {GLO}/ market for wheat flour mix / Cut-off, U</i>
Proses penggorengan	kerupuk	12	kg	<i>Wheat flour mix {GLO}/ market for wheat flour mix / Cut-off, U</i>
	Kayu bakar	10	Unit	<i>Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW}/ market for / Cut-off, U</i>

Tabel 4.3 *Life Cycle Inventory Input* Industri kerupuk Bu Min (lanjutan)

	Proses pembungkusan	Kerupuk	12	Kg	<i>Wheat flour mix {GLO}/ market for wheat flour mix / Cut-off, U</i>
		Minyak tanah	0,03	Liter	<i>Kerosene {RoW}/ market for / Cut-off, U</i>
		Plastik	13	Unit	<i>Plastic flake, consumer electronics, for recycling {GLO}/ market for plastic flake, consumer electronics, for recycling / Cut-off, U</i>

Tabel 4.2 *Life Cycle Inventory Output* Industri Kerupuk Bu Min

Langkah siklus	Kegiatan	Output	Jumlah input	Satuan	Corresponding LCA Simapro
Proses produksi kerupuk	Proses Pengulenan	Limbah kulit bawang	0,094	Kg	<i>Compost {RoW}/ treatment of biowaste, industrial composting / Cut-off, U</i>
	Proses pencetakan	-	-	-	-
	Proses pengukusan	Limbah potongan kerupuk	0,34	Kg	<i>Municipal solid waste {RoW}/ market for / Cut-off, U</i>
		Limbah cair pemasakan	4,122	Kg	<i>Wastewater, from residence {RoW}/ market for wastewater, from residence / Cut-off, U</i>

Tabel 4. 2 *Life Cycle Inventory Output* Industri Kerupuk Bu Min (lanjutan)

Langkah siklus	Kegiatan	Output	Jumlah input	Satuan	Corresponding Simapro	LCA
Proses produksi kerupuk	Proses Penjemuran	-	-	-	-	-
	Proses pengguntingan	-	-	-	-	-
	Proses penggorengan	Minyak goreng	0,52	Kg	Used vegetable cooking oil, purified {GLO} market for / Cut-off, U	
	Proses pembungkusan	-	-	-	-	-

4.2.3 *Life Cycle Impact Assesment*

Tahap selanjutnya adalah menghitung *life cycle impact assement*. Proses ini dilakukan dengan bantuan *Software Simapro*. *Simapro* merupakan salah satu *Software* yang dapat digunakan untuk melakukan analisis dampak lingkungan dari suatu sistem tertentu. Data yang dimasukkan dalam *Software Simapro* ditentukan berdasarkan deskripsi sistem pada pengamatan yang sudah dijelaskan sebelumnya meliputi bahan baku yang digunakan dari proses awal sampai proses pembuatan kerupuk selesai. *Software Simapro* yang digunakan di dalam analisis LCA ini adalah *Simapro* versi 9.0. Dibawah ini beberapa tahapan perhitungan *life cycle impact assement* pada *Simapro* yaitu:

4.2.3.1 *Data input dan Output Menggunakan Simapro*

1. Menentukan *Goal And Scope*
 - a. *Text field*, untuk *menginput* data pemilik, judul penelitian, tanggal, komentar, alasan dan tujuan melakukan penelitian LCA.

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Professional; INDUSTRI KERUPUK BU MIN - [LCA Explorer]

File Edit Calculate Tools Window Help

Wizards

Wizards

Goal and scope

Description

Libraries

Inventory

Processes

Product stages

Waste types

Parameters

Impact assessment

Methods

Calculation setups

Interpretation

Interpretation

Document Links

General data

Literature references

Substances

Units

Name
INDUSTRI KERUPUK BU MIN

Date
4/1/2023

Author
Nita Sevriliana

Comment
Tugas Akhir

LCA type
Unspecified

Goal
mengidentifikasi dan menganalisa dampak lingkungan yang dihasilkan dari aktivitas produksi perusahaan. Pada penelitian ini, produk yang digunakan sebagai objek adalah pembuatan kerupuk dipilih karena proses produksinya yang memiliki limbah. Kemudian parameter yang digunakan menganalisa dampak lingkungan dalam bentuk Human Health dalam satuan DALY, Ecosystem dalam satuan Species.yr (PFm2yr) dan Resources dalam satuan MJ Surplus.

Reason
menganalisa dampak lingkungan dari output pembuatan kerupuk Bu Min baik produk jadi maupun produk sampingan berupa potongan kerupuk dan limbah yang dihasilkan

Gambar 4. 12 Text Field Simapro

Pengisian *goal* didapat dari tujuan penelitian sedangkan alasan diambil dari masalah yang ada pada IKM Kerupuk Bu Min .

b. Pemilihan *libraries* , memilih metoda yang akan digunakan

C:\Users\Public\Documents\SimaPro\Database\Professional; INDUSTRI KERUPUK BU MIN - [LCA Explorer]

File Edit Calculate Tools Window Help

Wizards

Wizards

Goal and scope

Description

Libraries

Inventory

Processes

Product stages

Waste types

Parameters

Impact assessment

Methods

Calculation setups

Interpretation

Interpretation

Document Links

General data

Literature references

Substances

Units

Quantities

Images

Selected	Name	Protection
<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - economic - system	
<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - economic - unit	
<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation at point of substitution - system	
<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation at point of substitution - unit	
<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - system	
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - unit	
<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - consequential - system	
<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - consequential - unit	
<input type="checkbox"/>	EU & DK Input Output Database	
<input type="checkbox"/>	Industry data 2.0	
<input checked="" type="checkbox"/>	Methods	
<input type="checkbox"/>	USLCI	

Gambar 4. 13 Pemilihan *Libraries* dan Metode

Pemilihan metode alokasi *Ecoinvent3* dengan *cut-off* berdasarkan unit klasifikasi didasarkan pada deskripsi setiap level proses dan pendekatan alokasi untuk bahan utama yang digunakan dalam produksi. Metode ini dipilih untuk penilaian dampak sesuai dengan pendekatan. Penelitian ini menggunakan metode LCA dengan pengolahan LCIA menggunakan *Software Simapro 9.4* dan metode *eco invent 3* beserta indikator *eco 99H/H*, yang sejalan dengan tujuan penelitian.

2. Mulai memasukkan data yang dikumpulkan, klik tab "*Inventory*". Karena tidak ada proses input data detail untuk siklus hidup produk kerupuk dari Indonesia di LCA, klik opsi "new" untuk membuat proses baru..

Products								
Outputs to technosphere: Products and co-products		Amount	Unit	Quantity	Allocation %	Waste type	Category	
	Add	0	kg	Mass	100 %	not defined	Agricultur.	
Outputs to technosphere: Avoided products		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	
	Add							
Inputs								
Inputs from nature		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Inputs from technosphere: materials/fuels		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Inputs from technosphere: electricity/heat		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Outputs								
Emissions to air		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Emissions to water		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Emissions to soil		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Final waste flows		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Non material emissions		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Social issues		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Economic issues		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							
Outputs to technosphere: Waste and emissions to treatment		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max
	Add							

Gambar 4. 14 Proses *Simapro*

3. Masukkan *input* pembuatan kerupuk pada proses pengulenan yaitu *input* tepung terigu (*Wheat flour*) 7 kg, tepung tapioka (*Enzymes*) 7 kg, garam (*salt*) 0,06 kg, penyedap rasa (*vinasse*) 0,1 kg, bledar (*Electricity, medium voltage*) 0,115 KwH, bawang putih (*selenium*) 1 kg, ketumbar (*coriander*) 0,15 kg, air (*tapwater*)10,4kg.

Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	
Add					
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution	
Wheat flour {RoW} market for wheat flour Cut-off, U		7	kg	Undefined	
Enzymes {RoW} enzymes production Cut-off, U		7	kg	Undefined	
Vinasse, from fermentation of sugarcane {GLO} market for Cut-off, U		0.1	kg	Undefined	
Selenium {GLO} market for Cut-off, U		1	kg	Undefined	
Salt {GLO} market for salt Cut-off, U		0.6	kg	Undefined	
Tap water {RoW} tap water production, underground water with chemical treatment Cut-off		10.4	kg	Undefined	
Coriander {GLO} market for coriander Cut-off, U		0.15	kg	Undefined	
Add					
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution	
Electricity, medium voltage {ID} market for Cut-off, U		0.115	kWh	Undefined	
Add					
Outputs to technosphere: Waste and emissions to treatment		Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD
Compost {RoW} treatment of biowaste, industrial composting Cut-off, U		0.094	kg	Undefined	
Add					

Gambar 4. 15 Input Proses Pengulenan

4. Masukkan *input* pembuatan kerupuk pada proses pencetakan yaitu *input* adonan kerupuk (*wheat flour mix*) 14 kg

Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution
Add				
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution
Wheat flour mix {GLO} market for wheat flour mix Cut-off, U		14	kg	Undefined
Add				
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution
Add				

Gambar 4. 16 input proses pencetakan

5. Masukkan *input* pembuatan kerupuk pada proses pengukusan yaitu *input* adonan kerupuk (*wheat flour mix*) 14 kg, air (*tap water*) 8,250 kg, minyak (*coconut oil*) 0,04 kg, kayu bakar (*woodchips*) 20kg.

Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution
Add				
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution
Tap water {RoW} tap water production, underground water with chemical treatment Cut-off		8.250	kg	Undefined
Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} market for Cut-off, U		20	kg	Undefined
Coconut oil, crude {RoW} production Cut-off, U		0.04	kg	Undefined
Wheat flour mix {GLO} market for wheat flour mix Cut-off, U		14	kg	Undefined
Add				
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution
Add				

Gambar 4. 17 Input Proses pengukusan

6. Masukkan *input* pembuatan kerupuk pada proses penjemuran yaitu kerupuk (*wheat flour mix*)14 kg .

Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution
Add				
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution
Wheat flour mix {GLO} market for wheat flour mix Cut-off, U		14	kg	Undefined
Add				
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution
Add				

Gambar 4. 18 Input Proses Penjemuran

7. Masukkan *input* pembuatan kerupuk pada proses pengguntingan yaitu kerupuk (*wheat flour mix*) 12 kg.

Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution
Add				
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution
Wheat flour mix {GLO} market for wheat flour mix Cut-off, U		14	kg	Undefined
Add				
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution
Add				

Gambar 4. 19 Input Proses pengguntingan

8. Masukkan *input* pembuatan kerupuk pada proses penggorengan yaitu kerupuk (*wheat flour mix*)12 kg, minyak goreng (*coconut oil*) 5 kg, kayu bakar (*woodchip*) 10kg

Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution
Add				
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution
Coconut oil, crude {GLO} market for Cut-off, U		5	kg	Undefined
Wheat flour mix {GLO} market for wheat flour mix Cut-off, U		12	kg	Undefined
Wood chips, wet, measured as dry mass {RoW} market for Cut-off, U		10	kg	Undefined
Add				
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution
Add				

Gambar 4. 20 Input Proses penggorengan

9. Masukkan *input /Output* pembuatan kerupuk pada proses pembungkusan yaitu kerupuk (*wheat flour mix*) 12 kg, minyak tanah (*kerosene*) 0.03 kg, plastic (*plastic flake*) 0.975 kg.

Inputs from nature	Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution
Add				
Inputs from technosphere: materials/fuels		Amount	Unit	Distribution
Wheat flour mix {GLO} market for wheat flour mix Cut-off, U		12	kg	Undefined
Kerosene {RoW} market for Cut-off, U		0.03	kg	Undefined
Plastic flake, consumer electronics, for recycling {GLO} market for plastic flake, consumer ele		0.975	kg	Undefined
Add				
Inputs from technosphere: electricity/heat		Amount	Unit	Distribution
Add				

Gambar 4. 21 Input Proses pembungkusan

10. Setelah selesai proses input, pilih sub menu *Product Stages* dari menu *Inventory* dan klik tombol *New* untuk membuat rakitan baru untuk proses pembuatan kerupuk. Masukkan nama produk dan semua proses produksi yang sebelumnya telah diinput dan disimpan pada kolom *Materials/Assemblies* di bawah sub-material proses. Klik opsi *Processing – material – calculate* untuk menghitung dampak lingkungan. *Software Simapro* akan memberikan hasil evaluasi yang akan dianalisis pada tahap penelitian selanjutnya.

Input/output	Parameters				
Name	Status	Comment			
INDUSTRI KERUPUK BU MIN PATI TAYU	None				
Materials/Assemblies	Amount	Unit			
PROSES PENGULENAN	14	kg			
PROSES PENCETAKAN	14	kg			
PROSES PENGUKUSAN	14	kg			
PROSES PENGGUNTINGAN	14	kg			
PROSES PENJEMURAN	14	kg			
PROSES PENGGORENGAN	12	kg			
PROSES PEMBUNGKUSAN	12	kg			
Add					
Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min
Add					
Image					
					

Gambar 4. 22 Input Proses Pembuatan Kerupuk *Simapro*

4.2.3 Hasil *Network Simapro*

Pada penelitian ini, *Software Simapro* dengan metode *Eco indicator 99 H/H* digunakan untuk menganalisis dampak dari proses pembuatan kerupuk. Input data untuk *Life Cycle Inventory* dimasukkan ke dalam *Simapro*, yang menghasilkan "diagram sankey" untuk mengilustrasikan aktivitas rantai pasokan dan dampaknya terhadap sistem

1. Karsinogen

Karsinogen mengacu pada zat yang secara langsung dapat menyebabkan kanker

2. Resp. Organik

Respirasi dalam fisiologi didefinisikan sebagai pergerakan oksigen dari udara luar ke dalam sel dalam jaringan, dan transpor karbon dioksida dalam arah yang berlawanan. Meskipun respirasi fisiologis diperlukan untuk mempertahankan respirasi sel. Sedangkan respirasi fisiologis menyangkut aliran massal dan transportasi metabolit antara organisme dan lingkungan eksternal.

