

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGOLAHAN LIMBAH TAHU DENGAN MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *GREEN MANUFACTURING*



Disusun Oleh :
ADNAN IDHAM KHOLID
NIM 31601800004

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

LAPORAN TUGAS AKHIR
PENGOLAHAN LIMBAH TAHU DENGAN MENGGUNAKAN
PENDEKATAN *GREEN MANUFACTURING*

LAPORAN INI DISUSUN UNTUK MEMENUHI SALAH SATU SYARAT
MEMPEROLEH GELAR S1 PADA PRODI TEKNIK INDUSTRI FAKULTAS
TEKNOLOGI INDUSTRI ISLAM SULTAN AGUNG SEMARANG



Disusun Oleh:

ADNAN IDHAM KHOLID

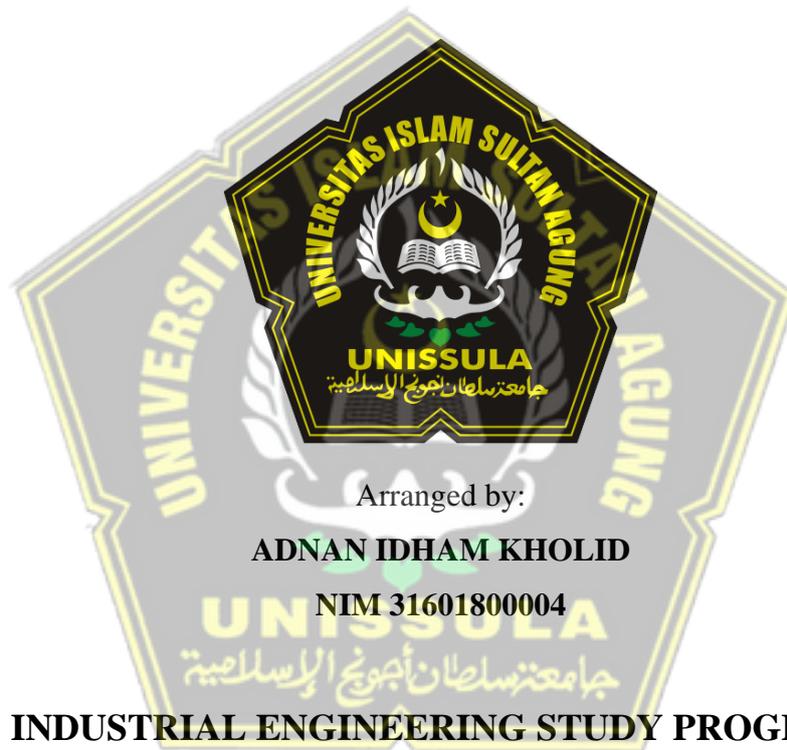
NIM 31601800004

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

2023

FINAL PROJECT
TOFU WASTE TREATMENT USING GREEN
MANUFACTURING APPROACH

Submitted as Partial Fulfillment of the Requirement to obtain Strata Degree
Program (S-1) in the Industrial Engineering Departement
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Sultan Agung Semarang



Arranged by:

ADNAN IDHAM KHOLID

NIM 31601800004

INDUSTRIAL ENGINEERING STUDY PROGRAM
FACULTY OF INDUSTRIAL TECHNOLOGY
UNIVERSITAS ISLAM SULTAN AGUNG
SEMARANG

2023

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

Laporan Tugas Akhir dengan judul "PENGOLAHAN LIMBAH TAHU
DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN GREEN
MANUFACTURING" ini disusun oleh :

Nama : Adnan Idham Kholid

NIM : 31601800004

Program Studi : Teknik Industri

Telah disahkan oleh dosen pembimbing pada :

Hari :

Tanggal :

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II


Brav Deva Bernadhi, ST., MT
NIDN. 0630128601


Akhmad Syakhroni, ST., M.Eng
NIDN. 0616037601

Digitally signed by Akhmad Syakhroni
DN: cn=Akhmad Syakhroni,
ou=UNISSULA, ou=FTI,
email=Akhmad.Syakhroni@unissula.ac.id, c=ID
Date: 2023.06.18.06:55 +07'00'

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Industri


Nuzulia Khoirivah, ST., MT
NIK. 210603029

LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI

Laporan Tugas Akhir dengan judul “PENGOLAHAN LIMBAH TAHU DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *GREEN MANUFACTURING*” ini telah dipertahankan di depan dosen penguji Tugas Akhir pada :

Hari :

Tanggal :

TIM PENGUJI

Anggota I

Anggota II


Rieska Ernawati, ST, MT
NIDN. 0608099201


Wiwiek Fatmawati, ST, M.Eng
NIDN. 0622107401


Ir. Eli Mas'idah, MT
NIDN. 0615066601

Ketua Penguji
Ir. Eli Mas'idah, MT
NIDN. 0615066601

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN

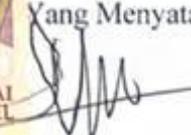
Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Adnan Idham Kholid
NIM : 316018000004
Judul Tugas Akhir : Pengolahan Limbah Tahu Dengan Menggunakan Pendekatan *Green Manufacturing*

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

Semarang, 2023

Yang Menyatakan


Adnan Idham Kholid
(NIM. 31601800004)

**PERNYATAAN PERSETUJUAN
PUBLIKASI KARYA ILMIAH**

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Adnan Idham Kholid

NIM : 31601800004

Program Studi : Teknik Industri

Fakultas : Teknologi Industri

Dengan ini menyatakan Karya Ilmiah berupa Tugas Akhir dengan judul **PENGOLAHAN LIMBAH TAHU DENGAN MENGGUNAKAN PENDEKATAN *GREEN MANUFACTURING***.

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

Semarang, 2023

Yang Menyatakan



(Handwritten Signature)
Adnan Idham Kholid
(NIM. 31601800004)

PERSEMBAHAN

Dengan ucapan penuh terima kasih dan dengan penuh raya yakin, penelitian tugas akhir ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT, Tuhan Semesta Alam, Pencipta Langit dan Bumi, serta Tuhan Penuh Kasih dan Sayang. Sehingga laporan tugas akhir ini dapat diberikan kelancaran hingga selesai.
2. Kedua Orang Tua Tercinta. Bapak dan Ibu, serta 2 saudaraku yang berbahagia.
3. Kepada Bapak Brav Deva Bernadhi ST., MT dan Bapak Akhmad Syakhroni, S.T., M.Eng, selaku dosen pembimbing.
4. Ibu Ir. Eli Mas'idah, M.T, selaku dosen wali yang sangat baik dan mendengarkan keluh kesah anak-anaknya
5. Kepada diriku sendiri. Terima kasih karena telah kuat, karena telah bertahan, karena telah mampu untuk bangkit kembali. *I am so proud of you!*
6. Seluruh kerabat FTI angkatan 2018 yang selalu memotivasi dan menyemangatiku.

Sebagai penutup, penulis menyadari tidak ada yang lebih sempurna dari Allah SWT. Masih banyaknya kekurangan dan memohon maaf, serta mohon kritik dan saran untuk kesempurnaan tugas akhir ini. Dengan selesainya tugas akhir ini diharapkan dapat menjadi manfaat bagi banyak orang.

Semarang, 4 September 2023

Penulis

MOTTO

“Diawali Bissmillahirohmanirrohim diakhiri Alhamdulillah”

“Membiasakan yang benar bukan membenarkan yang biasa”



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya-lah saya dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Penentuan Alternatif Pengolahan Limbah Tahu Dengan Menggunakan Metode *Green Manufacturing*” sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Strata 1 di Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Sultan Agung (UNISSULA).

