



# **PENILAIAN DAUR HIDUP PRODUK MINUMAN SUSU RASA (STUDI KASUS DI PT. ISAM)**

**BUNGA CAHYAPUTRI**



**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**



## *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PERNYATAAN MENGENAI TESIS DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa tesis dengan judul “Penilaian Daur Hidup Produk Minuman Susu Rasa (Studi Kasus di PT. ISAM)” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam Daftar Pustaka di bagian akhir tesis ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2021

Bunga Cahyaputri  
F351180161

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## RINGKASAN

BUNGA CAHYAPUTRI. Penilaian Daur Hidup Produk Minuman Susu Rasa (Studi Kasus di PT. ISAM). Dibimbing oleh MOHAMAD YANI dan SUGIARTO.

Peningkatan pertumbuhan penduduk di Indonesia menyebabkan peningkatan permintaan terhadap kebutuhan hidup, termasuk pangan. Hal ini menyebabkan terjadi perubahan pola makan di Indonesia. Masyarakat Indonesia menjadikan daging dan susu sebagai salah satu bahan pangan utama. Peningkatan permintaan susu menyebabkan peningkatan sektor industri pengolahan susu termasuk diversifikasi produk susu dan olahannya. Kegiatan untuk menghasilkan susu maupun produk terkait susu memberikan dampak terhadap lingkungan. Kesadaran masyarakat dan pemerintah mendorong kegiatan industri menjadi kegiatan ramah lingkungan.

Suatu metode yang berfungsi untuk menilai dampak lingkungan dari kegiatan produksi produk yaitu LCA. Metode ini dapat membantu industri untuk mengupayakan pengurangan dampak ke lingkungan. Kajian LCA ini bertujuan untuk mengidentifikasi input, output dan dampak lingkungan dalam produksi minuman susu rasa di PT. ISAM. Tiga kategori dampak yang dinilai yaitu gas rumah kaca (GRK), eutrofikasi dan asidifikasi. Metode LCA terdiri dari 4 tahap, yaitu definisi tujuan dan ruang lingkup, menginventarisasi input dan output, menghitung dampak lingkungan dari inventori, dan interpretasi hasil.

Ruang lingkup kajian LCA pada produksi minuman susu rasa yaitu produksi bahan baku, transportasi bahan baku, kegiatan produksi produk di PT. ISAM, dan distribusi produk ke distributor. Input yang digunakan yaitu susu segar, bahan pendukung, serta bahan kimia untuk pembersihan alat. Energi yang dibutuhkan yaitu listrik untuk menjalankan mesin, CNG untuk menghasilkan uap panas, dan solar untuk mendukung transportasi. Output yang dihasilkan berupa produk Alam Murni; limbah padat dan cair; serta emisi ke air, udara, dan tanah.

Berdasarkan analisis siklus hidup *cradle to gate* 1 pcs produk Alam Murni, produk memberikan dampak lingkungan kategori GRK, asidifikasi dan eutrofikasi, masing-masing sebesar  $1,24 \times 10^{-1}$  kg-CO<sub>2</sub> eq;  $3,76 \times 10^{-4}$  kg-SO<sub>2</sub> eq dan  $3,53 \times 10^{-4}$  kg-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq. Unit proses produksi susu segar mengeluarkan emisi terbesar pada ketiga kategori dampak. Dampak terbesar pada unit produksi susu segar terdapat pada pengadaan/produksi ampas tahu dan manur. Titik dampak ketiga terbesar yaitu pada produksi botol. Penggunaan dan produksi uap panas termasuk titik dampak keenam terbesar.

Alternatif perbaikan dapat dilakukan perincian sesuai dampak terbesarnya untuk mengurangi dampak lingkungan. Bahan tambahan pakan yaitu ampas tahu diganti dengan bahan pakan tambahan yang lebih ramah lingkungan (onggok). Pengolahan manur dapat dilakukan dengan cara laguna, biogas, pupuk, dan kompos cacing. Pengolahan yang bernilai ekonomis dan memanfaatkan tingginya gas metana pada manur yaitu biogas. Upaya perbaikan pada unit proses produksi PT. ISAM dengan cara minimasi penggunaan energi dan limbah botol serta mengganti gula tebu menjadi gula dari bit.

Kata kunci: asidifikasi, eutrofikasi, GRK, penilaian daur hidup, minuman susu rasa



## SUMMARY

BUNGA CAHYAPUTRI. Life Cycle Assessment of Drinking Milk Flavour Product (Case Study in PT. ISAM). Supervised by MOHAMAD YANI and SUGIARTO.

@Hak cipta milik IPB University

The increase in population growth in Indonesia lead to increased demand for the necessities of life, including food. This leads changes eating patterns in Indonesia. Indonesian people make the meat and milk as one of the main food ingredients. The increase in the demand for milk cause an increase in the sector of milk processing industry, including the diversification of milk products. Activities producing milk products gives impact on the environment. Public awareness and the government encourage the industry activities to be eco-friendly industries.

A method that can assess the environmental impact of production activities product is LCA. This method can help the industry to reduce the impact of the environment. The study of LCA is aimed to identify the input, output and environmental impact in the production of drinking flavored milk in PT. ISAM. Three categories of impact are assessed, namely Global Warming Potential (GWP), eutrophication and acidification. The LCA method consists of four stages, namely the definition of goal and scope, inventory input and output, analyze the environmental impact of the inventory, and the interpretation of the results.

Scope of the study LCA on the production of milk drinks start from the production of raw materials, transportation of raw materials, production activities in PT. ISAM, and distribution of the product to the distributor. The input is milk, supporting materials as well as chemicals for cleaning the appliance. The energy needed is the electricity to run the engine and CNG to produce steam heat, and solar to support transportation. The output is 'Alam Murni' a product; solid and liquid waste; as well as emissions to water, air and soil. Based on the analysis of the life cycle cradle-to-gate 1 pcs Alam Murni products provide environmental impact categories emissions of GWP, acidification and eutrophication, respectively by  $1.24 \times 10^{-1}$  kg CO<sub>2</sub> eq;  $3.76 \times 10^{-4}$  kg SO<sub>2</sub> eq and  $3.53 \times 10^{-4}$  kg PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Unit process of the production of fresh milk issued the largest emission in the third category of impact. The biggest impact on the unit of production of fresh milk is the production of tofu dregs and manure. The third largest impact is the production of bottle. The use and production steam is also included the sixth largest impact.

The specified alternative of improvements that can be made are detailed to reduce the environmental impact. A tofu dreg, one of additional material feed, replaced with the feed material that are more eco-friendly (cassava pomace). Processing manure can be done by way of the lagoon, biogas, fertilizer, and worms compost. Processing manure that has economic value and utilize the high methane gas in manure is biogas. Attempt the improve on the unit process of the production of PT. ISAM by minimizing the use of energy and waste of bottle as well as replace the cane sugar into the sugar from the beet.

**Keywords:** acidification, eutrophication, global warming potential, life cycle assessment, milk drinks

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2021<sup>1</sup>  
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang

*Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.*

*Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.*

---

<sup>1</sup> Pelimpahan hak cipta atas karya tulis dari penelitian kerja sama dengan pihak luar IPB harus didasarkan pada perjanjian kerja sama yang terkait



## *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



# **PENILAIAN DAUR HIDUP PRODUK MINUMAN SUSU RASA (STUDI KASUS DI PT. ISAM)**

**BUNGA CAHYAPUTRI**

Tesis  
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar  
Magister pada  
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN  
SEKOLAH PASCASARJANA  
INSTITUT PERTANIAN BOGOR  
BOGOR  
2021**



**@Hak cipta milik IPB University**

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Judul Tesis : Penilaian Daur Hidup Produk Minuman Susu Rasa (Studi Kasus di PT. ISAM)

Nama : Bunga Cahyaputri

NIM : F351180161

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Dr. Ir. Mohamad Yani, M.Eng.

---

Pembimbing 2:

Dr. Ir. Sugiarto, M.Si., I.P.M.

---

Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Dr. Ir. Illah Sailah, M.S.

NIP 195805211982112001

---

Dekan Sekolah Pascasarjana:

Prof. Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng., I.P.U.

NIP 196004191985031002

---

Tanggal Ujian: 08 Juli 2021

Tanggal Lulus:



## *@Hak cipta milik IPB University*

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan November 2019 sampai bulan Mei 2020 ini ialah penilaian dampak lingkungan, dengan judul “Penilaian Daur Hidup Produk Minuman Susu Rasa (Studi Kasus di PT. ISAM)”.

Penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan setinggi-tingginya kepada Dr. Mohamad Yani selaku Ketua Komisi Pembimbing dan Dr. Sugiarto selaku anggota Komisi Pembimbing yang telah memberikan arahan, saran, dukungan dan bimbingan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada Prof. Made Astawan selaku moderator seminar, Dr. Andes Ismayana selaku Penguji Luar Komisi Pembimbing dan Dr. Illah Sailah selaku moderator sidang yang memberikan saran untuk penyempurnaan Tesis ini. Penulis juga mengungkapkan terima kasih dan penghargaan kepada Ibu Dea beserta seluruh karyawan di PT. ISAM, GKSI, Bapak Asep dari KSU MJM, dan para peternak di wilayah Rancabali yang telah memberikan kesempatan untuk penelitian dan membantu penulis selama penelitian di lapangan. Ucapan terima kasih juga diberikan kepada Bapak Gunawan yang telah memberikan kesempatan menggunakan *software* Simapro dan memberikan pemahaman terkait LCA serta Mba Mega yang membantu memberi pemahaman terkait LCA maupun penggunaan *software* Simapro.

Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada mama Harini Nurcahya, adik Angga Kirana dan Indriana Pratiwi, keponakan tercinta Rasdhan dan Askana, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan motivasi, dukungan, doa, semangat, dan kasih sayangnya. Teman-teman Program Studi TIP IPB angkatan 2018 terkhusus untuk Tyara, Hanik, Afni, Saarah, Nadia, Resti, Uti, Gita, Teh Nisa, Kartika, Rambe, Rani, Fida, Fina, Miftah, mba Iin, Nurul, Winjar serta Nanda, Maya, Hayati atas kebersamaan, semangat, doa, diskusi berbagi ilmu, dan dukungannya selama kuliah sampai penyelesaian tesis ini.

Penulis menyadari masih terdapat kekurangan dalam penelitian maupun penyusunan tesis sehingga saran dan arahan yang membangun sangat diharapkan untuk penyempurnaannya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan memberikan kontribusi bagi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2021

*Bunga Cahyaputri*



## DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	3
TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Peternakan Susu	4
2.2 Susu Pasteurisasi	4
2.3 Kemasan Susu Cair	4
2.4 LCA	5
2.5 Gas rumah kaca	6
2.6 Asidifikasi	7
2.7 Eutrofikasi	7
III METODE	8
3.1 Kerangka Pemikiran	8
3.2 Waktu dan Tempat Penelitian	9
3.3 Jenis dan Sumber Data	9
3.4 Metode Pengumpulan Data	9
3.5 Tahapan Penelitian	10
3.6 Pengolahan dan Penyajian Data	14
IV HASIL DAN PEMBAHASAN	15
4.1 Gambaran Umum	15
4.2 Proses Produksi	16
4.3 Tujuan dan Ruang Lingkup LCA	22
4.4 Analisis Inventori	23
4.5 Analisis Dampak	31
4.6 Interpretasi Hasil LCA	46
V SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Simpulan	53
5.2 Saran	53
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	58
RIWAYAT HIDUP	62



## DAFTAR TABEL

1	Hasil uji air limbah di PT.ISAM bulan Juni tahun 2019	22
2	Data inventori pemberian pakan sapi di peternakan dan koperasi MJM	25
3	Data inventori input dan output di peternakan Rancabali selama 12 bulan tahun 2018-2019	25
4	Data inventori input dan output proses koperasi selama 12 bulan tahun 2018-2019	26
5	Data inventori transportasi bahan baku ke PT. ISAM sekali pengiriman	27
6	Data input produksi produk Alam Murni di PT. ISAM selama 12 bulan tahun 2018-2019	28
7	Data output produksi minuman susu rasa di PT. ISAM tahun 2018-2019	29
8	Data inventori limbah padat berdasarkan jenisnya di PT. ISAM tahun 2018-2019	30
9	Data inventori distribusi produk minuman susu rasa PT.ISAM tahun 2018-2019	30
10	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi produksi susu segar di peternakan dan koperasi MJM tahun 2018-2019	32
11	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg produk susu segar pada sub-unit bagian pakan di peternakan susu Rancabali tahun 2018-2019	33
12	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar berdasarkan kategori pakan di peternakan susu Rancabali tahun 2018-2019	33
13	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar pada sub-unit kegiatan di peternakan sapi perah Rancabali tahun 2018-2019	34
14	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar pada sub-unit kegiatan di koperasi MJM tahun 2018-2019	34
15	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar pada sub-unit kegiatan transportasi di peternakan dan koperasi MJM tahun 2018-2019	34
16	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa untuk setiap bahan baku/penolong yang digunakan	35
17	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit produksi bahan baku tambahan	36
18	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit transportasi bahan baku berdasarkan sumber emisi	37
19	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit transportasi bahan baku	37
20	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit produksi di PT.ISAM berdasarkan sumber emisi	38
21	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit produksi di PT.ISAM	38

22	Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit distribusi produk berdasarkan tempat distribusi	39
23	Besaran emisi satu pcs produk pada unit distribusi produk	39
24	Total dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per satu pcs produk minuman susu rasa	40
25	Dampak GRK berdasarkan sumber emisi dan jenis polutan pada produksi minuman susu rasa	41
26	Dampak asidifikasi berdasarkan sumber emisi dan jenis polutan pada produk minuman susu rasa	43
27	Dampak emisi eutrofikasi berdasarkan sumber emisi dan jenis polutan pada produk minuman susu rasa	45
28	Potensi upaya perbaikan pada titik sumber emisi pada produksi minuman susu rasa	48
29	Upaya perbaikan yang potensial terhadap penurunan dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi pada produk minuman susu rasa (1 pcs produk)	50

@Hak cipta milik IPB University

## DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka pemikiran	8
2	Tahapan alur penelitian	10
3	Alur proses produksi minuman susu rasa di PT. ISAM	19
4	Ruang lingkup kajian LCA minuman susu rasa	22
5	Alur produksi susu segar di peternakan dan koperasi MJM	24
6	Penggunaan listrik per unit proses pada produksi minuman susu rasa di PT. ISAM tahun 2018-2019	29
7	Dampak GRK berdasarkan jenis polutan pada produk minuman susu rasa	42
8	Dampak asidifikasi berdasarkan jenis polutan pada produk minuman susu rasa	44
9	Dampak eutrofikasi berdasarkan jenis polutan pada produk minuman susu rasa	45
10	Kontribusi relatif setiap kategori dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi pada setiap sub-unit produksi susu segar	46
11	Kontribusi relatif setiap kategori dampak (GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi) pada setiap unit proses produk minuman susu rasa	47

## DAFTAR LAMPIRAN

1	Diagram hasil dampak GRK satu produk Alam Murni	59
	Diagram hasil dampak asidifikasi satu produk Alam Murni	59
	Diagram hasil dampak eutrofikasi satu produk Alam Murni	60
	Perhitungan urutan titik dampak dari semua sumber emisi dan unit proses	61

## I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan salah satu negara dengan angka pertumbuhan penduduk yang tinggi. Peningkatan jumlah penduduk membuat permintaan terhadap berbagai kebutuhan hidup terus meningkat (BPS 2019). Pertumbuhan ekonomi dan teknologi juga menyebabkan kebutuhan manusia semakin meningkat termasuk pangan. Perkembangan pangan di Indonesia dipengaruhi oleh gaya hidup masyarakat yang peduli akan tingkat pendidikan, pemenuhan gizi yang baik, dan perkembangan teknologi. Pangan dalam zaman ini tidak hanya bertujuan untuk memenuhi rasa kenyang akan tetapi sudah berubah menjadi pemenuhan gizi yang baik untuk tubuh. Menurut Foley *et al.* (2011), peningkatan permintaan bahan makanan yang disebabkan oleh pertumbuhan populasi dunia dan perubahan pola makan (penambahan konsumsi daging dan susu) mendorong intensifikasi produksi, sementara ancaman lingkungan seperti perubahan iklim, hilangnya keanekaragaman hayati, serta degradasi tanah dan air tawar menumbuhkan kekhawatiran publik tentang lingkungan pertanian.

Susu yang menjadi salah satu pangan pelengkap penyempurna karena memiliki kandungan lengkap yaitu protein, lemak, vitamin dan mineral yang sangat dibutuhkan untuk menjaga dan meningkatkan kesehatan. Oleh karena itu, susu menjadi sesuatu yang wajib dikonsumsi masyarakat dalam memenuhi dan memperbaiki gizi tubuhnya (Ace dan Supangkat 2006).

Konsumsi susu masyarakat Indonesia terbelah rendah (11,09 L/kapita/tahun) dibandingkan sejumlah negara di ASEAN (20 L/kapita/tahun). Akan tetapi, pertumbuhan sektor industri pengolahan susu pada tahun 2013 sebesar 12% yang mengalami peningkatan dibandingkan pada tahun sebelumnya sebesar 10%. Ekspor dan impor produk olahan susu tahun 2011-2013 semakin meningkat (Kemenperin 2014).

Kementerian Perindustrian menyatakan peningkatan pendapatan dan pertumbuhan kelas menengah akan mendorong konsumsi susu olahan, termasuk munculnya minuman yang mengandung susu. Dengan meningkatnya pendapatan per kapita masyarakat dan pertumbuhan penduduk serta bertumbuhnya kelas menengah di Indonesia diperkirakan semakin mendorong konsumsi susu. Produk susu seperti susu UHT (*Ultra High Temperature*) menjadi pilihan masyarakat saat ini karena lebih praktis dan relatif lebih tinggi kandungan gizinya. Rochim berpendapat hal ini tentunya merupakan potensi dan peluang bagi industri pengolahan susu di dalam negeri untuk terus meningkatkan produksi dan mendiversifikasi produk susu olahannya (Rini 2019)

Susu yang banyak manfaatnya ini mempunyai kekurangan yaitu cepat rusak jika tidak langsung dikonsumsi. Seiring dengan perkembangan teknologi, masalah ini dapat diatasi dengan pengolahan susu murni ini di pabrik dengan dilakukan pemanasan suhu tinggi sehingga susu bisa dikonsumsi dalam jangka waktu yang lebih lama (Ace dan Supangkat 2006).

Munculnya industri susu juga menimbulkan masalah baru yaitu pencemaran lingkungan. Berdasarkan analisis *Environment Impact Production* (EIPRO), industri susu merupakan salah satu dari industri makanan yang memberikan kontribusi besar terhadap lingkungan. Tahun 2006 dinyatakan bahwa industri susu





memberikan kontribusi sebesar 5% terhadap potensi global warming, 10% terhadap potensi eutrofikasi, dan 4% terhadap potensi pembentukan fotokimia ozon. Industri susu cair merupakan salah satu dari 10 pemberi total dampak terbesar pada semua aspek lingkungan kecuali penipisan ozon. Dampak siklus hidup eutrofikasi untuk semua produk susu didominasi oleh kontribusi dari peternakan sapi perah (Foster *al.* 2006).

Koperasi yang termasuk dalam siklus produksi susu juga menghasilkan polutan. Hal ini erat kaitannya dengan adanya kegiatan pendinginan, penyediaan konsentrat, dan adanya kegiatan transportasi pengumpulan susu dari peternak. Pada kegiatan peternakan menghasilkan beberapa gas polutan berupa hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), nitrogen, karbondioksida ( $CO_2$ ), dan metana ( $CH_4$ ). Gas tersebut dapat menimbulkan bau tak sedap dan mengganggu kesehatan manusia. Limbah ternak yang tidak diolah ini biasanya akan terbuang ke perairan yang akan mencemari lingkungan perairan karena terdapat mikroorganisme patogenik pada limbah ternak (Widyastuti 2013). Bagian hulu dari industri susu di Indonesia yaitu sektor peternakan sapi perah, memberikan kontribusi sebesar 3,8% terhadap potensi gas rumah kaca (Permana 2012).

Dalam beberapa dekade ini, kesadaran masyarakat terhadap lingkungan juga semakin meningkat. Sebuah prinsip baru yaitu ramah lingkungan telah menjadi parameter daya saing dalam industri yang tidak dapat dihindarkan. Masyarakat dunia mulai merasakan dampaknya secara langsung, yang menyebabkan hal ini menjadi perhatian dunia. Pembentukan *United Nations Framework Convention on Climate Change* (UNFCCC) merupakan usaha yang dilakukan untuk melakukan minimalisasi kenaikan suhu muka bumi. Selain itu, diadakan *Conference of the Parties* (COP) yang menghasilkan Protokol Kyoto, salah satu isinya adalah kesepakatan antar negara, termasuk Indonesia untuk mengurangi emisi udara. Komitmen yang dibuat oleh Indonesia yaitu menurunkan kadar emisi gas sebesar 26% di tahun 2020. Pelaksanaan komitmen tercantum dalam Peraturan Presiden Nomor 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN GRK) dan Peraturan Presiden Nomor 71 Tahun 2011 tentang Penyelenggaraan Inventarisasi Gas Rumah Kaca Nasional (Perpres 2011)

Peraturan yang dibuat pemerintah mendorong industri untuk menjadi industri ramah lingkungan, industri yang berkelanjutan. Salah satu metode untuk mengetahui tingkat keberlanjutan suatu produk adalah *Life Cycle Assessment* (LCA). LCA adalah metode untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang disebabkan produk selama siklus hidupnya dan aliran bahan yang terjadi. Data yang dibutuhkan terdiri dari dampak lingkungan, hasil samping, konsumsi energi, dan bahan yang digunakan. Metode LCA membantu dalam mengetahui potensi limbah yang akan muncul, pertimbangan pengambilan keputusan, serta penggunaan energi dan bahan baku yang diperlukan selama proses produksi produk tersebut. LCA dimulai dengan pengumpulan bahan baku dari bumi untuk menciptakan produk dan berakhir pada titik ketika semua bahan dikembalikan ke bumi. Metode LCA dapat mengestimasi dampak lingkungan kumulatif yang dihasilkan dari semua tahapan dalam siklus hidup produk sehingga dapat diketahui bagian mana yang menimbulkan dampak terhadap lingkungan paling besar (Bacon 2006). Kajian LCA pada produk minuman mengandung susu rasa buah belum pernah dilakukan baik dalam lingkup *gate-to-gate*, *cradle-to-gate*, maupun *cradle to grave*. Oleh karena

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

itu, perlu dilakukan kajian LCA pada industri susu dan variasi produk susu untuk mengetahui dampak yang ditimbulkan dari proses produksinya.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada hal-hal yang telah diuraikan diatas maka dapat dibuat suatu rumusan masalah sebagai berikut:

- a. Apa input dan output yang dihasilkan dari proses produksi minuman susu rasa?
- b. Bagaimana besaran daur hidup industri minuman susu rasa dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan?
- c. Bagaimana alternatif perbaikan untuk mengoptimalkan proses atau produk dan mengurangi kerusakan lingkungan?

## 1.3 Tujuan

Tujuan umum penelitian ini adalah menganalisis daur hidup industri minuman susu rasa menggunakan metode LCA. Tujuan khusus dari penelitian ini adalah:

- a. Mengidentifikasi input (sumber daya) yang digunakan dan output (produk, produk samping, emisi, dan limbah) yang dihasilkan dari proses produksi minuman susu rasa.
- b. Menghitung besaran daur hidup industri minuman susu rasa dan dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan.
- c. Menganalisis alternatif perbaikan untuk mengoptimalkan proses atau produk dan mengurangi kerusakan lingkungan.

## 1.4 Manfaat

Beberapa manfaat yang dapat diambil dari hasil penelitian ini yaitu untuk mengetahui LCA pada produk minuman susu rasa. Hasil perhitungan LCA yang didapat dapat memberikan informasi kepada industri susu yang bersangkutan mengenai input dan output dari proses produksinya serta dampak yang ditimbulkan terhadap lingkungan dan perbaikan yang bisa dilakukan agar proses produksi menjadi lebih optimal dan mengurangi kerusakan lingkungan. Manfaat untuk peternak sapi dan koperasi dapat digunakan untuk perbaikan yang dapat dilakukan untuk mengurangi dampak lingkungan. Dalam hal ini dapat bekerjasama dengan pemerintah dan pemerintah dapat mempertimbangkan dalam membuat kebijakan terkait peternakan, industri, dan lingkungan.

## 1.5 Ruang Lingkup

Penelitian ini difokuskan pada:

- a. Penelitian ini dibatasi pada kegiatan dari produksi susu segar dan produksi di pabrik menjadi produk minuman susu rasa.
- b. Produk yang diamati yaitu minuman mengandung susu yang diberi bahan tambahan seperti air, gula, sari buah, dan penguat rasa.
- c. Analisis dampak lingkungan yang dikaji adalah potensi gas rumah kaca, asidifikasi, dan eutrofikasi dari produk minuman susu rasa.
- d. Alternatif perbaikan didiskusikan berdasarkan penilaian LCA yang sudah dilakukan dan menggunakan metode studi literatur dari penelitian yang sudah dilakukan.





## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Peternakan Susu

Menurut Undang-undang No. 41 tahun 2014, peternakan adalah segala urusan yang berkaitan dengan sumberdaya fisik, benih, bibit, bakalan, ternak ruminansia budikan, pakan, alat dan mesin peternakan, budidaya ternak, panen, pasca panen, pengolahan, pemasaran, pengusahaan, pembiayaan, serta sarana dan prasarana. Budidaya ternak sapi perah akan menghasilkan susu segar dalam prosesnya. Usaha ternak sapi perah di Indonesia sampai saat ini baru mencapai 25-30% dari kebutuhan susu nasional sehingga masih perlu dilakukan pengembangan produksi susu segar (Direktorat Jenderal Peternakan 2007).

Sebagian besar produksi susu hasil peternakan rakyat di Indonesia disalurkan ke koperasi/KUD susu yang kemudian dipasarkan kepada Industri Pengolah Susu (IPS). Peternakan di Indonesia dapat dibagi menjadi dua yaitu: usaha peternakan rakyat yang dilakukan dengan alat yang sederhana, manajemen yang konvensional, sedangkan usaha peternakan modern sudah dilakukan dengan peralatan canggih, manajemen yang baik, dan mempunyai modal yang tinggi (Firman 2007). Menurut Fitriana *et al.* (2018), fungsi utama dari koperasi susu adalah tempat peternak menyerahkan susu segarnya, tempat menyalurkan ke Industri Pengolahan Susu (IPS), dan tempat dilakukan pengolahan menjadi susu sterilisasi siap minum.