3. Resp. Inorganik

Respirasi inorganik adalah respirasi yang didapatkan dari proses secara kimia. Meskipun respirasi sel secara teknis merupakan reaksi pembakaran, itu jelas tidak menyerupai satu ketika terjadi dalam sel hidup karena lambatnya pelepasan energi dari serangkaian reaksi.

4. Perubahan Iklim

Perubahan iklim memastikan perubahan pola cuaca, dan radiasi meliputi pancaran energi dari materi dalam bentuk partikel atau gelombang.

5. Radiasi

Pancaran energi dari materi dalam bentuk partikel atau gelombang.

6. Penipisan Ozon

Lapisan pelindung di atmosfer yang melindungi planet ini dari efek berbahaya sinar ultraviolet yang dipancarkan matahari, terutama pada panjang gelombang UVB-nya. Namun, aktivitas manusia telah menyebabkan penipisan lapisan ozon dari waktu ke waktu, akibat pelepasan zat perusak ozon seperti pelarut dan halon. Menipisnya lapisan ozon menjadi perhatian serius para ilmuwan dan masyarakat

global, karena meningkatkan risiko efek kesehatan negatif seperti kanker kulit dan katarak.

7. *Ecotoxicity*

kecenderungan yang dipengaruhi zat kimia menimbulkan dampak buruk secara biokimia, fisiologi ataupun perilaku makhluk hidup lain selain manusia. Satuan yang digunakan adalah PDFm²yr (*Potentially Disappeared Fraction of Species per square meter year*).

7. Pengasaman

reaksi kimia yang terjadi di dalam tanah dan menimbulkan tantangan bagi pertumbuhan tanaman. Ketika pH tanah turun di bawah 4,5, berbagai perubahan terjadi di dalam tanah, seperti berkurangnya ketersediaan sebagian besar unsur hara tanaman dan toksisitas unsur hara mikro tertentu. Perubahan tersebut dapat menurunkan hasil panen dan berdampak pada fungsi biota tanah yang bekerja sama dengan tumbuhan lain. Oksidasi belerang anorganik merupakan salah satu reaksi yang berkontribusi terhadap keasaman tanah.

9. Penggunaan bahan

Dalam penggunaan bahan terutama zat kimia dapat menimbulkan dampak negatif tetapi memberikan dampak positif dapat memberikan suatu pendapatan.

10. Mineral

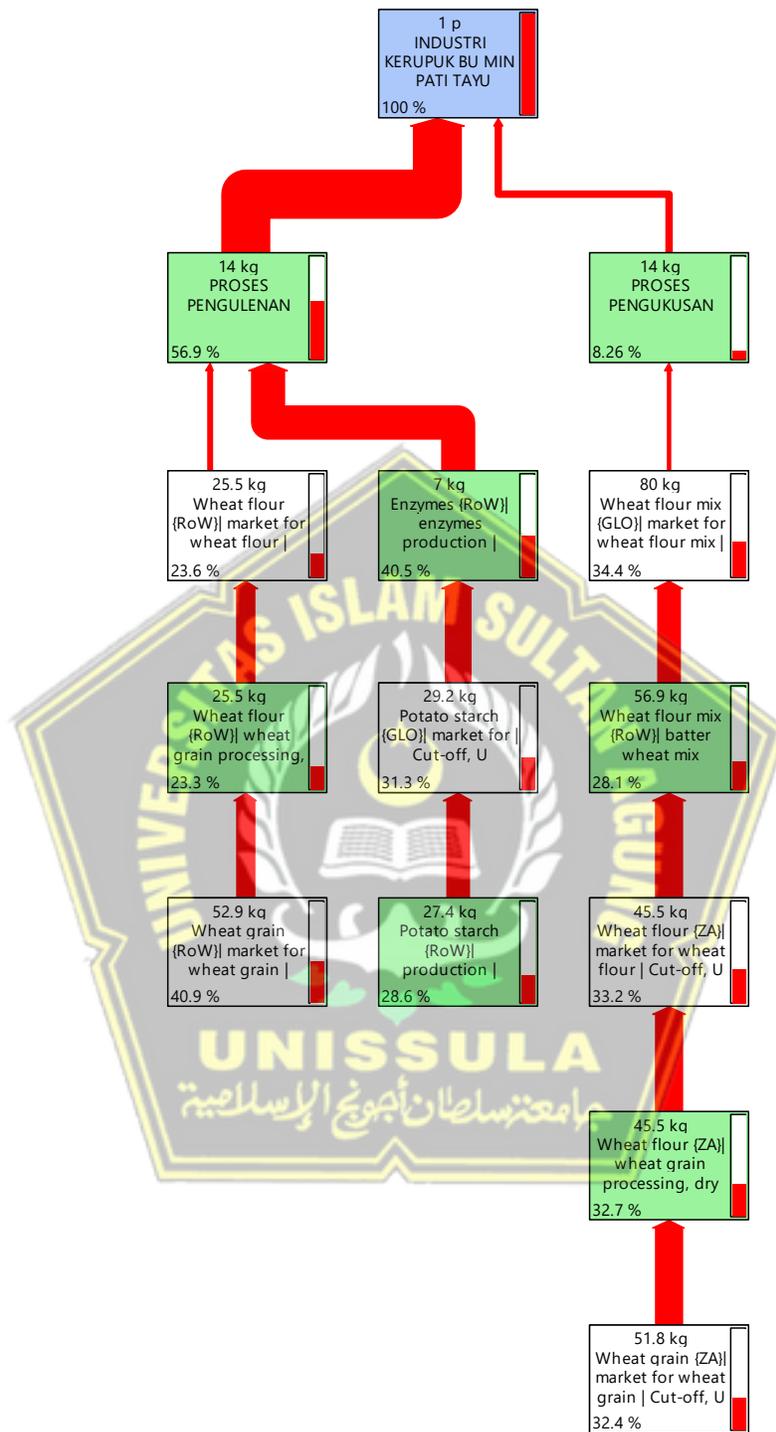
senyawa kimia anorganik homogen yang memiliki bentuk teratur (struktur kristal) dan terjadi secara alami. Istilah "mineral" tidak hanya mencakup komposisi kimia tetapi juga struktur mineral. Mineral berkisar dari unsur murni dan garam sederhana hingga silikat yang sangat kompleks, dengan ribuan bentuk rapuh (senyawa organik biasanya tidak termasuk).

11. Bahan Bakar

Bahan bakar fosil seperti minyak bumi, batubara dan gas alam merupakan sumber daya terbatas. Oleh karena itu, perlu diwaspadai dan dijaga supaya besarnya penggunaan tidak berlebihan yang menjadi penyebab tak sebandingnya besar penggunaan dan proses pembentukan.

Kontribusi dampak dapat diketahui dengan melihat garis merah yang terlihat jelas pada gambar terlampir. Garis merah, yang ditegaskan dengan huruf tebal, mewakili kontribusi dampak terhadap lingkungan.





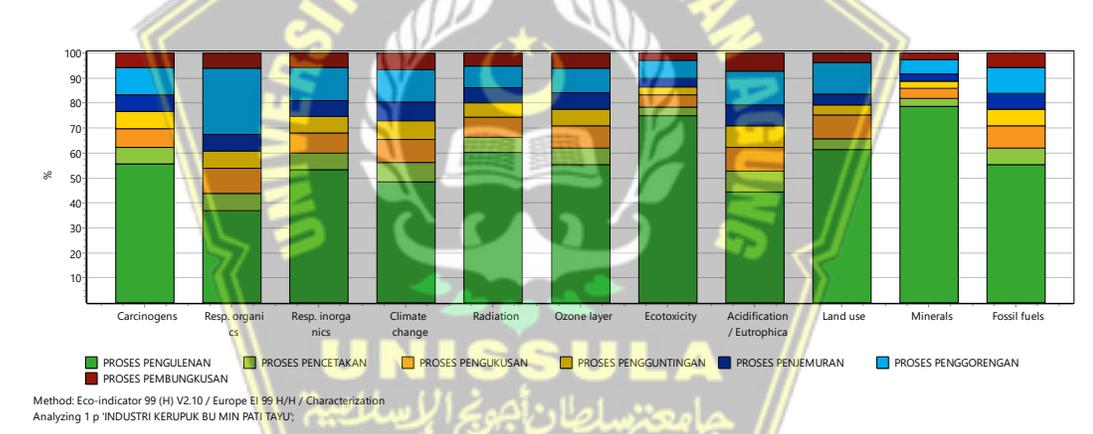
Gambar 4. 23 Sankey Diagram

Pada gambar *Sankey diagram* diatas merupakan ilustrasi dari *life cycle assessment*. *Diagram Sankey* tersebut bisa mengetahui material yang memiliki dampak paling besar terhadap lingkungan. Material yang mengandung dampak paling besar di Industri kerupuk Bu Min yaitu proses pengulenan dengan nilai 56,9 % dimana ditunjukkan oleh garis merah dari bawah ke atas. Tahap penilaian dan pengelompokkan dampak terhadap lingkungan dibagi menjadi *Characterization, damage assesment, Normalization, Weighting* dan *single score*.

1. Penilaian terhadap pencemaran

a. Characterization

Senyawa kimia yang terlibat dalam suatu proses bertanggung jawab atas 11 kategori dampak yang termasuk dalam LCA. Selama karakterisasi, persentase setiap emisi yang dihasilkan dalam sub-proses suatu kategori dampak akan ditampilkan.



Gambar 4. 24 OutputCharacterization

Tabel 4. 4 OutputCharacterization

Se	Impact category	Unit	Total	PROSES PENGULENAN	PROSES PENCETAKAN	PROSES PENGUKUSAN	PROSES PENGUNTINGAN	PROSES PENJEMURAN	PROSES PENGGORENGAN	PROSES PEMBUNGGUNGAN
✓	Carcinogens	DALY	0.000314	0.000174	2.13E-5	2.34E-5	2.13E-5	2.13E-5	3.39E-5	1.83E-5
✓	Resp. organics	DALY	1.71E-7	6.3E-8	1.17E-8	1.7E-8	1.17E-8	1.17E-8	4.51E-8	1.03E-8
✓	Resp. inorganics	DALY	0.000257	0.000137	1.67E-5	2.12E-5	1.67E-5	1.67E-5	3.42E-5	1.45E-5
✓	Climate change	DALY	4.14E-5	2.01E-5	3.12E-6	3.82E-6	3.12E-6	3.12E-6	5.4E-6	2.72E-6
✓	Radiation	DALY	2.39E-7	1.44E-7	1.43E-8	1.92E-8	1.43E-8	1.43E-8	2.04E-8	1.26E-8
✓	Ozone layer	DALY	1.57E-8	8.69E-9	1.06E-9	1.39E-9	1.06E-9	1.06E-9	1.53E-9	9.49E-10
✓	Ecotoxicity	PAF*m2yr	232	174	7.86	11.4	7.86	7.86	16.3	7
✓	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	12.9	5.73	1.09	1.21	1.09	1.09	1.73	0.943
✓	Land use	PDF*m2yr	119	73.1	5.11	11.3	5.11	5.11	15.1	4.38
✓	Minerals	MJ surplus	14.3	11.3	0.422	0.59	0.422	0.422	0.815	0.367
✓	Fossil fuels	MJ surplus	165	91.2	10.8	14.7	10.8	10.8	16.8	9.65

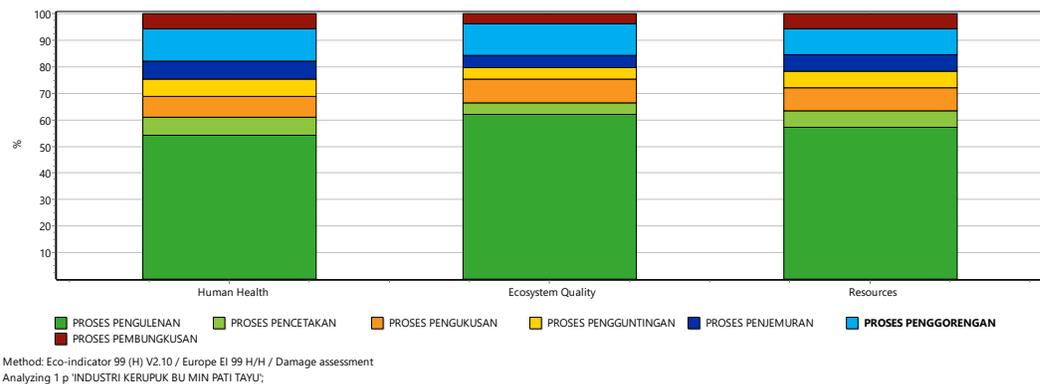
Output Simapro pada gambar 4.23 dijelaskan mengenai kategori dampak yang dihasilkan berdasarkan *input* data LCI pada Kerupuk Bu Min . Satuan DALY (*Disability Adjusted Life Year*) merupakan indikator untuk menilai kerusakan *Human health*. Berdasarkan kategori yang telah ditetapkan antara lain, *carcinogens*, *respiratory organics*, *respiratory inorganics*, *climate change*, *radiation*, dan *ozone layer*.