Dengan penuh rasa kerendahan hati, dikesempatan ini penulis mengucapkan ribuan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Hj. Novi Marlyana, S.T., M.T, IPU. sebagai Dekan Fakultas Teknologi Industri, Unissula
2. Kepada Bapak Brav Deva Bernadhi ST., MT selaku pembimbing utama dan Bapak Akhmad Syakhroni, S.T.,M.Eng, selaku dosen pembimbing pendamping yang telah meluangkan waktu memberikan dukungan, bimbingan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Orangtua tercinta, yang telah mendoakan, memberikan dukungan dan memotivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Semua pihak yang telah membantu dan tidak dapat disebutkan satu persatu.

Akhir kata, semoga skripsi ini dapat menjadi bahan untuk kalian selanjutnya mengerjakan skripsi sebagai referensi. Dengan penuh kesadaran penulis meminta maaf atas kesalahan yang tertera dalam skripsi ini. Semoga Allah SWT mengaruniakan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Semarang, 4 September 2023

Yang Menyatakan

Adnan Idham Kholid

DAFTAR ISI

LAPORAN TUGAS AKHIR.....	1
LAPORAN TUGAS AKHIR.....	1
FINAL PROJECT	ii
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN DOSEN PENGUJI.....	iv
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN.....	v
PERNYATAAN PERSETUJUAN	vi
PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
PERSEMBAHAN.....	vii
MOTTO	viii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	3
1.3 Pembatasan Masalah	3
1.4 Tujuan.....	3
1.5 Manfaat.....	3

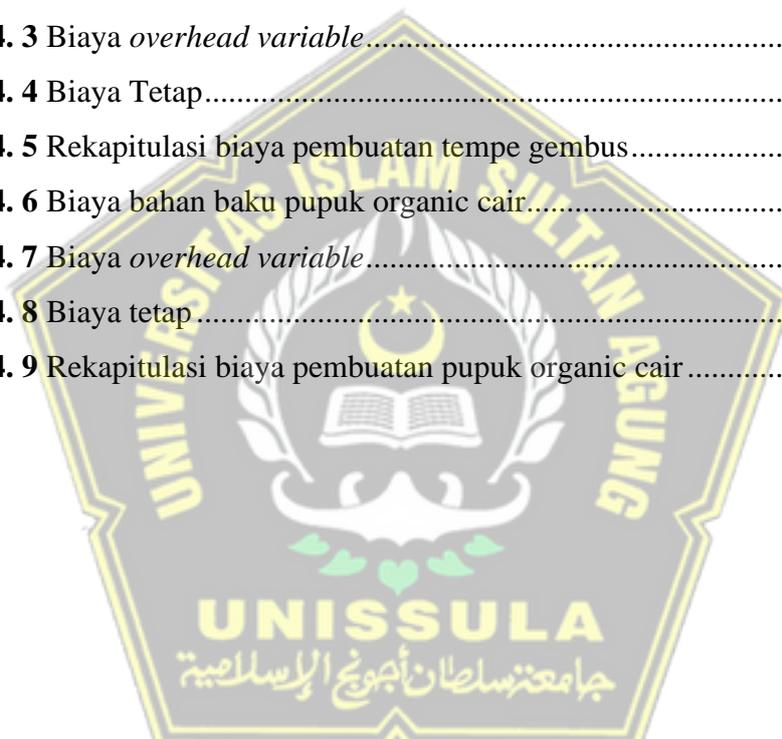
1.6	Sistematika Penulisan.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI		6
2.1	Tinjauan Pustaka	6
2.2	Landasan Teori	17
2.2.1	Proses Pembuatan Tahu	17
2.2.2	Limbah	18
2.2.3	<i>Green Manufacturing</i>	19
2.2.4	Konsep <i>Green Manufacturing</i>	21
2.2.5	<i>Life Cycle Assessment</i>	22
2.2.6	Analisis Tekno Ekonomi.....	25
2.2.7	Biaya	25
2.2.8	Harga Pokok Produksi	27
2.2.9	Metode Pengumpulan Harga Pokok Produksi	27
2.3	Hipotesa dan Kerangka Teoritis	30
2.3.1	Hipotesis.....	30
2.3.2	Kerangka Teoritis.....	31
BAB III METODE PENELITIAN.....		32
3.1	Pengumpulan Data	32
3.2	Teknik Pengumpulan Data	32
3.3	Penngolahan Data.....	33
3.4	Pembahasan	33
3.5	Penarikan Kesimpulan.....	33
BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		35
4.1	Pengumpulan Data	35
4.2	Pengolahan Data.....	36

4.3	Analisa dan Interpretasi.....	62
4.3.1	Analisa <i>life cycle assessment</i>	62
4.3.2	Analisa Penentuan Produk Baru Olahan Limbah Tahu	64
4.3.3	Analisa Proses Pembuatan Tempe Gembus.....	65
4.3.4	Analisa Proses Pembuatan Pupuk Organik Cair	65
4.3.5	Analisa Nilai Harga Pokok Produksi (HPP) Tempe Gembus.....	65
4.3.6	Analisa Nilai Harga Pokok Produksi (HPP) Pupuk Organic Cair	66
4.4	Pembuktian Hipotesa	67
BAB V ESIMPULAN DAN SARAN.....		68
5.1	Kesimpulan	68
5.2	Saran.....	69
DAFTAR PUSTAKA.....		70
LAMPIRAN.....		74



DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kandungan ampas tahu	19
Tabel 2. 2 <i>full costing</i>	28
Tabel 2. 3 <i>variable costing</i>	29
Tabel 2. 4 Kerangka teoritis.....	31
Tabel 4. 1 Hasil uji Lab limbah	35
Tabel 4. 2 Biaya bahan baku.....	58
Tabel 4. 3 Biaya <i>overhead variable</i>	59
Tabel 4. 4 Biaya Tetap.....	59
Tabel 4. 5 Rekapitulasi biaya pembuatan tempe gembus.....	59
Tabel 4. 6 Biaya bahan baku pupuk organic cair.....	60
Tabel 4. 7 Biaya <i>overhead variable</i>	61
Tabel 4. 8 Biaya tetap.....	61
Tabel 4. 9 Rekapitulasi biaya pembuatan pupuk organic cair	61



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 <i>Flowchart</i> produksi tahu.....	18
Gambar 2. 2 Konsep <i>Green manufacturing</i>	22
Gambar 2. 3 Ruang Lingkup Penelitian	23
Gambar 2. 4 <i>Life Cycle Inventory Analysis</i>	24
Gambar 2. 5 <i>Life Cycle Impact Assessment</i>	24
Gambar 3. 1 Diagram alir	34
Gambar 4. 1 <i>Scope</i> Produksi Tahu Desa Jubelan	36
Gambar 4. 2 Pemilihan <i>Libraries</i> dan Metode	39
Gambar 4. 3 <i>Processes</i> Simapro.....	40
Gambar 4. 4 <i>Input Output</i> Proses Perendaman Simapro.....	40
Gambar 4. 5 <i>Input Output</i> Proses Pembuatan Tahu	41
Gambar 4. 6 <i>Sankey Diagram</i> Simapro Pembuatan Tahu	42
Gambar 4. 7 (a) dan (b) <i>Output Characterization</i>	44
Gambar 4. 8 (a)(b) <i>Output Damage Assessment</i>	45
Gambar 4. 9 <i>Output Normalization</i>	47
Gambar 4. 10 <i>Output Weighting</i>	48
Gambar 4. 11 <i>Output Single Score</i> (a)(b).....	49
Gambar 4. 12 Pengepresan	54
Gambar 4. 13 Pengukusan	54
Gambar 4. 14 Pendinginan	55
Gambar 4. 15 Pemberian ragi	55
Gambar 4. 16 Pengemasan	55
Gambar 4. 17 Proses fermentasi	56
Gambar 4. 18 Penimbangan gula.....	56
Gambar 4. 19 pelarutan gula.....	57
Gambar 4. 20 Pencampuran bahan bahan	57
Gambar 4. 21 Fermentasi	57