Susu organik di negara-negara Eropa merupakan salah satu produk susu yang paling penting dan hasil penelitian menunjukkan bahwa produksi susu organik dapat mengurangi penggunaan pestisida dan surplus mineral dalam pertanian, tetapi membutuhkan lahan yang jauh lebih subur daripada produksi konvensional (Cederberg dan Stadig 2003).

### 2.2 Susu Pasteurisasi

Susu pasteurisasi adalah susu segar yang dipanaskan dengan metode *high temperature short time* atau dengan metode *holding*. Pasteurisasi adalah salah satu proses terpenting dalam penanganan susu. Apabila dilakukan dengan benar, proses ini membuat susu memiliki umur simpan lebih lama. Masa simpannya antara 5-7 hari pada suhu 4°C atau dalam lemari pendingin. Suhu saat dilakukan pemanasan mencapai 71,7 °C sampai 75°C agar dapat mematikan bakteri penyebab penyakit. Kandungan gizi susu pasteurisasi telah diformulasikan sama dengan susu segar dan susu formula bubuk. Kandungan lemak susunya tidak kurang dari 3,25% dan 8,25% padatan bukan lemak. Citarasa susunya masih baik karena tidak melalui proses pemanasan yang tinggi. Proses pasteurisasi dapat berbeda antara satu negara dengan negara lain, sesuai dengan peraturan negara setempat. Persyaratan umum di seluruh negara adalah proses pemanasan harus menjamin musnahnya mikroorganisme dan semua bakteri patogenik yang tidak diinginkan, tanpa merusak produk tersebut (Situmeang 2011).

### 2.3 Kemasan Susu Cair

Pengemasan adalah elemen mendasar dari hampir setiap produk makanan dan sumber vital dari beban dan limbah lingkungan. Kemasan mengisolasi makanan dari faktor-faktor yang mempengaruhi hilangnya kualitas seperti oksigen,

kelembaban, dan mikroorganisme. Kemasan memberikan 'pengamanan produk' selama pengangkutan dan penyimpanan. Pengemasan produk makanan menghadirkan tantangan besar bagi industri makanan dan minuman. Usaha meminimalkan dan memodifikasi pengemasan makanan primer dan sekunder memberikan peluang optimal bagi industri ini (Henningsson *et al.* 2004).

Susu pasteurisasi dikemas dalam kemasan aseptik yaitu menggunakan enam lapis kertas (multilapis) yang terdiri dari kertas, plastik, *polyethylene*, dan aluminium foil yang mampu melindungi susu dari udara luar, cahaya, kelembaban, aroma luar, dan bakteri. Setelah proses ini maka susu memiliki daya simpan selama satu hari pada suhu kamar dan maksimal 14 hari jika disimpan pada suhu 5-7 °C (Bacon 2006).

## 2.4 LCA

Menurut ISO 14040 (2006), LCA adalah teknik yang digunakan untuk menilai aspek lingkungan suatu produk dan dampaknya dengan cara: menelaah inventarisasi input dan output yang berkaitan dari satu sistem produk; mengevaluasi potensi dampak lingkungan yang timbul dalam satu siklus produk tersebut serta menjabarkan hasil analisis dan dampak inventaris fase penilaian.

Terdapat empat tahapan dalam LCA yaitu: (1) penentuan tujuan dan ruang lingkup; (2) inventori siklus hidup; (3) pengkajian dampak siklus hidup; dan (4) interpretasi. Setiap entitas yang terlibat sepanjang rantai pasok akan diidentifikasi dalam hal produk yang dihasilkan, proses yang dilalui, aktivitas transportasi yang terjadi, energi yang digunakan, serta emisi yang dihasilkan. Tujuan dari LCA adalah melakukan perincian kegiatan yang diperkirakan dapat menimbulkan dampak lingkungan dan ruang lingkup adalah batasan sistem daur hidup produk yang akan dianalisis dampaknya. Analisis inventori dilakukan dengan mengumpulkan data kuantitatif dan mengolah data sehingga terdapat input energi dan material pada suatu sistem industri serta output dan emisi yang dilepaskan ke lingkungan. Dampak lingkungan digunakan untuk menganalisis dampak suatu proses terhadap lingkungan dari data kuantitatif hasil analisis inventori. Penilaian/pembobotan adalah penilaian relatif pentingnya beban lingkungan diidentifikasi dalam klasifikasi dan karakterisasi, sedangkan tahap normalisasi dengan memberi mereka pembobotan yang memungkinkan untuk dibandingkan atau dikumpulkan. Interpretasi dilakukan dengan interpretasi hasil, evaluasi, dan analisis terhadap usaha-usaha yang dapat dilakukan untuk perbaikan (ISO 14040 2006).

Beberapa dampak lingkungan yang dapat dianalisis dengan metode LCA, yaitu: pemanasan global, penipisan lapisan ozon yang termasuk kategori dampak global; asidifikasi, eutrofikasi, pembentukan fotooksidan yang termasuk dalam kategori dampak darah; dan gangguan, kondisi kerja, efek dari limbah berbahaya, efek limbah padat merupakan kategori dampak lokal (Roy *et al.* 2009).

Metode penggunaan LCA mempunyai empat pilihan utama untuk menentukan batas-batas sistem yang digunakan berdasarkan standard ISO 14040 (2006) didalam sebuah studi LCA:

- a *Cradle to grave*: semua proses dari ekstraksi bahan baku (termasuk bahan, energi semua proses) melalui tahap produksi, transportasi, dan penggunaan hingga produk akhir dalam siklus hidupnya.



- b. *Cradle to gate*: meliputi semua proses dari ekstraksi bahan baku melalui tahap produksi (proses dalam pabrik), digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari suatu produksi sebuah produk.
  - c. *Gate to grave*: meliputi proses dari penggunaan pasca produksi sampai pada akhir-fase kehidupan siklus hidupnya, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari produk tersebut setelah meninggalkan pabrik.
- Gate to gate*: meliputi proses dari tahap produksi saja, digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari langkah produksi atau proses (GaBi 2009).

Pada produk minuman mengandung susu rasa buah, kajian LCA belum diterapkan baik dalam lingkup *gate-to-gate* maupun *cradle-to-grave*. Produk minuman ini salah satu bahan utamanya adalah susu sehingga pada tahap *cradle to gate* perlu dilakukan analisis daur hidup susu. Pada lingkup *cradle-to-gate*, analisis dilakukan mulai dari peternakan sapi perah diproses sampai jadi susu segar yang siap diolah, kemudian dilakukan analisis *gate-to-gate* pada produksi produk minuman mengandung susu dengan bahan baku susu segar sehingga lebih berfokus pada dampak yang ditimbulkan dari proses produksinya.

## 2.5 Gas rumah kaca

Gas rumah kaca (GRK) adalah kumpulan bermacam-macam gas tertentu yang dianggap membentuk lapisan yang memerangkap panas sehingga mampu meningkatkan suhu di permukaan bumi. GRK yang terdapat di atmosfer dapat terjadi secara alami maupun dari aktivitas manusia. Sumber GRK yang berasal dari aktivitas manusia dapat dibagi menjadi 7 bidang yaitu: penyediaan energi (25,9%), transportasi (13,1%), pemukiman dan bangunan komersial (7,9%), industri (19,4%), pertanian (13,5%), kehutanan (17,4%), serta pembuangan limbah (2,8%). Penyebab terbesar peningkatan suhu diakibatkan oleh aktivitas manusia dibandingkan dengan yang diakibatkan oleh alam. Peningkatan suhu permukaan bumi saat ini memiliki keterkaitan dengan meningkatnya beragam kegiatan manusia setiap tahunnya (IPCC 2012).

Menurut Putri (2017), gas CO<sub>2</sub> dan gas CH<sub>4</sub> yang dihasilkan dari proses pembakaran memiliki peran sebesar 50% dan 20% terhadap total gas rumah kaca. Ada enam nama senyawa gas rumah kaca yang terdapat dalam lampiran Protokol Kyoto, yaitu: karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>2</sub>), *hydrofluorocarbon* (HFCs), *perfluorocarbons* (PFCs), dan sulfur heksafluorida (SF<sub>6</sub>). Dampak dari meningkatnya gas rumah kaca tersebut adalah pemanasan global. Pemanasan global atau *global warming* adalah adanya proses peningkatan suhu rata-rata atmosfer, laut, dan daratan bumi. Dampak pemanasan global meliputi meningkatnya tinggi permukaan laut, mengubah kondisi habitat tanaman dan tumbuhan, menimbulkan ancaman bencana alam seperti tornado, banjir, dan longsor serta mempengaruhi perubahan sistem iklim kompleks.

Sektor transportasi dapat menimbulkan dampak lingkungan akibat dari proses pembakaran bahan bakar minyak yang mengeluarkan emisi GRK berupa CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Penggunaan bahan bakar minyak secara intensif menjadi penyebab utama timbulnya dampak terhadap lingkungan udara karena mengeluarkan unsur dan senyawa pencemar udara. Emisi GRK yang dikeluarkan dari banyaknya aktivitas transportasi untuk kegiatan industri dapat menyebabkan pemanasan global (Lina *et al.*, 2016).

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## 2.6 Asidifikasi

Asidifikasi merupakan masalah pencemaran dengan adanya pengasaman pada lingkungan baik terhadap tanah maupun perairan. Gas yang menyebabkan asidifikasi yaitu adanya gas sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>) dan nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>) yang ada di atmosfer. Salah satu dampak dari asidifikasi adalah hujan asam. Hujan asam merupakan proses terjadi reaksi oksidasi antara SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> dengan uap air selama di udara yang menghasilkan asam sulfat dan asam nitrat kemudian turun sebagai hujan. Akibat dari hujan asam yaitu meningkatnya kadar asam di daerah yang terkena hujan tersebut sehingga terjadi kerusakan tanah dan perairan (Mason 2002).

Gas NO<sub>x</sub> dalam atmosfer terdiri dari 50% gas alamiah dan 50% antropogenik. Sumber terbesar NO<sub>x</sub> adalah dari pembakaran BBF (bahan bakar fosil) sehingga di negara dengan industri maju bagian NO<sub>x</sub> yang antropogenik lebih besar daripada yang alamiah. Pada waktu pembakaran BBF, sebagian NO<sub>x</sub> berasal dari nitrogen yang terkandung dalam BBF yang teroksidasi menjadi NO<sub>x</sub>. Gas NO<sub>x</sub> alamiah berasal dari nitrogen yang terdapat dalam udara yang terdiri dari 80% gas nitrogen. Semakin tinggi suhu pembakaran maka semakin banyak NO<sub>x</sub> yang terbentuk (Soemarwoto 1992).

Sumber polutan asidifikasi lainnya adalah amonia (NH<sub>3</sub>). Sebagian NH<sub>3</sub> di dalam tanah mengalami proses nitrifikasi menjadi asam nitrat. Sumber utama NH<sub>3</sub> adalah pertanian dan peternakan, yaitu pupuk dan kotoran ternak. NH<sub>3</sub> mempunyai karakteristik mengeluarkan bau yang menyengat hidung. Sekitar 35-45% nitrogen total dalam kotoran hewan lepas ke udara sebagai NH<sub>3</sub> (Achmadi 1992).

## 2.7 Eutrofikasi

Eutrofikasi merupakan suatu pengkayaan nutrisi di ekosistem perairan yang dibutuhkan oleh tumbuhan. Pengkayaan nutrisi tersebut mengakibatkan peningkatan jumlah fitoplankton, ganggang dan tanaman air. Peningkatan nitrogen dan fosfor adalah pengayaan nutrisi dari elemen nutrifikasi yang paling penting (Strujis *et al.* 2009). Peningkatan tumbuhnya tanaman tersebut di permukaan perairan sehingga menurunkan kadar oksigen dan mengurangi intensitas cahaya yang masuk kedalam perairan. Hal ini mengakibatkan berkurangnya biota dalam perairan (Simbolon 2016).

Cemaran penyebab eutrofikasi pada perairan terutama fosfor berasal dari: 10 % dari proses alamiah di lingkungan, 7 % dari industri, 11 % dari detergen, 17 % dari pupuk pertanian, 23 % dari limbah manusia dan 32 % dari limbah peternakan. Paparan statistik di atas menunjukkan bagaimana besarnya jumlah populasi dan beragamnya aktivitas masyarakat modern menjadi penyumbang yang sangat besar bagi lepasnya fosfor ke lingkungan air (Morse 1993).

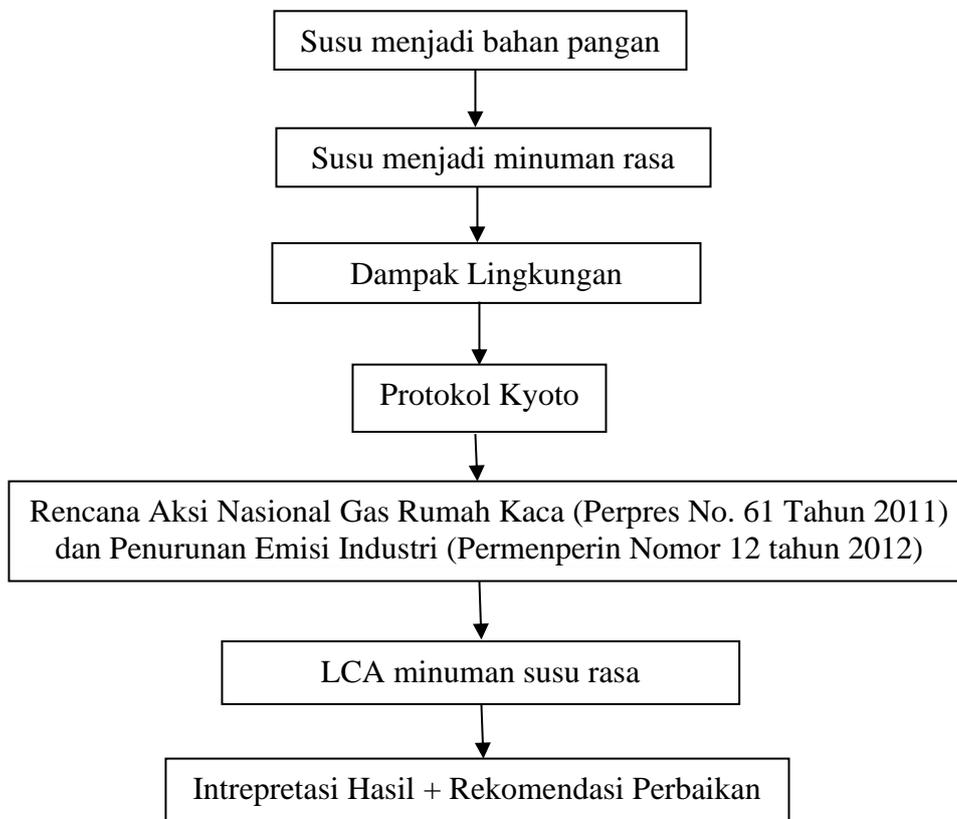




### III METODE

#### 3.1 Kerangka Pemikiran

Penelitian ini diawali dengan pemikiran tentang produk variasi susu di Indonesia salah satunya yaitu minuman susu rasa yang dikonsumsi oleh masyarakat. Dibutuhkan produksi susu semakin banyak seiring dengan berkembangnya jumlah penduduk Indonesia. Kesadaran masyarakat tentang lingkungan juga semakin meningkat dengan berkembangnya teknologi karena masyarakat sudah mulai merasakan dampak dari adanya aktivitas manusia yang semakin meningkat. Para pelaku industri sudah mulai memikirkan industri yang berkelanjutan dan ramah lingkungan sehingga sumber daya alam tetap tersedia. Kesadaran ini juga mendorong pemerintah untuk berperan aktif dalam keberlanjutan industri dengan pembuatan peraturan pemerintah yang berkaitan pula dengan manajemen lingkungan industri yang lebih baik. Penilaian keberlanjutan industri memerlukan metode perhitungan untuk menilai dampak dari pembuatan produk atau aktivitas suatu kegiatan. Salah satu metode yang dapat menghitung dampak satu daur hidup produk adalah LCA. LCA bertujuan untuk menilai dan menganalisis daur hidup suatu produk dari alam sampai kembali ke alam. Kerangka pemikiran dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Kerangka pemikiran

@Hak Cipta milik IPB University

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
    - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
    - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
  2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

### 3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan dari November 2019 sampai dengan Februari 2020. Penelitian ini dilaksanakan di peternakan sapi perah Bandung dalam manajemen Koperasi Serba Usaha Mitra Jaya Mandiri (KSU MJM), Ciwidey, Bandung dan PT. Industri Susu Alam Murni (ISAM) Bandung. KSU MJM menyuplai bahan baku yaitu susu segar ke PT. ISAM.

### 3.3 Jenis dan Sumber Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang didapat dari hasil wawancara langsung dengan peternak daerah Rancabali dan pekerja koperasi MJM, para pekerja di PT. ISAM serta observasi lapang di peternakan, koperasi, dan pabrik. Lima kelompok peternak yang dianalisis yaitu kelompok Sinapeul, Barutunggul, Cibodas 1, Cibodas 2, dan Cibodas 3. Rata-rata pemberian pakan dibedakan menjadi tiga kategori berdasarkan kuantitas pakan yaitu pakan 1 (banyak), pakan 2 (sedang), dan pakan 3 (sedikit).

Pemberian pakan (takaran rumput, konsentrat dan bahan tambahan pakan), penggunaan air, penggunaan lahan untuk penanaman rumput, kebutuhan transportasi pengambilan rumput, dan pemakaian listrik merupakan data primer. Data sekunder berasal dari dokumen koperasi berupa data bahan baku, air, energi dan peralatan pada setiap tahapan proses; data dari dokumen perusahaan berupa data penggunaan bahan baku, bahan tambahan, kemasan, energi, mesin, dan peralatan pada setiap tahapan proses produksi; serta data dari hasil penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya.

Data produksi dari PT.ISAM mengikuti data produksi produk minuman susu rasa yang akan diteliti. Data yang didapatkan yaitu data dari bulan Juli 2018 sampai Januari 2019 serta data dari bulan April 2019 sampai Agustus 2019. Data dari peternakan Rancabali dan KSU MJM mengikuti *timeline* data dari PT. ISAM sehingga didapatkan data pada waktu yang sama.

### 3.4 Metode Pengumpulan Data

#### 3.4.1 Studi Pustaka

Studi pustaka dilakukan untuk mengumpulkan dan menganalisis data sekunder yang diperoleh dari pihak-pihak terkait penelitian, buku-buku acuan, jurnal dan literatur lainnya. Studi pustaka pada penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pemodelan perhitungan emisi serta menentukan alternatif perbaikan untuk mengurangi dampak lingkungan.

#### 3.4.2 Observasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk mengidentifikasi penggunaan energi dan emisi yang dihasilkan pada setiap tahap LCA minuman susu rasa. Observasi dilakukan untuk mendapatkan data primer yang tidak terdapat dalam data sekunder hasil studi pustaka.





### 3.5 Tahapan Penelitian

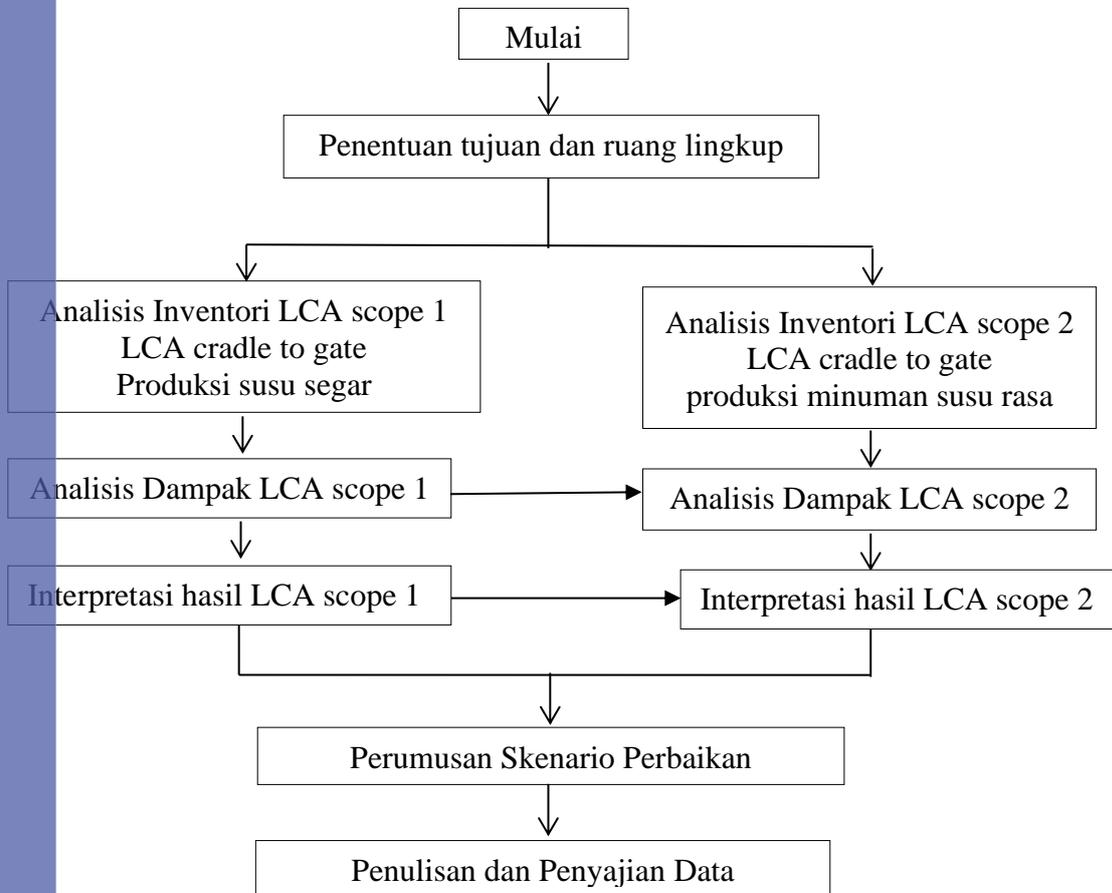
Metode LCA dilakukan berdasarkan pedoman pelaksanaan LCA menurut *Framework ISO 14040 (2006)* yang terdiri dari 4 tahap yaitu: definisi tujuan dan ruang lingkup, menginventarisasi input dan output, perkiraan dampak lingkungan, dan interpretasi hasil. Pada tahap interpretasi hasil akan ditambahkan tahap perumusan skenario perbaikan. Alur penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.

#### 3.5.1 Penentuan Tujuan dan Ruang Lingkup LCA

Tujuan dan ruang lingkup merupakan tahap awal dalam melakukan analisis LCA. Pada tahap ini ditentukan tujuan dari kajian LCA yang akan dilakukan serta menentukan batasan atau ruang lingkup yang akan dikaji dalam pelaksanaan analisis LCA. LCA yang dikaji dibatasi dalam lingkup *cradle-to-gate*, yaitu dari peternakan sapi perah, produksi bahan baku tambahan, transportasi susu segar maupun bahan baku tambahan, lalu proses produksi dipabrik menjadi produk minuman susu rasa sampai distribusi produk ke distributor. Tahapan konsumsi produk sampai pembuangan kemasan ke alam tidak termasuk ke dalam ruang lingkup kajian LCA minuman susu rasa. LCA yang dikaji dibuat 2 bagian yang dapat dilihat pada Gambar 2.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Gambar 2 Tahapan alur penelitian

Unit fungsi digunakan untuk memberikan kondisi perbandingan yang terhubung ke input dan output (Castanheira *et al* 2010). Unit fungsi yang

digunakan dalam kajian LCA ini yaitu satu produk (70 mL) minuman susu rasa produksi PT. ISAM dengan merek dagang Alam Murni. Ruang lingkup dapat dilihat dari alur proses yang dikaji. Tujuan analisis LCA yang dilakukan adalah mengetahui dampak lingkungan dalam satu siklus produksi produk Alam Murni.

### 3.5.2 Analisis Inventori

Analisis inventori merupakan bagian dari LCA yang berisi satu set data aliran bahan dan energi yang mengkuantifikasikan input dan output dari daur hidup produk. Dalam penelitian ini, data yang digunakan berasal dari data sekunder berdasarkan dokumen perusahaan (data kebutuhan energi, air, bahan baku dan limbah yang dihasilkan) dan publikasi hasil penelitian yang telah dipublikasikan sebelumnya. Data primer didapat dengan wawancara dan observasi lapang. Sebagian data lainnya diperoleh dari hasil perhitungan dengan menggabungkan beberapa asumsi atau data sekunder dan data primer. Data yang digunakan untuk analisis inventori sesuai dengan *scope* LCA yang ditentukan.

### 3.5.3 Analisis Dampak

Analisis dampak dilakukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan yang dihasilkan berdasarkan hasil analisis inventori. Perhitungan analisis dampak yang dipilih pada penelitian kali ini yaitu gas rumah kaca, asidifikasi dan eutrofikasi. Penentuan kategori dampak berdasarkan pada jenis polutan yang dikeluarkan dari kegiatan satu siklus produk minuman susu rasa. Jenis polutan ini lalu dikelompokkan menjadi satu kategori dampak. Pada GRK yang dihasilkan di pabrik maupun di peternakan dianalisis berdasarkan kandungan CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O, dan CH<sub>4</sub> yang dikonversi menjadi kg-CO<sub>2</sub>-eq. Dampak terhadap asidifikasi dianalisis berdasarkan kandungan SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, dan NH<sub>3</sub> yang dikonversi menjadi kg-SO<sub>2</sub>-eq, sedangkan dampak eutrofikasi berdasarkan kandungan NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, dan nutrisi (N dan P) yang dikonversi menjadi kg-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>-eq. Perhitungan dampak dari suatu proses yang paling umum adalah jumlah sumber polutan dikali faktor emisi. Faktor emisi (FE) adalah suatu koefisien yang menunjukkan banyaknya emisi per unit aktivitas (Brata 2018).

Analisis dampak dilakukan dengan perhitungan menggunakan software khusus perhitungan dampak lingkungan yaitu *software* Simapro 9.0. *Database* Simapro yang digunakan yaitu *database Ecoinvent 3* yang merupakan kumpulan data LCA proses dari berbagai macam bahan maupun produk. Perhitungan menggunakan Simapro berdasarkan dari *database* Simapro yang digunakan.