Software *Simapro* mengevaluasi kerusakan Kualitas *Ecosistem* dengan menggabungkan satuan PAFm2yr dan PDFm2yr menjadi satu kesatuan, yaitu PDFm2yr (*Potentially Disappeared of Species per square meter year*). PDFm2yr mengukur potensi hilangnya spesies atau *Ecosistem* per m² per unit produk. Satu PDFm2yr menyiratkan kerusakan pada spesies atau *Ecosistem* yang mencakup 1m² permukaan bumi dalam satu unit produk. Kategori dampak Kualitas *Ecosistem*, termasuk Ecotoksitas, pengasaman/eutrofikasi, dan kategori penggunaan lahan, dipertimbangkan. Kategori dampak Ecotoksitas, yang disebabkan oleh emisi polutan ke udara, lingkungan, dan tanah, merupakan penyumbang utama kerusakan kualitas *Ecosistem*.

Nilai Kerusakan Sumber Daya dihitung menggunakan unit Surplus MJ untuk kategori dampak gabungan. MJ Surplus mengacu pada jumlah energi primer yang dibutuhkan untuk mengekstraksi sumber daya alam. Kategori bahan bakar fosil memiliki kontribusi paling tinggi terhadap kerusakan sumber daya, hal ini menunjukkan semakin menipisnya sumber daya bahan bakar fosil akibat perilaku manusia yang mengutamakan penggunaan sumber daya terbaik terlebih dahulu, diikuti dengan kualitas yang lebih rendah, sehingga membutuhkan upaya lebih untuk mengekstraksi sumber daya sisa.

b. *Damage assessment*

Merupakan hasil dari *impcat assessment* pada yang dikategorikan pada 3 hal yaitu: *Human health*, *Ecosystem Quality* dan *Resources* pada gambar 4.24



Gambar 4. 25 Output Damage assessment

Tabel 4. 5 Output Damage Assesment

Se	Damage category	Unit	Total	PROSES PENGULENAN	PROSES PENCETAKAN	PROSES PENGUKUSAN	PROSES PENGUNTINGA	PROSES PENJEMURAN	PROSES PENGGORENGAI	PROSES PEMBUNGKUSAI
✓	Human Health	DALY	0.000613	0.000332	4.11E-5	4.85E-5	4.11E-5	4.11E-5	7.36E-5	3.56E-5
✓	Ecosystem Quality	PDF·m2yr	155	96.2	6.99	13.6	6.99	6.99	18.5	6.02
✓	Resources	MJ surplus	179	103	11.2	15.3	11.2	11.2	17.6	10

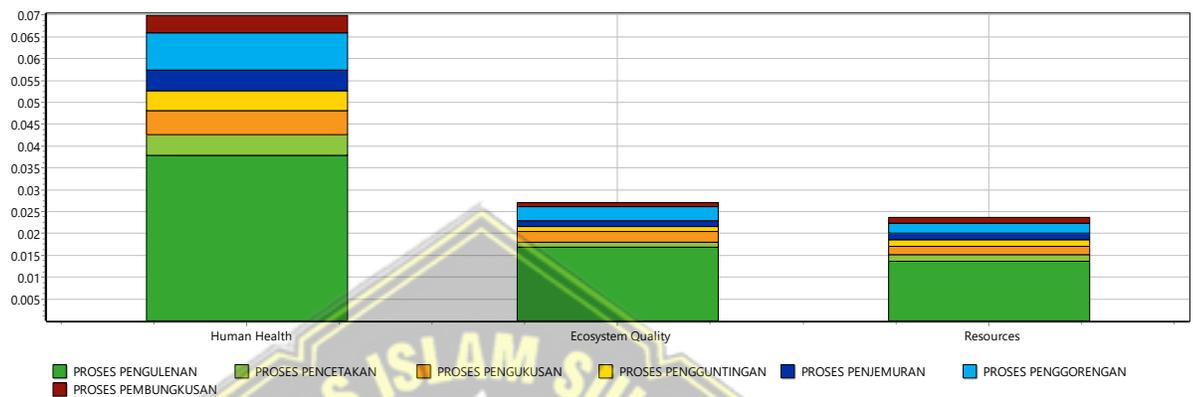
Pada tahap Penilaian Kerusakan, kategori kerusakan dampak pada proses sebelumnya dinilai dengan menjumlahkan unit yang sama untuk setiap kategori kerusakan. Misalnya, dalam kategori Kesehatan Manusia, kategori dampak dengan satuan DALY dijumlahkan. Dalam kategori Kualitas Ekosistem, satuan PDFm2yr dijumlahkan, dan dalam kategori Sumber Daya, satuan Surplus MJ dijumlahkan untuk setiap proses.proses.

c. Normalization

Normalisasi melibatkan standarisasi unit di semua kategori dampak. Langkah ini dilakukan setelah proses penilaian kerusakan, yang melibatkan konsolidasi 11 kategori menjadi tiga kategori utama. Tujuan normalisasi adalah untuk memudahkan perbandingan dan analisis dampak lingkungan antar kategori.

Hasil dari tahap normalisasi adalah sebagai berikut: Indikator Eco 99 H/H menggunakan parameter untuk menormalkan hasil. Kontribusi relatif dari kerusakan terhadap total kerusakan dihitung melalui normalisasi, dan data yang diperoleh diberi bobot menggunakan faktor pembobotan metodologi. Setelah normalisasi, semua indikator kategori menghasilkan satuan yang sama memungkinkan perbandingan yang

mudah. Normalisasi memberikan informasi tentang kontribusi bahan tertentu dalam suatu proses terhadap efek lingkungan tertentu. Itu dapat dihitung dan diterapkan berdasarkan hasil tahap karakterisasi. Tabel 4.5 secara grafis menyajikan hasil normalisasi yang ditabulasikan untuk setiap tahapan proses.



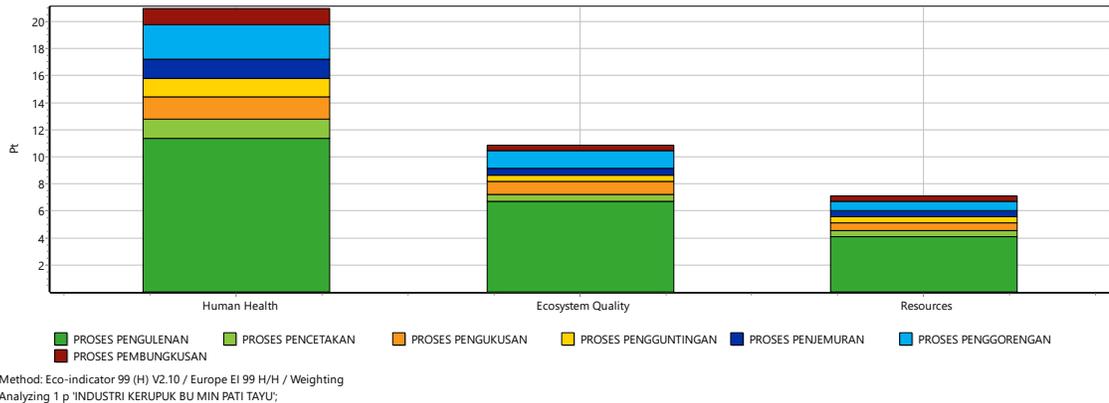
Gambar 4. 26 Output Normalization

Tabel 4. 6 Output Normalization

Se	Damage category	Unit	Total	PROSES PENGULENAN	PROSES PENCETAKAN	PROSES PENGUKUSAN	PROSES PENGUNTINGA	PROSES PENJEMURAN	PROSES PENGGORENGAI	PROSES PEMBUNGKUSAI
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health		0.0699	0.0378	0.00469	0.00553	0.00469	0.00469	0.00839	0.00406
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality		0.0271	0.0168	0.00122	0.00238	0.00122	0.00122	0.00323	0.00105
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources		0.0237	0.0136	0.00148	0.00202	0.00148	0.00148	0.00233	0.00133

d. Weighting

Tahap akhir penilaian dampak di mana dampak yang dinilai dibandingkan dan dibakukan ke ukuran unit umum untuk mencerminkan kepentingan relatifnya. Tahapan ini dilakukan setelah normalisasi karena hasil yang diperoleh dari proses normalisasi masih belum terstandarisasi sesuai kepentingannya. Pembobotan dihitung dengan cara mengalikan kategori dampak dengan bobot masing-masing faktor kemudian menjumlahkan hasilnya untuk mendapatkan skor total. Keluaran dari tahap pembobotan pada *Simapro* diilustrasikan pada Gambar 4.26 dan Tabel 4.6 berikut ini



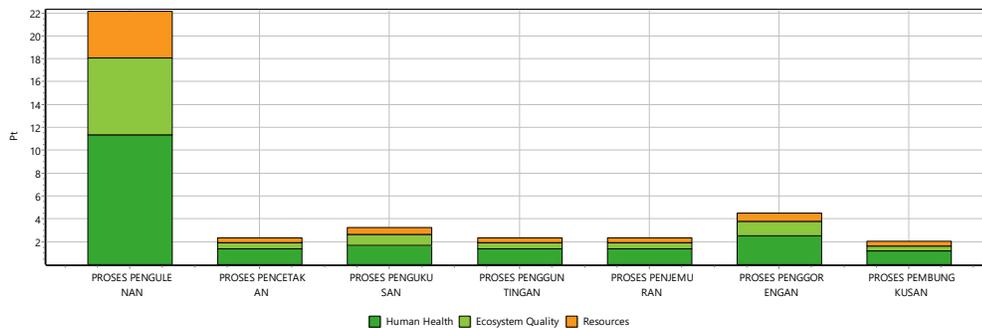
Gambar 4. 27 Output Weighting

Tabel 4. 7 Output Weighting

Se	Damage category	Unit	Total	PROSES PENGULENAN	PROSES PENCETAKAN	PROSES PENGUKUSAN	PROSES PENGUNGTINGA	PROSES PENJEMURAN	PROSES PENGGORENGAI	PROSES PEMBUNGKUSAI
	Total	Pt	38.9	22.2	2.34	3.22	2.34	2.34	4.51	2.04
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health	Pt	21	11.4	1.41	1.66	1.41	1.41	2.52	1.22
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality	Pt	10.9	6.73	0.498	0.953	0.488	0.488	1.29	0.421
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources	Pt	7.11	4.08	0.445	0.606	0.445	0.445	0.699	0.398

e. *Single score*

Pada tahap terakhir *Software* Ini melibatkan menjumlahkan semua nilai bobot untuk mendapatkan skor total untuk setiap tahap proses produksi kerupuk. Hal ini memungkinkan kami untuk mengidentifikasi kegiatan mana yang memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan. *Simapro 9.0* menghasilkan keluaran *Single score* yang disajikan dalam bentuk tabel pada Gambar 4.28 dan ditampilkan secara visual untuk setiap tahapan proses pada Tabel 4.7



Gambar 4. 28 Output single score

Tabel 4. 8 *Output single score*

Se	Damage category	Unit	Total	PROSES PENGULENAN	PROSES PENCETAKAN	PROSES PENGUKUSAN	PROSES PENGUNGUNTA	PROSES PENJEMURAN	PROSES PENGGORENGAI	PROSES PEMBUNGKUSAI
	Total	Pt	38.9	22.2	2.34	3.22	2.34	2.34	4.51	2.04
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health	Pt	21	11.4	1.41	1.66	1.41	1.41	2.52	1.22
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality	Pt	10.9	6.73	0.488	0.953	0.488	0.488	1.29	0.421
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources	Pt	7.11	4.08	0.445	0.606	0.445	0.445	0.699	0.398

Nilai *Single score* dan hasil pembobotan identik karena hasil pembobotan merupakan langkah terakhir dalam perhitungan LCIA, menghasilkan skor yang sama dengan skor tunggal.

4.2.4 *Eco Efficiency* Pembuatan Kerupuk Bu Min

Setelah mengetahui nilai dari dampak lingkungan selanjutnya dihitung *Eco Efficiency* sebagai berikut :

4.2.4.1 *Eco cost* Pada IKM Bu Min

Eco cost mengacu pada biaya yang diperlukan untuk mencegah akumulasi dampak lingkungan akibat siklus hidup produk. Ada tiga kategori dampak, termasuk kesehatan manusia yang diukur dalam DALYs (*Disability Adjusted Life Years*), kualitas ekosistem yang diukur dalam PDFm2yr (Fraksi Spesies yang Berpotensi Hilang per meter persegi per tahun), dan sumber daya yang diukur dalam MJ Surplus (*MegaJoule*). Hasil perhitungan Simapro beserta satuannya masing-masing dikonversikan ke dalam Euro, yang kemudian dikonversikan ke dalam satuan Rupiah untuk menstandarkan satuan biaya kerusakan lingkungan. Persamaan 5 digunakan berdasarkan kurs Euro terhadap Rupiah pada tanggal 28 Juli 2019. Tabel 4.4 memberikan informasi biaya yang dikeluarkan untuk pencegahan berdasarkan kategori Kesehatan dan Sumber Daya Manusia (Peruzzini et al., 2013) pada proses produksi kerupuk di IKM Ibu Min.