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Gambar produksi tahu

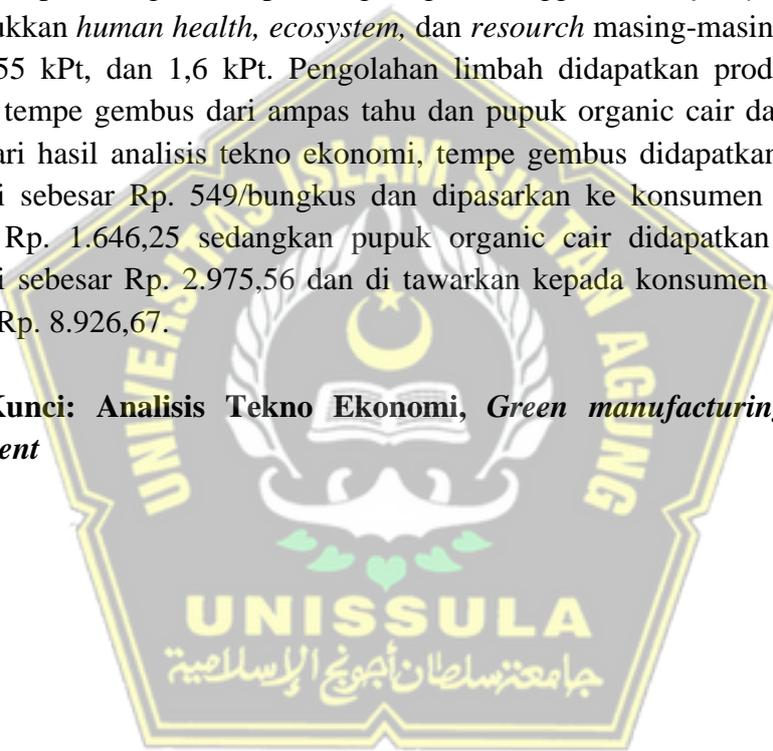
Lampiran 2. Hasil uji Lab limbah tahu



ABSTRAK

Pabrik tahu di Desa Jubelan merupakan salah satu produsen tahu yang terdapat di Kec. Sumowono. Pabrik ini beroperasi setiap harinya dan menghasilkan juga banyak limbah baik limbah padat dan limbah cair dari proses produksi tahu. Limbah yang belum diolah terlebih dahulu berpotensi mencemari lingkungan sekitar. Dengan menggunakan pendekatan *green manufacturing* dengan menggunakan *life cycle assessment* serta perhitungan dengan metode analisis tekno ekonomi dapat meminimalkan limbah dan meningkatkan pendapatan ekonomi bagi pabrik tersebut. Dari hasil perhitungan dampak lingkungan menggunakan *life cycle assessment* menunjukkan *human health*, *ecosystem*, dan *resourch* masing-masing sebesar 3,64 kPt, -3,55 kPt, dan 1,6 kPt. Pengolahan limbah didapatkan produk baru yaitu oalahan tempe gembus dari ampas tahu dan pupuk organic cair dari limbah cair tahu. Dari hasil analisis tekno ekonomi, tempe gembus didapatkan harga pokok produksi sebesar Rp. 549/bungkus dan dipasarkan ke konsumen dengan harga sebesar Rp. 1.646,25 sedangkan pupuk organic cair didapatkan harga pokok produksi sebesar Rp. 2.975,56 dan di tawarkan kepada konsumen dengan harga sebesar Rp. 8.926,67.

Kata Kunci: Analisis Tekno Ekonomi, *Green manufacturing*, *Life cycle assessment*



ABSTRACT

The tofu factory in Jubelan Village is one of the tofu producers in the district. Sumowono. This factory operates every day and produces a lot of waste, both solid waste and liquid waste, from the tofu production process. Waste that has not been processed first has the potential to pollute the surrounding environment. Using a green manufacturing approach using life cycle assessment and calculations using techno-economic analysis methods can minimize waste and increase economic income for the factory. The results of the calculation of environmental impacts using the life cycle assessment show that human health, ecosystem and resources are 3.64 kPt, -3.55 kPt and 1.6 kPt respectively. From waste processing, new products are obtained, namely processed tempe gembus from tofu dregs and liquid organic fertilizer from liquid tofu waste. From the results of the techno-economic analysis, the cost of production for tempe gembus is Rp. 549/pack and marketed to consumers at a price of Rp. 1,646.25, while the basic production price for liquid organic fertilizer is IDR. 2,975.56 and offered to consumers at a price of Rp. 8,926.67.

Keywords: *Techno-economic analysis, Green manufacturing, Life cycle assessment*



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Makanan merupakan sumber energi yang dikonsumsi oleh semua orang untuk melakukan kegiatan sehari-hari. Makanan yang dikonsumsi oleh manusia mengandung kriteria 4 sehat 5 sempurna, dimana diantaranya ada kandungan protein yang harus dipenuhi oleh tubuh supaya kesehatan terjaga. Protein bisa berasal dari susu sebagai protein hewani dan ada protein nabati dihasilkan dari kedelai yang biasanya diolah menjadi tahu.

Tahu merupakan makanan berbahan dasar kedelai menjadi sumber akan protein yang sangat banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia. Industri yang memproduksi tahu ini sendiri meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk di Indonesia (Samsudin et al., 2018).

Industri tahu tepatnya di Desa Jubelan Kecamatan Sumowono dekat dengan area persawahan sudah berdiri sejak 1986, merupakan salah satu pemasok tahu di pasar Sumowono dan sekitarnya. Produksi tahu ini berlangsung setiap hari untuk memenuhi kebutuhan pasar dan masyarakat sekitar yang mengkonsumsi tahu sebagai lauk-pauk ataupun lainnya. Pabrik tahu ini mampu memproduksi 2 kwintal tahu jadi atau lebih dari 80 papan kayu dengan ukuran 45x45 sentimeter perharinya.

Dalam proses pembuatan tahu akan diperoleh hasil lain, yakni ampas tahu (limbah padat) dan sari tahu (limbah cair). Bahan dasar pembuatan tahu adalah dengan menggunakan kedelai, kedelai tersebut digiling menggunakan alat penggiling dan dicampurkan dengan air panas. Penggilingan dengan air panas akan menghasilkan bubur kedelai, kemudian bubur kedelai tersebut dipanaskan hingga muncul gelembung-gelembung kecil lalu diangkat dan biarkan agak dingin setelah itu bubur kedelai tersebut disaring sehingga diperoleh sari kedelai dan ampas kedelai atau lebih dikenal dengan sebutan Ampas Tahu (Wirawan et al., 2017).

Limbah tahu yang dihasilkan mengandung padatan tersuspensi maupun terlarut, akan mengalami perubahan fisik, kimia, dan hayati yang akan menimbulkan gangguan terhadap kesehatan karena menghasilkan zat beracun atau

menciptakan media untuk tumbuhnya kuman penyakit atau kuman lainya yang merugikan baik pada produk tahu sendiri maupun manusia (Kaswinarni, 2008).

Kurangnya sosialisasi penanganan mengenai pengelolaan limbah pada industri di desa Jubelan ini menyebabkan pencemaran pada aliran air yang menuju area persawahan. Efek yang ditimbulkan adalah merusak habitat yang ada di saluran tersebut dan membuat tanah disekitar saluran air yang terkena limbah tersebut kurang subur untuk ditanami.