#### 3.5.3.1 Gas rumah kaca

Industri minuman susu rasa yang menggunakan energi berupa bahan bakar fosil maupun listrik berpotensi menghasilkan emisi GRK dan turut berpartisipasi dalam terjadinya pemanasan global. Tiga gas rumah kaca utama yang terdiri dari karbondioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dan dinitrogen oksida (N<sub>2</sub>O) dihasilkan dari kegiatan peternakan sapi perah, kegiatan proses produksi susu. Emisi CH<sub>4</sub> berasal dari limbah cair, aktivitas peternakan sapi perah, dan penggunaan solar. Perhitungan emisi CH<sub>4</sub> yang berasal dari limbah cair dapat dilakukan dengan perhitungan yang berasal dari jumlah COD yang dihasilkan. Perhitungan emisi GRK dilakukan dengan menggunakan dasar



perhitungan emisi yang telah diakui oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC). Nilai dari GRK tersebut diubah menjadi satuan kg-CO<sub>2</sub> eq.

Gas rumah kaca yang ditimbulkan dari CO<sub>2</sub> diperoleh dari penggunaan bahan bakar untuk transportasi, penggunaan listrik, proses boiler, plastik, dan limbah cair. Listrik digunakan untuk menyalakan mesin dan peralatan pada proses produksi. Bahan bakar solar untuk transportasi bahan baku dari *supplier* ke PT. ISAM. Bahan bakar solar untuk transportasi termasuk sumber emisi bergerak. Bahan bakar CNG (*Compressed Natural Gas*) dibutuhkan boiler untuk proses produksi uap panas. Produksi uap panas di PT. ISAM termasuk sumber emisi tidak bergerak.

Perhitungan emisi bahan utama yaitu susu segar dan bahan tambahan didapatkan dari analisis inventori jumlah produk yang dihasilkan dalam setahun. Asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) termasuk bahan baku pendukung untuk membersihkan mesin dan peralatan secara kimiawi. Asam nitrat yang digunakan harus diubah dalam bentuk massa. Massa jenis asam nitrat yaitu 1,51 kg/liter.

Perhitungan emisi kardus didapatkan dari analisis inventori jumlah produk yang dihasilkan dalam setahun dengan pembagian kapasitas satu kardus. Satu kardus berisi 50 pcs produk. Emisi plastik berasal dari botol plastik, label plastik serta sedotan yang digunakan. Total berat botol yang digunakan didapat dari jumlah botol produk dikali dengan berat 1 pcs botol (0,0075 kg). Total berat label didapat dari jumlah label produk dikali dengan berat 1 pcs label (0,000906 kg). Total berat sedotan didapat dari jumlah sedotan dalam 12 bulan dikali dengan berat 1 pcs sedotan (0,2 g).

Refrigeran pada proses produksi digunakan untuk membuat air pendingin dan mendinginkan ruang penyimpanan bahan baku seperti *puree* dan perisa. Bahan pendingin memiliki kandungan yang berbeda tergantung jenisnya. Refrigeran merupakan salah satu emisi GRK yang memiliki nilai GWP cukup besar. Refrigeran yang digunakan untuk dua proses tersebut sama yaitu R407C. Menurut EPA (2014), selama alat pembeku digunakan memiliki kebocoran untuk lepas ke udara (*refrigerant leakage*), dengan nilai sebesar 25% dari jumlah refrigeran yang digunakan per tahun.

### 3.5.3.2 Asidifikasi

Polutan yang dapat menyebabkan asidifikasi dalam siklus produksi minuman susu rasa adalah SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NO (nitrogen monoksida), dan SO<sub>3</sub> (sulfur trioksida). Sumber polutan penyebab asidifikasi yang mengandung SO<sub>2</sub> berasal dari penggunaan bahan bakar dan konsumsi listrik. Sumber polutan penyebab asidifikasi yang mengandung NO<sub>x</sub> berasal dari penggunaan bahan bakar, penggunaan listrik dan penggunaan pupuk. Analisis dampak terhadap asidifikasi yang berasal dari SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NO, dan SO<sub>3</sub> dikonversi menjadi satuan kg-SO<sub>2</sub> eq.

### 3.5.3.3 Eutrofikasi

Sumber polutan penyebab eutrofikasi di industri minuman susu rasa adalah NO<sub>x</sub>, nitrat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), fosfat (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>), NH<sub>3</sub>, dan nutrisi (N dan P). Sumber polutan NO<sub>x</sub> yaitu dari penggunaan bahan bakar, penggunaan listrik dan

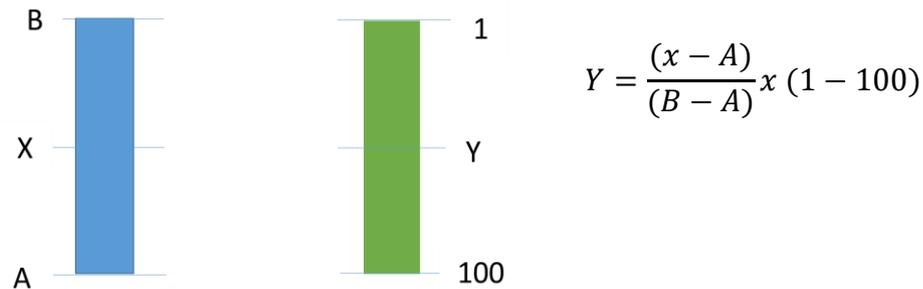
limbah cair (IPCC 2002). Nilai eutrofikasi dari nilai emisi  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{PO}_4^{3-}$ ,  $\text{NH}_3$ , dan  $\text{NO}_x$  dikonversi menjadi nilai  $\text{kg-PO}_4^{3-}$  eq.

Penyebab eutrofikasi lainnya dari pembentukan nitrat yang berasal dari  $\text{NH}_3$ . Perhitungan dimulai dengan menghitung nilai  $\text{NH}_3$  dari limbah yang dihasilkan. Nilai 1 mol  $\text{NH}_3$  yang dihasilkan sama dengan 1 mol nitrit dan dalam satu mol nitrit akan membentuk satu mol nitrat (EPA 2002). Penggunaan pupuk juga mengeluarkan emisi  $\text{NH}_3$ .

#### 3.5.4 Interpretasi Hasil

Pada tahap ini dilakukan interpretasi hasil, evaluasi, dan analisis terhadap hasil analisis dampak dalam upaya untuk perbaikan dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan. Berdasarkan evaluasi terhadap analisis dampak yang dilakukan kemudian diidentifikasi tahapan proses yang memberikan dampak yang signifikan terhadap perubahan lingkungan.

Metode perbandingan dengan skala interval untuk mengurutkan titik dampak. Skala interval mempunyai karakteristik sebagai berikut: mempunyai interval (jarak) yang tetap, tidak memiliki nilai nol mutlak, nilai yang dibandingkan berupa operasi matematika serta peralatan statistik kecuali yang berdasarkan pada rasio seperti koefisien variasi. Nilai A merupakan nilai dampak terendah dari satu kategori dampak. Nilai B merupakan nilai dampak tertinggi dari suatu kategori dampak, nilai X adalah nilai dampak yang dihitung poinnya sedangkan nilai Y merupakan poin hasil perbandingannya. Nilai Y ini akan menunjukkan posisi nilai dampak tersebut dibanding nilai dampak lainnya.



Tahap selanjutnya setelah diketahui beberapa titik dampak terbesar yaitu dianalisis dengan beberapa alternatif perbaikan untuk melihat perubahan dampak lingkungan yang terjadi dan manfaat yang diperoleh dari hasil LCA di pabrik minuman susu rasa. Alternatif perbaikan yang dilakukan dalam rangka mengurangi dampak lingkungan yaitu perbaikan proses dan pemanfaatan limbah. Perbaikan proses yang dilakukan yaitu melakukan perhitungan neraca massa dan neraca energi dengan mengacu pada perhitungan suatu produksi yang memiliki efisiensi produksi paling tinggi. Penerapan berbagai skenario perbaikan dilakukan berdasarkan kondisi yang ada di lapangan dan literatur yang mendukung. Skenario yang dapat diterapkan antara lain penggantian bahan dengan bahan yang lebih ramah lingkungan, optimasi produksi, penerapan 3R (*reduce, reuse, recycle*), dan sebagainya.

Hasil analisis dampak dari alternatif skenario perbaikan dilakukan perbandingan dengan hasil analisis dampak sebelum adanya perbaikan. Nilai dampak sebelum dan sesudah upaya perbaikan dihitung nilai selisihnya serta

dihitung nilai persentase penurunan dampak dalam satu siklus produk. Hasil analisis yang telah dilaksanakan dalam tahap inventarisasi dan penilaian dampak diwujudkan dalam tindakan yang akan memberikan keuntungan bagi industri dan lingkungan.

## 6 Pengolahan dan Penyajian Data

Pengolahan dan penyajian data dilakukan dengan menggunakan *Microsoft Excel*. Kumpulan data yang digunakan dalam kajian LCA dimasukkan ke dalam data inventori sebagai data kuantitatif untuk melihat hasil input dan output yang dihasilkan. Data inventori kemudian dilakukan analisis dampak yang dikelompokkan berdasarkan GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi. Data yang dimasukkan dalam analisis dampak dilakukan secara kuantitatif untuk melihat besar dampak yang dihasilkan. Pengolahan data dilakukan menggunakan Simapro versi 8.0 dengan perhitungan emisi menggunakan metode *CML 1A (Centre of Environmental Science of Leiden University Impact Assessment) baseline V3.06*. Pada tahap interpretasi, hasil dampak dianalisis secara deskriptif dan penyajian data ditampilkan dalam bentuk tabel dan grafik agar hasil data lebih mudah dipahami dan terlihat perbandingan dari hasil analisis dampak maupun manfaat yang diperoleh dari hasil tahap interpretasi.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

© Hak Cipta Dilindungi IPB University

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



## IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Gambaran Umum

Daur hidup produk PT. ISAM (minuman susu rasa) dimulai dari bahan baku utama yaitu susu segar yang didapat dari koperasi Mitra Jaya Mandiri (MJM) kemudian transportasi bahan baku dan bahan pembantu dilanjutkan proses produksi produk minuman susu rasa di PT. ISAM. Produk kemudian dijual ke koperasi di daerah Bandung dan sekitarnya. Koperasi memasok produk ke warung-warung kecil.

#### 4.1.1 Peternak dan Koperasi MJM

Koperasi MJM menaungi banyak peternak di daerah Ciwidey termasuk Rancabali. Terdapat dua kepemilikan kandang yaitu kandang sapi milik pribadi maupun kandang kelompok. Koperasi MJM juga menjadi perantara untuk mendukung operasional para peternak sapi perah. Peternak sapi perah Rancabali pada umumnya mempunyai lahan rumput untuk pakan utama sapi perah yang ditanam didaerah hutan karet milik perhutani. Pakan tambahan berupa konsentrat yang didapat melalui koperasi MJM. Jenis sapi yang mereka gunakan adalah sapi perah peranakan *Friesian Holstein*. Bahan pakan tambahan lainnya yaitu berupa onggok atau ampas tahu.

#### 4.1.2 Transportasi Bahan Baku dan Pembantu

Pada tahap ini, terdapat proses transportasi bahan baku dan bahan pembantu yang diperlukan PT. ISAM untuk memproduksi produk minuman susu rasa. Transportasi dilakukan dari produsen bahan baku ke PT. ISAM dengan alat transportasi truk ukuran sedang yang mengangkut bahan baku tertentu. Masing-masing bahan baku mempunyai *supplier* yang berbeda. Pada tahap ini, dicari jarak produsen dengan PT. ISAM dengan menggunakan aplikasi *google maps*. Asumsi perhitungan transportasi saat truk membawa bahan baku (sekali perjalanan).

#### 4.1.3 PT. ISAM

Awal mula berdirinya PT. ISAM adalah dengan dibentuknya Gabungan Koperasi Susu Indonesia (GKSI) pada tanggal 21 April 1983. GKSI berperan untuk memberikan pelayanan kepada anggota, memaksimalkan keuntungan dan memperkuat ikatan antar sesama anggotanya baik antar anggota maupun dengan pihak lain seperti swasta, BUMN, dan pemerintah. GKSI awalnya didirikan hanya untuk menampung susu segar dari koperasi susu di Jawa Barat, melakukan proses pendinginan terhadap susu kemudian mengirimkannya lagi ke Industri Pengolahan Susu (IPS) seperti PT. Frisian Flag Indonesia, PT. Indomilk, dan PT. Ultra Jaya.

Seiring dengan perkembangan zaman dan teknologi, koperasi-koperasi susu semakin maju dan hampir seluruhnya memiliki alat pendingin susu (*plate cooler*). Oleh karena itu, GKSI berubah menjadi Perseroan Terbatas (PT) pada tanggal 1 November 2002. Kegiatan pabrik ini akhirnya dialihkan untuk menghasilkan produk susu siap minum dengan merk dagang 'Alam Murni'.





Adanya perubahan manajemen dalam perusahaan bertujuan untuk menghasilkan produk yang kualitasnya lebih baik dan kuantitas produksi yang dihasilkan semakin banyak. Perubahan yang terjadi ini didukung oleh Menteri Negara Koperasi dan UKM melalui koperasi primer di Jawa Barat. Bantuan yang diberikan berupa instalasi mesin-mesin modern untuk proses pengemasan, pendirian bangunan dan fasilitas lain dari pabrik sehingga pabrik ini mengalami peningkatan kualitas baik sarana maupun prasarana sampai akhirnya mampu memproduksi susu lebih banyak.

Produk yang pernah dibuat oleh PT. ISAM adalah susu UHT dalam kemasan *tetrapack* dengan berbagai ukuran dan bentuk, lalu dikembangkan dengan menambahkan produk yaitu susu dengan sari buah, yoghurt dan berbagai produk lain yang bersifat cair dengan merek Alam Murni, Susu Emas, dan Fruit Milk. Pengembangan produk mengikuti zaman dan permintaan para konsumen. Selain itu, PT. ISAM mengembangkan diri untuk memperluas kapasitas produksi. Pada tahun 2004, PT. ISAM mengembangkan menjadi perusahaan *makloon* dimana perusahaan ini membantu perusahaan yang bekerjasama untuk menghasilkan produk tertentu dengan kriteria yang telah ditetapkan. PT. ISAM dalam masa perkembangannya telah banyak menjalin kerjasama dengan pihak lain, baik dalam pembuatan produk untuk pihak lain maupun untuk pemasaran produk PT. ISAM sendiri. Perusahaan ini memproduksi minuman susu rasa buah dalam botol ukuran 70 mL. Terdapat dua rasa buah yang diproduksi yaitu rasa buah *strawberry* dan rasa buah jeruk.

PT. ISAM berlokasi di Jalan Rumah Sakit No.114 yang terletak di Desa Pakemitan, Kecamatan Ujung Berung, Kotamadya Bandung, Provinsi Jawa Barat. Jarak perusahaan ke sebelah utara jalan raya *By Pass* Soekarno Hatta sejauh 500 meter, sedangkan dari jalan Ujung Berung sekitar 1.500 meter. Lokasi pabrik sangat strategis karena terletak di pinggir jalan sehingga memudahkan transportasi dan dekat dengan jalan raya yang merupakan penghubung antara daerah produksi dengan lokasi pemasaran. Lokasi pabrik juga dekat dengan daerah penghasil susu segar.

## 4.2 Proses Produksi

Kegiatan peternakan di Rancabali dibagi menjadi 3 bagian. Bagian pertama yaitu pembuatan pakan. Pakan yang diberikan berupa pakan hijau yaitu rerumputan, konsentrat sebagai pakan tambahan untuk memenuhi nutrisi serta bahan pakan tambahan lainnya seperti ampas tahu, onggok maupun dedak. Para peternak melakukan penanaman rumput untuk menyediakan rerumputan. Para peternak membeli konsentrat dari koperasi sedangkan bahan pakan tambahan lainnya dibeli dari pihak lain. KSU MJM memberikan fasilitas pengadaan konsentrat tetapi tidak membuat konsentrat tersebut.

Kegiatan penanaman rumput dilakukan di daerah kawasan perhutani dengan sistem menyewa tanah. Tahap awal dimulai dengan penanaman bibit rumput dan pemberian pupuk dari kotoran sapi pada awal penanaman. Pemberian air secara alami melalui hujan. Setelah 2 bulan, peternak akan memotong rumput secara manual menggunakan arit. Pemotongan dilakukan tidak sampai akar karena nanti akan tumbuh menjadi rumput baru yang bisa dipotong kembali. Pemotongan rumput kedua, ketiga, dan seterusnya berselang 40 hari.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Kegiatan kedua yaitu pemeliharaan. Bentuk kegiatan meliputi pemberian pakan, pemberian minum, pembersihan kandang, pembersihan ternak, dan pemeriksaan kesehatan. Pemberian pakan biasanya 3 kali sehari yaitu pagi, siang, sore/malam. Pada pagi hari dan sore hari, sapi diberi makan rerumputan, konsentrat maupun pakan tambahan. Pada siang hari, peternak hanya memberi makan rerumputan. Pemberian air minum kepada sapi perah dilakukan 3 kali sehari dengan menggunakan ember maupun langsung dari selang. Pembersihan kandang tidak tentu waktunya tergantung kotoran yang sudah menumpuk, biasanya 3 kali sehari. Pembersihan kandang menggunakan selang air dan alat bantu untuk membersihkan kotoran. Pembersihan ternak dilakukan sebelum pemerahan dengan menggunakan air selang dan sabun atau hanya alat penggosok badan sapi.

Kegiatan ketiga yaitu pemerahan sapi. Pada kegiatan ini peternak akan membersihkan daerah puting sapi dan sekitarnya baik menggunakan sabun maupun menggunakan air hangat. Selanjutnya, dilakukan proses pemerahan secara manual menggunakan tangan. Kecepatan pemerahan bergantung pada kecepatan tangan peternak. Pada proses pemerahan biasanya ekor akan diikat agar tidak mengibas saat peternak pemerah susu sapi. Ember digunakan sebagai tempat penampungan dibawah puting sapi. Setelah selesai pemerahan, susu yang di ember dituang ke dalam bejana susu yang sudah dibersihkan sebelumnya dan dikeringkan. Proses penyaringan dilakukan saat proses penuangan susu ke bejana susu. Penyaringan menggunakan kain maupun saringan yang mempunyai pori-pori sebesar serat kain. Setelah itu, badan sapi dibasuh kembali dengan air. Bejana yang berisi susu akan dibawa ke pos penampungan susu dimasing-masing kelompok. Dari pos penampungan akan datang mobil pengangkut susu setiap pagi dan sore untuk menerima susu dari peternak. Peternak akan membawa bejana susunya kembali dan mencuci bejana tersebut untuk dipakai selanjutnya.

Transportasi susu dari peternak ke koperasi merupakan tahapan selanjutnya. Proses pengangkutan menggunakan mobil *pick-up* yang dimodifikasi tambahan adanya tangki susu kapasitas 2000 liter. Pengangkutan susu setiap pagi dan sore dari satu kelompok peternak ke kelompok peternak lainnya. Mobil pengangkut susu setelah mengambil susu dari peternak akan membawa susu segar ke koperasi. Susu segar yang datang ke koperasi dimasukkan ke tangki pendingin susu dengan bantuan selang dan pompa penyedot. Sampel susu dilakukan pengecekan kualitas susu dengan menggunakan alat *milk analyzer*. Tangki pendinginan ini bertujuan untuk menjaga kualitas susu murni sebelum dilakukan pengangkutan susu ke PT.ISAM. Pembersihan tangki susu dan area pendinginan susu setiap pagi dan malam setelah kegiatan selesai. Siang hari dilakukan pencatatan susu yang masuk dan yang keluar serta pengecekan kesehatan rutin per minggu. Pengangkutan susu ke PT.ISAM dilakukan malam hari menggunakan truk tangki susu dengan kapasitas 5000 liter.

Proses produksi di PT. ISAM dimulai dari mengumpulkan bahan baku padatan di gudang persiapan bahan baku. Susu murni dari KSU MJM dimasukkan dalam satu tangki besar. Proses yang terjadi pada susu yaitu pra-pasteurisasi dengan mesin *tubular heat exchanger* (THE). Suhu pada proses pemanasan awal yaitu 45-50 °C selama 25 detik. Alur proses produksi dapat dilihat pada Gambar 3.

Bahan baku selain susu murni yaitu air, gula, perisa, *puree*, *carboxymethyl cellulose* (CMC), asam laktat, sodium sitrat, dan asam sitrat dicampur di *turbo mixing* (TM) secara bertahap. Saat proses pencampuran, air panas yang mencapai





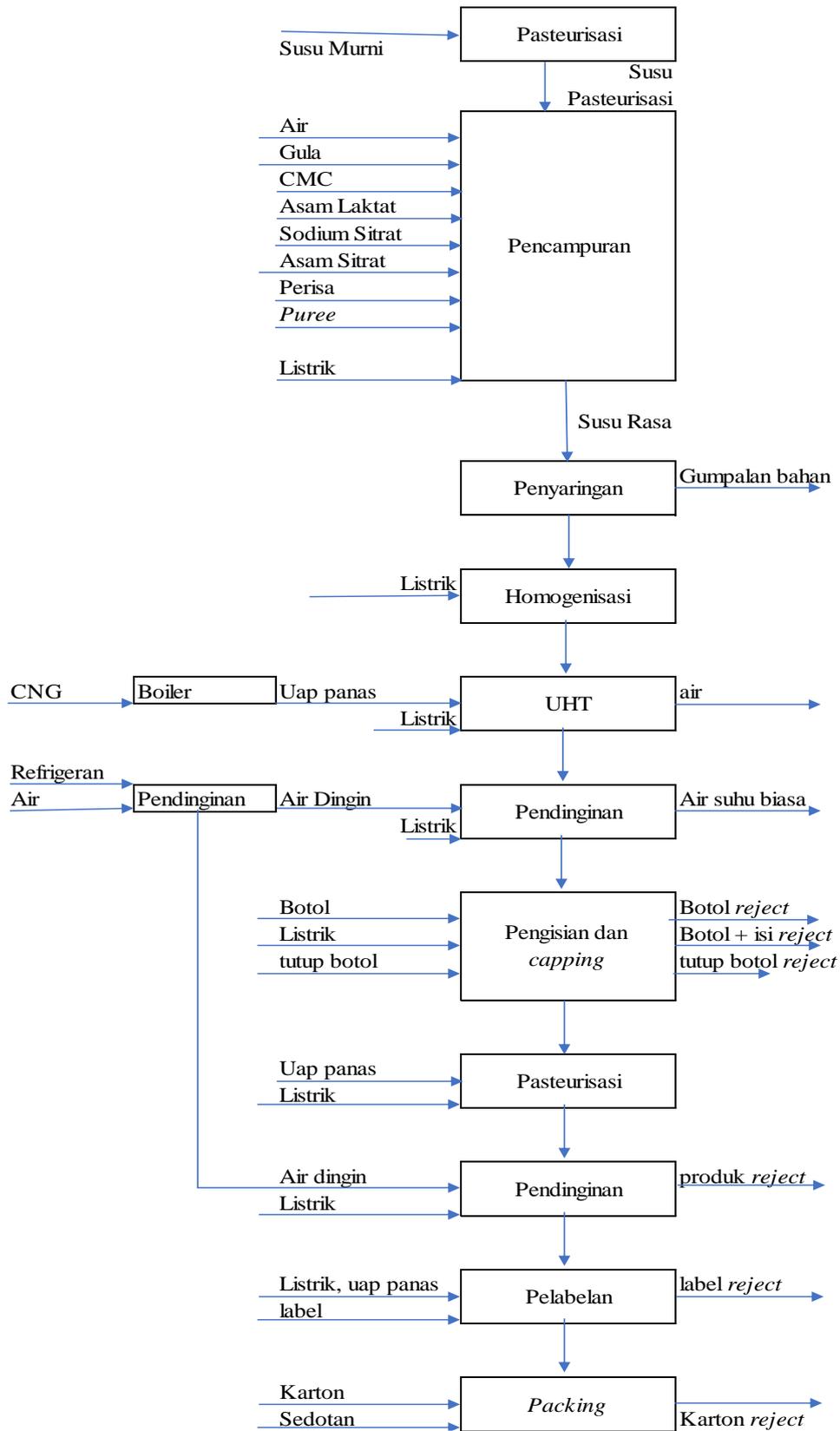
suhu 60 °C dimasukkan untuk memudahkan melarutkan bahan. Terdapat agitator di dalam alat TM untuk membantu proses pencampuran. Setelah tercampur secara merata dan tidak ada gumpalan maka selanjutnya akan disimpan sementara di dalam *storage tank* (ST). ST yang didalamnya terdapat agitator berfungsi untuk mengaduk bahan dan mencampurkan susu agar memaksimalkan proses pencampuran. Pada tahap ini juga terjadi penurunan suhu sehingga larutan bahan tidak terlalu panas seperti awal. Penurunan suhu juga dibantu dengan lapisan luar ST yang berisi air dingin yang menyelimuti mesin ST. Campuran minuman susu dilakukan pengujian kualitas sebelum melanjutkan proses. Campuran minuman susu setelah sesuai standar maka akan masuk ke proses selanjutnya yaitu tahap penyaringan. Pada proses ini, larutan minuman susu akan melewati *strainer* berukuran 0,2 mm untuk menyaring dan mencegah adanya kontaminan fisik.

Tahap selanjutnya adalah homogenisasi yang berfungsi untuk menyamakan ukuran dari globula lemak para larutan minuman susu. Alat yang digunakan adalah *homogenizer*. Tekanan yang diberikan terhadap larutan yang lewat adalah 200 bar. Setelah itu dilakukan sterilisasi larutan campuran menggunakan mesin UHT Nanhwa. Sterilisasi dilakukan pada suhu 135 °C selama 25 detik lalu dilakukan pendinginan larutan agar mencapai suhu 30 °C. Kedua proses tersebut dilakukan dalam satu alat. Larutan campuran tersebut selanjutnya disimpan di *ultra clean tank* (UCT). Penyimpanan larutan minuman susu dimaksudkan untuk menyiapkan proses antrian pengisian produk ke dalam botol.

Tahapan proses pengisian botol yaitu tahap persiapan botol, tahap pengisian produk ke dalam botol dan menutup botol dengan tutup botol yang terbuat dari aluminium foil. Botol dimasukkan ke dalam alat pembersih yaitu *twister*. Cara kerja alat tersebut yaitu menghembuskan udara bersih bertekanan 1 bar dengan kecepatan 6,7 detik ke botol dan membalikkan botol. Tujuan proses pembersihan yaitu untuk memastikan tidak adanya benda asing dari dalam botol. Botol dalam konveyor dijangkau berbaris masuk ke dalam mesin *Filling LAB*. Alat tersebut berjalan otomatis. Botol akan diangkat dan terjadi proses penyedotan udara dalam botol lalu diisi minuman susu. Setelah itu, produk akan diberi tutup botol dan masuk dalam pengencangan tutup botol. Dalam tahap ini juga terdapat pemberian cap tanggal kadaluarsa dibagian tutup botol.