Perhitungan *Eco cost* pada *Human health*

- 1 DALYs = 1 QALYs
- 1 QALYs = 74000 euro
- 1 Euro = 15.607,31 rupiah
- *Human health* = (0,000613) x (74000 euro) x (15.607,31 rupiah)
= Rp 707.979

a. Perhitungan *Eco cost* pada *Ecosystem Quality*

- 1 (PDFm2yr) = 1,4 euro
- 1 Euro = 15.607,31 rupiah
- *Ecosystem Quality* = (155) x (1,4 euro) x (15.607,31 rupiah)
= Rp 3.386.786

b. Perhitungan *Eco cost* pada *Resource*

- MJ = 0,00411 euro
- 1 Euro = 15.607,31 rupiah
- *Resources* = (179) x (0,00411) x (15.607,31 rupiah)
= Rp 11.482

Tabel 4. 9 Perhitungan *Eco cost* IKM Kerupuk Bu Min

Damage Category	Satuan	Hasil	Faktor Konversi	<i>Eco cost</i> (€)	<i>Eco cost</i> (Rp)
<i>Human health</i>	DALY	0.000613	74000	45,362	707.979
<i>Ecosystem Quality</i>	PDF*m2yr	155	1,4	217	3.386.786
<i>Resources</i>	MJ Surplus	179	0,00411	0.73569	11.482
Total <i>Eco cost</i> Industri kerupuk Bu Min				263,09769	4.106.247

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil *Eco cost* proses pembuatan kerupuk di IKM Kerupuk Bu Min sebesar Rp per 1 kali produksi. 4.106.247.

4.2.4.2 *Cost Benefit Analysis (CBA)* Proses Pembuatan kerupuk

Dalam perhitungan *Cost Benefit Analysis*, membutuhkan keseluruhan *cost* yang dikeluarkan akibat proses produksi kerupuk yang bertujuan untuk mengetahui nilai *net value* dari produk kerupuk tersebut. Adapun dalam perhitungan *Cost Benefit Analysis* diperlukan biaya-biaya yang terlibat dalam proses produksi yang terbagi atas kelompok:

1. Biaya Bahan Baku

Tabel 4. 10 Biaya Bahan Untuk Pembuatan kerupuk

No	Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga/satuan	Total harga
1.	Tepung terigu	7	Kg	10.000/kg	70.000
2.	Tepung tapioka	7	Kg	9.500/kg	66.500
3.	Minyak	5	Liter	15.000/liter	75.000
4.	Garam	0,06	Kg	13.000/kg	800
5.	Penyedap rasa	0,1	Kg	52.000/kg	5.200
6.	Ketumbar	0,15	Kg	33.000/kg	5.000
7.	Kayu bakar	30	Unit	666,7/ unit	20.000
Total					242.500

Sumber : IKM Kerupuk Bu Min

2. Biaya Tenaga Kerja

Tabel 4. 11 Biaya Tenaga Kerja

No	Proses kerja	Hari kerja / Bulan	Jumlah tenaga kerja	Biaya per hari	Biaya perbulan
1.	Pengulenan	26	1	7.000	182.000
2.	Pencetakan	26		5.000	130.000
3.	Pengukusan	26		15.000	390.000
4.	Penjemuran	26	1	10.000	260.000
5.	Penguntingan	26		10.000	260.000
6.	Penggorengan	26		13.000	338.000
7.	Pembungkusan	26		20.000	520.000
Total		2.080.000		80.000	2.080.000

Sumber: IKM Kerupuk Bu Min

Keterangan:

- Pada proses pengulenan , pengukusan dan penjemuran membutuhkan 1 tenaga kerja.
- Pada proses pengguntingan, penggorengan dan pembungkusan membutuhkan 1 tenaga kerja
- Masing masing memiliki 26 hari kerja selama 1 bulan dengan gaji yang berbeda.

4. Biaya *Overhead*

Pada IKM Bu Min , biaya *Overhead* pabrik dibagi dalam golongan berikut:

- Biaya listrik

Berikut ini merupakan jumlah listrik yang dipakai IKM kerupuk dalam sehari. Listrik yang dipakai meliputi blender.

a. Blender

- TDL = Rp 1.457/kWh
- Daya = 230 watt = 0,23 kWh
- Lama penggunaan = 35 menit atau 0,583 jam
 - Biaya pemakaian = $(0,23 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.457) \times 0,583$
= Rp 195,48
 - Biaya selama 1 bulan = $26 \times \text{Rp } 195,48$
= Rp 5.083

b. Lampu saat pengukusan

- TDL = Rp 1.457/kWh
- Daya = 80 watt = 0,08 kWh
- Lama penggunaan = 2 jam
 - Biaya pemakaian = $(0,08 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.457) \times 2$
= Rp 233,12
 - Biaya selama 1 bulan = $26 \times \text{Rp } 233,12$
= Rp 6.061,12

keterangan:

- Daya listrik yang digunakan untuk blender pada IKM Kerupuk Bu Min sebesar 230 watt .Blender merupakan alat yang digunakan untuk menghaluskan bumbu pada produksi kerupuk
- Lampu untuk proses pengukusan memiliki sebesar 80 watt

Biaya penggunaan alat merupakan biaya yang digunakan dalam pembuatan kerupuk di IKM Kerupuk Bu Min .

Tabel 4. 12 Biaya Penggunaan Alat

No	Nama Alat	Jumlah	Harga	Total	Umur Pakai (tahun)	Biaya Harian
1	Blender	1	320.000	320.000	1	Rp. 1.026
2	Gayung	1	6.000	6.000	1	Rp. 19
3	Sendok	1	750	750	0,5	Rp. 5
4	Baskom	2	5.000	10.000	0,75	Rp. 30
5	Gunting	2	20.000	40.000	0,5	Rp. 256
6	Pisau	1	10.000	10.000	2	Rp. 15
7	Wajan	1	200.000	200.000	5	Rp. 128
8	Spatula	1	38.000	38.000	1	Rp. 122
9.	Panci besar	2	280.000	560.000	5	Rp. 359
10.	Loyang	20	6.000	120.000	0,5	Rp. 769
11	Mangkok	1	7.000	7.000	1	Rp. 22
Total						Rp. 2.751

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui biaya penggunaan alat pada IKM Kerupuk Bu Min untuk memproduksi kerupuk setiap hari yaitu sebesar Rp. 2.751.

Tabel 4. 13 Seluruh Biaya Proses Pembuatan kerupuk

No.	Jenis biaya	Biaya
1	Biaya bahan baku	Rp. 242.500
2	Biaya tenaga kerja	Rp. 80.000
3		Biaya listrik
		Rp. 428,6

	Biaya <i>Overhead</i>	Biaya penggunaan alat	Rp. 2.751
Total			Rp.325.678
HPP 1 bungkus kerupuk			Rp. 416

Keterangan:

IKM Kerupuk Bu Min memproduksi 1050 bungkus per hari.

- Harga jual produk kerupuk Pemilik IKM Kerupuk Bu Min telah menentukan harga jual Kerupuk per bijinya yaitu Rp 416. Jadi dalam 1 hari uang yang didapat sebesar Rp 436.800

- *Net value* produk kerupuk

Net value produk kerupuk didapat dari harga jual produk dikurangi dengan *cost* atau harga pokok produksi dari produk kerupuk.

$$\text{Net value} = \text{Harga Jual} - \text{HPP}$$

$$\text{Net value} = \text{Rp } 436.800 - \text{Rp } 325.678$$

$$= \text{Rp } 111.122$$

Sehingga keuntungan Bu Min dalam 1 kali produksi adalah Rp 111.122

4.2.4.3 Perhitungan *Eco Efficiency Index (EEI)*

Dalam perhitungan *Eco Efficiency index* (EEI) bertujuan untuk mengukur kinerja produk dalam bentuk konteks *Eco Efficiency*, mengetahui karakteristik EEI suatu produk tersebut dan memanfaatkan konsep *Eco Efficiency* untuk sosio kebijakan yang berkaitan dengan kelestarian lingkungan.

Nilai indikator lingkungan dapat dilihat dari *Eco Efficiency* indeks suatu produk yang merupakan indikator kelestarian lingkungan. *Eco Efficiency index* untuk menilai apakah IKM bisa dikatakan *affordable* (terjangkau secara finansial) dan *sustainable* dimaksudkan (ramah lingkungan). *Eco Efficiency* indeks digambarkan dalam persamaan berikut: Berikut karakteristik–karakteristik dari hasil perhitungan EEI

$$> 1 \text{ Affordable, Sustainable}$$

$$\text{Eco efficiency index} = 0 \sim 1 \text{ Affordable, Not Sustainable}$$

< 0 *Not affordable, Not Sustainable*

Sumber : (Mahastuti, 2017)

- Produk yang memiliki nilai *Eco Efficiency* > 1 , maka produk dapat dikatakan terjangkau secara finansial (*affordable*) dan ramah lingkungan (*sustainable*).
- Produk yang memiliki nilai *Eco Efficiency* $= 0\sim 1$, maka produk dapat dikatakan terjangkau secara finansial (*affordable*) namun tidak ramah lingkungan (*not sustainable*)
- Produk yang memiliki nilai *Eco Efficiency* < 1 , maka produk dapat dikatakan tidak terjangkau secara finansial (*not affordable*) dan tidak ramah lingkungan (*not sustainable*)

Perhitungan *Eco Efficiency index* proses produksi kerupuk akan memperlihatkan nilai *Eco Efficiency* proses produksi kerupuk pada IKM Bu Min . Dengan cara membagi *net value* dengan nilai *Eco cost* ditambah *cost* yang dihasilkan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.

Price = Rp 436.800

Net value` = Rp 111.122

Cost = Rp 325.678

Eco cost = Rp 4.106.247

Maka ,

$$Eco\ efficiency\ Index = \frac{Price(harga) - cost(biaya)}{Cost(biaya) + EcoCost(biayalingkungan)}$$

$$Eco\ efficiency\ Index = \frac{436.800 - 325.678}{325.678 + 4.106.247}$$

$$Eco\ efficiency\ Index = 0.0250730777$$

Jadi dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai EEI proses produksi kerupuk sebesar 0.0250730777, nilai tersebut menunjukkan 0-1 sehingga dapat dikatakan terjangkau secara finansial (*affordable*) dan tidak ramah lingkungan (*not sustainable*).

4.2.4.4 Perhitungan *Eco cost per value ratio* (EVR)

Berikut ini merupakan perhitungan *Eco cost per value ratio* (EVR) dengan cara membagi nilai *Eco cost* yang dihasilkan dengan *net value* yang diperoleh. Berikut merupakan rumus untuk menghitung EVR:

$$\text{EVR} = \text{Eco cost (Biaya lingkungan)} / \text{Net value (Nilai bersih)}$$

$$\text{EVR} = \text{Rp } 4.106.247 / \text{Rp } 111.122$$

$$\text{EVR} = 36,95$$

Dari perhitungan diatas maka dapat diketahui bahwa nilai EVR dari proses produksi kerupuk dengan harga Rp 416 per bungkus dengan jumlah 1050 bungkus per hari sebesar 36,95.

4.2.4.5 *Eco Efficiency Ratio* (EER)

Pada perhitungan *Eco Efficiency Ratio* (EER) merupakan perhitungan terakhir dalam pengukuran tingkat *Eco Efficiency* suatu produk. Perhitungan *Eco Efficiency Ratio* (EER) bertujuan untuk mengetahui hasil tingkat *efficiency* dari suatu proses pembuatan suatu produk. Perhitungan *Eco cost per value ratio* (EVR) digunakan untuk menghitung hasil *Eco Efficiency Ratio* (EER), berikut rumus EER:

$$\text{EER} = (1 - \text{EVR}) \times 100$$

$$\text{EER} = (1 - 36,95) \times 100$$

$$\text{EER} = - 3.695 \%$$

Berdasarkan hasil yang didapatkan untuk mengetahui tingkat *efficiency* dari suatu proses pembuatan kerupuk didapatkan nilai EER sebesar -3.695 %.

4.2.5 Tindakan Perbaikan

Berikut merupakan Analisa tindakan perbaikan pada IKM Kerupuk Bu Min :

4.2.5.1 Pemanfaatan Limbah Produksi Kerupuk

Berikut ini merupakan pemanfaatan limbah produksi kerupuk :

1. Di Industri Kerupuk Bu Min menghasilkan limbah potongan kerupuk sebesar 340 gram. Limbah ini akan di buat untuk produk kerupuk kecil. Pemotongan setiap dari Loyang butuh waktu sekitar 7 detik. Potongan kecil kerupuk berasal

dari adonan yang tidak merata di Loyang. Setelah selesai proses pengukusan lalu potongan kerupuk dijemur selama sehari dengan bantuan sinar matahari. Setelah kering, potongan kerupuk ditaruh dalam karung. Untuk sistem penggorengan potongan kerupuk ini sering dilakukan saat stock lebih dari 2 kg. Untuk kemasan kerupuk ini lebih banyak dibandingkan dengan kemasan kerupuk biasa.

2. Limbah minyak dari proses penggorengan ini menghasilkan sebesar 0,52liter setiap produksi. Limbh ini akan dijual dalam kurun waktu 1 bulan dengan total 10-15liter minyak.

1. Biaya bahan baku

Berikut merupakan tabel rekapitulasi biaya bahan baku untuk pembuatan potongan kerupuk.