Gambar 1.1 Pembuangan Limbah Ke Aliran Air

Gambar 1.1 memperlihatkan penanganan limbah tahu langsung dibuang ke aliran air. Limbah tahu ini dapat menimbulkan pencemaran yang cukup berat jika tidak dilakukan pengolahan sebelum dibuang, karena mengandung polutan organik yang cukup tinggi, polutan organik yang dibuang jika di biarkan akan menimbulkan bau busuk, bau tersebut berasal dari bau hidrogen sulfida dan amonia yang berasal dari proses pembusukan protein serta bahan organik lainya, dan dapat mengganggu kesehatan terutama pada organ penciuman.

UKM tahu di desa Jubelan menghasilkan limbah perharinya kurang lebih 20 kg ampas tahu dan limbah cair. Selama ini pengolahan limbah yang dihasilkan dari produksi tahu ini masih kurang dalam penangananya. Pengelolaan limbah di UKM desa Jubelan ini kurang mendapat nilai tambah yaitu dengan membuangnya pada aliran air yang ada di pabrik tahu, dimana aliran air tersebut menuju ke area persawahan yang ada di sekitar pabrik yang dapat menyebabkan pencemaran pada lahan sawah jika tidak dikelola terlebih dahulu. Selain dibuang ke aliran air, limbah

ampas tahu juga digunakan untuk campuran pakan ternak sapi yang ada di sekitar pabrik tersebut dengan dibagikan ke warga yang memiliki ternak sapi.

Dengan adanya kondisi tersebut yang menjadikan fokus penelitian pada kali ini dengan mengelola limbah ampas tahu yang dihasilkan dari produksi tahu tersebut menjadi barang yang dapat memberikan nilai tambah pada limbah ampas tahu tersebut.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, maka dapat diperoleh rumusan masalah dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana dampak lingkungan yang dihasilkan dari pembuatan tahu menggunakan *life cycle assessment*?
2. Bagaimana memanfaatkan limbah tahu yang dapat menghasilkan nilai ekonomis?

1.3 Pembatasan Masalah

Dari masalah yang telah dirumuskan agar focus terhadap permasalahan dan tidak menyimpang, maka dilakukan pembatasan masalah yaitu sebagai berikut:

1. Penelitian dilakukan di UMKM pabrik tahu Desa Jubelan, Kecamatan Sumowon, Kabupaten Semarang.
2. Analisa dampak lingkungan hanya dilakukan selama proses produksi.
3. Penelitian dilakukan hanya sebatas usulan solusi..

1.4 Tujuan

Adapun tujuan peneliti untuk penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui dampak lingkungan yang dihasilkan dari pembuatan tahu pada Pabrik desa Jubelan dengan menggunakan *life cycle assessment*.
2. Memanfaatkan limbah tahu yang dihasilkan menjadi produk yang mendapat nilai ekonomis.

1.5 Manfaat

Dalam penelitian ini, penulis dapat memberikan manfaat yang ada di pihak-pihak yang terlibat. Beberapa manfaat tersebut adalah sebagai berikut:

1. Bagi Peneliti
 - a. Dapat menerapkan dan mengembangkan ilmu yang diperoleh selama dibangku perkuliahan.
 - b. Memberikan pengalaman kepada mahasiswa terkait dengan keterlibatan diri pada kondisi lingkungan kerja.
 - c. Dapat mengatasi pengolahan limbah ampas tahu menjadi sesuatu dengan nilai lebih.
2. Bagi perusahaan

Dapat mengolah limbah yang sudah tidak digunakan menjadi produk yang memiliki nilai tambah serta dapat menambah pemasukan di pabrik tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam Penyusunan tugas akhir ini menggunakan sistematika yaitu sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Dalam bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, pembatasan masalah, rumusan masalah, tujuan, manfaat dan sistematika penulisan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan studi pustaka tentang teori-teori yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Pada bab ini berisi tempat dan waktu penelitian, jenis penelitian, dan tahapan-tahapan penelitian secara sistematis yang digunakan untuk memecahkan masalah yang terdapat pada penelitian ini.

BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Bab ini menjelaskan pengolahan data yang dikumpulkan, menganalisa, menafsirkan dikaitkan dengan kerangka teoritis atau kerangka Analisa pada landasan teori yang telah dimiliki.

BAB V PENUTUP

Pada bab ini menjelaskan kesimpulan penelitian yang dilakukan, yang selanjutnya diberikan saran atau usulan kepada pihak perusahaan untuk dijadikan acuan dalam meningkatkan nilai ekonomis limbah dengan menjadikannya sebagai produk dengan nilai tambah.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN LANDASAN TEORI

2.1 Tinjauan Pustaka

Setelah melakukan kajian dari beberapa penelitian, ada beberapa penelitian yang memiliki keterkaitan dengan peneliti yang akan dilakukan oleh peneliti. Beberapa hasil dari penelitian terdahulu antara lain sebagai berikut:

Penelitian yang dilakukan oleh (Auliya et al., 2021) dengan judul “Analisis Penentuan Faktor Pendorong dalam Penerapan *Green Manufacturing* di PT. Aneka Adhilogam Karya dengan Metode *Fuzzy Topsis*”. Setelah dilakukan penelitian menggunakan metode *green manufacturing*, proses produksi terdapat limbah yang kurang dalam penanganannya seperti limbah pasir dan gas buang yang dapat berefek pada pekerja karena kurangnya alat perlindungan diri.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prabowo & Suryanto, 2019) dengan judul “Implementasi *Lean* dan *Green Manufacturing* Guna Meningkatkan *Sustainability* pada PT. Sekar Lima Pratama” didapatkan permasalahan yaitu usaha dalam pengelolaan waste kain tenun terutama pada proses penyelesaian akhir. Dengan menggunakan *eco-efficiency* dan *eco cost* dalam usulannya. Dengan solusi yang didapatkan yaitu dengan menggunakan limbah yang sudah tidak terpakai seperti kondensat untuk umpan boiler, proses penghilangan kanji menggunakan air sisa pending mesin, proses *scouring* menggunakan sisa air cucian.

Penelitian yang dilakukan oleh (Prayuda et al., 2021) dengan judul “Penerapan *Green Manufacturing* pada IKM Dadi Mulyo” didapatkan permasalahan pada pengolahan limbah serbuk kayu yang mengalami penumpukan sebanyak 400kg/hari. Solusi yang didapatkan pada penelitian ini dengan menerapkan metode *green manufacturing* dapat mengolah serbuk kayu menjadi batako yang dapat menambahkan nilai pada limbah serbuk kayu.

Penelitian yang dilakukan oleh (Asih et al., 2018) dengan judul “Pengelolaan Produksi Bersih Industri Nata De Soya dengan Menggunakan Konsep *Lean And Green* Untuk Meningkatkan Efisiensi (Pada Home Industry Nata De Soya Bu Atun, Pleret Bantul)” dengan hasil terjadi pengurangan pada waktu proses produksi dan

pengolahan limbah cair yang dimanfaatkan menjadi pupuk cair serta dapat dijual sehingga menambah pemasukan bagi perusahaan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kurnia et al., 2022) dengan judul “Integrasi Lean dan Green Manufacturing Untuk Mengurangi Pemborosan Proses dan Limbah Kertas Rekrutmen Karyawan Pada Industri Manufaktur di Indonesia”. Permasalahan pada proses perekrutan karyawan pada industry Pro Audio (PA) adalah lead time dan process time yang memakan banyak waktu dan limbah kertas sebanyak 191,6kg tiap bulanya. Solusi yang dihasilkan dengan menggunakan *lean* dan *green manufacturing* proses perekrutan dilakukan secara online dan dapat menghilangkan kertas menjadi 0kg/bulan serta dalam proses perekrutan menghasilkan lead time menjadi 16,4 hari dari 17,9 hari.