Botol yang telah terisi minuman susu akan masuk ke dalam alat *tunnel pasteurizer*. Proses yang terjadi pada tahap ini yaitu proses pasteurisasi untuk memastikan bahwa produk dan kemasannya terbebas dari bakteri patogen dan agar lebih tahan lama. Satu mesin ini terdapat 8 zona yang memiliki suhu yang berbeda-beda. Delapan zona dibagi untuk tiga tahapan pasteurisasi yaitu tahap pemanasan awal, tahap pemanasan dan tahap pendinginan. Berikut pembagian zona, tahapan dan suhu dari masing-masing zona:

- a Zona 1 (tahap pemanasan awal) = 70 °C
- b Zona 2 (tahap pemanasan awal) = 85 °C
- c Zona 3 ((tahap pemanasan) = 92 °C
- d Zona 4 (tahap pemanasan pasteurisasi) = 92 °C
- e Zona 5 (tahap pemanasan pasteurisasi) = 92 °C
- f Zona 6 (tahap pendinginan) = 75 °C
- g Zona 7 (tahap pendinginan) = 50 °C
- h Zona 8 (tahap pendinginan) = 30 °C



Gambar 3 Alur proses produksi minuman susu rasa di PT. ISAM



Proses selanjutnya yaitu proses pelabelan. Perpindahan produk dari satu proses ke proses lainnya menggunakan konveyor. Proses pelabelan menggunakan mesin *dase sing*. Mesin berjalan otomatis yang dapat memotong sesuai dengan ukuran label yang dirancang. *Roll* dalam bentuk *roll* panjang, yang dipotong sesuai ukuran tinggi botol dan langsung dijatuhkan tepat mengelilingi botol. Untuk merekatkannya, produk dilewatkan dalam mesin *sleeving*. Mesin tersebut berisi uap panas sehingga label akan melekat ke botol.

Selanjutnya, produk yang sudah diberi label akan dimasukkan ke dalam kemasan sekunder yaitu kardus secara manual. Pada tahap ini, dimasukkan kumpulan sedotan sesuai isi botol produk di kardus. 1 kardus berisi 50 pcs produk minuman susu rasa. Kardus selanjutnya direkatkan lalu disusun bertingkat di atas palet. Satu palet dapat diletakkan 135 kardus berisi produk. Palet bersusun produk akan disimpan di dalam gudang.

Sanitasi peralatan dilakukan sebelum proses produksi atau pergantian tiap 1 *batch*. Sanitasi dilakukan untuk membersihkan peralatan dan mesin produksi dari cemaran. Hal ini bertujuan agar produk yang dihasilkan berkualitas baik karena mesin akan kontak langsung dengan bahan yang akan diolah.

Sanitasi peralatan dilakukan dengan cara fisik maupun kimiawi. Sanitasi secara fisik membersihkan bagian-bagian mesin menggunakan sikat, air panas maupun cairan pembersih. Sanitasi seperti ini dilakukan saat *maintenance* berkala karena memerlukan waktu yang lama dan harus berhenti produksi sementara waktu.

Sanitasi peralatan secara kimiawi dilakukan dengan cara mengalirkan zat pencuci ke dalam alat dan mesin. Proses untuk menghilangkan segala jenis kotoran yang menempel di permukaan bagian dalam mesin, tangki, pipa tanpa membuka mesin dengan menggunakan bahan kimia disebut *Cleaning in Place (CIP)*. Bahan kimia yang digunakan antara lain larutan alkali (soda kaustik (NaOH) dengan konsentrasi 1,9% sampai 2,1% dan larutan asam yaitu asam nitrat (HNO<sub>3</sub>) dengan konsentrasi 1,9% sampai 2,1 %. Larutan alkali untuk melarutkan deposit karbohidrat, protein, dan lemak sedangkan larutan asam untuk melarutkan kerak-kerak mineral (senyawa Ca, Mg) yang menempel pada alat. Proses pencucian dikendalikan dari sebuah *panel control*. Satu ruangan khusus berfungsi untuk menyimpan larutan kimia pembersih pada satu tangki. Proses berjalan otomatis ketika konsentrasi bahan kimia yang diinginkan tercapai, pengujian dilakukan dari panel maupun pengujian lab. Tangki tersebut dilengkapi dengan pompa yang dapat menghisap dan mendorong cairan pembilas untuk membersihkan. Air yang digunakan harus memenuhi standar kualitas yang digunakan untuk CIP. Efektivitas waktu kontak antara larutan bahan CIP dengan permukaan pipa/alat yaitu larutan soda 10 menit; pencucian awal, tengah, dan akhir masing-masing 5-10 menit; dan larutan asam kurang dari 10 menit.

Limbah padat yang dihasilkan di PT. ISAM terutama limbah kemasan label, botol, tutup, dan kardus. Pengelolaan yang dilakukan PT. ISAM yaitu pemisahan, penggulungan, dan penimbangan jenis limbah padat. Selanjutnya setiap 2 minggu sekali akan dilakukan pengangkutan limbah padat ke dua tujuan yang berbeda. Jenis limbah padat berupa tutup botol dan label dikirim ke tempat pengelolaan daerah Cidebege. Jenis limbah padat berupa botol dan kardus dikirim ke tempat pengelolaan daerah Pangaritan. Limbah padat dihasilkan dari proses mengatur awal pemasangan kemasan, adanya masalah mesin dan tidak lulus standar produk.

- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Produk yang tidak lulus standar biasanya akan dibongkar kemasannya dan dikumpulkan isi produknya yang akan menjadi limbah cair.

Limbah cair dihasilkan dari isi produk yang *reject*, penyaringan, tumpahan, dan pembersihan alat. Limbah cair yang dihasilkan akan diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di PT. ISAM. Pengolahan limbah cair terdiri dari beberapa proses, yaitu:

- a Penyaringan, proses yang fungsinya sebagai penyaring air limbah dari padatan yang besar sebelum masuk ke dalam proses.
- b Proses *Air Flotation*, proses untuk memisahkan minyak dari air limbah dengan bantuan udara dari blower maka terjadi pemisahan. Air yang telah terpisah akan masuk bak equalisasi. Minyak yang terpisah dari air akan masuk ke bak *oil/fat* secara gravitasi.
- c Proses ekualisasi, fungsinya adalah untuk menyeragamkan fluktuasi karakter yang ada dalam air limbah sehingga karakteristik untuk proses selanjutnya bisa relatif seragam. Dalam proses ini diperlukan aerator. Aerator akan mengaduk air limbah yang masuk sehingga tercampur secara sempurna dan akan membantu proses penurunan temperatur air limbah. Selain itu, terdapat penyesuaian pH sehingga pH dalam proses berada pada *range* yang diinginkan. Selanjutnya air limbah dipompakan ke bak aerasi.
- d Proses aerasi, proses penguraian limbah dengan melibatkan mikroorganisme secara *aerobic*. Sistem yang diterapkan adalah *activated sludge*/lumpur aktif. Pada bak ini dipasang aerator yang berfungsi sebagai pemasok udara (oksigen) yang akan dibutuhkan oleh mikroorganisme. Makanan mikroorganisme terdapat dalam limbah cair sehingga zat polutan akan terurai menjadi zat non polutan.
- e Proses sedimentasi, aliran air mengalir dari bak aerasi ke bak sedimentasi secara gravitasi. Fungsinya adalah untuk memisahkan padatan dan air bersih. Padatan ini adalah lumpur aktif. Air bersihnya yang berada diatas endapan lumpur akan mengalir secara *overflow* ke tangki selanjutnya, sedangkan lumpurnya dikembalikan ke bak aerasi dengan pompa. Fungsi dari pengembalian lumpur adalah untuk mempertahankan mikroorganisme pemakan limbah tersebut. Sebagian lumpur dipompakan ke *thickener tank*.
- f Proses uji air bersih, air hasil pengolahan yang telah memenuhi standar pemerintahan ditampung di bak ini sebelum dibuang ke sungai. Proses ini terjadi di bak penampungan yang didalamnya terdapat penyaring dan juga ikan untuk melihat apakah air ini sudah cukup bagus untuk perairan. Terjadi juga pengecekan pH di proses ini.
- g Proses pembuangan lumpur dan minyak. Sebelum dibuang atau dimanfaatkan, lumpur dilakukan proses pengurangan kadar air atau pengentalan *sludge*. Untuk minyak akan dipompakan ke truk pembuangan.

Pengolahan limbah cair pada PT. ISAM sudah termasuk optimal dan aman karena parameter limbah yang dihasilkan air outlet masih dibawah baku mutu yang ditetapkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No.5 tahun 2014 (Permen 2015). Tabel 1 menunjukkan hasil uji air limbah dari IPAL di PT. ISAM. Nilai baku mutu air limbah yang digunakan pada Tabel 1 adalah baku mutu air limbah bagi kegiatan industri pengolahan susu (Permen 2015).



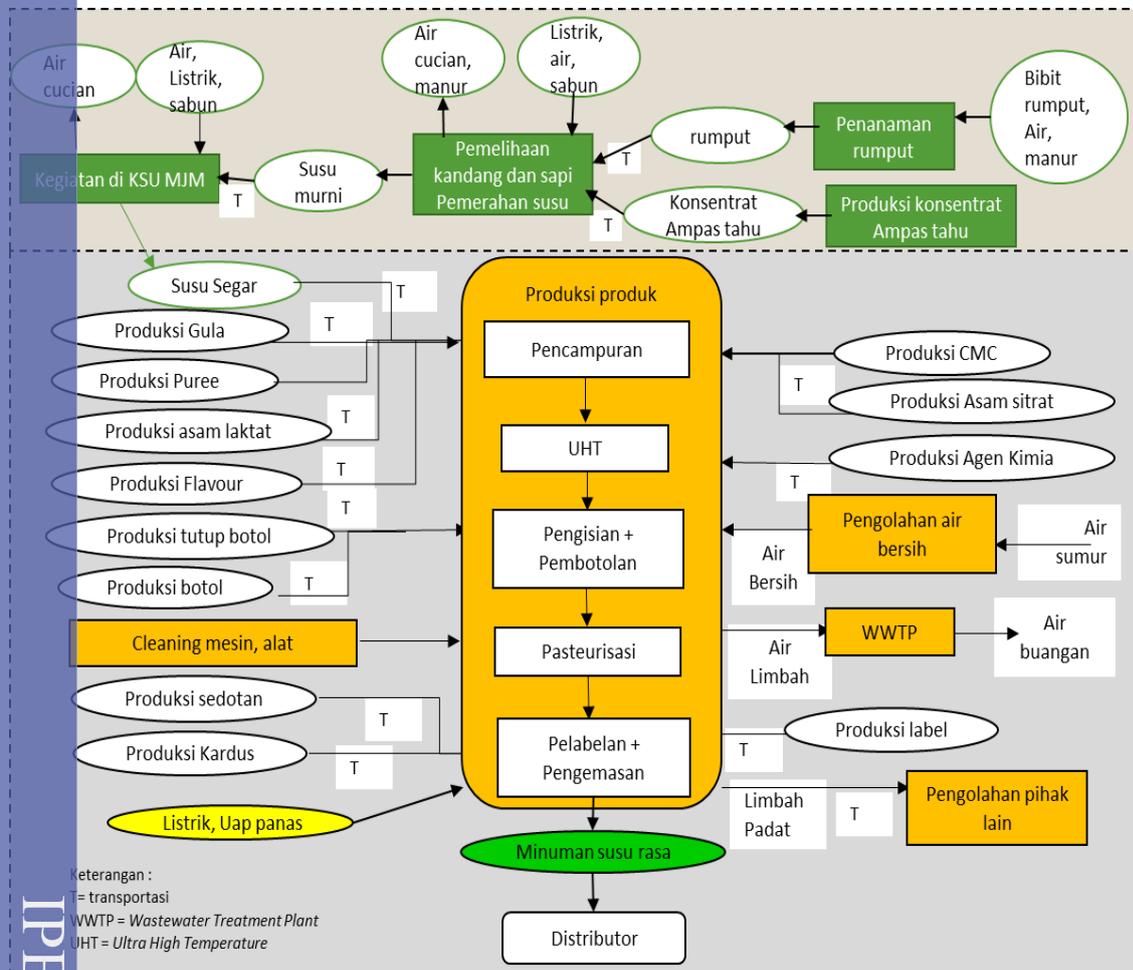
Tabel 1 Hasil uji air limbah di PT.ISAM bulan Juni tahun 2019

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Hasil uji IPAL	
			Inlet	Outlet
pH	-	6,0 – 9,0	8,15	8,03
TSS	mg/L	50	2.000,00	14,00
Ammonia	mg/L	10	0,89	0,86
COD	mg/L	100	1.567,00	40,30
BOD <sub>5</sub>	mg/L	40	334,00	18,30
Minyak lemak	mg/L	10	9,55	4,17

@Hak cipta milik IPB University

### 3 Tujuan dan Ruang Lingkup LCA

Tujuan dan ruang lingkup merupakan tahap awal dalam melakukan analisis LCA. Tujuan dilakukan penelitian ini untuk menganalisis daur hidup dari produk minuman susu rasa. Analisis daur hidup produk dengan cara analisis inventori input dan output, analisis potensi dampak lingkungan berupa gas rumah kaca, asidifikasi, dan eutrofikasi serta menganalisis alternatif perbaikan untuk mengoptimalkan proses atau produk dan mengurangi kerusakan lingkungan.



Gambar 4 Ruang lingkup kajian LCA minuman susu rasa

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Dampak LCA yang dikaji dibatasi dalam lingkup *cradle-to-gate*, yaitu dari peternakan sapi perah, pakannya sampai perah susu murni, lalu diproses dipabrik menjadi produk minuman susu rasa, dapat dilihat pada Gambar 4. Ruang lingkup pada produksi susu segar yaitu penyediaan pakan, kegiatan di peternakan, kegiatan di koperasi dan transportasi susu dari peternak ke koperasi MJM. Ruang lingkup di PT. ISAM meliputi produksi bahan baku, transportasi bahan baku, produksi produk, produksi air bersih, pengolahan limbah cair dan limbah padat, serta distribusi produk.

Unit fungsi yang digunakan dalam kajian LCA ini yaitu satu produk (70 mL) minuman susu rasa produksi PT. ISAM dengan merek dagang Alam Murni. Penentuan unit fungsi ini untuk memudahkan menentukan dampak dalam pembuatan 1 produk tersebut dan memudahkan melakukan tahap selanjutnya dari produk (misal: pemberian label lingkungan sebagai informasi untuk konsumen). Unit fungsi yang umum dalam kajian LCA yaitu 1 kg produk. Untuk memudahkan penilaian dampak dari produk minuman susu rasa terhadap produk variasi dari susu maupun produk minuman yang ada di pasaran maka hasil dampak dari 1 pcs produk diubah menjadi 1 kg produk minuman susu rasa. Dampak pada studi LCA ini fokus pada dampak berupa gas rumah kaca, asidifikasi, dan eutrofikasi.

#### 4.4 Analisis Inventori

Tahapan kedua yang dilakukan pada metode LCA ini adalah menganalisis dan membuat inventori dalam ruang lingkup berdasarkan analisis tahapan proses mulai dari input, output, energi yang diperlukan, serta emisi yang dihasilkan. Analisis akan dilakukan per unit proses. Alur kegiatan proses per unitnya dapat membantu untuk menganalisis input, output, serta emisi yang dikeluarkan.

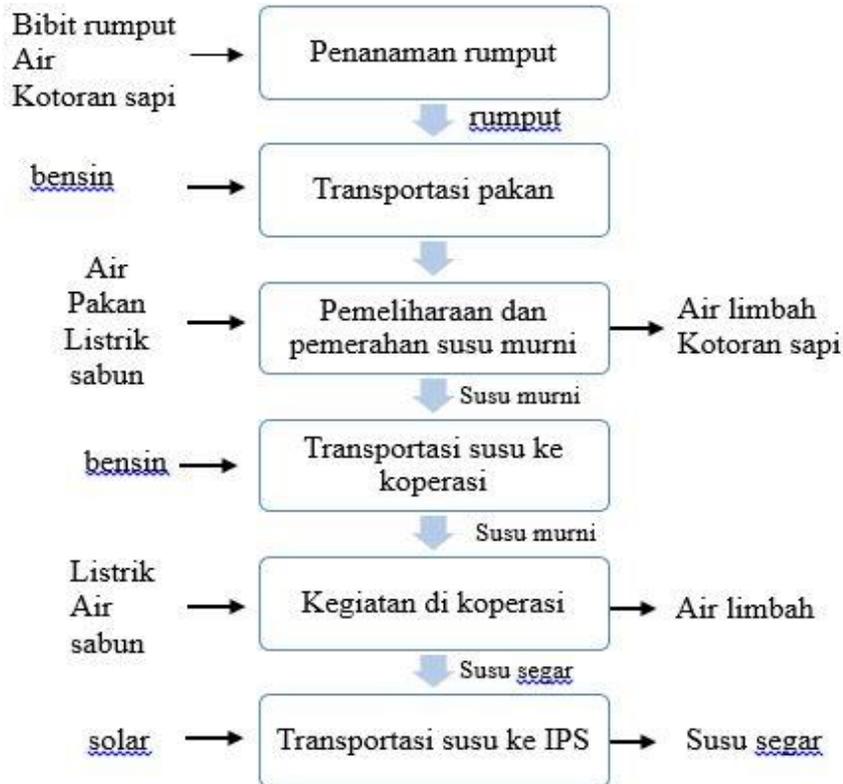
Pada analisis inventori pada LCA minuman susu rasa dilakukan pemahaman mengenai tahapan pada setiap unit proses. Inventori dibuat berdasarkan masing-masing unit proses untuk memudahkan memasukkan data input dan output sebagai inventori. Terdapat 2 inventori dalam LCA minuman susu rasa yaitu: inventori pada proses peternakan dan koperasi serta PT. ISAM. Masing-masing unit proses akan dirinci inventornya sesuai sub-unit prosesnya.

##### 4.4.1 Inventori Peternakan dan Koperasi MJM

Kegiatan di peternakan yang termasuk ruang lingkup dalam kajian LCA ini yaitu penanaman rumput, pemeliharaan sapi, pemberian pakan, dan pemerahan susu. Alur kegiatan di peternakan dan koperasi dapat dilihat pada Gambar 5. Proses pembuatan pakan utama, yaitu rerumputan, dilakukan secara alami. Input kegiatan penanaman yaitu bibit rumput yang berasal dari ladang rumput peternak yang lain atau dari pemerintah, air hujan, serta kotoran sapi saat penanaman lahan rumput pertama kali (tiga kali tabur selama 12 bulan). Rumput yang sudah dipotong akan dikumpulkan menjadi satu ikat dengan berat 40-50 kg. Dua ikat rumput dibawa menggunakan kendaraan motor dalam sekali transportasi. Jarak antara kandang dengan ladang rumput 2-3 km. Satuan data input untuk transportasi motor di Simapro yaitu person.km. Data yang tersedia perlu dikonversi menjadi berat manusia. Data input 2 iket rumput sama dengan berat 2 orang sehingga inputnya menjadi 9 person.km (termasuk pengendara).



Transportasi pakan tambahan konsentrat menggunakan truk dari KPSBU Lembang ke tempat peternak di Rancabali setiap bulan. Truk mengangkut 12 ton konsentrat dengan jarak 57 km sehingga didapat input 684 tkm dalam sekali perjalanan transportasi. Transportasi ampas tahu dilakukan dari tempat produksi tahu yang mempunyai limbah ampas tahu di Ciwidey ke peternak di Rancabali. Jarak tempuh rata-rata sekali transportasi yaitu 5 km. Transportasi dilakukan setiap kelompok peternak menggunakan mobil bak terbuka dengan kapasitas 2 ton ampas tahu sekali transportasi. Data input yang dimasukkan dalam analisis sekali transportasi ampas tahu yaitu 10 tkm.



Gambar 5 Alur produksi susu segar di peternakan dan koperasi MJM

Data inventori konsentrat dan ampas tahu didapat dari jumlah konsumsi bahan pakan tersebut selama 12 bulan dalam kelompok peternak yang diteliti. Data inventori pakan tambahan tersebut merupakan penjumlahan dari rata-rata pemberian pakan pada masing-masing kategori pakan dikalikan dengan jumlah peternak setiap harinya. Data dampak produksi konsentrat dan ampas tahu diambil dari *database* Simapro sehingga perhitungan dampak dari produksi konsentrat dan ampas tahu didapat dari kalkulasi dampak produksi dengan kebutuhan konsentrat dan ampas tahu dalam 12 bulan.

Kegiatan di peternakan dibagi menjadi tiga kategori pakan. Kategori pakan dibagi berdasarkan jumlah pemberian pakan satu sapi setiap hari. Input pemberian pakan pada LCA ini dihitung dari jumlah pemberian pakan ke sapi produksi, sapi yang menghasilkan susu. Jumlah tenaga kerja sama dengan jumlah peternak. Tabel 2 menunjukkan jumlah peternak, jumlah sapi, dan produksi susu dalam setahun untuk masing-masing kategori pakan yang

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

- a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
- b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

digunakan dalam analisis inventori susu segar. Kategori pakan 1 merupakan pemberian pakan terbanyak dibandingkan kategori pakan 2 dan 3. Sedangkan, kategori pakan 3 merupakan pemberian pakan paling sedikit.

Tabel 2 Data inventori pemberian pakan sapi di peternakan dan koperasi MJM

Kategori pakan	Pemberian pakan per hari/sapi			Jumlah peternak (orang)	Jumlah sapi (ekor)	Produksi susu (L/12 bulan)
	Rumput (kg)	Konsentrat (kg)	Ampas tahu (kg)			
Pakan 1	100	6	12	10	14	123.794
Pakan 2	80	4	10	52	73	383.008
Pakan 3	60	2,5	8	12	16	36.091

Input yang dibutuhkan saat pemeliharaan yaitu air, pakan, dan listrik. Pakan sudah termasuk didalamnya rerumputan, konsentrat, dan pakan tambahan. Pakan tambahan yang paling banyak digunakan para peternak Rancabali yaitu ampas tahu. Pada tahap pemerahan, input yang diperlukan yaitu air hangat untuk membersihkan ambing sapi sebelum diperah serta tenaga untuk pemerah susu. Pada tahap pemeliharaan, air dibutuhkan untuk membersihkan sapi dan kandang. Pembersihan sapi dilakukan minimal 2 kali sehari dan pembersihan kandang dilakukan tiga kali sehari. Sabun diperlukan untuk mencuci bejana susu. Energi listrik diperlukan dalam penerangan kandang. Setiap 3 sapi memerlukan setidaknya 1 lampu dengan daya 5 watt selama 12 jam.

Tabel 3 Data inventori input dan output di peternakan Rancabali selama 12 bulan tahun 2018-2019

Data	Satuan	Kategori 1	Kategori 2	Kategori 3	Jumlah
<b>Input</b>					
Bibit rumput	<i>stolon</i>	33.782	146.989	24.774	205.545
Kotoran sapi	kg	186	810	137	1.133
Rerumputan	kg	496.800	2.161.600	364.320	3.022.720
Konsentrat	kg	972	3.524	495	153.068
Ampas tahu	kg	1.944	8.810	1.584	378.392
Air pakan dan minum sapi	L	119.232	648.480	145.728	913.440
Air pembersihan kandang dan sapi	L	223.560	1.215.900	273.240	1.712.700
Listrik	kWh	248	1313	293	1.855
Sabun	kg	22	120	27	169
Air cuci <i>milk can</i>	kg	2.9808	162.120	36.432	228.360
<b>Output</b>					
Susu murni	kg	127.136	393.349	37.064	557.550
Air limbah	kg	253.390	1.378.140	309.699	1.941.229
Kotoran sapi	kg	124.014	674.689	151.663	950.336

Output dari proses penanaman rumput adalah rumput yang menjadi input untuk kegiatan pemeliharaan sapi perah. Output dari kegiatan peternakan adalah susu murni, air limbah, serta kotoran sapi. Air limbah termasuk air bekas pembersihan kandang dan sapi serta pencucian bejana susu. Kotoran sapi yang dihasilkan rata-rata sebanyak 25 kg per hari per sapi. Pemberian air minum untuk satu sapi sebanyak 24-25 liter per hari. Kotoran sapi dan pemberian air minum diasumsikan sama karena rata-rata bobot sapi perah produksi di Rancabali seberat 450-550 kg. Sebanyak 1.133 kg kotoran sapi berbentuk padat dibawa ke tempat penanaman rumput sebagai pupuk di awal penanaman. Air limbah dan kotoran sapi lainnya dibuang begitu saja mengalir ke sungai tanpa pengolahan. Data input dan output proses peternakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Transportasi susu membutuhkan bahan bakar solar untuk menjalankan mobil *pick up*. Jarak dari koperasi MJM ke 5 kelompok peternak di Rancabali lalu kembali ke koperasi MJM yaitu sekitar 20 km. Sekali perjalanan penjemputan susu murni membawa 718,23 kg sehingga input transportasi untuk analisis dampak sebesar 14,36 tkm (ton.km).

Penyimpanan sementara sebelum dikirimkan ke PT. ISAM membutuhkan input listrik untuk menjalankan mesin pendingin susu. Input yang dibutuhkan adalah listrik untuk menjalankan pompa air, air, dan sabun. Air bersih diperoleh dari air tanah dan dilakukan proses penyaringan air. Kegiatan administrasi, termasuk pengadaan kebutuhan peternak di koperasi, memerlukan listrik untuk pemakaian laptop dan komputer. Data input dan output proses di koperasi dapat dilihat pada Tabel 4. Output dari proses koperasi yaitu susu segar dan air limbah. Air limbah yang dihasilkan berasal dari air bekas pencucian tangki susu dan ruang pendingin susu.

Tabel 4 Data inventori input dan output proses koperasi selama 12 bulan tahun 2018-2019

Data	Satuan	Jumlah
<b>Input</b>		
Listrik	kWh	12.010,13
Sabun	kg	58,95
Air pencucian	L	17.884,80
<b>Output</b>		
Susu segar	kg	557.550,60
Air limbah	L	17.951,04

Analisis inventori juga berfungsi untuk menentukan *hotspot* (titik utama) penggunaan bahan dan energi tertinggi atau sumber limbah terbesar. Tabel 3 dan Tabel 4 menunjukkan penggunaan listrik lebih besar di koperasi dibandingkan gabungan peternak. Hal ini terjadi karena para peternak hanya menggunakan energi listrik untuk penerangan kandang saat malam hari. Penggunaan listrik ini dapat menjadi pertimbangan untuk pengembangan koperasi ke depannya dalam upaya mengurangi dampak lingkungan.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Transportasi susu dari koperasi MJM ke PT. ISAM menggunakan truk berbahan bakar solar yang membawa tangki susu berkapasitas 5 liter. Jarak yang dihitung sekali perjalanan ketika membawa susu segar yaitu 44,6 km. Sekali perjalanan penjemputan susu murni membawa 4000 kg sehingga input transportasi untuk analisis dampak sebesar 175,45 tkm (ton.km).