Tabel 4. 14 Rekapitulasi Biaya Proses Pembuatan Kerupuk Baru

No.	Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga	Total
1	Minyak	0,141	Liter	2.125	2.125
2	Kayu	1	Unit	500	500
3	Plastik	21	Pcs	500	500
Total					3.125

2. Biaya bahan baku

Tabel 4. 15 Biaya tenaga kerja

No	Proses kerja	Hari kerja / Bulan	Jumlah tenaga kerja	Biaya per hari	Total
1	Penjemuran	26	1	1.000	1.000
2	Penggorengan	26			
3	Pembungkusan	26			
Total					1.000

3. Biaya *overhead*

- Biaya listrik

Berikut ini merupakan jumlah listrik yang dipakai IKM kerupuk dalam sehari.

Listrik yang dipakai meliputi blender.

a. Blender

- TDL = Rp 1.457/kWh
- Daya = 230 watt
= 0,23 kWh
- Lama penggunaan = 0,9 menit atau 0,015 jam
 - Biaya pemakaian = $(0,23 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.457) \times 0,015$
= Rp 5,02
 - Biaya selama 1 bulan = $26 \times \text{Rp } 5,02$
= Rp 131

b. Lampu saat pengukusan

- TDL = Rp 1.457/kWh
- Daya = 80 watt = 0,08 kWh
- Lama penggunaan = 3 menit = 0,05 jam
 - Biaya pemakaian = $(0,08 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.457) \times 0,05 \text{ jam}$
= Rp 5,9

Keterangan:

- Pada proses pembuatan potongan kerupuk baru dibutuhkan 1 tenaga kerja untuk proses penjemuran, penggorengan dan pembungkusan.
- Biaya tenaga kerja Pada Industri kerupuk Bu Min Rp.1.000
- Biaya *overhead* lampu yaitu Rp. 5,9 dan biaya penggunaan blender Rp. 5,02.
- Biaya penggunaan alat

Berikut merupakan biaya penyusutan alat yang digunakan dalam pembuatan kerupuk baru di Industri kerupuk Bu Min .

Tabel 4. 16 Biaya Penggunaan Alat

No	Nama Alat	Jumlah	Harga	Total	Umur Pakai (Tahun)	Biaya Harian
1	Wajan	1	200.000	200.000	5	Rp. 128
2	Spatula	1	38.000	38.000	1	Rp. 122
Total						Rp. 250

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahuibahwa biaya penyusutan alat pada Industri kerupuk Bu Min untuk memproduksi suatu kerupuk baru setiap hari yaitu sebesar Rp. 250. Berikut merupakan tabel dari seluruh biaya yang terlibat dalam proses pembuatan kerupuk baru di Industri kerupuk Bu Min .

Tabel 4. 17 Rekapitulasi Biaya Proses Pembuatan Kerupuk Kecil

No.	Jenis biaya	Biaya	
1	Biaya bahan baku	Rp. 2.125	
2	Biaya tenaga kerja	Rp. 1.000	
3	Biaya <i>Overhead</i>	biaya listrik	Rp. 10,92
		Biaya penggunaan alat	Rp. 250
Total		Rp.3.385,92	
HPP 1 bungkus Kerupuk		Rp. 450	

Keterangan:

- Industri kerupuk Bu Min memproduksi kerupuk baru kecil per hari 23 pcs.
- Harga jual kerupuk baru Bu Min telah menentukan harga jual Kerupuk 1 hari uang yang didapat sebesar Rp 10.350
- *Net value* kerupuk baru
Net value produk kerupuk baru didapat dari harga jual produk dikurangi dengan *cost* atau harga pokok produksi dari produk kerupuk baru.

$$\begin{aligned}
 \text{Net value} &= \text{Harga Jual} - \text{HPP} \\
 \text{Net value} &= \text{Rp. } 10.350 - \text{Rp. } 3.385,92 \\
 &= \text{Rp } 6.964
 \end{aligned}$$

Sehingga keuntungan Industri kerupuk Bu Min 1 kali produksi adalah Rp 6.964

4.2.5.2 Simulasi Hasil Perhitungan *Eco Efficiency* Setelah Perbaikan

1. *Eco cost* pada Industri kerupuk Bu Min

Berdasarkan gambar 4.24 maka dapat dihitung biaya yang dikeluarkan untuk pencegahan berdasarkan adalah pada kategori *Human health* dan *Resource* (Peruzzini et al., 2013) pada proses pembuatan kerupuk baru di Industri kerupuk Bu Min sebagai berikut :

- a. Perhitungan *Eco cost* pada *Human health*
 - 1 DALYs = 1 QALYs
 - 1 QALYs = 74000 euro
 - 1 Euro = 15.607,31 rupiah
 - *Human health* = (0.000613) x (74000 euro) x (15.607,31 rupiah)
 - = Rp 707.979
- b. Perhitungan *Eco cost* pada *Ecosystem Quality*
 - 1 (PDFm2yr) = 1,4 euro
 - 1 Euro = 15.607,31 rupiah
 - *Ecosystem Quality* = (155) x (1,4 euro) x (15.607,31 rupiah)
 - = Rp 3.386.786
- c. Perhitungan *Eco cost* pada *Resource*
 - MJ = 0,00411 euro
 - 1 Euro = 15.607,31 rupiah
 - *Resources* = (179) x (0,00411) x (15.607,31 rupiah)
 - = Rp 11.482

Tabel 4. 18 Perhitungan *Eco cost* IKM Kerupuk Bu Min

<i>Damage Category</i>	Satuan	Hasil	Faktor Konversi	<i>Eco cost</i> (€)	<i>Eco cost</i> (Rp)
<i>Human health</i>	DALY	0.000613	74000	45,362	707.979
<i>Ecosystem Quality</i>	PDF*m2yr	155	1,4	217	3.386.786
<i>Resources</i>	MJ Surplus	179	0,00411	0.73569	11.482
Total <i>Eco cost</i> Industri kerupuk Bu Min				263,09769	4.106.247

1 € = Rp 15.637,00

Berdasarkan perhitungan diatas didapatkan hasil *Eco cost* proses pembuatan Kerupuk Bu Min sebesar Rp per 1 kali produksi 4.106.247

2. *Cost Benefit Analysis* (CBA) pembuatan kerupuk

Cost Benefit Analysis adalah teknik yang digunakan untuk menilai profitabilitas suatu proyek dengan membandingkan total biaya dengan total pendapatan. Untuk melakukan *Cost Benefit Analysis* untuk proses produksi kerupuk, semua biaya yang terkait dengan proses produksi harus diidentifikasi untuk menentukan nilai bersih produk kerupuk. Biaya yang terlibat dalam proses produksi dibagi menjadi beberapa kelompok:

1. Biaya bahan baku

Berikut merupakan tabel rekapitulasi biaya bahan untuk pembuatan kerupuk.

Tabel 4. 19 Biaya Bahan Untuk Pembuatan kerupuk

No	Bahan	Kebutuhan	Satuan	Harga/satuan	Total harga
1.	Tepung terigu	7	Kg	10.000/kg	70.000
2.	Tepung tapioka	7	Kg	9.500/kg	66.500
3.	Minyak	5	Liter	15.000/liter	75.000

4.	Garam	0,06	Kg	13.000/kg	800
5.	Penyedap rasa	0,1	Kg	52.000/kg	5.200
6.	Ketumbar	0,15	Kg	33.000/kg	5.000
7.	Kayu bakar	30	Unit	666,7/ unit	20.000
Total					242.500

Sumber : IKM Kerupuk Bu Min

2. Biaya tenaga kerja

Pada proses pembuatan kerupuk membutuhkan waktu proses, berikut merupakan waktu proses pembuatan kerupuk:

Tabel 4. 20 Biaya Tenaga Kerja

No	Proses kerja	Hari kerja / Bulan	Jumlah tenaga kerja	Biaya per hari	Total
1.	Pengulenan	26	1	7.000	7.000
2.	Pengkusan	26		20.000	20.000
3.	Penjemuran	26		10.000	10.000
4.	Penguntingan	26		10.000	10.000
5.	Penggorengan	26		13.000	13.000
6.	Pembungkusan	26		20.000	20.000
Total					80.000

Sumber: IKM Kerupuk Bu Min

Keterangan:

- Pada proses produksi kerupuk dibutuhkan masing masing 1 tenaga kerja, memiliki 26 hari kerja selama 1 bulan.
- Biaya tenaga kerja dalam 26 hari yaitu 80.000

3. Biaya *Overhead*

Pada IKM Bu Min , biaya *Overhead* pabrik dibagi dalam golongan berikut:

- Biaya listrik

Berikut ini merupakan jumlah listrik yang dipakai dalam proses produksi kerupuk dalam sehari, listrik yang dipakai meliputi blender.

a. Blender

- TDL = Rp 1.457/kWh
- Daya = 230 watt = 0,23 kWh
- Lama penggunaan = 35 menit atau 0,583 jam
 - Biaya pemakaian = $(0,23 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.457) \times 0,583$
= Rp 195,48
 - Biaya selama 1 bulan = $26 \times \text{Rp } 195,48$
= Rp 5.083

b. Lampu saat pengukusan

- TDL = Rp 1.457/kWh
- Daya = 80 watt = 0,08 kWh
- Lama penggunaan = 2 jam
 - Biaya pemakaian = $(0,08 \text{ kWh} \times \text{Rp } 1.457) \times 2$
= Rp 233,12
 - Biaya selama 1 bulan = $26 \times \text{Rp } 233,12$
= Rp 6.061,12

keterangan:

- Daya listrik yang digunakan untuk blender pada IKM Kerupuk Bu Min sebesar 230 watt .blender merupakan alat yang digunakan untuk menghaluskan bumbu pada produksi kerupuk.
- Lampu untuk proses pengukusan memiliki sebesar 80 watt.

4. Biaya penggunaan alat

Berikut merupakan biaya penggunaan alat yang digunakan dalam pembuatan kerupuk di IKM Kerupuk Bu Min .

Tabel 4. 21 Biaya PenggunaanAlat

No	Nama Alat	Jumlah	Harga	Total	Umur Pakai (Tahun)	Biaya Harian
1	Blender	1	320.000	320.000	1	Rp. 1.026
2	Gayung	1	6.000	6.000	1	Rp. 19
3	Sendok	1	750	750	0.5	Rp. 5
4	Baskom	2	5.000	10.000	0.75	Rp. 30
5	Gunting	2	20.000	40.000	0,5	Rp. 256
6	Pisau	1	10.000	10.000	2	Rp. 15
7	Wajan	1	200.000	200.000	5	Rp. 128
8	Spatula	1	38.000	38.000	1	Rp. 122
9.	Panci besar	2	280.000	560.000	5	Rp. 359
10.	Loyang	20	6.000	120.000	0,5	Rp. 769
11	Mangkok	1	7.000	7.000	1	Rp. 22
Total						Rp. 2.751

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui biaya penyusutan alat pada IKM Kerupuk Bu Min untuk memproduksi kerupuk setiap hari yaitu sebesar Rp. 2.751.

Tabel 4. 22 Seluruh Biaya Proses Pembuatan kerupuk

No.	Jenis biaya		Biaya
1	Biaya bahan baku		Rp. 242.500
2	Biaya tenaga kerja		Rp. 81.500
3	Biaya <i>Overhead</i>	Biaya Listrik	Rp. 428,6
		Biaya penyusutan alat	Rp. 2.751
Total			Rp. 327.179,6
HPP 1 bungkus Kerupuk			Rp. 416

Keterangan:

IKM Kerupuk Bu Min memproduksi 1050 bungkus per hari.

- Harga jual produk kerupuk Pemilik IKM Kerupuk Bu Min telah menentukan harga jual Kerupuk per bijinya yaitu Rp 416. Jadi dalam 1 hari uang yang didapat sebesar Rp 436.800
- Produk sisa limbah potongan limbah kerupuk
Produk sisa potongan kerupuk diolah menjadi kerupuk kecil harga 1 kerupuk Rp 416 dan menghasilkan 23 bungkus kerupuk kecil perhari sehingga pendapatannya adalah Rp 6.964
- Produk sisa limbah minyak
Limbah yang dihasilkan per hari 0,52liter dimana limbah ini akan dijual setiap satu bulan sekali dengan hasil per hari Rp.2.600, sehingga Rp. 436.800+ Rp. 6.964 + Rp. 2.600 = Rp 446.364
- *Net value* produk kerupuk
Net value produk kerupuk didapat dari harga jual produk dikurangi dengan *cost* atau harga pokok produksi dari produk kerupuk.
$$\text{Net value} = \text{Harga Jual} - \text{HPP}$$
$$\text{Net value} = \text{Rp } 446.364 - \text{Rp } 327.179,6$$
$$= \text{Rp } 119.195,4$$

Sehingga keuntungan Bu Min dalam 1 kali produksi adalah Rp. 119.195,4

4.2.5.3 Perhitungan *Eco Efficiency index (EEI)*

Eco Efficiency index adalah ketepatan dalam penggunaan sumber daya Perhitungan *Eco Efficiency index* proses produksi kerupuk akan memperlihatkan nilai *Eco Efficiency* proses produksi kerupuk pada Industri kerupuk Bu Min . Dengan cara membagi *net value* dengan nilai *Eco cost* ditambah *cost* yang dihasilkan berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan.