Penelitian yang dilakukan oleh (Silvia et al., 2021), dengan judul “Analisis Tekno Ekonomi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair Dengan Menggunakan Metode Eksperimen”. Permasalahan yang dihadapi adalah pencemaran diakibatkan oleh limbah cair tahu yang langsung dibuang pada aliran air tanpa diolah terlebih dahulu. Solusi yang usulkan dengan mengolah limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair yang dapat menambah nilai pada limbah yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hutajulu et al., 2021), dengan judul” Analisis Tekno Ekonomi Pemanfaatan Limbah Tuna Berbasis Ekonomi Biru di Kota Jayapura”. Dari penelitian dihasilkan keuntungan yang sangat besar dari penolahan limbah ikan menjadikannya pakan ikan. Dapat juga dijadikan sebagai lahan mata pencaharian bagi masyarakat setelah dianalisis dari segi tekno-ekonomi. Dengan pengolahan limbah ikan tersebut dapat membuat lingkungan tetap lestari dan membuat masyarakat sejahtera.

Penelitian yang dilakukan oleh (Mulyati, 2016), dengan judul “Analisis Tekno Ekonomi Briket Arang dari Sampah Daun Kering”. Berdasarkan hasil penelitian sampah daun kering dimanfaatkan mejadi briket arang dan secara ekonomi setelah dianalisa menjanjikan untuk dijadikan bisnis berkelanjutan kare terdapat pasokan yang tersedia.

Penelitian yang dilakukan oleh (Ihsan, 2018), dengan judul” Analisis Tekno Ekonomi Pembuatan Pelet Ikan dari Sampah Organik di Kota Pekanbaru”. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan mengingat banyaknya sampah di kota Pekanbaru kemudian sampah organik dapat diproses dan baik digunakan untuk pakan ternak contohnya ikan. Posisi pellet ini akan sangat menguntungkan bagi pembudidaya. Mengenai cakupan penjualan pellet ikan ini sangat luas dikarenakan salah satunya jumlah produksi ikan dari suatu daerah tersebut menjadi nomor satu dalam pemasok ikan.

Penelitian yang dilakukan oleh (Kaswinarni, 2008) dengan penelitian yang berjudul” Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektifitas dan efisiensi pengolahan limbah tahu bagi lingkungan. Mendapatkan hasil kesimpulan yaitu pengolahan limbah yang ada di sana diolah menjadi tempe gembus, krupuk ampas tahu, pakan ternak dan diolah juga menjadi tepung ampas tahu biasa diolah menjadi bahan campuran.

Penelitian yang dilakukan oleh (Hellin et al., 2021) dengan judul “Dampak Aktivitas Ekonomi: Produksi Pembuatan Tahu Terhadap Pencemaran Lingkungan (Studi kasus industri tahu Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan). Penelitian ini menghasilkan kesimpulan yaitu ada dua dampak dari industri tahu yang ada pertama dampak negative bagi lingkungan menimbulkan pencemaran air dan bau tak sedap ketika limbah hasil tahu dibuang secara langsung ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Kemudian dampak positifnya adalah limbah padat tahu diolah menjadi pakan ternak sapi dan dibuat menjadi oncom yang dapat dijual.

Penelitian yang dilakukan (Schindele et al., 2020) dengan judul “Implementasi agrofotovoltaik: Analisis tekno-ekonomi dari rasio harga-kinerja dan implikasi kebijakannya”. Penelitian ini bertujuan untuk Meningkatnya permintaan pembangkit listrik tenaga surya akan menyebabkan meningkatnya persaingan penggunaan lahan dan dengan demikian berpotensi menimbulkan konflik ekonomi dan sosial. Sebuah solusi untuk tantangan ini adalah untuk menghasilkan makanan dan energi dalam sistem *agrophotovoltaics* (APV).

Penelitian yang dilakukan (Veilleux et al., 2019) dengan judul “Analisis tekno-ekonomi proyek microgrid untuk elektrifikasi pedesaan: Pendekatan sistematis untuk mendesain ulang studi kasus offgrid Koh Jik”. Penelitian ini bertujuan untuk tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendesain ulang dan membiayai kembali jaringan mikro pedesaan di pulau kecil Koh Jik di Thailand. Serangkaian skenario microgrid dimodelkan dan dievaluasi menggunakan perangkat lunak HOMER dengan tujuan memberikan wawasan tekno-ekonomi tentang desain ulang berkelanjutan dari sistem pedesaan dan tangguh.



Tabel 2.1 Studi Literatur

No	Penelitian	Judul	Sumber	Metode	Permasalahan	Solusi
1.	(Auliya et al., 2021)	Analisis Penentuan Faktor Pendorong dalam Penerapan Green Manufacturing di PT. Aneka Adhilogam Karya dengan Metode Fuzzy Topsis	Jurnal Teknik Industri ISSN 2622-5131 (Online) Vol. 11 No. 2	Penerapan Green Manufacturing dengan metode fuzzy tophis	Setelah dilakukan penelitian menggunakan metode <i>green manufacturing</i> , proses produksi terdapat limbah yang kurang dalam penanganannya seperti limbah pasir dan gas buang yang dapat berefek pada pekerja karena kurangnya alat perlindungan diri.	Solusi yang didapatkan yaitu melakukan sosialisasi mengenai konsep green manufacturing dan juga tentang alat perlindungan diri kepada pegawai perusahaan. Mengelola limbah pasir dimanfaatkan sebagai bahan yang dapat value bagi perusahaan
2.	(Prabowo & Suryanto, 2019)	Implementasi Lean dan Green Manufacturing Guna Meningkatkan Sustainability pada PT. Sekar Lima Pratama	Jurnal SENOPATI e-ISSN: Vol.1 No.1, September 2019	Green manufacturing	Permasalahan yang dihadapi yaitu usaha dalam pengelolaan waste kain tenun terutama pada proses penyelesaian akhir. Dengan menggunakan eco-efficiency dan eco cost dalam usulannya. lingkungan.	Solusi yang didapatkan yaitu dengan menggunakan limbah yang sudah tidak terpakai seperti kondensat untuk umpan boiler, proses penghilangan kanji menggunakan air sisa pending mesin, proses scouring menggunakan sisa air cucian.
3.	(Prayuda et al., 2021)	Penerapan Green Manufacturing pada IKM Dadi Mulyo	Applied Industrial Engineering Journal Vol.05, No. 01, Juni	Green manufacturing	Permasalahan yang dihadapi adalah menumpuknya limbah serbuk kayu yang dapat mencapai 400kg/hari dan belum diolah sama sekali.	Dari hasil analisa yang didapatkan dengan menggunakan metode <i>green manufacturing</i> mendapatkan solusi pengolahan

			2021, pp. 30~34 ISSN 2614-235X (Printed) ISSN 2615-3033 (Online)			limbah serbuk kayu diolah menjadi bahan yang mendapatkan nilai tambah.
4.	(Silvia et al., 2021)	Analisis Tekno Ekonomi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Pupuk Oganik Cair Dengan Menggunakan Meotde Eksperimen	Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 18, No. 02, Juni 2021, pp. 274-282 ISSN 2407-0939 print/ISSN 2721-2041 online	Analisis Tekno EkonoI dengan metode Eksperimen	Permasalahan yang dihadapi yaitu pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah cair tahu yang langsung dibuang ke aliran air tanpa diolah terlebih dahulu.	Solusi yang diperoleh yaitu mengolah limbah cair tahu menjadi pupuk organic cair yang telah dilakukan eksperimen terlebih dahulu. Kemudian dilakukan analisis tekno-ekonomi dengan harga jual pupuk sebesar Rp.5.696,6 /liter, BEP diperoleh sejumlah 95,58 liter atau sejumlah pejualan sebesar Rp. 544.523,8.
5.	(Kurnia et al., 2022)	<i>Integrasi Lean dan Green Manufacturing</i> Untuk Mengurangi Pemborosan Proses dan Limbah Kertas Rekrutmen Karyawan Pada Industri Manufaktur di	Jurnal Rekayasa Sistem Industri Volume 11 No 2 - Oktober 2022	<i>Lean dan green manufacturing</i>	Permasalahan pada proses perekrutan karyawan pada industry Pro Audio (PA) adalah lead time dan process time yang memakan banyak waktu dan limbah kertas sebanyak 191,6kgtiap bulanya.	Solusi yang dihasilkan dengan menggunakan <i>lean dan green manufacturing</i> proses perekrutan dilakukan secara online dan dapat menghilangkan kertas menjadi 0kg/bulan serta dalam proses