#### 4.4.2 Inventori PT.ISAM

Data yang dianalisis didapat dari PT. ISAM meliputi data bahan baku susu yang masuk, air, bahan tambahan, sumber energi, dan bahan kemasan. Data lainnya yang diperlukan yaitu data analisa limbah cair dan air hasil pengolahan PT. ISAM. Data bahan yang masuk juga termasuk transportasi bahan baku dari *supplier* ke PT. ISAM. Data yang digunakan pada kajian LCA ini yaitu data 12 bulan selama periode bulan Juli 2018 sampai bulan Agustus 2019. Nama *supplier*, jenis kendaraan, berat bahan baku, dan jarak dari lokasi penyediaan bahan baku ke PT ISAM dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Data inventori transportasi bahan baku ke PT. ISAM sekali pengiriman

Bahan baku	<i>Supplier</i>	Jenis kendaraan	Berat bahan (kg)	Jarak (tkm)
Gula	PT. Angels Product	<i>Lorry</i>	7.500	1.980,00
<i>Puree</i>	PT. Cipta Pangan Mulia	LCV	30	3,87
Perasa	PT. Brenntag	LCV	50	6,75
CMC	PT. Arbecel Chemical Int.	LCV	500	86,00
Asam sitrat	PT. Indokemika Jayatama	LCV	300	4,14
Asam laktat	PT. Indokemika Jayatama	LCV	300	4,14
Susu Murni	KSU MJM	LCT	3.936	175,45
Label	PT. Uniflex Kemas Indah	LCV	1.191	148,92
Botol	PT Cosmo Makmur Indonesia	<i>Lorry</i>	1.575	228,38
Tutup botol	PT. DNP Indonesia	LCV	332	36,50
Kimia pembersih	PT Bestindo Buana Chemindo	LCV	1.300	223,58
Abu soda, klorin	PT. Brataco Chemica	LCV	267	2,49
Kardus	PT. Pura Barutama	LCV	2.700	365,96
Sedotan	Jagat Anugerah	LCV	325	53,63

Note : LCV = *light commercial vehicle*; LCT = *light commercial truck*

LCV merupakan jenis kendaraan niaga berbentuk mobil yang bagian belakangnya terdapat box besar untuk memuat barang maupun dibiarkan terbuka. *Lorry* merupakan truk sedang yang dapat mengangkut barang dengan kapasitas tertentu. *Lorry* yang digunakan untuk mengangkut botol dan gula adalah truk dengan muatan 3-7,5 ton bahan. LCT merupakan jenis truk yang bagian belakangnya dimodifikasi. Transportasi susu segar menggunakan truk yang bagian belakangnya terdapat tangki susu.



Bahan baku berasal dari berbagai tempat terutama daerah kawasan industri Bekasi. Jarak yang ditempuh berasal dari *supplier* ke PT ISAM untuk sekali perjalanan. Asumsi perhitungan bahan bakar solar yang dibutuhkan sekali pengiriman hanya untuk sekali perjalanan saja dari tempat *supplier* ke PT ISAM, tidak dua arah. Data sekali transportasi akan diakumulasikan oleh Simapro saat perhitungan dampaknya sesuai dengan kebutuhan bahan baku dalam 12 bulan. Jadi kebutuhan bakar solar sudah disesuaikan dengan berat bahan yang dibawa dalam sekali transportasi. Transportasi bahan baku *puree* dan perisa perlu menggunakan pendingin sehingga truk trailer dengan pendingin mengkonsumsi bahan bakar 12% lebih banyak dibandingkan dengan truk trailer dengan kontainer biasa (Tussau *et al.* 2009). Bahan bakar tersebut digunakan sebagai sumber energi pendingin selama di perjalanan. Refrigeran yang digunakan selama perjalanan tidak dihitung karena hanya menggunakan sedikit sekali refrigeran sehingga dapat diabaikan.

Energi yang digunakan pada industri ini berupa listrik dan CNG. Listrik menjadi energi utama untuk menggerakkan mesin-mesin produksi, pengolahan air bersih, pendinginan air, penerangan, dan pengolahan limbah. CNG digunakan sebagai bahan bakar untuk pembuatan uap panas yang diperlukan produksi karena CNG menghasilkan energi panas yang dapat memanaskan air dalam boiler. Proses produksi air bersih memerlukan bahan kimia yaitu HNO<sub>3</sub> dan NaOH (natrium hidroksida). Air bersih digunakan untuk salah satu bahan utama produksi, keperluan menghasilkan uap, serta pembersihan mesin dan alat. Kapasitas rata-rata produksi air bersih di PT. ISAM adalah 171 m<sup>3</sup>/hari, yang airnya berasal dari 3 sumur. Refrigeran digunakan untuk menghasilkan air dingin yang digunakan di proses produksi terutama untuk pendinginan kedatangan susu.

Tabel 6 Data input produksi produk Alam Murni di PT. ISAM selama 12 bulan tahun 2018-2019

Input	Satuan	Jumlah	Input	Satuan	Jumlah
<b>Bahan Baku</b>			<b>Kemasan</b>		
Susu murni	kg	141.695,20	Tutup botol	kg	1.056,86
Gula	kg	43.142,72	Label	kg	5.842,15
Asam laktat	kg	1.090,07	Botol	kg	49.201,76
Perisa buah	kg	304,16	Sedotan	kg	1.287,08
Sodium Sitrat	kg	472,30	Kardus	kg	21.895,86
<i>Puree</i>	kg	94,46	<b>Pengolahan air bersih</b>		
CMC	kg	2.043,64	HNO <sub>3</sub>	L	243,00
Asam Sitrat	kg	794,88	NaOH	L	438,00
Air bersih	kg	282.662,58	Air	L	298.654,14
<b>Utilitas</b>			<b>Pencucian alat</b>		
Listrik	kWh	89.264,96	Soda Ash	kg	190,62
Air boiler	m <sup>3</sup>	991,56	Klorin	kg	76,58
Steam	TJ	0,59	Air	kg	15.000,00
Refrigeran	kg	1,27			

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

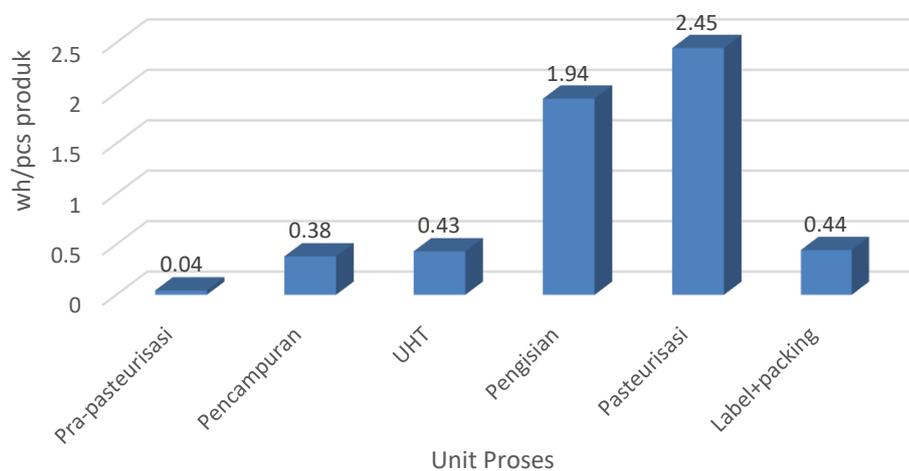
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 6 menunjukkan data input yang dibutuhkan selama produksi produk minuman susu rasa selama 12 bulan. Kebutuhan utilitas terutama listrik sudah mencakup kegiatan pendukung yaitu produksi air bersih, kegiatan pengolahan limbah cair di IPAL, dan pencucian alat. Data inventori uap panas juga sudah termasuk dalam kebutuhan pencucian alat.

Penggunaan listrik dalam proses produksi utama dibagi menjadi 6 unit proses. Proses penyaringan, homogenisasi, sterilisasi, pendinginan termasuk dalam unit proses UHT (*Ultra High Temperature*). Unit proses *Filling* (pengisian) terdiri dari beberapa proses yaitu pembersihan botol, pengisian produk ke dalam botol, serta penutupan botol produk. Pada Gambar 6, dapat dilihat bahwa pemakaian listrik tertinggi yaitu unit proses pasteurisasi. Proses pasteurisasi memerlukan energi besar untuk memanaskan susu dalam waktu sebentar. Penggunaan listrik kedua terbesar yaitu unit proses *Filling*. Hal ini karena pada unit proses tersebut menggunakan banyak peralatan yang memerlukan daya yang besar.



Gambar 6 Penggunaan listrik per unit proses pada produksi minuman susu rasa di PT. ISAM tahun 2018-2019

Tabel 7 Data output produksi minuman susu rasa di PT. ISAM tahun 2018-2019

Output	Satuan	Jumlah
Produk	pcs	6.435.422,00
Limbah cair	L	61.614,38
Limbah padat	kg	5.685,71

Produk yang dihasilkan pada PT. ISAM yaitu minuman susu rasa buah (*strawberry* dan jeruk) yang dikemas dalam botol berukuran 70 mL. Pada studi LCA ini, dua rasa tersebut diasumsikan satu rasa yang sama karena proses produksinya, kebutuhan *puree*, dan perisa yang sama. Output lain yang dihasilkan dari produksi produk yaitu limbah cair, limbah padat, dan emisi yang dihasilkan. Limbah cair berupa kebocoran saat proses, *reject* dari produksi, dan



hasil pencucian mesin. Limbah padat berupa *reject* botol, label kemasan, tutup kemasan, serta kardus. Output yang dihasilkan oleh PT. ISAM dalam 12 bulan dapat dilihat pada Tabel 7.

Botol merupakan jenis limbah padat yang paling banyak dihasilkan dari produksi produk Alam Murni (Tabel 8). Hal ini karena banyak botol yang tidak lolos standar produk, banyak *reject* produk dari unit proses *filling*, pasteurisasi sampai pengemasan sehingga botol tidak dapat digunakan kembali. Limbah padat tutup botol merupakan kedua terbanyak karena dalam pemasangannya maupun produksi terkadang terjadi ketidaksesuaian di mesin otomatis sehingga perlu dilakukan pengaturan kembali.

Tabel 8 Data inventori limbah padat berdasarkan jenisnya di PT. ISAM tahun 2018-2019

Jenis limbah padat	Jumlah (kg)	Jumlah (pcs)
Botol	5534,63	737951
Tutup botol	121,92	757261
Label	11,79	13017
Kardus	19,35	114

Produk Alam Murni dijual ke beberapa distributor yang juga termasuk koperasi di daerah Bandung dan sekitarnya. Tempat distribusi yang digunakan dalam analisis inventori ini dipilih 7 tempat yang paling banyak produk dijual. Transportasi menggunakan *lorry* yaitu truk tertutup ukuran sedang berkapasitas 3,5-7,5 ton. Tempat distribusi produk, jenis kendaraan, serta jarak dapat dilihat pada Tabel 9. Data yang dibutuhkan pada kegiatan distribusi disesuaikan dengan satuan transportasi pada Simapro yaitu ton.km. Data jarak dipengaruhi oleh beban muatan sekali pengangkutan dan jarak dari pabrik ke tempat distributor sehingga frekuensi distribusi akan secara otomatis terakumulasi sesuai dengan berat produk yang didistribusikan dalam 12 bulan. Pengiriman produk ke distributor membawa rata-rata berat produk yang sama yaitu 74.161 kg produk dalam 12 tahun. Tiga tempat distribusi produk terjauh berturut-turut yaitu Cikajang Garut, KUD Bayongbong Garut, dan MJM Ciwidey.

Tabel 9 Data inventori distribusi produk minuman susu rasa PT.ISAM tahun 2018-2019

Tempat distribusi	Jenis kendaraan	Jarak (tkm)
KPSBU Lembang	<i>Lorry 3.5-7.5 t</i>	1.779,86
KUD Sarwa mukti	<i>Lorry 3.5-7.5 t</i>	2.224,83
KUD Sinar jaya	<i>Lorry 3.5-7.5 t</i>	222,48
MJM Ciwidey	<i>Lorry 3.5-7.5 t</i>	3.307,58
KUD Tandang Sari Sumedang	<i>Lorry 3.5-7.5 t</i>	964,09
KUD Bayongbong Garut	<i>Lorry 3.5-7.5 t</i>	3930,53
Cikajang Garut	<i>Lorry 3.5-7.5 t</i>	5784,55

Limbah padat dilakukan pengelolaan oleh pihak ketiga. Pengiriman limbah padat ke tempat pengelolaan setiap 2 minggu sekali menggunakan truk kecil. Jenis limbah padat berupa tutup botol dan label dikirim ke tempat pengelolaan daerah Gedebage dengan jarak 0,097 tkm. Jenis limbah padat berupa botol dan kardus dikirim ke tempat pengelolaan daerah Pangaritan dengan jarak 2,855 tkm (ton.km). Jenis kendaraan yang digunakan yaitu mobil bak terbuka (LCV).

#### 4.5 Analisis Dampak

Pada tahap ini akan dilakukan perhitungan penilaian dampak. Berdasarkan data inventori menunjukkan bahwa dalam setiap tahapan proses dapat menghasilkan limbah maupun emisi yang berdampak terhadap lingkungan. Nilai inventori yang didapat dilakukan perhitungan (pengolahan data) sesuai dengan dampak yang ditimbulkan. Perhitungan yang dilakukan umumnya berupa nilai inventori dikali dengan faktor emisi dampak yang dikeluarkan. Emisi yang dihasilkan dalam siklus hidup produk minuman susu dikelompokkan menjadi 3 kategori dampak, yaitu gas rumah kaca (GRK), asidifikasi, dan eutrofikasi.

Penilaian dampak dibagi menjadi 2 yaitu dampak berdasarkan sumber emisi dan berdasarkan unit proses. Dampak berdasarkan unit proses per 1 pcs produk minuman susu rasa dihitung berdasarkan 1 siklus hidup produk, dimulai dari proses produksi bahan baku (produksi susu segar dan bahan baku tambahan), transportasi bahan baku, proses produksi minuman susu rasa 70 mL PT. ISAM, dan distribusi produk. Dampak berdasarkan sumber emisi yaitu berdasarkan bahan-bahan atau kegiatan yang menghasilkan emisi sepanjang siklus produk.

##### 4.5.1 Analisis Dampak berdasarkan Unit Proses

Satu siklus produk dianalisis akan ditemukan bahwa untuk memproduksi 1 pcs minuman susu rasa (70 mL) dibutuhkan 0,0022 kg susu segar. Setiap kegiatan akan menghasilkan emisi baik dari material bahan, transportasi, maupun limbah. Analisis dampak pada LCA minuman susu rasa akan dibagi menjadi 5 unit proses, yaitu: analisis dampak produksi susu segar, produksi bahan baku tambahan, transportasi dari *supplier* ke PT. ISAM, produksi produk di PT. ISAM, serta distribusi produk ke distributor. Pada setiap unit proses akan diperhitungkan masing-masing dampaknya. Analisis dampak produksi susu segar dirinci dan dilakukan perhitungan lebih detail sesuai sub-prosesnya.

##### 4.5.1.1 Analisis dampak produksi susu segar

Hasil perhitungan setiap kategori dampak unit produksi 1 kg susu segar dapat dilihat pada Tabel 10. Hasil perhitungan dampak dari Tabel 10 menunjukkan bahwa setiap kegiatan menghasilkan emisi GRK, asidifikasi, maupun eutrofikasi. Setiap kegiatan yang mengeluarkan emisi diakumulasi sehingga didapatkan besaran emisi dalam satu unit produksi susu segar. Emisi CH<sub>4</sub> berasal dari fermentasi enterik dan kotoran sapi. Dampak dari kotoran sapi yang dihitung dalam analisis LCA ini berasal dari data input kotoran sapi total dalam 12 bulan dikurangi dengan data kotoran sapi untuk dijadikan pupuk. Penggunaan bahan bakar untuk transportasi, penggunaan listrik, dan penggunaan pupuk mengeluarkan gas CO<sub>2</sub> secara tidak langsung. Kandungan

nitrogen dalam kotoran sapi dengan adanya proses denitrifikasi akan mengeluarkan gas N<sub>2</sub>O.

Sumber polutan penyebab asidifikasi yang mengeluarkan emisi SO<sub>2</sub> berasal dari penggunaan bahan bakar dan penggunaan listrik. Emisi NH<sub>3</sub> dihasilkan dari emisi limbah cair yang tercampur dengan kotoran sapi. Sumber polutan penyebab asidifikasi yang mengeluarkan emisi NO<sub>x</sub> berasal dari penggunaan bahan bakar dan penggunaan listrik.

Tabel 10 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi produksi susu segar di peternakan dan koperasi MJM tahun 2018-2019

Emisi	Satuan	Emisi per 1 kg susu segar	Emisi per 1 pcs produk	Emisi per 1 L FCM
GRK	kg-CO <sub>2</sub> eq	3,25E+00	7,17E-02	3,37E+00
Asidifikasi	kg-SO <sub>2</sub> eq	6,31E-03	1,39E-04	6,53E-03
Eutrofikasi	kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	1,22E-02	2,65E-04	1,27E-02

Bahan organik yang berasal dari kotoran sapi dapat menyebabkan kandungan amonia dan kadar nitrat dalam perairan melebihi batas kadar dalam perairan alami. Dampak eutrofikasi berasal dari senyawa fosfat dan COD (*chemical oxygen demand*) yang tinggi didalam badan air. Kotoran sapi yang sudah bercampur dengan air limbah maupun air alami dari aktifitas peternakan menjadi sumber emisi fosfat dan COD (Taufiq *et al.* 2016).

Produksi susu di Iran menunjukkan emisi dampak lingkungan produksi 1 kg susu sebesar 1,831 kg-CO<sub>2</sub> eq; 0,00797 kg-SO<sub>2</sub> eq; dan 0,0034 kg-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq (Soltanali *et al.* 2015). Emisi GRK dan eutrofikasi produksi susu di koperasi MJM lebih besar dibanding produksi susu di Iran karena adanya perbedaan kegiatan di peternakan. Produksi susu di Iran termasuk kategori peternakan modern sehingga kegiatan transportasi lebih sedikit. Selain itu, pada peternakan kecil di Rancabali belum terdapat pengolahan kotoran sapi sehingga mengeluarkan emisi GRK dan eutrofikasi yang lebih besar.

Susu segar yang dihasilkan dalam satuan kilogram diubah dengan menggunakan rumus *fat-corrected milk* (FCM) (4%) dari Gerber *et al* (2010) menjadi kg FCM. Produksi susu dalam kg FCM lalu dijadikan input pada Simapro untuk mengetahui dampaknya. Perubahan satuan dimaksudkan supaya dapat dibandingkan nilai dampaknya dari produksi susu lainnya dalam satuan yang sama. Perkiraan jumlah susu dalam satuan FCM dihitung berdasarkan energi 4% lemak susu. Jumlah kg susu dilakukan koreksi berdasarkan kandungan lemak di dalam susu tersebut. Hal ini merupakan sarana untuk mengevaluasi produksi susu dari berbagai hewan perah berdasarkan energi yang sama. Rumus FCM (4%) = (0,4 x kg susu) + (15 x (% kandungan lemak susu x kg susu)).

Dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi dari proses produksi satu liter FCM susu di KPBS (Koperasi Peternakan Bandung Selatan) yaitu 2,213 kg-CO<sub>2</sub> eq; 0,00012 kg-SO<sub>2</sub> eq; dan 0,0183 kg-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq (Taufiq *et al.* 2016). Tabel 11 menunjukkan hasil dampak GRK dan asidifikasi pada produksi 1 L FCM susu di KSU MJM lebih besar nilainya dari dampak produksi di KPBS Bandung. Nilai dampak yang dihasilkan dari kedua tempat tersebut



menunjukkan hasil yang tidak berbeda jauh. Hal ini dikarenakan sistem perternakan pada kedua tempat tersebut masih sederhana dengan banyaknya peternak lokal dan belum menggunakan sistem modern.

Tabel 11 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg produk susu segar pada sub-unit bagian pakan di peternakan susu Rancabali tahun 2018-2019

Emisi	Satuan	Rerumputan	Konsentrat	Ampas tahu
GRK	kg-CO <sub>2</sub> eq	1,81E-03	3,45E-01	2,17E+00
Asidifikasi	kg-SO <sub>2</sub> eq	9,12E-05	8,15E-04	2,16E-03
Eutrofikasi	kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	2,51E-05	7,53E-04	2,37E-03

Analisis dampak dilakukan pengelompokan berdasarkan bagian-bagian sub-unit produksi susu segar. Dampak lingkungan dari bagian penyediaan pakan setiap 1 kg susu segar dapat dilihat pada Tabel 11. Dampak konsentrat dan ampas tahu merupakan kalkulasi dampak dari produksi konsentrat maupun ampas tahu yang terdapat di *database* Simapro. Produksi ampas tahu memberikan dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi terbesar. Dampak pada produksi ampas tahu termasuk yang tertinggi (Tabel 11) karena adanya proses pemupukan saat penanaman kedelai, dampak dari proses transportasi antar negara, dan proses produksi pembuatan tahu, dilihat dari proses produksi ampas tahu yang terdapat di *database* Simapro. Konsentrat merupakan dampak kedua terbesar dalam bagian pakan karena konsentrat terdiri dari berbagai macam sumber pakan yang dilakukan proses produksi. Sedangkan, rerumputan tumbuhnya lebih alami tanpa penambahan pupuk kimia.

Dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi setiap kategori pakan pada 1 kg susu segar dapat dilihat pada Tabel 12. Dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi terkecil yaitu pada kategori pakan 1. Hal ini menunjukkan adanya pengaruh kuantitas pemberian pakan dan produksi susu segar yang dihasilkan. Kategori pakan 1 dapat dikatakan paling efisien karena dengan kuantitas pakan yang paling besar menghasilkan produksi susu murni yang paling besar dan mengeluarkan emisi yang sedikit.

Tabel 12 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar berdasarkan kategori pakan di peternakan susu Rancabali tahun 2018-2019

Emisi	Satuan	Pakan 1	Pakan 2	Pakan 3
GRK	kg-CO <sub>2</sub> eq	3,87E-01	6,40E-01	1,43E+00
Asidifikasi	kg-SO <sub>2</sub> eq	1,70E-03	2,87E-03	6,58E-03
Eutrofikasi	kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	4,96E-03	8,67E-03	2,06E-02

Dampak lingkungan dari bagian kegiatan di peternakan per 1 kg susu segar dapat dilihat pada Tabel 13. Emisi dari kotoran sapi memberi dampak terbesar untuk ketiga kategori. Emisi kedua terbesar untuk ketiga kategori



dampak yaitu penggunaan listrik. Menurut Taufiq *et al.* (2016), sumber pencemar terbesar pada produksi susu di KPBS yaitu pada sistem pemeliharaan yang dikarenakan tidak adanya pengolahan atau manajemen kotoran sapi. Sumber pencemar kotoran sapi perah menjadi salah satu sumber emisi terbesar di produksi susu pada peternakan lokal.

Tabel 13 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar pada sub-unit kegiatan di peternakan sapi perah Rancabali tahun 2018-2019

Emisi	Satuan	Sabun	Listrik	Limbah cair	Kotoran sapi
GRK	kg-CO <sub>2</sub> eq	7,18E-04	3,85E-03	0	5,80E-01
Asidifikasi	kg-SO <sub>2</sub> eq	2,70E-06	1,68E-05	0	2,63E-03
Eutrofikasi	kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	2,38E-06	2,04E-05	1,01E-04	8,49E-03

Dampak lingkungan dari bagian kegiatan di koperasi setiap 1 kg susu segar dapat dilihat pada Tabel 14. Dampak terbesar di ketiga kategori dampak pada kegiatan di koperasi yaitu penggunaan listrik. Produksi sabun dan air bersih memberikan nilai dampak kedua terbesar pada kegiatan di koperasi. Emisi terbesar dari penggunaan listrik berkorelasi dengan kegiatan utama di koperasi yaitu kegiatan pendinginan susu dan kegiatan administrasi yang memerlukan konsumsi energi listrik yang besar.

Tabel 14 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar pada sub-unit kegiatan di koperasi MJM tahun 2018-2019

Emisi	Satuan	Listrik	Sabun	Pengolahan limbah cair	Air bersih
GRK	kg-CO <sub>2</sub> eq	2,50E-02	2,50E-04	1,79E-05	2,10E-04
Asidifikasi	kg-SO <sub>2</sub> eq	1,08E-04	9,41E-07	1,32E-07	5,96E-07
Eutrofikasi	kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	1,32E-04	8,28E-07	4,35E-07	9,45E-08

Tabel 15 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per kg susu segar pada sub-unit kegiatan transportasi di peternakan dan koperasi MJM tahun 2018-2019

Emisi	Transportasi rumput	Transportasi konsentrat	Transportasi ampas tahu	Transportasi susu ke KSU MJM
GRK (kg-CO <sub>2</sub> eq)	8,01E-02	3,53E-03	6,54E-03	3,85E-02
Asidifikasi (kg-SO <sub>2</sub> eq)	2,66E-04	1,72E-05	2,90E-05	1,71E-04
Eutrofikasi (kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)	6,75E-05	4,21E-06	7,97E-06	4,70E-05

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Dampak lingkungan dari bagian transportasi per 1 kg susu segar dapat dilihat pada Tabel 15. Dampak terbesar terdapat di transportasi pengambilan rumput. Transportasi pengambilan rumput perlu dilakukan bolak-balik karena menggunakan kendaraan motor yang kapasitasnya terbatas. Hal ini menyebabkan kebutuhan bahan bakar untuk transportasi semakin besar dan memberikan dampak ke lingkungan yang lebih besar. Dampak kedua terbesar pada ketiga kategori dampak yaitu dampak dari transportasi susu murni ke MJM. Hal ini menunjukkan frekuensi transportasi mempengaruhi hasil dampak. Semakin banyak frekuensi dari suatu kegiatan transportasi maka akan memberikan dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi yang lebih besar.

#### 4.5.1.2 Analisis dampak produksi bahan baku tambahan

Pada tahap ini dilakukan perhitungan dampak dari masing-masing bahan tambahan yang diperlukan dalam pembuatan produk di PT. ISAM. Analisis unit produksi bahan baku tambahan mencakup semua produksi bahan baku tambahan yaitu gula, asam laktat, perisa, sodium sitrat, *puree*, CMC, asam sitrat, botol, label, tutup botol, sedotan, kardus, refrigeran, bahan kimia pengolahan air bersih, dan bahan kimia pencucian alat. Hasil analisis dampak merupakan kalkulasi dari jumlah inventori bahan baku dengan hasil dampak setiap produksi bahan baku dari *database* Simapro.