Price = Rp 446.375

Net value = Rp 119.195,4

Cost = Rp 327.179,6

Eco cost = Rp 4.106.247

Maka ,

$$\text{Eco efficiency Index} = \frac{\text{Price(harga)} - \text{cost(biaya)}}{\text{Cost(biaya)} + \text{EcoCost(biayalingkungan)}}$$

$$\text{Eco efficiency Index} = \frac{446.375 - 327.179,6}{327.179,6 + 4.106.247}$$

$$\text{Eco efficiency Index} = \frac{119.195,4}{4.433.426,6}$$

$$\text{Eco efficiency Index} = 0,02688$$

Dari perhitungan yang telah dilakukan didapatkan nilai EEI proses produksi pada Industri kerupuk Bu Min 0,02688 sehingga dapat dikatakan terjangkau secara finansial (*affordable*) dan tidak ramah lingkungan (*not sustainable*)

4.2.5.4 Perhitungan *Eco cost per value ratio* (EVR)

Berikut ini merupakan perhitungan *Eco cost per value ratio* (EVR) dengan cara membagi nilai *Eco cost* yang dihasilkan dengan *net value* yang diperoleh. Berikut merupakan rumus untuk menghitung EVR:

$$\text{EVR} = \text{Ecocost (Biaya lingkungan)} / \text{Net value (Nilai bersih)}$$

$$\text{EVR} = \text{Rp } 4.106.247 / \text{Rp } 119.195,4$$

$$\text{EVR} = 34,44$$

Dari perhitungan diatas maka dapat diketahuibahwa nilai EVR dari proses produksi kerupuk dengan harga Rp 416 per bungkus dengan jumlah 1050 bungkus per hari sebesar 34,44

4.2.5.5 *Eco Efficiency Ratio* (EER)

Pada perhitungan *Eco Efficiency Ratio* (EER) merupakan perhitungan terakhir dalam pengukuran tingkat *Eco Efficiency* suatu produk. Perhitungan *Eco Efficiency Ratio* (EER) bertujuan untuk mengetahui hasil tingkat *efficiency* dari suatu proses pembuatan suatu produk. Perhitungan *Eco cost per value ratio* (EVR) digunakan untuk menghitung hasil *Eco Efficiency Ratio* (EER), berikut rumus EER:

$$\text{EER} = (1 - \text{EVR}) \times 100$$

$$\text{EER} = (1 - 34,44) \times 100$$

$$\text{EER} = - 3.444\%$$

Berdasarkan hasil yang didapatkan untuk mengetahui tingkat *efficiency* dari suatu proses pembuatan kerupuk didapatkan nilai EER sebesar – 3.444 %.

4.3 Analisa Interpretasi

Dalam hal analisis, *Life Cycle Assessment* (LCA) melibatkan tiga langkah utama: menentukan Sasaran dan Ruang Lingkup, melakukan perhitungan *Life Cycle Inventory*, dan melakukan analisis dampak siklus hidup. Tujuan dari analisis ini adalah untuk memeriksa data yang diolah dan mengklarifikasi signifikansi dari hasil akhir penelitian.

4.3.1 Analisa Life Cycle Assessment

Analisis perhitungan *Life Cycle Assessment* (LCA) terdiri dari *Goal and Scope*, perhitungan *Life Cycle Inventory*, dan *Life Cycle Impact Assessment*. Sasaran bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak lingkungan dari aktivitas produksi perusahaan, sedangkan Ruang Lingkup menentukan parameter untuk mengukur dampak terhadap kesehatan manusia di unit DALY, ekosistem di unit Species.yr (PDFm2yr), dan sumber daya di unit surplus MJ. Perhitungan Inventaris Siklus Hidup melibatkan pengumpulan data tentang bahan baku yang digunakan dalam produksi produk. Penilaian Dampak Siklus Hidup mengevaluasi dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi, dengan tujuan untuk mengidentifikasi nilai dampak penting. Analisis menjelaskan data yang diolah dan menyajikan hasil akhir penelitian.

4.3.2.1 Analisa Goal And Scope

Langkah awal dalam proses analisis *Life Cycle Assessment* adalah menetapkan *Goal* (sasaran). Langkah pertama adalah menetapkan tujuan. Dalam hal ini tujuannya adalah untuk mengetahui dampak lingkungan dari proses produksi kerupuk di Industri kerupuk Bu Min ditinjau dari nilai *Eco cost*. Ruang lingkup analisis dibatasi pada proses pembuatan kerupuk dan spesifikasi yang terkait, serta limbah yang dihasilkan selama proses tersebut. Perlu diketahui bahwa pembuatan kerupuk merupakan proses yang menghasilkan limbah.

4.3.2.2 Analisa *Life Cycle Inventory*

Analisis *Life Cycle Inventory* (LCI) dari proses pembuatan kerupuk berfokus pada kebutuhan input dan konsumsi energi. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan kerupuk antara lain 7 kg tepung terigu, 7 kg tepung tapioka, 60 gram garam, 150 gram ketumbar, 100 gram penyedap rasa, 1 kg bawang putih, dan 10,4 liter air. Dari segi energi, proses produksi membutuhkan energi listrik sebesar 0,115 kWh untuk blender. Proses produksi melibatkan berbagai tahapan seperti menguleni, mencetak, mengukus, memotong, mengeringkan, menggoreng dan pembungkusan.

4.3.2.3 Analisa *Life Cycle Impact Assessment*

1. *Sankey diagram*

Sankey diagram menggambarkan aliran proses yang terlibat dalam produksi kerupuk Bu Min dan dampak lingkungannya. Diagram menunjukkan input yang digunakan dalam proses menguleni, mengukus, mengeringkan, memotong, menggoreng, dan membungkus. Ketebalan garis antara proses menunjukkan kepentingan dan kontribusi relatifnya terhadap keseluruhan siklus hidup produk. Setiap unit proses diwakili oleh kotak dengan warna berbeda, seperti biru untuk perakitan, hijau untuk material, coklat untuk energi, dan abu-abu untuk proses. Persentase kerusakan lingkungan yang disebabkan oleh industri kerupuk Bu Min terlihat paling tinggi pada proses pengadukan, yaitu sebesar 56,9% dari dampak. Tahap penilaian dan pengelompokan dampak terhadap lingkungan dibagi menjadi *characterization*, *damage assesment*, *normalization*.

2. *Characterization*

Setelah menyelesaikan *Life Cycle Inventory* (LCI), penilaian dampak lingkungan dilakukan untuk menentukan kerusakan yang disebabkan oleh berbagai masukan dan keluaran terhadap lingkungan. Penilaian ini mempertimbangkan dampak langsung, tidak langsung, dan kumulatif terhadap kesehatan manusia, hewan, tumbuhan, dan kesehatan ekologi secara keseluruhan pada skala lokal, regional, atau global. Dengan menggunakan metode eco-indicator pada Software Simapro 9.0, hasil

karakterisasi dihasilkan dan disajikan pada Gambar 4.23 dan Tabel 4.7. Sumbu y mewakili skor dampak, dengan skor tertinggi 100%, dan menampilkan kategori dampak untuk setiap tahap proses pembuatan kerupuk. Karakterisasi menunjukkan kategori mana yang memiliki dampak positif atau negatif terhadap lingkungan dan mengidentifikasi kategori siklus hidup yang memiliki dampak terbesar. Di antara 11 kategori yang berdampak negatif terhadap lingkungan adalah karsinogen, respirasi organik dan anorganik, perubahan iklim, radiasi, penipisan ozon, ekotoksitas, pengasaman, penggunaan bahan, mineral, dan bahan bakar fosil. Satu-satunya kategori yang memiliki dampak positif terhadap lingkungan adalah penggunaan lahan.

3. *Damage Assesment*

Setelah mengidentifikasi 11 kategori dampak, data dikategorikan ke dalam tiga kategori besar kerusakan: kesehatan manusia, ekosistem, dan sumber daya. Berikut ini adalah pembahasan dampak lingkungan dalam masing-masing kategori tersebut.

A. *Human health*

Kategori kesehatan manusia merupakan indikator yang dapat mencerminkan dampak proses pembuatan kerupuk terhadap kesehatan manusia. Satuan yang digunakan untuk mengukur dampak ini adalah DALY (*Disability-Adjusted Life Year*), yang mengacu pada jumlah tahun hidup sehat yang hilang karena penyakit, kecacatan, atau kematian dini. Satu DALY setara dengan hilangnya satu tahun hidup sehat. Subkategori dampak kesehatan manusia adalah: efek pernapasan, efek karsinogenik, radiasi pengion, penipisan ozon, dan toksisitas manusia.

1. Karsinogen

Sederhananya, karsinogen adalah zat yang dapat menyebabkan kanker dengan merusak DNA dalam sel, menyebabkan kelainan pada sel normal, atau dengan meningkatkan kecepatan pembelahan sel. Proses pengadukan pada proses pembuatan kerupuk memiliki pengaruh terbesar terhadap efek karsinogenik dengan nilai 0,000174, sedangkan proses pengemasan memiliki dampak terkecil dengan nilai 0,0000183. Secara keseluruhan, total dampak karsinogen dalam proses pembuatan kerupuk adalah 0,000314.

2. Mengenai respirasi organik, itu adalah proses fisiologis mengambil oksigen dan melepaskan karbon dioksida. Ini tidak boleh disamakan dengan respirasi seluler, yang merupakan proses metabolisme yang menghasilkan energi dari glukosa dan oksigen. Gambar 4.23 menunjukkan bahwa proses pembuatan kerupuk berdampak pada respirasi organik, dengan total dampak sebesar 0,000000171. Proses pengadukan memiliki kontribusi terbesar terhadap dampak ini dengan nilai 0.0000000368.

3. Respirasi inorganic

Respirasi inorganic adalah proses kimia yang menghasilkan energi. Ini adalah reaksi redoks eksotermik yang melepaskan panas dan terjadi dalam serangkaian langkah biokimia, sebagian besar melibatkan reaksi redoks. Sementara respirasi seluler secara teknis merupakan reaksi pembakaran, ini berbeda dari reaksi pembakaran tradisional karena pelepasan energi yang lambat dari serangkaian reaksi. Nutrisi yang digunakan dalam respirasi oleh sel hewan dan tumbuhan termasuk gula, asam amino, dan asam lemak. Agen pengoksidasi yang paling umum adalah molekul oksigen (O_2). Energi yang disimpan dalam ATP dapat digunakan untuk mendorong proses yang membutuhkan energi seperti biosintesis, transportasi molekul melintasi membran sel, dan pergerakan. Gambar 4.23 menunjukkan bahwa proses pembuatan kerupuk memiliki dampak lingkungan terhadap respirasi organik, dengan total nilai dampak sebesar 0,000137. Proses pengadukan memiliki kontribusi paling signifikan, dengan nilai dampak sebesar 0,000257.

4. *Climate Change* جامعنا سلطان أبجوع الإسلامية

Perubahan iklim mengacu pada pergeseran pola cuaca jangka panjang, seperti peningkatan frekuensi kejadian cuaca ekstrim atau kondisi cuaca yang tidak dapat diprediksi. Ini dapat terjadi secara lokal atau global dan sering dikaitkan dengan efek rumah kaca. Gambar 4.23 menggambarkan bahwa dampak negatif terbesar terhadap lingkungan yang ditimbulkan oleh proses pembuatan kerupuk adalah karena perubahan iklim, dengan kontribusi terbesar berasal dari proses pengadukan yang bernilai 0,0000201.

5. Radiologi

Radiasi mengacu pada energi yang dipancarkan dari atom dalam bentuk partikel atau gelombang. Ada dua jenis radiasi - radiasi pengion dan non-pengion, berdasarkan kemampuannya untuk mengionisasi. Radiasi pengion memiliki energi yang cukup untuk menghilangkan elektron yang terikat erat dari atom, menciptakan partikel atau ion bermuatan. Di sisi lain, radiasi non-pengion tidak memiliki cukup energi untuk mengionisasi atom. Gambar 4.23 menunjukkan bahwa paparan radiasi pengion terbesar pada proses pembuatan kerupuk adalah pada proses pengadukan dengan nilai 0,000000144, sedangkan total dampak radiasi pengion adalah 0,000000239.

6. Lapisan ozon

Lapisan pelindung di atmosfer yang melindungi bumi dari sinar UVB berbahaya dari matahari. Aktivitas manusia seperti penggunaan zat perusak ozon seperti pelarut dan halon telah menyebabkan lapisan ozon menipis seiring waktu. Penipisan lapisan ozon ini memprihatinkan karena meningkatkan risiko kanker, katarak, dan efek negatif lainnya. Berdasarkan Gambar 4.23, total dampak negatif yang ditimbulkan dari proses pembuatan kerupuk akibat penipisan lapisan ozon adalah sebesar 0,00000000869, dengan kontribusi terbesar berasal dari proses pengeluaran sebesar 0,0000000157.