		Indonesia				perekrutan menghasilkan lead time menjadi 16,4 hari dari 17,9 hari.
6.	(Asih et al., 2018)	Pengelolaan Produksi Bersih Industri Nata De Soya dengan Menggunakan Konsep <i>Lean And Green</i> Untuk Meningkatkan Efisiensi (Pada Home Industry Nata De Soya Bu Atun, Pleret Bantul)	Seminar Nasional IENACO - 2018 ISSN 2337-4349	Lean dan green manufacturing	saat ini industri ini belum menggunakan metode ataupun konsep tertentu untuk melakukan perbaikan. Sehingga masih terjadi pemborosan dan pembuangan limbah sembarangan yang berakibat pencemaran lingkungan.	Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa terjadi pengurangan waktu proses produksi keseluruhan dari 339,67 menit menjadi 330,56 menit yaitu sebesar 9,10 menit dan mengalami peningkatan efisiensi sebesar 2,68%. Limbah cair yang dihasilkan setiap hari 20 liter dapat dimanfaatkan sebagai pupuk cair. Pupuk cair dapat dijual dengan harga Rp. 20.000, sehingga perusahaan akan mendapatkan keuntungan kotor setiap hari sebesar Rp. 20.000 x 20 liter = Rp. 400.000.
7.	(Hutajulu et al., 2021)	Analisis Tekno Ekonomi Pemanfaatan Limbah Tuna Berbasis Ekonomi Biru di	Jurnal Ekobis: Ekonomi, Bisnis&	Analisis Tekno Ekonomi	Permasalahan yang dihadapi yaitu pengelolaan limbah sirip ikan yang terjadi di kota Jayapura belum	Solusi dengan Hasil analisis menunjukkan bahwa analisis teknoekonomi pemanfaatan

		Kota Jayapura	Manajemen Vol 11 Nomor 1 (2021)		teratasi dengan masih menggunakan model ekonomi linier yang tidak berkelanjutan.	limbah ikan cakalang layak dibuat menjadi pakan ikan organik, dengan cara pengolahan limbah ikan menjadi pakan.
8.	(Mulyati, 2016)	Analisis Tekno Ekonomi Briket Arang dari Sampah Daun Kering	Jurnal Teknoin Vol. 22 No 7 Desember 2016 : 505-513	Analisis Tekno Ekonomi	Saat ini, konsumsi energi di dunia cenderung bergantung pada bahan bakar fosil. Alternatif energi masih kurang berkembang. Indonesia memiliki potensi untuk mengembangkan energi alternatif, terutama biomassa. Salah satu biomassa ini adalah daun kering yang dapat diolah menjadi briket	Analisa tekno briket sampah daun dengan pengikat tepung tapioka dilakukan dengan analisa kadar air yaitu 25%, analisa kadar abu 13,85% kadar Carbon 61,15%, Nilai Kalor 7100,23 kalori/kg Sedangkan analisa biaya (analisa ekonomi) dihasilkan Harga Pokok Produksi Rp 2.820,00 dengan Break Even Point (BEP) pada saat produksi mencapai 15.008,75 kg atau BEP pada saat Rp42.324.675,00
9.	(Ihsan, 2018)	Analisis Tekno Ekonomi Pembuatan Pelet Ikan dari Sampah Organik di Kota Pekanbaru	Jurnal Sains, Teknologi dan Industri, Vol. 15, No. 2, Juni 2018,	Metode eksperimen	Permasalahan saat ini adalah Tingginya volume sampah di Kota Pekanbaru terutama sampah organik menyebabkan timbulnya	Solusi yang didapat dari permasalahan ini adalah hasil dari perhitungan HPP dan BEP diperoleh bahwa harga jual pelet

			pp.121 – 130 ISSN 1693-2390 print/ISSN 2407-0939 online		ide untuk memanfaatkan sampah tersebut untuk menjadi suatu hal yang lebih berguna dimana sampah tersebut dapat dijadikan bahan dalam pembuatan pakan ikan buatan	ikan dari sampah organik ini seharga Rp.6.000 per kilogram dengan laba sebesar 20% dan BEP diperoleh sebanyak 323,67 Kg selama satu tahun sehingga BEP dapat dicapai dalam waktu 43 hari.
10.	(Kaswinarni, 2008)	Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat dan Cair Industri Tahu	Jurnal Majalah Ilmiah Lontar Volume 22, pp 1-20, tahun 2008	Analisis swot	Permasalahan yang ada adalah masih banyaknya perusahaan industri tahu yang masih menggunakan teknologi sederhana sehingga penggunaan bahan baku dan air kurang efisien sehingga limbah yang dihasilkan relatif tinggi.	Hasil yang didapatkan adalah upaya pengolahannya yaitu dibuat pakan ternak, tempe gembus, kerupuk ampas tahu dan sebagian tepung ampas tahu yang digunakan sebagai bahan pembuat roti kering dan roti basah
11.	(Hellin et al., 2021)	Dampak Aktivitas Ekonomi: Produksi Pembuatan Tahu Terhadap Pencemaran Lingkungan (Studi kasus industri tahu Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan)	Holistic Journal of Management Research Volume 6, No.2, November 2021	Analisis Tekno Ekonomi	Permasalahan yang ada adalah bagaimana dampak ekonomi yang ditimbulkan oleh industri di kawasan Lampung	Hasil yang didapatkan industri tahu menghasilkan dua limbah padat dan cair dengna dampak positif dari limbah tersebut dapat dijual ke pembuat oncom dan pemilik sapi di daerah tersebut dan dampak negative yang

						ditimbulkan yaitu sering terjadinya pencemaran air sungai karena limbah cairnya langsung dibuang ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu dan menimbulkan bau tak sedap.
12.	(Veilleux et al., 2019)	Analisis tekno-ekonomi proyek microgrid untuk elektrifikasi pedesaan: Pendekatan sistematis untuk mendesain ulang studi kasus offgrid Koh Jik.	journal homepage: www.elsevier.com/locate/apenerg ; 20 November 2019	Analisis Tekno Ekonomi	Permasalahan yang ada adalah mendesain ulang sistem yang baru dengan menambahkan teknologi yang terbaru guna mendapatkan biaya yang murah dan output yang maksimal dalam membangun desa yang tangguh di Thailand	Hasil yang diperoleh adalah berbagai pelajaran dari studi kasus Koh Jik dapat meningkatkan kepercayaan investor, LSM, pemerintah dan membantu mempercepat inisiatif semacam itu di negara-negara tetangga Asia dalam perjalanan mereka menuju tingkat elektrifikasi 100%. oleh karena itu, ketika harga baterai turun, komisioning sistem yang lebih murah dan lebih bersih akan diaktifkan
13.	(Schindele et al., 2020)	Implementasi agrofotovoltaik: Analisis	journal homepage: www.elsevier.com	Analisis Tekno Ekonomi	Meningkatnya permintaan pembangkit listrik tenaga surya	Fungsi ganda APV untuk perlindungan hasil pertanian