Tabel 16 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa untuk setiap bahan baku/penolong yang digunakan

Bahan baku	Jenis emisi (Nilai emisi/pcs produk)		
	GRK (kg-CO <sub>2</sub> eq)	Asidifikasi (kg-SO <sub>2</sub> eq)	Eutrofikasi (kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
Gula	5,11E-03	3,49E-05	5,75E-05
Asam laktat	7,28E-04	3,00E-06	1,10E-06
Perasa	2,96E-04	2,54E-06	7,43E-07
<i>Puree</i>	9,18E-05	7,89E-07	2,31E-07
CMC	1,34E-03	6,65E-06	2,07E-06
Asam sitrat	7,73E-04	6,64E-06	1,94E-06
HNO <sub>3</sub>	1,68E-04	7,49E-07	2,73E-07
NaOH	2,14E-04	1,00E-06	4,14E-07
Soda abu	1,23E-05	1,34E-07	8,08E-08
Klorin	2,89E-05	5,79E-08	2,39E-08
Tutup botol	5,28E-04	2,36E-06	1,12E-07
Label	2,79E-03	1,05E-05	3,69E-06
Botol	2,39E-02	0,12E-03	6,60E-06
Kardus	2,11E-03	9,19E-06	5,46E-06
Sedotan	1,02E-04	4,77E-07	1,80E-07

Hasil analisis dampak ketiga jenis emisi produksi setiap bahan baku tambahan dapat dilihat pada Tabel 16. Emisi GRK terbesar pada unit produksi bahan baku tambahan secara berturut-turut yaitu terdapat pada produksi botol, gula, dan label. Emisi asidifikasi terbesar pada produksi bahan baku tambahan yaitu produksi botol. Emisi eutrofikasi terbesar pada produksi bahan baku tambahan yaitu produksi gula. Hasil penilaian dampak pada Tabel 16 mempunyai keterkaitan antara jumlah bahan yang digunakan dengan emisi yang dihasilkan. Gula dan botol termasuk bahan baku terbanyak yang dibutuhkan setelah susu segar sehingga hasil dampaknya termasuk yang terbesar. Dampak yang dihasilkan dari produksi bahan baku tambahan untuk 1 pcs produk dapat dilihat pada Tabel 17 yang merupakan penjumlahan pada Tabel 16.

Tabel 17 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit produksi bahan baku tambahan

Emisi	Satuan	Nilai emisi
GRK	g-CO <sub>2</sub> eq	38,23
Asidifikasi	g-SO <sub>2</sub> eq	0,20
Eutrofikasi	g-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	0,08

#### 4.5.1.3 Analisis dampak transportasi bahan baku

Pada unit transportasi bahan baku mencakup semua transportasi bahan baku dari *supplier* ke PT. ISAM. Penggunaan bahan material dan pendukung berasal dari tempat yang berbeda. Pengiriman bahan baku dari tempat produksi bahan baku ke PT. ISAM menghasilkan emisi. Perjalanan menggunakan truk pengangkut dengan bahan bakar solar. Total emisi transportasi akan dibagi dengan jumlah produk yang dihasilkan PT. ISAM selama 12 bulan.

Tabel 18 menunjukkan nilai emisi ketiga kategori dampak berdasarkan kegiatan transportasi dari bahan baku dalam produksi produk LCA minuman susu rasa. Nilai emisi GRK terbesar secara berturut-turut dihasilkan dari transportasi kardus, transportasi gula, dan transportasi susu. Nilai emisi asidifikasi dan eutrofikasi terbesar secara berturut-turut dihasilkan dari transportasi susu, transportasi gula, dan transportasi kardus. Transportasi bahan baku berkaitan dengan jumlah bahan baku yang digunakan. Semakin banyak bahan baku maka semakin banyak transportasi yang dilakukan. Susu merupakan bahan baku utama sehingga memberikan dampak yang besar juga. Gula merupakan bahan baku tambahan terbanyak yang diperlukan dan jarak transportasi yang besar juga mempengaruhi dampak yang besar.

Besaran emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi satu pcs produk minuman susu rasa pada unit transportasi bahan baku dapat dilihat pada Tabel 19. Pada kegiatan transportasi, dampak yang terbesar yaitu emisi gas rumah kaca jika dilihat dari beratnya. Hal ini dikarenakan terdapat pembakaran solar untuk menjalankan truk yang melepaskan gas rumah kaca lebih banyak.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 18 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit transportasi bahan baku berdasarkan sumber emisi

Transportasi bahan baku	Jenis emisi (Nilai emisi/1 pcs produk)		
	GRK (kg-CO <sub>2</sub> eq)	Asidifikasi (kg-SO <sub>2</sub> eq)	Eutrofikasi (kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
Susu	8,63E-04	7,67E-06	1,63E-06
Gula	9,64E-04	4,58E-06	1,15E-06
Asam laktat	4,51E-06	2,00E-08	5,49E-09
Perisa	1,23E-05	5,45E-08	1,50E-08
<i>Puree</i>	3,65E-06	1,62E-08	4,45E-09
CMC	1,05E-04	4,67E-07	1,28E-07
Asam sitrat	3,29E-06	1,46E-08	4,00E-09
Bahan kimia pembersih	6,44E-05	2,86E-07	7,93E-08
Soda abu, klorin	7,44E-07	3,30E-09	9,07E-10
Tutup botol	3,35E-05	1,49E-07	4,12E-08
Label	2,19E-04	9,70E-07	2,67E-07
Botol	6,04E-04	2,87E-06	7,23E-07
Kardus	9,97E-04	4,42E-06	1,21E-06
Sedotan	6,36E-05	2,82E-07	7,75E-08

Tabel 19 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit transportasi bahan baku

Emisi	Satuan	Nilai emisi
GRK	g-CO <sub>2</sub> eq	3,94
Asidifikasi	g-SO <sub>2</sub> eq	2,18E-02
Eutrofikasi	g-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	5,34E-03

#### 4.5.1.4 Analisis dampak kegiatan produksi produk

Analisis produksi produk di PT. ISAM mencakup penggunaan energi listrik, produksi uap, proses produksi air bersih, dan pengelolaan limbah cair maupun limbah padat (termasuk transportasi). Proses produksi di PT. ISAM akan menghasilkan emisi. Perhitungan dampak limbah padat termasuk pengelolaan limbah dan transportasi ke tempat pengelolaan limbah. Pengolahan limbah padat oleh pihak ketiga dengan cara *recycle* limbah padat menjadi bahan baku yang dapat digunakan kembali. Oleh karena itu, proses *recycle* limbah padat dapat mengurangi emisi ke alam karena limbah tersebut dimanfaatkan kembali. Dalam perhitungan proses *recycle* limbah padat hasilnya minus (-) karena mengambil emisi limbah padat ke alam yang dimanfaatkan untuk menjadi bahan baru sehingga tidak memberikan dampak ke alam. Hasil perhitungan proses *recycle* masing-masing jenis limbah padat



akan ditambahkan dengan dampak dari transportasi limbah padat untuk mengetahui hasil analisis limbah padat seluruhnya.

Besaran emisi ketiga kategori dampak pada unit produksi produk di PT. ISAM setiap sumber emisi dapat dilihat pada Tabel 20. Nilai emisi terbesar untuk ketiga kategori secara berturut-turut yaitu pada produksi dan pemakaian uap serta penggunaan listrik. Nilai emisi pada unit produksi 1 pcs produk di PT. ISAM dapat dilihat pada Tabel 21. Nilai emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi pada Tabel 21 merupakan penjumlahan dari Tabel 20. Hasil penjumlahan emisi tersebut untuk memudahkan perhitungan emisi untuk 1 siklus produk minuman susu rasa.

Tabel 20 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit produksi di PT.ISAM berdasarkan sumber emisi

Sumber Emisi	Jenis emisi (Nilai emisi per 1 pcs produk)		
	GRK (kg-CO <sub>2</sub> eq)	Asidifikasi (kg-SO <sub>2</sub> eq)	Eutrofikasi (kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
Listrik	1,01E-03	2,99E-07	1,09E-07
Steam	7,49E-03	6,08E-06	7,92E-07
Refrigeran	3,55E-06	1,09E-08	2,19E-09
Limbah cair	2,13E-06	1,69E-08	5,13E-08
Limbah padat :			
Tutup botol	-2,80E-04	-9,71E-07	-1,93E-07
Kardus	-6,17E-05	-3,48E-07	-9,03E-08
Plastik	-9,30E-07	-8,48E-09	-3,95E-09
Transportasi	-2,18E-04	-6,18E-07	-9,99E-08
	8,84E-07	3,92E-09	1,08E-09

Tabel 21 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit produksi di PT.ISAM

Emisi	Satuan	Nilai emisi
GRK	g-CO <sub>2</sub> eq	8,23E+00
Asidifikasi	g-SO <sub>2</sub> eq	5,44E-03
Eutrofikasi	g-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	7,61E-04

#### 4.5.1.5 Distribusi Produk

Proses distribusi produk dari PT. ISAM ke beberapa KUD Bandung dan sekitarnya menghasilkan emisi dari penggunaan solar sebagai bahan bakar transportasi. Perjalanan distribusi produk mengeluarkan emisi gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O yang termasuk GRK. Selain itu, kegiatan ini juga mengeluarkan emisi asidifikasi (SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>) serta emisi eutrofikasi (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Besaran emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi 1 pcs produk pada unit distribusi produk dapat dilihat pada Tabel 22.

Tabel 22 Besaran dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per produk minuman susu rasa pada unit distribusi produk berdasarkan tempat distribusi

Tempat distribusi	Jenis emisi (Nilai emisi/1 pcs produk)		
	GRK (kg-CO <sub>2</sub> eq)	Asidifikasi (kg-SO <sub>2</sub> eq)	Eutrofikasi (kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
KPSBU Lembang	1,51E-04	7,15E-07	1,80E-07
Sarwa Mukti	1,88E-04	8,94E-07	2,25E-07
Sinar Jaya	1,88E-05	8,94E-08	2,25E-08
MJM Ciwidey	2,80E-04	1,33E-06	3,35E-07
Tandang Sari Sumedang	8,16E-05	3,88E-07	9,77E-08
Bayongbong Garut	3,33E-04	1,58E-06	3,98E-07
Cikajang Garut	4,90E-04	2,33E-06	5,86E-07

Distribusi produk ke Cikajang Garut menghasilkan emisi terbesar pada ketiga kategori dampak. Nilai emisi kedua dan ketiga terbesar pada ketiga kategori dampak yaitu distribusi ke Bayongbong Garut dan distribusi ke MJM Ciwidey. Faktor yang paling mempengaruhi nilai dampak yaitu jarak dari PT. ISAM ke tempat distribusi. Faktor lain seperti frekuensi distribusi, jenis kendaraan, maupun beban yang diangkut cenderung konsisten dalam setiap distribusi. Tabel 23 menunjukkan nilai emisi yang keluar dari unit distribusi produk.

Tabel 23 Besaran emisi satu pcs produk pada unit distribusi produk

Emisi	Satuan	Nilai emisi
GRK	g-CO <sub>2</sub> eq	1,54
Asidifikasi	g-SO <sub>2</sub> eq	7,33E-03
Eutrofikasi	g-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq	1,84E-03

Satu daur hidup produk minuman susu rasa terbagi menjadi 5 unit proses. Total emisi satu pcs produk merupakan penjumlahan nilai emisi dari masing-masing unit proses. Emisi total satu siklus hidup dari semua proses pembuatan satu pcs produk minuman susu rasa dapat dilihat pada Tabel 24. Diagram hasil dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi dari Simapro dapat dilihat pada Lampiran 1, 2, dan 3. Diagram hasil dampak dari Simapro menampilkan sumber-sumber penghasil dampak terbesar.

Hasil analisis dampak 1 kg produk minuman susu rasa menghasilkan emisi GRK sebesar 1,53 kg-CO<sub>2</sub> eq, emisi asidifikasi 4,65E-03 kg-SO<sub>2</sub> eq, dan emisi eutrofikasi sebesar 4,37E-03 kg-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq. Dampak dari 1 kg produk susu bubuk dalam kemasan aluminium foil menghasilkan emisi GRK sebesar 1,32 kg-CO<sub>2</sub> eq, emisi asidifikasi sebesar 3,30E-03 kg-SO<sub>2</sub> eq, dan emisi eutrofikasi sebesar 6,60E-03 kg-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq (Allia *et al.* 2018). Dampak GRK dan asidifikasi produk



minuman susu rasa lebih besar dari produk susu bubuk karena membutuhkan uap panas lebih besar untuk proses sterilisasi produk.

Tabel 24 Total dampak emisi GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi per satu pcs produk minuman susu rasa

Kategori dampak	Unit proses	Nilai emisi
GRK (g-CO <sub>2</sub> eq)	Produksi susu segar	71,70
	Produksi bahan baku tambahan	38,23
	Transportasi	3,94
	Produksi	8,23
	Distribusi	1,54
	Total	123,64
Asidifikasi (g-SO <sub>2</sub> eq)	Produksi susu segar	1,39E-01
	Produksi bahan baku tambahan	2,02E-01
	Transportasi	2,18E-02
	Produksi	5,40E-03
	Distribusi	7,33E-03
	Total	3,76E-01
Eutrofikasi (g-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)	Produksi susu segar	2,65E-01
	Produksi bahan baku tambahan	8,05E-02
	Transportasi	5,34E-03
	Produksi	7,61E-04
	Distribusi	1,84E-03
	Total	3,53E-01

Satu siklus produksi minuman teh dan minuman kopi *instant* dimulai dari unit kegiatan kultivasi sampai distribusi menghasilkan emisi GRK sebesar 0,18 kg-CO<sub>2</sub> eq/ 1 L minuman teh dan 0,912 kg-CO<sub>2</sub> eq/ 1 L minuman kopi instant (Doublet dan Jungbluth 2010). Produksi 1 L jus jeruk dari mulai kultivasi sampai distribusi memberikan dampak GRK sebesar 0,668 kg-CO<sub>2</sub> eq (Doublet *et al.* 2013). Produk minuman susu rasa dalam satu siklus hidupnya untuk setiap literinya memberikan dampak sebesar 1,765 kg-CO<sub>2</sub> eq. Hal ini menunjukkan produk minuman susu rasa memberikan dampak GRK terbesar dibanding produk minuman teh, minuman kopi, maupun jus jeruk dalam kemasan. Unit kegiatan yang berbeda antara produk minuman susu rasa dan ketiga produk tersebut yaitu pada unit kegiatan kultivasi, dimana pada produk minuman susu rasa terdapat kegiatan pemeliharaan sapi perah.

Nilai emisi pada unit transportasi bahan baku lebih besar dari nilai emisi pada unit distribusi produk untuk ketiga kategori dampak. Hal ini dikarenakan pada unit transportasi bahan baku lebih banyak kegiatan perjalanannya dan pengaruh dari jarak perjalanannya. Kegiatan distribusi mempunyai jarak yang lebih kecil karena kegiatan perjalanannya di daerah Bandung dan sekitarnya. Kegiatan transportasi lebih banyak dari tempat di luar Bandung terutama dari kawasan Jabodetabek.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

#### 4.5.2 Analisis Dampak berdasarkan Sumber Emisi

Pada tahap ini akan dianalisis dampak berdasarkan sumber emisi untuk mengetahui sumber emisi terbesar dan jenis polutan terbesar dalam satu siklus produk minuman susu rasa. Hasil dari analisis dampak tersebut dapat membantu untuk menentukan langkah selanjutnya dan upaya perbaikan dapat mengurangi penyumbang polutan terbesar.

##### 4.5.2.1 Gas rumah kaca

Pada setiap unit proses akan menghasilkan berbagai emisi gas yang dapat menyebabkan peningkatan efek rumah kaca. Gas rumah kaca (GRK) akan membentuk lapisan di atmosfer bumi menyebabkan energi matahari tidak terpantul keluar bumi. Hal ini menyebabkan terjadi peningkatan suhu bumi dari tahun ke tahun (Hegerl *et al.* 2007).

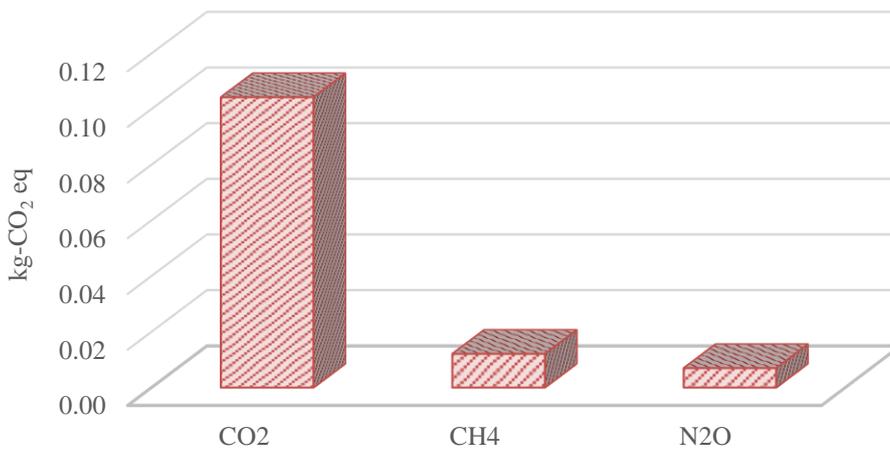
Gas karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), metana (CH<sub>4</sub>), dinitrooksida (N<sub>2</sub>O), perfluorkarbon (PFC), hidrofluorkarbon (HFC), dan sulfurheksfluorida (SF<sub>6</sub>) merupakan gas rumah kaca yang menyebabkan secara langsung pemanasan global (IPCC 2006).

Tabel 25 Dampak GRK berdasarkan sumber emisi dan jenis polutan pada produksi minuman susu rasa

Sumber	Jenis polutan (kg-CO <sub>2</sub> eq)		
	CO <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	N <sub>2</sub> O
Susu	6,15E-02	5,27E-03	4,77E-03
Gula	2,63E-03	5,91E-04	1,88E-03
Asam laktat	6,14E-04	1,07E-04	3,30E-06
Perisa	2,64E-04	1,94E-05	1,24E-05
Puree	8,19E-05	6,03E-06	3,86E-06
CMC	1,21E-03	1,19E-04	9,72E-06
Asam sitrat	6,91E-04	5,08E-05	3,26E-05
Kimia pembersih	2,33E-04	1,82E-05	1,29E-04
Soda abu	2,52E-05	3,41E-06	2,01E-07
Klorin	1,12E-05	9,50E-07	1,06E-07
Tutup botol	4,70E-04	5,06E-05	2,24E-06
Label	2,39E-03	3,74E-04	1,52E-05
Botol	1,99E-02	4,06E-03	1,86E-11
Kardus	1,79E-03	2,40E-04	5,40E-05
Sedotan	9,20E-05	8,25E-06	7,72E-07
Listrik	4,77E-04	5,31E-04	9,46E-07
Uap panas	6,95E-03	5,17E-04	2,14E-05
Refrigeran	1,38E-06	1,35E-07	9,30E-09
Transportasi	3,80E-03	1,08E-04	2,28E-05
Distribusi	1,50E-03	3,79E-05	6,22E-06

Aktivitas produksi, produksi bahan baku, serta transportasi mengeluarkan emisi gas rumah kaca. Penggunaan listrik, sebagai penggerak alat dan mesin, menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>. Emisi CO<sub>2</sub> juga dihasilkan dari produksi bahan baku. Pada bahan pendukung dan kemasan juga menghasilkan emisi gas CO<sub>2</sub>. Pada proses menghasilkan uap panas menggunakan bahan bakar CNG yang dalam prosesnya menghasilkan emisi CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan N<sub>2</sub>O. Limbah cair dari proses produksi juga menghasilkan emisi CH<sub>4</sub>. Masing-masing sumber emisi dihitung jumlah yang digunakan lalu dikalikan faktor emisi tiap kategori polutan sehingga dapat diketahui emisi dari masing-masing sumber. Hasil perhitungan dari setiap sumber emisi dan jenis polutan dapat dilihat pada Tabel 25.

Dari perhitungan masing-masing sumber emisi lalu dikategorikan berdasarkan jenis kategori polutan. Tabel 25 menunjukkan produksi susu dan botol mengeluarkan emisi CO<sub>2</sub> dan emisi CH<sub>4</sub> tertinggi. Produksi susu dan gula mengeluarkan emisi N<sub>2</sub>O terbesar. Hal ini menunjukkan susu merupakan bahan baku yang memberikan dampak besar dalam kategori dampak GRK. Transportasi dan distribusi menghasilkan emisi CO<sub>2</sub> terbanyak dibanding emisi lainnya. Semua sumber emisi mengeluarkan polutan CO<sub>2</sub> terbanyak dibanding polutan lain.



Gambar 7 Dampak GRK berdasarkan jenis polutan pada produk minuman susu rasa

Jenis polutan dari dampak GRK terbesar di industri minuman susu rasa adalah CO<sub>2</sub> (Gambar 7). Banyaknya bahan baku dan pembantu dalam membuat satu produk minuman susu rasa menyebabkan emisi CO<sub>2</sub> lebih tinggi. Kegiatan produksi bahan baku menggunakan energi listrik maupun energi lainnya yang mengeluarkan CO<sub>2</sub> lebih banyak.

#### 4.5.2.2 Asidifikasi

Asidifikasi merupakan proses pengasaman air di udara. Proses ini terjadi di udara antara SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub> mencapai atmosfer. Udara di atmosfer bereaksi dengan uap air dan mengalami oksidasi, serta menghasilkan asam

sulfat dan asam nitrat dalam awan. Hasil oksidasi menjadi awan akan jatuh ke tanah dalam bentuk hujan atau salju (*wet deposition*).

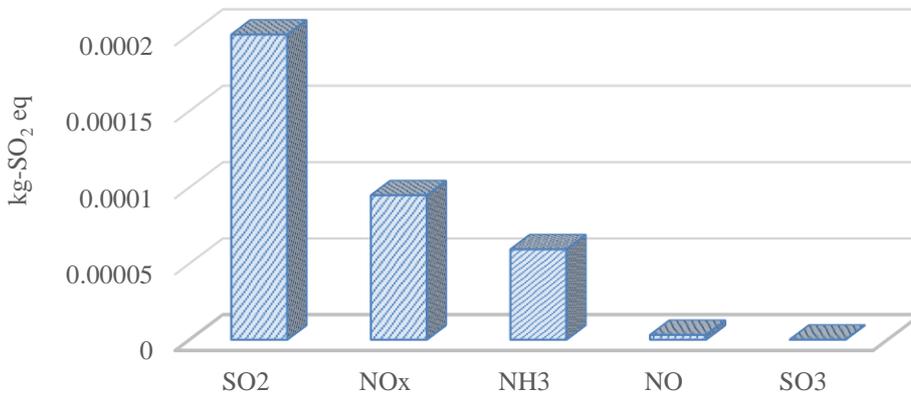
Asidifikasi merupakan permasalahan lingkungan yang sudah terjadi selama beberapa tahun terakhir karena terdapat beberapa polutan utama yang dapat menyebabkan asidifikasi yaitu sulfur dioksida (SO<sub>2</sub>), nitrogen oksida (NO<sub>x</sub>), dan amonia (NH<sub>3</sub>). Sekitar 60% SO<sub>2</sub> dihasilkan dari pembangkit tenaga listrik, dan 30% NO<sub>x</sub> dihasilkan dari limbah industri (Mason 2002).

Tabel 26 Dampak asidifikasi berdasarkan sumber emisi dan jenis polutan pada produk minuman susu rasa

Sumber	Jenis polutan (kg-SO <sub>2</sub> eq)				
	NH <sub>3</sub>	NO <sub>x</sub>	SO <sub>2</sub>	NO	SO <sub>3</sub>
Susu	3,59E-05	4,27E-05	5,42E-05	2,76E-10	1,38E-06
Gula	1,90E-05	4,16E-06	1,00E-05	4,48E-11	8,67E-12
Asam laktat	2,53E-07	6,50E-07	2,09E-06	1,31E-11	1,61E-13
Perisa	4,85E-07	3,44E-07	1,71E-06	8,10E-12	1,48E-11
<i>Puree</i>	1,51E-07	1,07E-07	5,33E-07	2,52E-12	4,61E-12
CMC	7,59E-08	1,59E-06	4,99E-06	3,04E-12	5,54E-13
Asam sitrat	1,27E-06	9,02E-07	4,49E-06	2,12E-11	3,88E-11
Kimia pembersih	2,60E-07	4,48E-07	1,04E-06	5,37E-13	1,18E-13
Soda abu	1,66E-08	2,65E-08	9,12E-08	2,65E-08	9,69E-15
Klorin	1,07E-09	1,49E-08	4,19E-08	1,49E-08	5,63E-15
Tutup botol	3,05E-09	0	1,97E-06	2,99E-11	0
Label	1,24E-07	2,91E-06	7,49E-06	1,85E-12	7,16E-13
Botol	1,24E-11	2,38E-05	9,92E-05	0	0
Kardus	1,41E-06	2,64E-06	5,13E-06	3,48E-12	4,84E-10
Sedotan	7,22E-09	1,17E-07	3,53E-07	1,46E-13	4,13E-14
Listrik	8,08E-09	1,32E-07	1,59E-07	4,42E-14	5,63E-14
Uap panas	3,79E-08	0	3,13E-06	1,06E-10	5,62E-17
Refrigeran	8,45E-11	2,24E-09	8,55E-09	3,83E-14	4,26E-16
Transportasi	2,17E-06	1,07E-05	6,28E-06	3,13E-06	8,71E-07
Distribusi	5,28E-08	4,45E-06	2,82E-06	4,73E-13	2,83E-13

Perhitungan emisi asidifikasi berdasarkan sumber emisi dapat dilihat pada Tabel 26. Lima jenis polutan yang memberikan dampak asidifikasi terbesar pada LCA minuman susu rasa yaitu SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NO (nitrogen monoksida) dan SO<sub>3</sub> (sulfur trioksida). Produksi susu dan gula menghasilkan polutan NH<sub>3</sub> dan SO<sub>2</sub> terbesar. Polutan NO<sub>x</sub> dihasilkan paling besar dari produksi susu dan botol. Produksi soda abu dan klorin menghasilkan polutan NO terbesar. Polutan SO<sub>3</sub> terbesar yaitu pada produksi susu. Jenis polutan terbesar dari unit produksi transportasi dan distribusi yaitu polutan NO<sub>x</sub> karena hasil pembakaran bahan bakar solar banyak mengeluarkan polutan tersebut.