B. *Ecosystem Quality*

Kategori dampak ekosistem digunakan untuk mengkaji dampak produksi kerupuk terhadap sistem ekologi bumi. Dampak diukur dalam satuan spesies. tahun, yang digunakan dalam Simapro Software 9.0. Satu spesies. Satuan tahun berarti kerusakan yang ditimbulkan pada suatu spesies atau ekosistem di permukaan bumi akibat produksi satu kerupuk. Kategori dampak ekosistem meliputi

A. *Ecotoxicity*

Toksisitas adalah kemampuan zat kimia untuk membahayakan biokimia, fisiologi, atau perilaku organisme hidup selain manusia. Satuan pengukuran untuk kategori ini adalah PDFm2yr (Fraksi Spesies yang Berpotensi Hilang per meter persegi tahun). Gambar 4.23 menunjukkan kontribusi terbesar terhadap dampak negatif yang ditimbulkan oleh proses pembuatan kerupuk pada kategori ini adalah 174, dengan proses pengadukan memiliki nilai ekonomi tertinggi yaitu 232

c. Acidification

Dengan kata lain, keasaman tanah adalah proses kimia yang menimbulkan tantangan bagi pertumbuhan tanaman dengan mengubah tingkat pH tanah. Ketika tingkat pH tanah turun di bawah 4,5, hal itu menyebabkan berbagai perubahan, seperti penurunan ketersediaan sebagian besar nutrisi tanaman, peningkatan toksisitas nutrisi mikro tertentu, dan hasil panen yang berkurang. Kemampuan biota tanah untuk membentuk hubungan simbiosis dengan tanaman lain juga terpengaruh. Salah satu reaksi penyebab keasaman tanah adalah oksidasi belerang anorganik. Gambar 4.23 menunjukkan bahwa proses pengadukan memiliki kontribusi paling signifikan terhadap dampak negatif yang ditimbulkan oleh proses pembuatan kerupuk pada kategori ini, dengan nilai 5,73, dan total dampaknya adalah 12,9.

d. Land Use

Pada kategori memberikan nilai dampak 119 yang berarti bahwa tidak menimbulkan dampak negatif tetapi sebaliknya memberikan dampak positif pada lingkungan.

C. Resources

Kategori penipisan sumber daya mengacu pada jumlah sumber daya atau aset yang perlu dilestarikan untuk penggunaan jangka panjang. Di LCA Simapro, satuan yang digunakan untuk kategori ini adalah MJ Surplus, yang merepresentasikan energi yang dibutuhkan untuk mengimbangi dampak yang dihasilkan dari produksi kerupuk.

1. Mineral

Sederhananya, mineral terjadi secara alami, senyawa kimia homogen yang memiliki struktur teratur. Mereka dapat berkisar dari garam sederhana hingga silikat kompleks, dan tidak terbatas hanya pada komposisi kimianya. Gambar 4.23 menunjukkan bahwa dampak negatif yang ditimbulkan oleh proses pembuatan kerupuk pada kategori ini adalah 14,3, dengan proses pengadukan memiliki nilai kontribusi tertinggi yaitu 11,3.

2. Fossil Fuel

Bahan bakar fosil adalah sumber daya tak terbarukan yang telah terbentuk selama jutaan tahun melalui proses alami, seperti kompresi bahan organik. Bahan bakar ini, termasuk minyak, batu bara, dan gas alam, terbatas dan terbatas, sehingga sangat penting untuk mengelola penggunaannya dan menghindari konsumsi berlebihan. Dampak bahan bakar fosil terhadap lingkungan diukur dalam jumlah kerupuk, dengan nilai yang diketahui 165. Proses pengadukan memiliki kontribusi paling signifikan terhadap dampak ini, dengan nilai 91,2.

4. *Normalization*

Untuk memahami kepentingan relatif dari setiap kategori dampak, normalisasi digunakan untuk menunjukkan nilai dari semua kategori dampak di lingkungan. Tahapan ini membantu dalam memberikan informasi tentang besarnya kontribusi dari setiap indikator proses yang dipelajari, dan merupakan elemen seleksi ISO. Normalisasi juga membantu mempersiapkan langkah selanjutnya seperti pembobotan atau Interpretasi Siklus Hidup. Gambar 4.25 menunjukkan bahwa kategori dampak memiliki tingkat kerusakan dampak yang berbeda. Salah satu kategori dampak yang menonjol antara lain adalah kesehatan manusia dengan total nilai dampak sebesar 0,0699. Kualitas Ekosistem memiliki nilai dampak 0,0271 dan kategori Sumberdaya memiliki 0,0237. Proses pengadukan memiliki nilai dampak terbesar yaitu 0,0378, karena bahan yang digunakan membutuhkan waktu lama untuk terurai.

5. *Weighting*

Pembobotan melibatkan penetapan kepentingan atau nilai relatif untuk kategori dampak yang berbeda sehingga dapat dibandingkan satu sama lain. Tujuannya adalah untuk menentukan proses pembuatan kerupuk mana yang merupakan pilihan terbaik untuk lingkungan di antara mereka yang melayani tujuan yang sama. Simapro memberikan hasil keluaran yang menunjukkan nilai pembobotan setiap proses pada setiap kategori kerusakan. Grafik pada Gambar 4.26 menunjukkan nilai bobot untuk kategori Kesehatan Manusia adalah 21, sedangkan untuk Kualitas Ekosistem adalah 10,49 Pt dan untuk Sumber Daya adalah 7,11 Pt. Nilai negatif pada kategori kerusakan

menunjukkan adanya dampak negatif terhadap dampak lingkungan dari kerupuk dari tabulasi kategori dampak. Proses pengadukan merupakan kategori impact yang memberikan kontribusi rata-rata paling besar menurut gambar.

6. *Single score*

Langkah terakhir dalam Penilaian Siklus Hidup dari proses utama termasuk menguleni, mengukus, mengeringkan, memotong, menggoreng, dan mengemas adalah skor tunggal yang mengevaluasi dampak lingkungan. Nilai skor tunggal sama dengan nilai pembobotan yang diperoleh dari langkah sebelumnya. Berdasarkan gambar 4.27, kategori kesehatan manusia memiliki dampak tertinggi dengan skor 21 Pt, diikuti Kualitas Ekosistem dengan 10,9 Pt, dan Sumber Daya dengan skor 7,11 Pt. Proses menguleni merupakan kegiatan yang paling berdampak dengan skor 22,2.

4.3.2 *Analisa Eco cost*

Untuk mencegah dampak lingkungan yang disebabkan oleh daur ulang masa pakai produk, diperlukan biaya Eco, yaitu biaya yang dikeluarkan. Kategori dampaknya adalah kesehatan manusia yang diukur dalam DALYs, kualitas ekosistem yang diukur dalam spesies.tahun, dan sumber daya yang diukur dalam surplus MJ. Simapro menghitung hasilnya dalam satuan masing-masing, yang kemudian dikonversikan ke Euro kemudian ke rupiah untuk menstandarkan biaya satuan yang dikeluarkan oleh lingkungan. Tabel 4.3 menyajikan hasil perhitungan *Eco cost* industri kerupuk Bu Min. Biaya yang dikeluarkan untuk mengatasi dampak lingkungan terhadap kesehatan manusia adalah Rp 707.979, sedangkan biaya yang dikeluarkan untuk mengatasi kerusakan kualitas ekosistem adalah Rp 3.386.786 dan biaya untuk mengatasi kerusakan sumber daya adalah Rp 11.428. Oleh karena itu, total biaya Eco untuk industri kerupuk Bu Min adalah Rp 4.106.247, yang menunjukkan nilai positif untuk biaya lingkungan, dan tidak ada nilai negatif untuk biaya lingkungan.

4.3.2.1 *Analisis Cost Benefit Analysis*

Untuk mengevaluasi profitabilitas proses produksi kerupuk di industri kerupuk Bu Min, dilakukan *Cost Benefit Analysis* (CBA). Biaya produksi (HPP) dihitung

dengan menjumlahkan semua biaya yang terkait dengan proses produksi, seperti biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya *overhead*. HPP untuk proses produksi kerupuk di industri kerupuk Bu Min sebesar Rp 325.678. Setelah menghitung HPP, nilai bersih atau keuntungan diperoleh dengan mengurangkan HPP dengan harga jual. Harga jual kerupuk di industri kerupuk Bu Min adalah Rp. 436.800,- sehingga diperoleh nilai bersih sebesar Rp. 111.122 untuk proses produksi kerupuk di industri kerupuk Bu Min.

4.3.2.2 Analisis *Eco Efficiency index (EEI)*

EEI (Indikator Ekonomi Lingkungan) merupakan ukuran krusial kelestarian lingkungan yang bertujuan untuk menentukan keterjangkauan dan keberlanjutan kerupuk yang diproduksi di industri kerupuk Bu Min. Hasil EEI terbagi dalam tiga kategori:

1. Jika nilai $EEI > 1$, produk dianggap berkelanjutan dan terjangkau. Hal ini tercapai jika keuntungan yang diperoleh perusahaan melebihi jumlah biaya produksi dan dampak lingkungan dari proses manufaktur.
2. Jika nilai $EEI = 0-1$, produk tersebut terjangkau tetapi tidak berkelanjutan. Ini terjadi ketika keuntungan perusahaan kecil melebihi jumlah biaya produksi dan dampak lingkungan dari proses manufaktur.
3. Jika nilai $EEI < 0$, produk tersebut tidak terjangkau dan tidak berkelanjutan. Hal ini terjadi ketika perusahaan mengalami kerugian dari produksi, yaitu biaya produksi lebih besar dari harga jual produk.

Nilai EEI untuk kerupuk yang diproduksi di industri kerupuk Bu Min adalah 0,0250730777, termasuk dalam kategori $EEI = 0-1$. Ini berarti bahwa produk tersebut terjangkau tetapi tidak berkelanjutan. Oleh karena itu, kerupuk yang diproduksi di industri kerupuk Bu Min memiliki harga yang terjangkau namun tidak ramah lingkungan karena sumber daya yang digunakan dalam proses pembuatannya

4.3.2.3 Analisa *cost per value ratio*

Eco cost per value ratio (EVR) merupakan indikator yang menghubungkan aspek ekonomi dan ekologi dari proses produksi kerupuk. Rasio ini dihitung dengan

membagi Nilai Ekologis (*Eco cost*) dengan Nilai Bersih (Nilai Ekonomis) produk. Nilai EVR yang lebih kecil menunjukkan bahwa produk tersebut lebih layak dan berkelanjutan. sebaliknya, nilai EVR yang lebih tinggi menunjukkan bahwa produk tersebut kurang layak dan berkelanjutan.

Pada kasus proses produksi kerupuk di industri kerupuk Bu Min diperoleh nilai EVR sebesar 36,95. Hal ini menunjukkan bahwa produksi kerupuk Bu Min layak dilakukan karena memiliki nilai EVR yang kecil.

4.3.2.4 Analisis *Eco Efficiency Ratio*

Eco Efficiency Ratio (EER) merupakan ukuran akhir efisiensi dalam proses pembuatan kerupuk di industri kerupuk Bu Min. Nilai EER yang lebih tinggi menunjukkan produktivitas dan kelayakan bisnis yang lebih tinggi. Nilai EER diperoleh dengan mengurangkan nilai EVR dengan 1 (1-EVR). Nilai EER yang lebih kecil menunjukkan *Eco cost* yang lebih tinggi dan net value yang lebih rendah, yang berarti produk tersebut kurang efisien. Sebaliknya, nilai EER yang lebih tinggi menunjukkan biaya yang lebih rendah dan nilai bersih yang lebih tinggi, yang berarti produk tersebut lebih efisien. Nilai EER proses pembuatan kerupuk di industri kerupuk Bu Min sebesar -3,695%, menunjukkan bahwa usaha tersebut layak dan efisien.

4.3.3 Analisa Tindakan Perbaikan

Berikut merupakan Analisa tindakan perbaikan pada Industri kerupuk Bu Min Kerupuk :

4.3.3.1 Analisa Pemanfaatan Limbah Produksi Kerupuk

Pada proses pembuatan kerupuk per hari dibutuhkan kerupuk 14 kg untuk membuat 1050 bungkus kerupuk dan menghasilkan limbah potongan kerupuk sebesar 340 gram perhari, dan dimanfaatkan untuk dijadikan produk seperti kerupuk kecil. Limbah minyak yang dihasilkan 0,54 liter. Dari hasil pemanfaatan limbah potongan kerupuk di Industri Kerupuk menghasilkan 23 bungkus per hari. Harga per 1 kerupuk Rp 450, jadi harga jual kerupuk Rp 10.350 dan harga jual minyak Rp. 2.600 serta HPP

kerupuk Rp 3.375, sehingga keuntungan untuk 1 kali produksi kerupuk kerupuk adalah Rp 6.975.

4.3.3.2 Analisa simulasi perhitungan *Eco Efficiency* setelah perbaikan

1. *Eco cost*

Tabel 4.9 menyajikan temuan analisis Eco-cost, yang memperkirakan biaya yang diperlukan untuk memitigasi dampak lingkungan dari proses pembuatan kerupuk Bu Min. Hasil analisis menunjukkan bahwa biaya mitigasi kerusakan kesehatan manusia adalah Rp. 707.979, sedangkan biaya untuk mengatasi kerusakan Kualitas Ekosistem adalah Rp. 3.386.786. Selain itu, biaya untuk mengatasi kerusakan sumber daya adalah Rp. 11.428. Dengan demikian total biaya Eco untuk industri kerupuk Bu Min adalah Rp. 4.106.247. Penting untuk dicatat bahwa analisis Eco-cost tidak memasukkan nilai Ecosystem Quality karena mewakili kerusakan lingkungan yang negatif. Nilai Eco cost sebesar Rp. 4.106.247 menunjukkan nilai positif untuk biaya lingkungan, sedangkan nilai negatif menunjukkan tidak adanya biaya lingkungan.