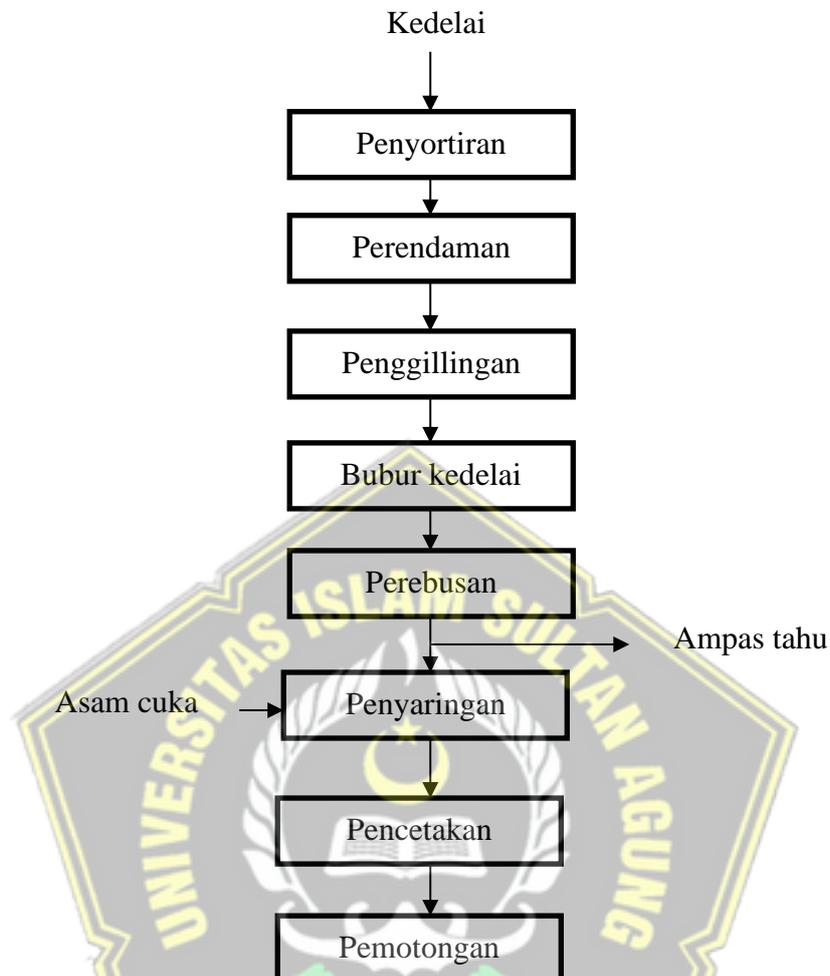
		teknno-ekonomi dari rasio harga-kinerja dan implikasi kebijakannya.	m/locate/apenergy ; 26 Maret 2020		akan menyebabkan meningkatnya persaingan penggunaan lahan, dan dengan demikian berpotensi menimbulkan konflik ekonomi dan sosial. Sebuah solusi untuk tantangan ini adalah untuk menghasilkan makanan dan energi dalam sistem agrophotovoltaics (APV)	sekaligus menghasilkan tenaga surya meningkatkan output ekonomi per area dan meningkatkan ketahanan petani terhadap dampak pemanasan global dengan mengamankan dan mendiversifikasi sumber pendapatan mereka
14.	(Susanty et al., 2015)	Penyusunan strategi untuk terwujudnya <i>green manufacturing</i> atas dasar faktor-faktor yang menjadi prioritas	2nd Annual Conference in Industrial and System Engineering Semarang, 7 Oktober 2015	<i>Green Manufacturing</i>	Permasalahan yang didapatkan yaitu harga jual yang ditawarkan masih lebih tinggi dibandingkan dengan harga jual produk dengan spesifikasi serupa yang diproduksi oleh luar negeri.	Menghasilkan usulan strategi dengan memanfaatkan metode <i>green manufacturing</i> dengan menambahkan perencanaan Langkah implementasi pada strategi yang telah dioptimalisasikan GM pada IKM Batik Kota Pekalongan

2.2 Landasan Teori

2.2.1 Proses Pembuatan Tahu

Tahu merupakan makanan hasil olahan dari kacang kedelai yang mudah diproduksi dan mengandung banyak gizi. Banyak usaha kecil maupun menengah yang memproduksi tahu dengan cara tradisional atau dengan cara modern. (AP & Perdana, 2022) Proses produksi tahu dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu sebagai berikut:

1. Menyortir kedelai yaitu setelah kedelai tiba dari pemasok selanjutnya dilakukan penyortiran untuk mendapatkan hasil yang terbaik.
2. Perendaman dan pencucian merupakan proses supaya kedelai menjadi lembek untuk memudahkan proses penggilingan. Kedelai direndam selama 4-5 jam. Setelah perendaman kemudian dilanjutkan pencucian yang bertujuan untuk membersihkan kotoran hasil rendaman.
3. Penggilingan adalah proses pembuatan tahu untuk menjadikan bubur kedelai, penggilingan bertujuan untuk mempermudah pengeluaran protein susu kedelai.
4. Perebusan dan penyaringan bubur kedelai merupakan proses perebusan bubur kedelai sampai mendidih sebelum dilakukan penyaringan untuk memperoleh susu kedelai dengan cara menyaring dengan kain belacu yang sudah ditempelkan di atas bak penampung. Kemudian dilakukan pengasaman dengan bahan sisa penggumpalan kemarin.
5. Pencetakan dan pemotongan adalah proses susu kedelai yang sudah digumpalkan diletakkan ke dalam pencetakan untuk menjadikan tahu. Teknik pencetakan tahu dilakukan dengan cara menumpuk cetakan tahu yang sudah berisi gumpalan susu kedelai yang berfungsi untuk pengepresan. Tahu kemudian dipotong sesuai dengan ukuran yang ditentukan.



Gambar 2.1 Flowchart produksi tahu

2.2.2 Limbah

Limbah atau sampah merupakan hasil dari proses produksi industri atau rumah tangga yang sudah tidak memiliki nilai ekonomis dan keberadaannya di tempat tertentu tidak dikehendaki lingkungan. Kehadiran limbah dapat menimbulkan efek negative bagi lingkungan terutama kesehatan manusia karena terdapat bahan-bahan kimia dalam kandungan limbah tersebut sehingga perlu adanya pengolahan terhadap limbah. Tingkat bahaya yang ditimbulkan limbah bermacam-macam tergantung dari karakteristik limbah (Widjajanti, 2009).

Limbah padat tahu merupakan ampas tahu yang dihasilkan dari proses pemisahan bubur kedelai. Ampas tahu sendiri masih terdapat kandungan protein yang tinggi sehingga dapat diolah kembali (Erawati & Musthofa, 2013).