Pada Gambar 8 dapat terlihat emisi SO<sub>2</sub> merupakan kategori polutan asidifikasi tertinggi yang dihasilkan dari produksi bahan baku. Nilai polutan NO<sub>x</sub> setengah dari nilai polutan SO<sub>2</sub>. Polutan ketiga terbesar yang memberikan kontribusi dampak asidifikasi dalam pembuatan produk minuman susu rasa adalah NH<sub>3</sub>.



Gambar 8 Dampak asidifikasi berdasarkan jenis polutan pada produk minuman susu rasa

#### 4.5.2.3 Eutrofikasi

Proses pencemaran yang disebabkan oleh adanya nutrisi yang berlebihan ke dalam ekosistem air disebut eutrofikasi. Pencemaran terjadi disebabkan oleh aktivitas manusia di bidang pertanian, peternakan, maupun industri. Limbah organik yang masuk ke dalam perairan yaitu dalam bentuk padatan yang terendap, koloid, tersuspensi, dan terlarut. Pada umumnya yang dalam bentuk padatan akan langsung mengendap menuju dasar perairan, sedangkan bentuk lainnya berada di badan air.

Pada penelitian ini, produksi bahan baku maupun produk serta limbah yang berpotensi menghasilkan eutrofikasi. Hasil perhitungan emisi eutrofikasi berdasarkan sumber dan polutannya dapat dilihat pada Tabel 27. Sumber emisi menghasilkan beberapa polutan penyebab eutrofikasi yaitu NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (nitrat), P (fosforus), dan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>. Produksi susu mengeluarkan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> dan P terbesar. Produksi susu dan gula menghasilkan polutan NO<sub>3</sub><sup>-</sup> dan NH<sub>3</sub> terbesar. Polutan NO<sub>x</sub> terbesar bersumber dari produksi susu dan botol. Unit transportasi dan distribusi menghasilkan polutan NO<sub>x</sub> lebih besar dibanding polutan lain dalam dampak eutrofikasi.

Dampak eutrofikasi berdasarkan jenis polutan dapat dilihat pada Gambar 9. Polutan PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> merupakan kategori polutan terbesar yang menyebabkan eutrofikasi dalam produksi minuman susu rasa. Hal ini menunjukkan produksi bahan baku rata-rata mengeluarkan lebih banyak fosfat dibanding polutan lainnya. Nitrat merupakan penyumbang terbesar kedua dampak eutrofikasi dalam produksi minuman susu rasa.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

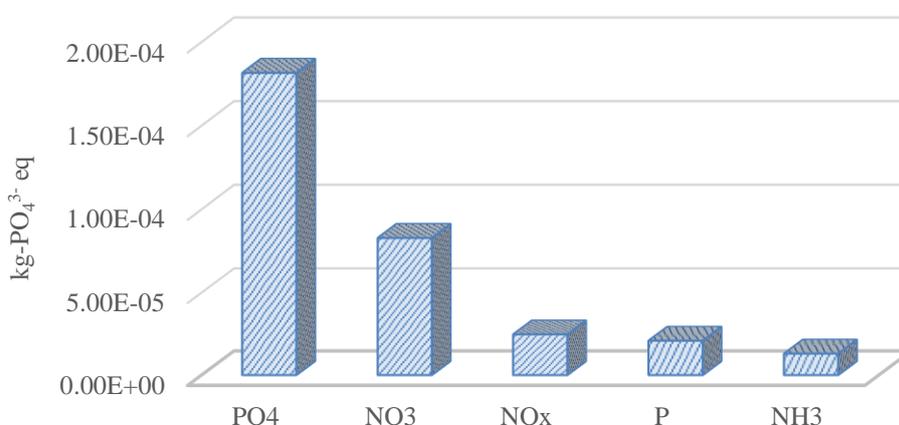
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Tabel 27 Dampak emisi eutrofikasi berdasarkan sumber emisi dan jenis polutan pada produk minuman susu rasa

Sumber Emisi	Jenis polutan (kg-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)				
	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	NO <sub>x</sub>	NH <sub>3</sub>
Susu	1,70E-04	3,73E-05	1,83E-05	1,11E-05	7,86E-06
Gula	1,61E-06	4,40E-05	2,29E-06	1,08E-06	4,17E-06
Asam laktat	5,52E-07	1,76E-08	2,13E-08	1,69E-07	5,54E-08
Perasa	3,30E-07	1,63E-07	5,63E-09	8,95E-08	1,06E-07
Puree	1,03E-07	5,07E-08	2,23E-09	2,78E-08	3,29E-08
CMC	1,43E-06	5,07E-08	1,55E-08	4,13E-07	1,42E-09
Asam sitrat	8,66E-07	4,28E-07	1,77E-08	2,35E-07	2,78E-07
Kimia pembersih	3,55E-07	1,41E-08	8,88E-10	1,17E-07	5,69E-08
Soda abu	3,08E-08	1,49E-09	8,60E-11	6,88E-09	3,64E-09
Klorin	1,83E-08	7,78E-10	4,74E-11	3,86E-09	2,34E-10
Tutup botol	2,59E-10	6,72E-10	0	0	1,82E-09
Label	2,42E-06	8,76E-08	1,25E-08	7,58E-07	2,72E-08
Botol	0	1,95E-09	6,20E-08	6,20E-06	2,71E-12
Kardus	2,85E-06	6,45E-07	1,76E-07	6,86E-07	3,09E-07
Sedotan	1,28E-07	4,42E-09	3,87E-10	3,03E-08	1,58E-09
Listrik	6,40E-08	2,42E-09	7,45E-11	3,43E-08	1,77E-09
Uap panas	1,54E-10	1,40E-09	0	0	8,29E-09
Refrigeran	1,45E-09	5,02E-11	1,76E-12	5,84E-10	1,85E-11
Transportasi	1,02E-06	4,04E-08	3,23E-09	2,75E-06	4,18E-08
Distribusi	5,21E-07	1,82E-08	9,28E-10	1,16E-06	1,16E-08



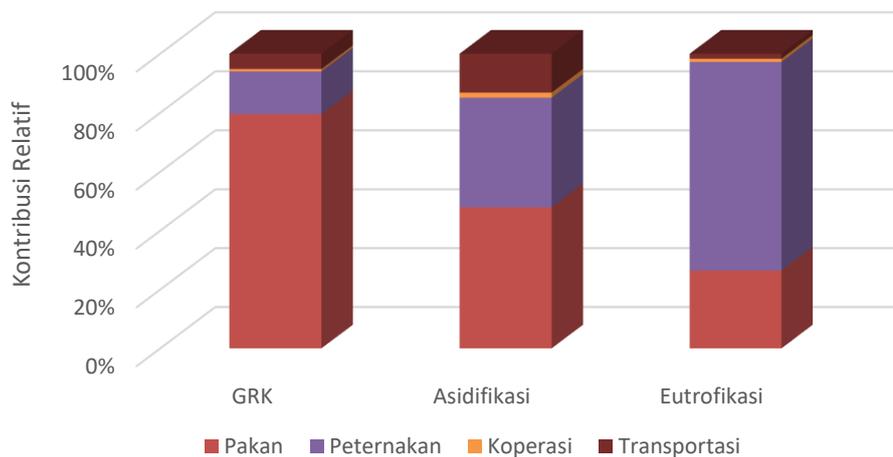
Gambar 9 Dampak eutrofikasi berdasarkan jenis polutan pada produk minuman susu rasa

## 4.6 Interpretasi Hasil LCA

Pada tahap ini dianalisis penilaian dampak dari setiap unit proses. Interpretasi dilakukan terutama untuk melihat dampak yang tertinggi dan upaya perbaikan yang dapat dilakukan. Interpretasi hasil dibagi dua bagian yaitu interpretasi hasil produksi susu segar dan interpretasi hasil di PT. ISAM. Interpretasi hasil di PT. ISAM merupakan gabungan dari 4 unit proses yaitu unit proses produksi bahan baku tambahan, unit transportasi, unit proses produksi di PT. ISAM, dan unit distribusi. Hasil interpretasi produksi susu segar akan dimasukkan ke interpretasi PT. ISAM untuk melihat hasil interpretasi secara keseluruhan pada 1 siklus produk minuman susu rasa. Setiap dampak yang tertinggi diberikan upaya perbaikan. Upaya perbaikan yang dilakukan dibahas dalam satu siklus produk.

### 4.6.1 Interpretasi Hasil Kegiatan di Peternakan dan Koperasi MJM

Gambar 10 menunjukkan kontribusi masing-masing unit untuk setiap kategori dampak yang terdiri dari pakan, kegiatan peternakan, kegiatan koperasi, dan transportasi. Bagian pakan memberikan dampak lingkungan terbesar untuk kategori GRK dan asidifikasi. Bagian proses di peternakan memberikan dampak terbesar untuk kategori dampak eutrofikasi. Dampak pada proses peternakan disebabkan oleh kotoran sapi yang dihasilkan pada produksi susu yang mengandung nitrogen sebagai polutan yang mempunyai efek penurunan kualitas perairan karena adanya proses eutrofikasi. Menurut Thoma *et al.* (2013), pakan ternak dan manajemen kotoran sapi menjadi salah satu faktor utama polusi udara dalam hasil penelitian dampak lingkungan pada peternakan sapi perah di Amerika Serikat (AS).



Gambar 10 Kontribusi relatif setiap kategori dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi pada setiap sub-unit produksi susu segar

Penyediaan pakan dapat dikategorikan termasuk bagian kegiatan dari peternakan. Hal ini menunjukkan dampak lingkungan dari produksi susu di peternakan (Gambar 10) lebih tinggi dibandingkan dengan transportasi pakan, transportasi susu, dan kegiatan di koperasi. Hasil penelitian LCA pada aktivitas

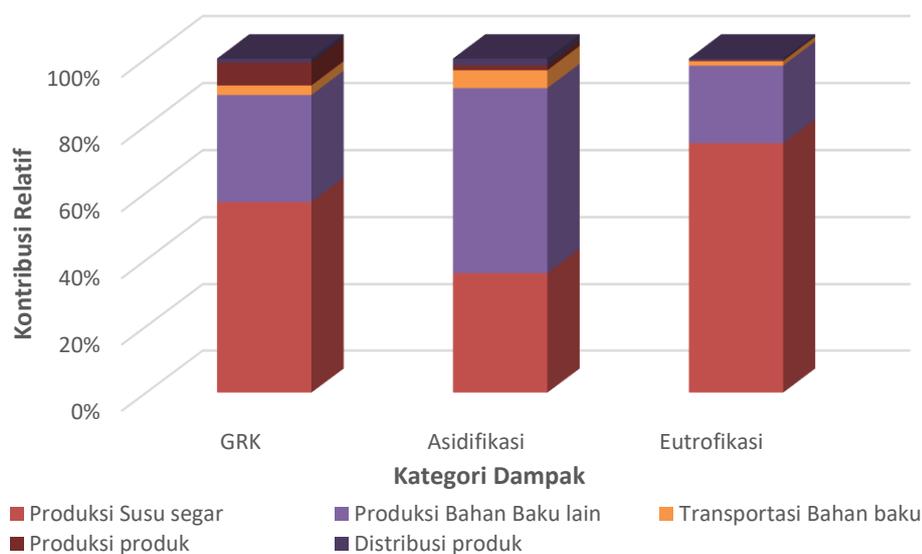
*supply chain* susu segar menunjukkan dampak tertinggi terdapat di bagian peternakan yang termasuk didalamnya pakan (Putri *et al.* 2014).

Dampak GRK pada produksi ampas tahu termasuk yang tertinggi (Tabel 11) karena adanya proses pemupukan saat penanaman kedelai, dampak dari proses transportasi antar negara dan proses produksi pembuatan tahu. Dampak GRK tertinggi dari satu siklus produk tofu yaitu pada unit transportasi bahan baku kedelai dari tempat kultivasi kedelai dari negara AS ke pabrik produksi tofu. Transportasi kedelai menggunakan kereta, kapal, dan truk yang membutuhkan bahan bakar lebih banyak. Hal ini menyebabkan tingginya dampak GRK pada produksi produk tofu (Sukmana *et al.* 2019).

*Hotspot* kegiatan di peternakan berasal dari manur. Manur yang terdiri dari feses dan urin dengan unsur N, P, dan K dihasilkan berbeda-beda oleh sapi perah, tergantung kondisi fisiologi sapi (Tanuwiria 2010). Hasil polutan ini perlu dilakukan pengolahan lebih lanjut untuk mengurangi dampaknya ke lingkungan. Manur yang dihasilkan dari peternakan kecil biasanya berbentuk padat dan langsung diaplikasi ke tanah menjadi pupuk maupun dibuang langsung ke aliran air menuju sungai. Emisi GRK dan NH<sub>3</sub> dihasilkan selama pengaplikasian manur ke lahan sebagai pupuk kandang pada peternakan kecil. Pengaplikasian manur ke tanah setiap hari atau setiap minggu dapat menyebabkan limpasan dan pencucian saat terjadi hujan yang mengakibatkan potensi eutrofikasi dan hilangnya nutrisi tanah (Horacio dan Rebecca 2017).

#### 4.6.2 Interpretasi hasil kegiatan per unit proses

Pada Gambar 11 dapat dilihat kontribusi emisi setiap unit proses terhadap setiap kategori dampak. Unit proses yang menghasilkan dampak GRK dan eutrofikasi tertinggi yaitu unit produksi susu segar. Unit produksi bahan baku tambahan menghasilkan dampak asidifikasi tertinggi. Dampak GRK dan eutrofikasi kedua tertinggi yaitu dari produksi bahan baku tambahan. Pada dampak asidifikasi, dampak kedua tertinggi yaitu unit produksi susu segar.



Gambar 11 Kontribusi relatif setiap kategori dampak (GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi) pada setiap unit proses produk minuman susu rasa

Unit transportasi bahan baku dan distribusi menghasikan emisi dari penggunaan solar sebagai bahan bakar transportasi. Perjalanan distribusi produk mengeluarkan emisi gas CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O yang termasuk GRK. Selain itu, unit proses tersebut mengeluarkan emisi asidifikasi (SO<sub>2</sub> dan NO<sub>x</sub>) serta emisi eutrofikasi (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>). Unit transportasi dan distribusi memang yang paling kecil dampaknya. Dampak unit transportasi lebih besar dibanding unit distribusi karena jarak yang ditempuh lebih jauh unit proses transportasi bahan baku dan lebih banyak kegiatannya.

Hasil dari analisis dampak dilakukan perhitungan poin titik dampak. Poin titik dampak dari ketiga kategori tambah akan diakumulasi. Total akumulasi poin titik dampak yang paling kecil merupakan titik dampak terbesar dalam satu siklus LCA minuman susu rasa. Penghitungan urutan titik dampak dilakukan untuk melihat titik dampak utama dari sumber emisi setiap unit proses. Hasil perhitungan urutan titik dampak dapat dilihat pada Lampiran 4.

Tabel 28 Potensi upaya perbaikan pada titik sumber emisi pada produksi minuman susu rasa

Sumber emisi	Titik dampak	Upaya perbaikan
Produksi susu segar		
Manur	1	Pengolahan menjadi biogas
Ampas tahu	2	Penggantian dengan onggok
Produksi bahan baku lain		
Produksi botol	3	Minimasi limbah botol
Produksi gula	4	Penggantian gula dengan gula bit
Produksi produk		
Penggunaan uap	6	Efisiensi uap
Penggunaan listrik	13	Efisiensi penggunaan listrik
Transportasi bahan baku		
Susu, gula, kardus	8,9,10	Mengganti <i>supplier</i> dekat Bandung

Hasil urutan titik dampak terbesar ini memudahkan untuk melakukan upaya perbaikan yang utama. Hasil urutan titik dampak dan upaya perbaikannya dapat dilihat pada Tabel 28. Titik dampak terbesar sesuai analisis dampak yaitu pada unit produksi susu segar dengan manur dan ampas tahu sebagai sumber emisinya. Unit proses kedua terbesar yang memberikan dampak yaitu pada unit produksi bahan baku tambahan dengan sumber emisi produksi gula maupun produksi botol. Penggunaan uap dan listrik memberikan dampak terbesar pada unit produksi produk. Upaya perbaikan akan fokus kepada dua sumber emisi terbesar pada unit produksi susu segar, produksi bahan baku tambahan, dan produksi produk dalam satu siklus produk minuman susu rasa.

#### 4.6.3 Upaya Pengurangan Dampak LCA Minuman Susu Rasa

Upaya perbaikan untuk mengurangi dampak emisi dapat dimulai dari perbaikan pada unit proses peternakan. Pada unit proses produksi susu segar

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

dapat dilakukan upaya perbaikan dengan mengolah manur menjadi sesuatu yang dapat dimanfaatkan dan penggantian pakan ampas tahu. Pengolahan manur dapat diharapkan untuk mengolah kembali limbah sehingga mengurangi dampaknya ke lingkungan. Peternakan di Rancabali sudah menggunakan manur dari peternakan mereka untuk digunakan sebagai pupuk dalam penanaman rumput akan tetapi jumlahnya hanya sedikit dari jumlah kotoran sapi yang dihasilkan dalam 12 bulan. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya lain untuk memanfaatkan manur. Penggantian pakan ampas tahu menjadi onggok dapat mengurangi dampak yang ditimbulkan dengan tetap membantu meningkatkan produktivitas produksi susu segar. Penggantian ampas tahu dan onggok diasumsikan kebutuhannya sama dalam upaya perbaikan.

Pengolahan manur dapat dilakukan dengan cara laguna, biogas, pupuk, dan kompos cacing. Pengolahan yang bernilai ekonomis dan memanfaatkan tingginya gas metana pada manur yaitu biogas. Biogas dapat menjadi alternatif energi dan sekaligus mengolah manur dengan baik. Energi biogas yang dihasilkan dapat digunakan untuk penerangan lampu 60-100 W selama 6 jam, memasak 3 jenis makanan untuk 5-6 orang, pengganti 0,7 kg bensin, dan menjalankan motor 1 Pk selama 2 jam (Haryati, 2006). Pada Tabel 29 dapat dilihat terjadi penurunan dampak terbesar pada kategori dampak eutrofikasi mencapai 53% penurunan dampak. Penurunan kedua terbesar yaitu dampak asidifikasi dan diikuti dampak GRK. Pengolahan manur menjadi biogas ini juga memberikan manfaat kepada para peternak untuk kegiatan memasak sehari-harinya. Pengelolaan manur memainkan peran kunci pada strategi pengurangan emisi GRK. Pembuatan biogas dengan proses *anaerobic digester* (AD) merupakan strategi paling efektif untuk mengurangi emisi GRK baik dari energi maupun manur. Namun, AD juga meningkatkan emisi  $\text{NH}_3$  selama penyimpanan karena proses mineralisasi yang terjadi pada digester (Horacio dan Rebecca 2017).

Upaya perbaikan lain yang dapat dilakukan yaitu memilih bahan tambahan pakan yang lebih kecil dampaknya, misal: mengganti ampas tahu dengan onggok. Onggok berasal dari singkong yang banyak dibudidayakan di Indonesia sehingga dampak lingkungan dari kegiatan transportasi lebih kecil dibanding dampak dari penyediaan ampas tahu. Selain itu, onggok merupakan pakan alternatif yang sering digunakan peternak di daerah Rancabali. Daerah sekitar Rancabali terdapat beberapa pabrik pengolah tahu maupun tepung singkong sehingga ketersediaan onggok dan ampas tahu di peternakan Rancabali dapat memenuhi kebutuhan pakan sapi perah yang ada di sana.

Hasil penelitian Hartono H (2014) menunjukkan ampas tahu merupakan pakan tambahan kelompok sumber protein (20% protein kasar), sedangkan onggok merupakan pakan tambahan kelompok sumber energi (70% karbohidrat). Pakan tambahan dimaksudkan untuk menambah kebutuhan nutrisi sapi perah yang belum terpenuhi, memberikan rasa kenyang, atau menambah berat badan sapi perah. Onggok jika ingin ditambahkan sebagai sumber protein harus dilakukan proses lanjutan. Pakan tambahan pada peternakan di Rancabali lebih utama untuk memberikan rasa kenyang kepada sapi perah dan memberikan berat badan yang stabil karena kebutuhan nutrisi sudah ditambahkan pada konsentrat.

Adanya pengurangan dampak dari penggantian ampas tahu menjadi onggok menunjukkan nilai emisi dari produksi onggok lebih kecil dibanding



nilai emisi ampas tahu. Pengurangan dampak terbesar dari penggantian ampas tahu menjadi onggok yaitu pada kategori dampak GRK sebesar 38% (Tabel 29). Penggantian bahan baku menjadi onggok menunjukkan berkurangnya dampak asidifikasi dan eutrofikasi sebesar 12-14%.

Tabel 29 Upaya perbaikan yang potensial terhadap penurunan dampak GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi pada produk minuman susu rasa (1 pcs produk)

Upaya perbaikan	GRK (g-CO <sub>2</sub> eq)	Asidifikasi (g-SO <sub>2</sub> eq)	Eutrofikasi (g-PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> eq)
<b>Mengganti ampas tahu dengan onggok</b>			
Realisasi	123,639	0,376	0,353
Interpretasi	76,462	0,331	0,303
Perubahan dampak	47,177	0,045	0,051
Persentase (%)	38,157	11,885	14,408
<b>Pengolahan manur menjadi biogas</b>			
Realisasi	123,639	0,376	0,353
Interpretasi	110,796	0,317	0,166
Perubahan dampak	12,843	0,058	0,187
Persentase (%)	10,388	15,514	53,014
<b>Minimasi limbah botol</b>			
Realisasi	123,639	0,376	0,353
Interpretasi	122,692	0,373	0,350
Perubahan dampak	0,947	0,003	0,003
Persentase (%)	0,766	0,861	0,888
<b>Mengganti gula tebu menjadi gula bit</b>			
Realisasi	123,639	0,376	0,353
Interpretasi	122,534	0,389	0,340
Perubahan dampak	1,105	-0,013	0,014
Persentase (%)	0,894	-3,593	3,946
<b>Efisiensi uap panas</b>			
Realisasi	123,639	0,376	0,353
Interpretasi	119,489	0,372	0,352
Perubahan dampak	4,150	0,004	0,001
Persentase (%)	3,356	1,003	0,243
<b>Efisiensi listrik</b>			
Realisasi	123,639	0,376	0,353
Interpretasi	123,392	0,375	0,353
Perubahan dampak	0,247	0,001	0,000
Persentase (%)	0,200	0,135	0,126



Hasil pengurangan dampak dari dua upaya perbaikan tersebut perlu dilakukan. Salah satu usaha yang dapat dilakukan yaitu menjadikan salah satu peternakan menjadi model pemberian pakan yang baik dan pengolahan manur menjadi biogas. Pemodelan ini dapat membuat para peternak melihat langsung manfaat yang mereka dapatkan. Kegiatan ini perlu dukungan dari manajemen koperasi dan pemerintah.

Upaya perbaikan pada unit proses produksi PT. ISAM dapat dilihat dari penggunaan energi. Upaya perbaikan lainnya dapat dilihat dari dampak bahan baku yang digunakan dan mengganti bahan baku yang mempunyai dampak yang lebih sedikit. Pada unit produksi bahan baku, salah satu cara mengurangi dampak yaitu penggantian bahan baku yang sejenis yang memiliki dampak yang lebih kecil. Kebutuhan gula bit diasumsikan sama dengan gula tebu karena dalam bentuk yang sama yaitu dalam bentuk gula kristal. Analisis dampak yang berubah yaitu pada produksi gula sedangkan kegiatan transportasi gula bit dalam upaya perbaikan diasumsikan sama dengan transportasi gula tebu. Tabel 29 menunjukkan terjadi pengurangan emisi pada dampak GRK dan eutrofikasi untuk penggantian gula tebu menjadi gula bit. Penurunan dampak terbesar dari upaya perbaikan ini yaitu pada kategori eutrofikasi sebesar 3,9%. Nilai minus pada asidifikasi penggantian gula menjadi gula bit menunjukkan nilai emisi asidifikasi gula tebu lebih kecil dibanding gula bit. PT. ISAM mempunyai andil dalam pemilihan bahan baku yang akan digunakan sehingga perlu dilakukan pertimbangan untuk memilih bahan baku dengan nilai dampak yang lebih kecil.

Upaya perbaikan pada produksi botol dapat dilakukan dengan mengganti jenis kemasan yang cocok atau meminimalisasi terbentuknya limbah botol dengan cara efisiensi produksi. Kemasan botol yang digunakan tidak dapat diganti dengan jenis plastik lain dengan proses produksi yang sama. Jenis kemasan botol HDPE yang digunakan sekarang sesuai dengan proses produksi yang melakukan sterilisasi botol dan isi produk. Jenis botol dari plastik lain tidak begitu tahan panas dibanding jenis plastik HDPE. Penggantian kemasan selain kemasan plastik memerlukan perubahan teknologi mesin. Upaya perbaikan lain yang mungkin dapat dilakukan yaitu dengan mengasumsikan bahwa terjadi selisih 1% kehilangan produk yang seharusnya diproduksi. Rata-rata selisih produk dari bahan awal dengan produk yang dijual sebesar 1,9% selama 12 bulan. Perhitungan dari selisih 1% menunjukkan adanya pengurangan dampak GRK eutrofikasi, dan asidifikasi sebesar 0,8%. Nilai 0,8% ini akan berdampak besar jika dilihat dari dampak selama 12 bulan.

Pada unit proses produksi produk, PT. ISAM dapat melakukan efisiensi penggunaan listrik dan uap panas sehingga dapat menurunkan dampak. Perhitungan efisiensi menggunakan listrik maupun uap panas per ton produk pada suatu bulan yang nilainya paling kecil dari 12 bulan. Selanjutnya, listrik maupun uap panas per ton produk itu diakumulasi dengan ton produk yang dihasilkan selama 12 bulan. Efisiensi uap panas dapat menurunkan 3,4% dampak GRK, 1% dampak asidifikasi, dan 0,2% dampak eutrofikasi dalam satu siklus produk minuman susu rasa. Hal ini menunjukkan penurunan volume uap panas berdampak lebih besar terhadap dampak GRK.



Upaya perbaikan dengan efisiensi listrik menyebabkan adanya pengurangan pada ketiga dampak. Penurunan dampak terbesar pada efisiensi listrik yaitu dampak GRK. Hal ini menunjukkan pemakaian listrik lebih berkaitan dengan perubahan dampak GRK.

Upaya perbaikan dengan minimasi limbah botol, efisiensi uap panas dan listrik dapat saling terkait perubahannya. Upaya perbaikan gabungan ini dapat dilakukan dengan evaluasi kinerja mesin maupun pekerja, menerapkan kembali SOP (*Standar Operational Procedure*), perubahan teknologi, dan penerapan daur ulang. Perubahan teknologi secara sederhana dapat dilakukan dengan melakukan pra-pasteurisasi kedatangan susu dengan melewati larutan susu rasa pada alat PHE (*plate heat exchanger*) sebagai ganti uap panas. Perubahan teknologi merupakan tahap lanjutan yang harus dipertimbangkan secara matang oleh PT. ISAM.