2. *Analisis cost benefit analysis*

Bagian ini membahas tentang *Cost Benefit Analysis* (CBA) untuk proses pembuatan kerupuk di industri kerupuk Bu Min Kerupuk. Harga pokok produksi (HPP) pembuatan kerupuk diperoleh dengan menjumlahkan biaya-biaya yang terlibat dalam seluruh proses produksi, termasuk biaya bahan baku, tenaga kerja dan overhead. HPP untuk proses pembuatan kerupuk di industri kerupuk Bu Min adalah Rp 325.678,-. Setelah menghitung harga pokok penjualan (HPP), nilai bersih (laba) dihitung dengan mengurangi harga jual dari HPP. Harga jual kerupuk di industri kerupuk Bu Min adalah Rp. 436.800, sehingga nilai bersih dari proses pembuatan kerupuk menjadi Rp 111.122. Selain itu, industri kerupuk Bu Min juga memanfaatkan limbah kerupuk dan limbah minyak untuk menghasilkan 23 bungkus kerupuk dengan harga jual Rp 450. Minyak limbah yang digunakan senilai Rp 2.600 untuk 0,54 liter. Setelah memperhitungkan harga pokok produksi dan HPP, diperoleh nilai bersih dari proses pembuatan kerupuk di industri kerupuk Bu Min sebesar Rp 119.195,4.

3. Analisis *Eco Efficiency Index*

Berdasarkan proses perhitungan, nilai EEI untuk proses pembuatan kerupuk adalah 0,02688 yang masuk dalam kategori nilai $EEI = 0-1$. Ini menunjukkan bahwa produk tersebut terjangkau tetapi tidak berkelanjutan dalam hal pemanfaatan sumber daya. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa meskipun proses pembuatan kerupuk menghasilkan produk yang terjangkau, namun tidak ramah lingkungan..

4. Analisis *cost per value ratio*

Nilai EVR untuk proses produksi kerupuk Bu Min setelah perbaikan dihitung sebesar 34,44. Hal ini menunjukkan bahwa produksi kerupuk Bu Min layak dilakukan karena nilai EVR yang rendah.

5. Analisis *Eco Efficiency ratio*

Setelah dilakukan perbaikan, nilai EER untuk proses pembuatan kerupuk Bu Min adalah -3,444%. Walaupun nilai EER mengalami peningkatan dari nilai sebelumnya, namun masih menunjukkan bahwa usaha kerupuk di Industri Bu Min tidak layak dijalankan karena nilai EER kurang dari 50%.

4.4 Pengujian Hipotesa

Setelah melakukan analisis lebih lanjut, peneliti menguji hipotesis awal yang menyatakan bahwa ada tiga kategori dampak dalam proses pembuatan kerupuk, yaitu kesehatan manusia, kualitas ekosistem, dan sumber daya. Proses penggorengan diketahui memiliki dampak terbesar terhadap lingkungan, karena menghasilkan zat yang berbahaya bagi kesehatan manusia. Dari perspektif eko-efisiensi, produk kerupuk ditemukan terjangkau tetapi tidak ramah lingkungan..

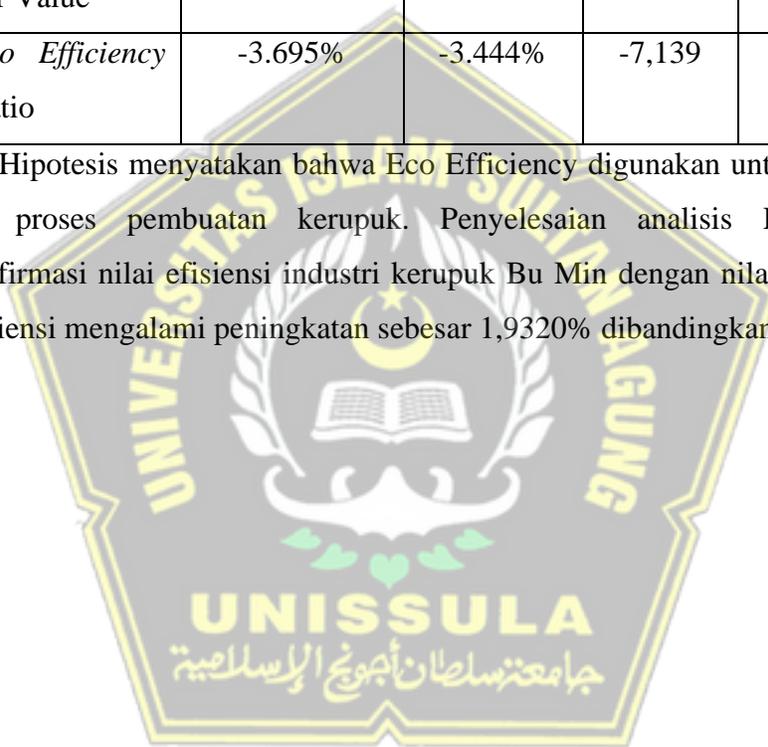
4.4.1 *Eco Efficiency*

Berikut merupakan perbandingan *Eco Efficiency* :

Tabel 4. 23 Perbandingan *Eco Efficiency* Sebelum dan Sesudah Perbaikan

No	Item	Sebelum	Sesudah	Selisih	Presentase	Keterangan
1	<i>Eco cost</i>	4.106.247	4.106.247	Rp 0	0%	Tetap
2	<i>Cost Benefit Analysis</i>	111.122	119.195,4	8.073,4	0,0726%	Naik
3	<i>Eco Efficiency Indeks</i>	0.0250730	0,02688	0,001807	0,072069%	Naik
4	<i>Eco cost Value per Value</i>	36,95	34,44	2.51	0,00679%	Turun
5	<i>Eco Efficiency Ratio</i>	-3.695%	-3.444%	-7,139	1.9320%	Naik

Hipotesis menyatakan bahwa Eco Efficiency digunakan untuk menilai nilai efisiensi proses pembuatan kerupuk. Penyelesaian analisis Eco Efficiency mengkonfirmasi nilai efisiensi industri kerupuk Bu Min dengan nilai awal -3,695%. Nilai efisiensi mengalami peningkatan sebesar 1,9320% dibandingkan nilai awal.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 KESIMPULAN

Kesimpulan yang didapat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Industri kerupuk Bu Min mengeluarkan biaya lingkungan sebesar Rp. 707.979 untuk kerusakan kesehatan manusia, Rp. 3.386.786 untuk kerusakan Kualitas Ekosistem, dan Rp. 11.428 untuk kerusakan sumber daya. Total biaya Eco untuk proses pembuatan Kerupuk Bu Min adalah Rp 4.106.247. Tingkat *Eco Efficiency* pada industri kerupuk Bu Min diukur dengan nilai bersih dari proses pembuatan kerupuk sebesar Rp 111.122. Berdasarkan analisis *Eco Efficiency* diperoleh indeks Eco Efficiency untuk proses pembuatan kerupuk di industri kerupuk Bu Min sebesar 0,0250730 yang menunjukkan bahwa produk tersebut terjangkau namun tidak ramah lingkungan. *Rasio Eco Efficiency* untuk proses pembuatan kerupuk di industri kerupuk Bu Min adalah -3,695% yang berarti proses tersebut efisien.
2. Industri kerupuk Bu Min ditemukan memiliki 11 kategori dampak lingkungan, yang meliputi karsinogen, reaksi organik, reaksi anorganik, perubahan iklim, radiasi, penipisan ozon, ekotoksitas, pengasaman, penggunaan lahan, mineral, dan bahan bakar fosil. Proses pengadukan diidentifikasi memiliki dampak terbesar di antara 11 kategori, dengan nilai 174 PAFm²yr. Hasil pengukuran dampak lingkungan pada industri kerupuk Bu Min menunjukkan kerusakan kesehatan manusia sebesar 0,000613 DALY. Dalam hal dampak ekosistem, industri menghasilkan 96,2 PAFm² tahun, menunjukkan bahwa tidak ada spesies yang hilang dalam satu bungkus kerupuk akibat proses produksi. Dari segi sumber daya, industri kerupuk Bu Min mengalami surplus sebesar 103 MJ, hal ini menunjukkan bahwa jumlah energi dasar yang dibutuhkan untuk mengekstraksi suatu sumber daya alam telah terlampaui sebesar 103 MJ Surplus

3. Tindakan perbaikan yang dilakukan yaitu memanfaatkan hasil limbah potongan kerupuk dan minyak sisa penggorengan menjadi produk tambahan yaitu kerupuk kecil yang bisa meningkatkan keuntungan di Industri kerupuk Bu Min .

5.2 SARAN

Saran yang bisa diberikan terkait penelitian ini antara lain adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian lebih lanjut dapat melakukan penerapan tindakan perbaikan yang dilakukan pada tempat penelitian yang dilakukan.
2. Pemerintah sebaiknya memberikan penyuluhan tentang pentingnya pengolahan limbah dan penggunaan sumber daya pada pemilik industri kecil menengah sehingga mengurangi dampak lingkungan



DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, A. D. (2019). Analisis Potensi Dampak Lingkungan Dari Budidaya Tebu Menggunakan Pendekatan Life Cycle Assessment (Lca). *Jurnal Litbang: Media Informasi Penelitian, Pengembangan Dan IPTEK*, 15(1), 51–64.
- Cuevas, P. (2010). Comparative Life Cycle Assessment of Biolubricants and Mineral Based Lubricants. Undergraduate Thesis, University of Pittsburgh, 117.
- DE NADDYA YF, S. (2019). ANALISA DAMPAK LINGKUNGAN PENGGUNAAN MATERIAL DAN ENERGI PADA PROSES PEMBUATAN BATIK MENGGUNAKAN METODE LIFE CYCLE ASSESEMENT (LCA) PADA BATIK TOBAL PEKALONGAN. Undergraduate Thesis, Universitas Islam Sultan Agung.
- Haryani, S., Anggraeni, R. N., & Febrianti, D. (2020). Penerapan Biaya Lingkungan Pada Green Hospital. *Jurnal Sinar Manajemen*, 7(2), 110–114.
- Kassir, M. G., Dawood, L. M., & Mohammed, H. I. (2016). “Gate To Gate” Life Cycle Analysis of Babel Lead Acid Battery. *Diyala Journal of Engineering Sciences*, 9(2), 96–108.
- Mahastuti, N. (2017). Analisis Gate to Gate dengan Metode Eco Indicator 99 (H) pada Pengukuran Eco Efficiency di Industri Kecil (Studi Kasus: IKM Tahu Kampung Purwogondo, Kecamatan Kartasura, Sukoharjo). Skripsi Teknik Industri, UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA, 99, 19.
- Nisa, F., Haji, A. T. S., & Suharto, B. (2012). Penentuan Tingkat Eco Efficiency proses Produksi Biji Kakao Menggunakan Life Cycle Assessment Pada Unit Produksi di Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*, 2(2), 32–39.
- Peruzzini, M., Germani, M., & Marilungo, E. (2013). Product-service sustainability assessment in Virtual Manufacturing Enterprises. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, 408, 13–21.
- Pringgajaya, K. A., & Ciptomulyono, U. (2012). Implementasi Life Cycle Assessment (LCA) dan Pendekatan Analytical Network Process (ANP). *Jurnal*

Teknik ITS, 1(1), 515–520.

Puspita Sari, D., Hartini, S., Ika Rinawati, D., & Setyo Wicaksono, T. (2012). Pengukuran Tingkat Eco Efficiency Menggunakan Life Cycle Assessment untuk Menciptakan Sustainable Production di Industri Kecil Menengah Batik. *Jurnal Teknik Industri*, 14(2), 137–144.

Reza aulia, F. (2021). ANALISIS ECO EFFICIENCY PRODUK KURSI KAYU MENGGUNAKAN METODE LIFE CYCLE ASSESSMENT PADA CV. ANEKA KULIT DI JEPARA. Undergraduate Thesis, Universitas Islam Sultan Agung.

S.W.J. Lamberts. (2008). Development of Life Cycle Assessment methodology: a focus on co-product allocation. Thesis, University Rotterdam By, June, 1–204.

Sukendar, I., Mas'idah, E., & Prayuda, R. W. (2021). Penerapan Green Manufacturing pada IKM Dadi Mulyo. *Applied Industrial Engineering Journal*, 5(1), 30–34.

Sumarata, D. N. Y., Sukendar, I., & Nurwidiana. (2019). Analisa Dampak Lingkungan Material dan Energi Proses Pembuatan Batik Menggunakan Metode Life Cycle Assessment (LCA). *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa Unissula (KIMU)* 2, 556–564.

Vogtländer, J., Peck, D., & Kurowicka, D. (2019). The Eco Costs of Material Scarcity , a Resource Indicator for LCA , Derived from a Statistical Analysis on Excessive Price Peaks. *Article*, 1–7.

Windrianto, Y., Lucitasari, D. R., & Berlianty, I. (2016). PENGUKURAN TINGKAT ECO EFFICIENCY MENGGUNAKAN METODE LIFE CYCLE ASSESSMENT (LCA) UNTUK MENCIPTAKAN PRODUKSI BATIK YANG EFISIEN DAN RAMAH LINGKUNGAN (Studi Kasus di UKM Sri Kuncoro Bantul). *Opsi*, 9(2), 143.

<https://youtu.be/Is-XyRIvB6o>