@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

IPB University



IPB University

Bogor Indonesia

Perpustakaan IPB University

## V SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Hasil analisis inventori diperoleh input yang digunakan yaitu susu murni, bahan pendukung, bahan kimia, uap panas dan listrik serta output berupa produk minuman susu rasa, limbah cair, limbah padat dan emisi terhadap air, udara, dan tanah. Satu produk minuman susu rasa di PT. ISAM sepanjang siklus hidupnya menghasilkan dampak lingkungan kategori GRK, asidifikasi, dan eutrofikasi, masing-masing sebesar  $1,24 \times 10^{-1}$  kg-CO<sub>2</sub> eq;  $3,76 \times 10^{-4}$  kg-SO<sub>2</sub> eq; dan  $3,53 \times 10^{-4}$  kg-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup> eq.

Unit proses produksi susu segar mengeluarkan emisi terbesar pada ketiga kategori dampak. Dampak terbesar pada unit produksi susu segar terdapat pada pengadaan/produksi ampas tahu dan manur. Titik dampak terbesar pada unit produksi bahan pendukung yaitu pada produksi botol dan produksi gula. Penggunaan uap panas termasuk titik dampak terbesar dari unit produksi produk.

Upaya perbaikan yang dilakukan pada setiap titik dampak terbesar menunjukkan terjadi pengurangan dampak pada setiap kategori dampak. Bahan tambahan pakan yaitu ampas tahu diganti dengan bahan pakan tambahan onggok menurunkan dampak GRK terbesar sebesar 38%. Pengolahan manur dengan cara biogas menunjukkan penurunan dampak eutrofikasi sebesar 53%. Upaya perbaikan pada unit proses produksi PT. ISAM dengan cara minimasi penggunaan uap panas, mengganti gula tebu menjadi gula bit, serta minimasi limbah botol. Efisiensi penggunaan uap panas dapat menurunkan dampak GRK sebanyak 3,3%. Penggantian gula menjadi gula bit dapat menurunkan dampak eutrofikasi sebesar 3,9%. Minimasi limbah botol dapat mengurangi ketega kategori dampak sebesar 0,8%.

### 5.2 Saran

Koperasi dapat mengatur kembali penggunaan listrik dalam kegiatan di koperasi. Koperasi diharapkan membantu ketersediaan bahan pakan tambahan pengganti ampas tahu. Para peternak bekerjasama dengan koperasi dan pemerintah menerapkan pengolahan manur menjadi biogas dimulai dari per kelompok peternak. Optimasi penggunaan energi dapat dilakukan dengan menganalisis neraca energi secara lebih rinci per sub-proses produksi. Selain itu, perluasan ruang lingkup sampai tahap konsumsi produk dan pembuangan kemasan ke lingkungan agar mengetahui dampak produk secara menyeluruh.

## DAFTAR PUSTAKA

- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2019. Statistik Indonesia Tahun 2019. Jakarta Pusat (ID): BPS.
- [EPA] Environmental Protection Agency. 2002. Nitrification. USA (US): EPA.
- [EPA] Environmental Protection Agency. 2014. Greenhouse gas inventory guidance: direct fugitive emissions from refrigeration, air conditioning, fire suppression and industrial gases. USA (US): EPA.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2002. The Supplementary Report to the IPCC Scientific Assessment. Cambridge (GB): Cambridge University Press.
- [IPCC] Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories Vol.2: Energy. USA (US): Washington DC.
- [ISO] International Standard Organization 14040. 2006. Environmental Management, Life Cycle Assessment, Requirements and Guidelines. Switzerland (CH): Geneva.
- [Kemenperin] Kementerian Perindustrian. 2014. Konsumsi susu masih 11,09 liter per kapita. Diakses dari : <https://kemenperin.go.id/artikel/8890/Konsumsi-Susu-Masih-11,09-Liter-per-Kapita> [09 Des 2019]
- [Permen] Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah. 2014.
- [Perpres] Peraturan Presiden Republik Indonesia. 2011. Perpres No. 61 Tahun 2011 tentang Rencana Aksi Nasional Penurunan Emisi Gas Rumah Kaca (RAN GRK). Jakarta (ID): Bappenas.
- Ace IS, Supangkat S. 2006. Pengaruh Konsentrasi Starter terhadap Karakteristik Yoghurt. *J Penyuluhan Pertanian* 1:1-10.
- Achmadi UF. 1992. Pengaruh Perubahan Lingkungan Akibat Pembangunan Terhadap Masalah Kesehatan Masyarakat. Jakarta (ID): Lingkungan dan Pembangunan
- Allia V, Chaerul M, Rahardyan B. 2018. Life cycle assesment (LCA) study of a milk powder product in aluminium foil packaging. *IjoLCAS*. 2 (1) : 1-8.
- Bacon R. 2006. Life Cycle Assesment: Principles and Practice. Scientific Application International Corporation (SAIC). Ohio: National Risk Management Research Laboratory.
- Brata AK. 2018. Analisis penilaian daur hidup produksi bahan bakar kendaraan pada tahap pengolahan [tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Castanheira EG, Dias AC, Arroja L, Amaroc R. 2010. The environmental performance of milk production on a typical Portuguese dairy farm. *Agri Syst*. 103: 498–507.
- Cederberg C, Stadig M. 2003. System expansion and allocation in Life Cycle Assesment of milk and beef production. *Int J Life Cycle Assesment*. 8(6): 350–356.
- Direktorat Jenderal Peternakan. 2007. Statistik Peternakan. Jakarta (ID): DJP Kementan.
- Doublet G, Jungbluth N. 2010. Life cycle assessment of drinking Darjeeling tea: Conventional and organic Darjeeling tea. Report practical training. Uster

- (CH) : ESU-services Ltd. [diunduh 2021 Juli 16]. <http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/doublet-2010-LCA-Darjeeling-tea-1.0.pdf>
- Doublet G, Jungbluth N, Flury K, Stucki M, Schori S. 2013. Life cycle assessment of orange juice. SENSE - Harmonised Environmental Sustainability in the European food and drink chain, Seventh Framework Programme: Project no. 288974. Funded by EC. Deliverable D 2.1. [diunduh 2021 Juli 16]. [http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/doublet-2013-SENSE\\_Deliverable-2\\_1-LCAorangejuice.pdf](http://www.esu-services.ch/fileadmin/download/doublet-2013-SENSE_Deliverable-2_1-LCAorangejuice.pdf)
- Firman A. 2007. Manajemen Agribisnis Sapi Perah. Bandung (ID): Fakultas Peternakan Universitas Padjajaran.
- Fitriana R, Eriyatno, Djatna T, Kusmoljono BS. 2012. Peran sistem intelijensia bisnis dalam manajemen pengelolaan pelanggan dan mutu untuk agroindustri susu skala usaha menengah. *J Tek Ind Pert.* 22(3): 131-139.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M, Mueller ND, O'Connell C, Ray DK, West PC. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature.* 478: 337-342.
- Foster C, Green K, Bleda M, Dewick P, Evans B, Flynn A, Mylan J. 2006. Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A report to the Departement for Environment, Food and Rural Affairs. London [UK]: Manchester Business School.
- GaBi. 2009. Handbook for Life Cycle Assessment (LCA) Using the GaBi Software, PE Internasional. Germany (DE): Leinfelden-Echterdingen.
- Gerber P, Vellinga T, Opio C, Henderson B, Steinfield H. 2010. Greenhouse Gas Emissions from the Dairy Sector, A Life Cycle Assessment. Rome (Italy): FAO Animal Production and Health Division.
- Hartono H. 2014. Jenis dan kualitas nutrisi pakan di peternakan rakyat Lembang Bandung Utara sebagai dasar penyusunan formulasi ransum [skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Haryati T. 2006. Limbah Peternakan yang menjadi Sumber Energi Alternatif. Bogor (ID): Balai Penelitian Ternak Bogor.
- Hegerl GC, Zwiwers FW, Braconnot P, Gillet NP, Luo Y, Orsini JAM, Nicholls N, Penner JE, Stott PA. 2007. Understanding and attributing climate change. UK: Cambridge University Press.
- Henningsson S, Hyde K, Smith A, Campbell M. 2004. The value of resource efficiency in the food industry: a waste minimization project in East Anglia, UK. *J Clean Prod.* 12(5): 505-512.
- Horacio AA dan Rebecca AL. 2017. Evaluating greenhouse gas emissions from dairy manure management practices using survey data and lifecycle tools. *J Clean Prod.* 143: 169-179.
- Lina RA, Sutrisno E, Huboyo HS. 2016. Kajian emisi gas rumah kaca (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> dan N<sub>2</sub>O) akibat aktivitas kendaraan (studi kasus area sukun dan terminal terboyo). *J Tek Ling.* 5(4): 1-13.
- Mason CF. 2002. Biology of Freshwater Pollution. China: Pearson Education Limited.
- Morse GK, Lester JN, Perry R. 1993. The Economic and Environment Impact of Phosphorus Removal from Wastewater in the European Community. Washington (US): APHA Publishing



- Permana IG, Suryahadi, Qurimansari E. 2012. Greenhouses Gases Emissions from Dairy Cattle in Indonesia. *Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Seminar on Animal Industry*; 2012 Jun 5-6; Jakarta, Indonesia. Jakarta (ID).
- Putri HP. 2017. Life Cycle Assessment (LCA) emisi pada proses produksi bahan bakar minyak jenis bensin dengan pendekatan metode Analytical Hierarchy Process (AHP) [skripsi]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh November.
- Putri RP, Tama IP, Yuniarti R. 2014. Evaluasi dampak lingkungan pada aktivitas supply chain produk susu KUD Batu dengan implementasi life cycle assessment (LCA) dan Pendekatan Analytic Network Process (ANP). *JRMSI*. 2(4)
- Soy P, Nei D, Orikasa T, Xu Q, Okadome H, Nakamura N, Shiina T. 2009. A Review of Life Cycle Assessment (LCA) on Some Food Products. *J Food Eng*. 90: 1–10.
- Suzi AS. 2019. Kelas Menengah Tumbuh, Konsumsi Susu Olahan Meningkat.. Diakses dari: <https://ekonomi.bisnis.com/read/20190513/257/922067/kelas-menengah-tumbuh-konsumsi-susu-olahan-meningkat> [09 Des 2019]
- Simbolon AR. 2016. Pencemaran Bahan Organik dan Eutrofikasi di Perairan Cituis, Pesisir Tangerang. *J Pro-Life*. 3(2): 109-118.
- Situmeang L. 2011. Minuman Pembawa Kebaikan. Bogor (ID): Seafast Institut Pertanian Bogor.
- Soemarwoto O. 1992. Indonesia dalam Kancah Isu Lingkungan Global. Jakarta (ID): PT Gramedia Pustaka Utama.
- Soltanali H, Emadi B, Rohani A, Khojastehpour M, Nikkhah A. 2015. Life Cycle Assessment modeling of milk production in Iran. *Inf Process Agric*. 2: 101-108.
- Struijs J, Beusen A, van Jaarsveld H, Huijbregts MAJ. 2009. Aquatic eutrophication. Chapter 26 6, in: Goedkoop, M., Heijungs, R., Huijbregts, M.A.J., De Schryver, A., Struijs, J., Van Zelm, R. (Eds.), 27 ReCiPe 2008 A life cycle impact assessment method which comprises harmonized category indicators at 28 the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterization, first edition, January 6th, 2009. Available at: <http://www.lcia-recipe.net> (diakses Juni 2021).
- Sukmana B, Surjandari I, Muryanto, Setiawan AAR, Wiloso EI. 2019. Global Warming Impacts Study on Tofu Products in Mampang Prapatan Small and Medium Enterprises with Life Cycle Assessment Methods. *IJoLCAS*. 3 (2): 9-24.
- Tanuwiria UH. 2010. Optimalisasi Pakan Lokal Dalam Mendukung Peternakan Sapi Perah di Citarum Hulu. Seminar Nasional 2010 Pembangunan Peternakan Berkelanjutan 2. 2010 Nov 3-4. Bandung, Indonesia. Bandung (ID).
- Taufiq FM, Padmi T, Rahardyan B. 2016. Life cycle assessment of dairy farms. *Rev Env Health*. 31(1): 187–190.
- Thoma G, Popp J, Shonnard D, Nutter D, Matlock M, Ulrich R, Kellogg W, Kim DS, Neiderman Z, Kemper N, Adomd F, East C. 2013. Regional analysis of greenhouse gas emissions from USA dairy farms: a cradle to farm-gate assessment of the American dairy industry circa 2008. *Int Dairy J*. 31: 29–40.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :

a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah

b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.

2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

- Tussau SA, De-Lille G, Ge YT. 2009. Food transport refrigeration – approaches to reduce energy consumption and environmental impacts of road transport. *Appl Therm Eng.* 29: 1467-1477 doi:10.1016/j.applthermaleng.2008.06.027.
- Widyastuti, Purwanto, Hadiyanto. 2013. Upaya Pengelolaan Lingkungan Usaha Peternakan Sapi di Kawasan Usahatani Terpadu. *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan*; 2013 Sep 10; Semarang, Indonesia. Semarang (ID).

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University  
— Bogor Indonesia —

Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



*@Hak cipta milik IPB University*

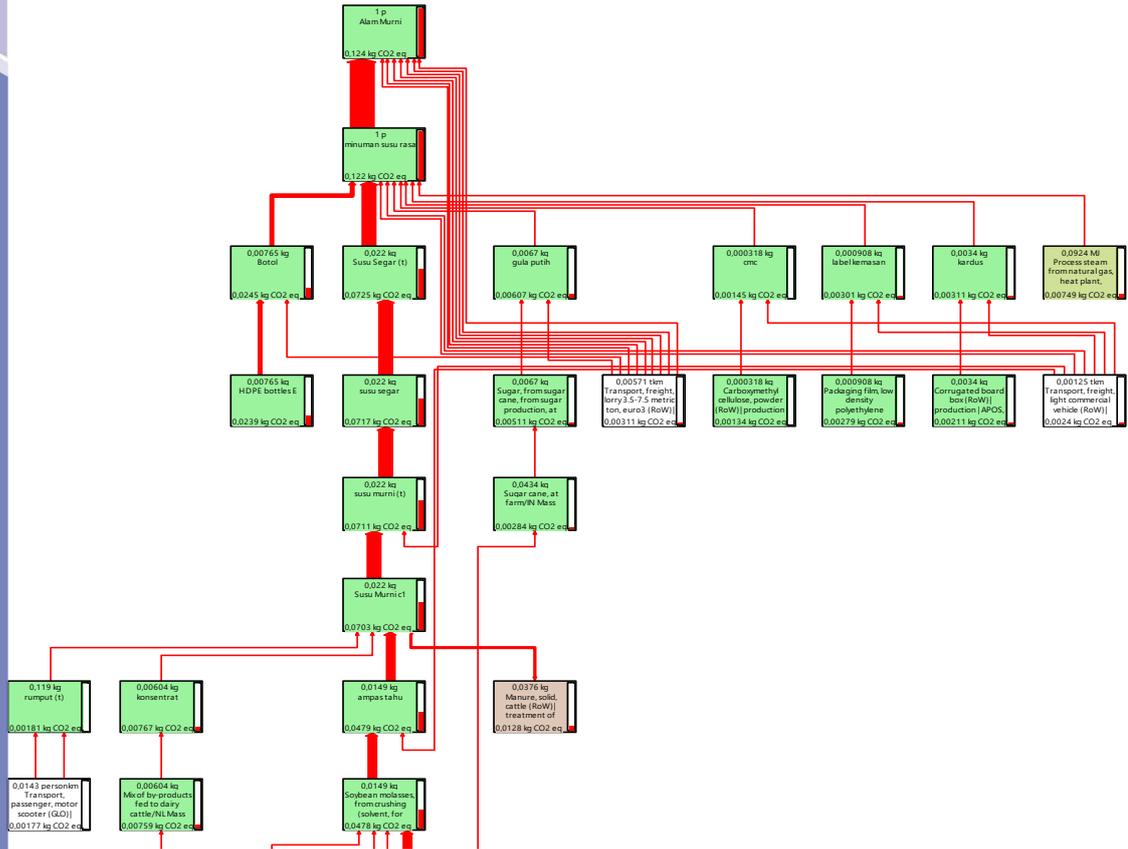
**IPB University**

## LAMPIRAN

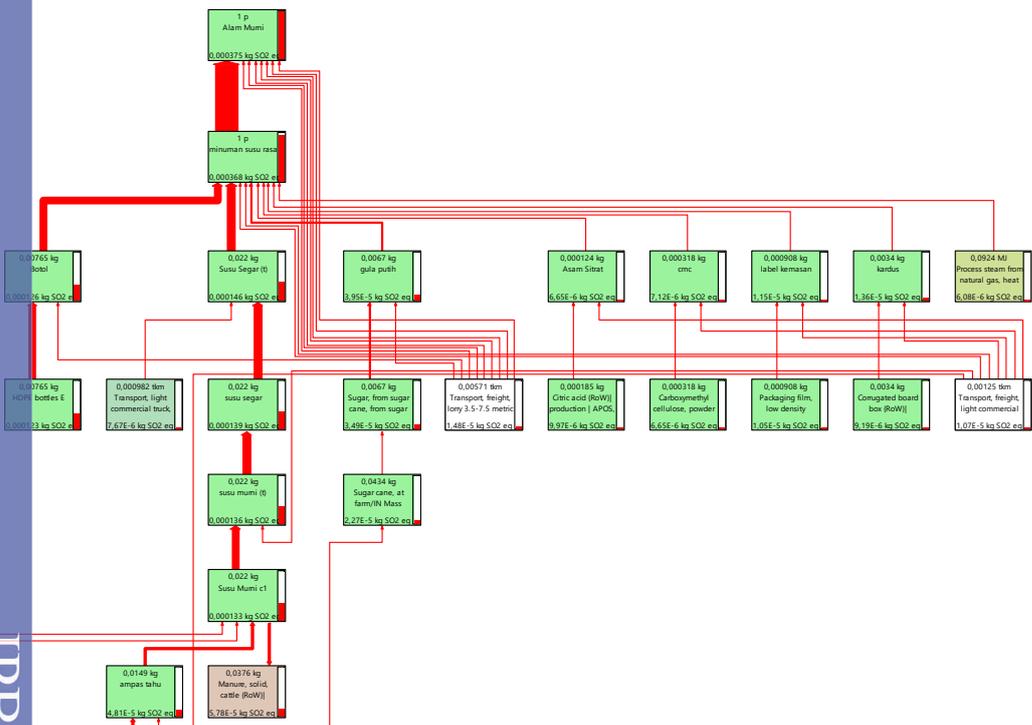
Hak Cipta Dilindungi! Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Lampiran 1 Diagram hasil dampak GRK satu produk Alam Murni



Lampiran 2 Diagram hasil dampak asidifikasi satu produk Alam Murni



@Hak cipta milik IPB University

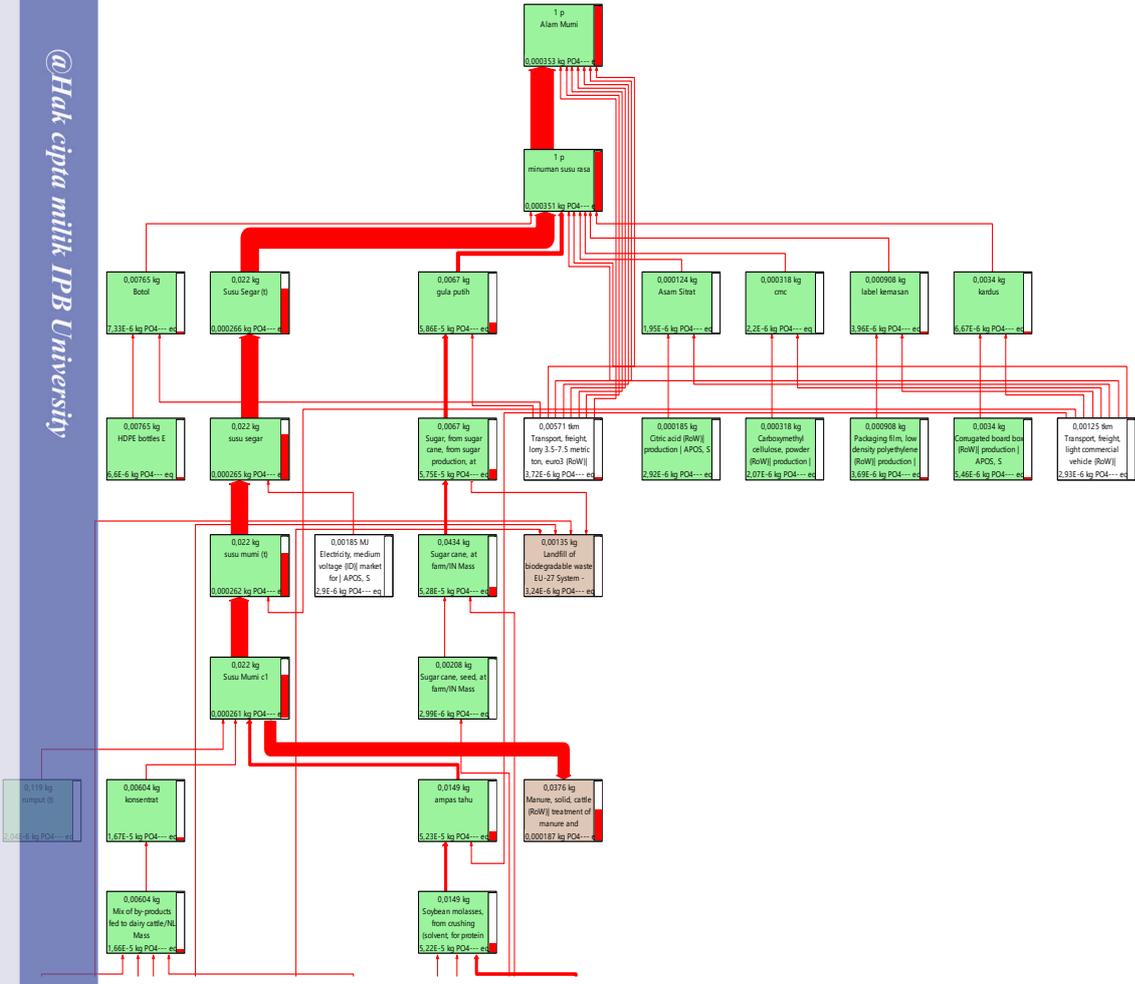
IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
1. Diarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah  
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
2. Diarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 3 Diagram hasil dampak eutrofikasi satu produk Alam Murni

@Hak cipta milik IPB University



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Lampiran 4 Perhitungan urutan titik dampak dari semua sumber emisi dan unit proses

Unit proses	Sumber emisi	Nilai Emisi			Poin titik dampak			Jumlah	Urutan titik dampak
		GRK	Asidifikasi	Eutrofikasi	GRK	Asidifikasi	Eutrofikasi		
Produksi susu segar	Ampas tahu	4,78E-02	4,75E-05	5,22E-05	1,00	61,92	72,41	135,32	2
	Konsentrat	7,59E-03	1,79E-05	1,66E-05	84,43	85,80	91,26	261,49	5
	Kotoran sapi	1,28E-02	5,78E-05	1,87E-04	73,62	53,61	1,00	128,22	1
	Listrik	8,48E-05	3,71E-07	4,48E-07	100,00	99,94	99,82	299,76	16
Operasi :	Listrik	5,51E-04	2,37E-06	2,90E-06	99,03	98,33	98,52	295,88	11
	Produksi bahan baku tambahan	Botol	2,39E-02	0,12E-03	6,60E-06	50,59	1,00	96,56	148,15
Transportasi	Gula	5,11E-03	3,49E-05	5,75E-05	89,57	72,08	69,60	231,26	4
	Label	2,79E-03	1,05E-05	3,69E-06	94,39	91,77	98,10	284,26	7
	Susu	8,63E-04	7,67E-06	1,63E-06	98,39	94,05	99,19	291,63	8
Produksi produk	Gula	9,64E-04	4,58E-06	1,15E-06	98,18	96,55	99,45	294,17	9
	Kardus	9,97E-04	4,42E-06	1,21E-06	98,11	96,68	99,42	294,20	10
Distribusi produk	Listrik	1,01E-03	2,99E-07	1,09E-07	98,08	100,00	100,00	298,08	13
	Uap	7,49E-03	6,08E-06	7,92E-07	84,64	95,34	99,64	279,61	6
Distribusi produk	Cikajang Garut	4,90E-04	2,33E-06	5,86E-07	99,16	98,36	99,75	297,27	12
	Bayongbong Garut	3,33E-04	1,58E-06	3,98E-07	99,49	98,97	99,85	298,30	14
	MJM Ciwidey	1,32E-04	1,33E-06	3,35E-07	99,90	99,17	99,88	298,95	15

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang  
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :  
 a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan.  
 b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.  
 2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

## RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Jakarta pada 08 Februari 1990 sebagai anak pertama dari pasangan Hadi Suyono dan Harini Nurcahya. Pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian IPB dan lulus pada tahun 2012. Pada tahun 2018, penulis diterima sebagai mahasiswa program magister (S-2) di Program Studi Teknik Industri Pertanian pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dan menamatkannya pada tahun 2021.

Penulis bekerja sebagai officer di Sugar Group Companies (SGC) sejak tahun 2012 sampai tahun 2014. Penulis pernah bekerja di PT. Tiga Pilar Sejahtera sebagai staff di bagian RnD beras sejak tahun 2014 sampai tahun 2015. Selanjutnya, penulis bekerja di SD Swasta Al-Fath sebagai guru dari tahun 2015 sampai tahun 2018.

Selama mengikuti program S-2, penulis aktif sebagai anggota dan pengurus Forum Komunikasi Mahasiswa Pascasarjana Teknik Industri Pertanian (Formatip IPB) serta pernah mengikuti kegiatan *summer course* di IPB dan *winter course* di Universitas Ibaraki Jepang yang diselenggarakan kerjasama antara IPB dan Universitas Ibaraki pada tahun 2019. Karya ilmiah berjudul Implementasi Penilaian Daur Hidup Produk Susu Sapi Segar (Studi Kasus Koperasi Peternak MJM) telah disajikan pada Seminar Nasional Agroindustri (SNA) 2020 dan dipublikasikan di jurnal Teknologi Industri Pertanian Vol. 31 No. 1 tahun 2021. Karya-karya ilmiah tersebut merupakan bagian dari program S-2 penulis.

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
  - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
  - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang menggunakan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.