Penggunaan tepung ampas tahu sebagai bahan campuran gandum memiliki manfaat seperti suatu produk yang masih mengandung nilai gizi dan nilai ekonomi serta menjadikan lingkungan bersih (Rahayu et al., 2016)

Tabel 2. 1 Kandungan ampas tahu

Komposisi	Kadar (%wb)
Air	82,20
Protein	4,71
Lemak	1,94
Karbohidrat	11,07
Abu	0,08

2.2.3 *Green Manufacturing*

Green Manufacturing merupakan suatu proses produksi yang menggunakan input dengan dampak lingkungan yang relatif rendah, sangat efisien, dan menghasilkan sedikit bahkan tidak ada limbah atau polusi. *Green Manufacturing* juga mengarahkan untuk mendesain sistem manufaktur yang ramah lingkungan dengan cara mengubah pengelolaan bahan baku, penggunaan energi, proses produksi, dan mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan. *Green Manufacturing* juga dianggap sebagai proses inovatif karena potensi dan alasan yang bermanfaat seperti minimalisasi limbah, pencegahan polusi, konservasi energi dan masalah kesehatan dan keselamatan (Susanty et al., 2015)

Green manufacturing adalah suatu metode untuk meminimalkan limbah dan atau polusi yang disebabkan oleh proses manufaktur. *Green manufacturing* mendasarkan pada sistem produksi yang berkelanjutan (*sustainable production system*) dalam menghasilkan sebuah produk. Produk industri tersebut memiliki siklus hidup, mulai dari perancangan, pembuatan, distribusi, pemanfaatan dan sisa produk yang memiliki dampak kerusakan terhadap lingkungan dan kesehatan, serta mengkonsumsi sumber daya alam seminimal mungkin (material dan energi). Industri yang menerapkan *green manufacturing* akan memiliki performa industri yang ramah lingkungan serta efisien dari segi ekonomi. Manufaktur itu sendiri adalah proses keindustrian untuk membuat suatu barang jadi atau setengah jadi dari mulai bahan baku melalui proses teknologi. Arti manufaktur asal mulanya adalah

membuat barang dengan tangan (*manual*). Manufaktur bukan hanya sekedar ilmu akan tetapi menyangkut dengan laku (*practice*). Disebutkan dalam manufaktur berlaku “ilmu tanpa laku = kosong (*science without practice = no fruit*) tapi laku tanpa ilmu = kerdil (*practice without science = no root*). Diatas sekilas dibahas mengenai apa itu *green manufacturing* dan manufaktur secara singkatnya. Pada acara seminar yang diadakan di Kampus D Gunadarma pada tanggal 02 April 2014 membahas mengenai “Seminar *Green Manufacturing* untuk Mencapai Industri yang Berkelanjutan”(Amaranti et al., 2017).

Konsep dasar dari *green manufacturing* yang dijelaskan oleh bapak Dr.Ir Emirul Bahar, MT. Realitas dalam manufaktur ialah pembuatan suatu produk misal (mobil/secara modern, tahu/ secara konvensional). Kedua proses produksi tersebut adalah sama-sama mengeluarkan limbah. Hanya bentuk limbahnya saja yang berbeda sesuai dengan jenis produksinya itu seperti apa. Seperti dalam istilah “*we borrow the earth from our descendants*”. Perusahaan industri yang semakin berkembang membuat limbah yang dihasilkan juga semakin tinggi. Pencemaran akan lingkungan juga semakin diperparah dengan adanya limbah industri selain persentase utama di duduki oleh limbah rumah tangga. Akan tetapi masalah limbah industri juga menjadi permasalahan besar mengingat ada beberapa limbah dari industri elektronik misalnya itu dapat berbahaya bagi lingkungan. Menanggapi hal tersebut maka sedang dikembangkanlah *green manufacturing*. Antisipasi yang dilakukan dalam penanganan limbah industri adalah meminimasi polusi dan limbah. Hal tersebut dikarenakan limbah dari sisa produksi tidak mungkin dihilangkan karena itu mutlak ada. Tujuan dari *green manufacturing* adalah *sustainability* atau ketahanan. Manfaat dari *green manufacturing* itu sendiri adalah salah satunya dapat menghemat biaya-biaya mubadzir seperti preventif lebih baik daripada kuratif. Proses *green manufacturing* pegawai diikutsertakan atau dilibatkan dalam proses design-daur ulang. Perusahaan tetap perlu memikirkan *green manufacturing* untuk kualitas atau peningkatan produksi. Proses *green manufacturing* itu sendiri memiliki manfaat yaitu dapat membentuk reputasi yang baik terhadap masyarakat, memberikan investasi berlebih di awal, meningkatkan sistem manufaktur *green design*, pengembangan sistem manufaktur yang inovatif.

Green manufacturing berkaitan erat dengan *Sustainable manufacturing (SM)*. *Sustainability* dapat diperoleh dengan melakukan konsep *Green* (Amaranti et al., 2017).

Sustainable Manufacturing sendiri diartikan sebagai "penciptaan produk yang bernilai ekonomis melalui proses yang meminimalkan dampak negative terhadap lingkungan, menghemat energi dan sumber daya alam, serta melestarikan sumber daya alam dan energi untuk menjamin ketersediaannya di masa yang akan datang. Proses yang dilakukan juga harus aman bagi karyawan, masyarakat, dan konsumen." *Sustainable Manufacturing* merupakan evolusi dari sistem manufaktur mulai dari sistem manufaktur yang tradisional, kemudian *lean manufacturing* yang fokus pada pengurangan pemborosan (*waste reduction based*), *green manufacturing* dengan 3R, hingga akhirnya pada konsep *sustainable manufacturing* dengan pendekatan 6R pada siklus hidup produk. Penerapan *Sustainable Manufacturing* mengarah pada tercapainya pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) sebagaimana dikemukakan oleh Komisi Dunia tentang Lingkungan dan pembangunan diartikan sebagai "pembangunan yang memenuhi kebutuhan saat ini tanpa mengorbankan kemampuan generasi mendatang untuk memenuhi kebutuhan mereka sendiri." (Amaranti et al., 2017)

2.2.4 Konsep *Green Manufacturing*

Konsep *green* meliputi proses pembuatan produk dengan penggunaan material minimal dan proses yang meminimasi dampak negatif terhadap lingkungan, hemat energi dan sumber daya alam, aman bagi karyawan, masyarakat, dan konsumen, dengan tetap bernilai ekonomis (Dornfeld, 2014). Istilah *green* juga dapat digunakan untuk menunjukkan atau mengacu pada rangkaian kegiatan untuk mengurangi dampak dari sebuah proses atau sistem manufaktur terhadap lingkungan jika dibandingkan dengan kondisi awal, seperti pengurangan limbah berbahaya yang dihasilkan, mengurangi penggunaan pendingin (*coolant*) pada proses permesinan, atau mengubah campuran energi yang digunakan sehingga memungkinkan untuk penggunaan sumber energi terbarukan (Dornfeld, 2014). *Green Manufacturing (GM)* juga dikenal dengan sejumlah nama yang berbeda atau istilah *clean manufacturing*, *environmentally conscious manufacturing*,

environmentally benign manufacturing, environmentally responsible manufacturing, sustainable manufacturing), atau *sustainable production*. GM adalah metode manufaktur yang meminimalkan limbah dan polusi melalui desain produk dan proses. (Susanty et al., 2015)



Gambar 2. 2 Konsep *Green manufacturing*

2.2.5 *Life Cycle Assessment*

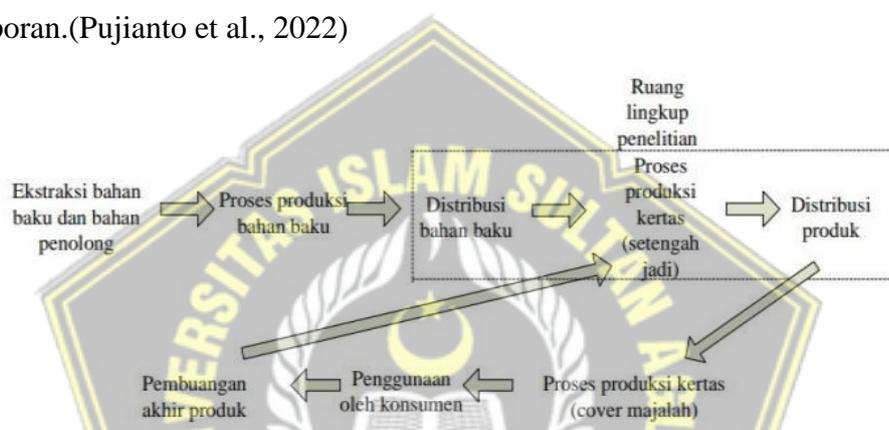
Life cycle assessment (LCA) biasa digunakan sebagai pendekatan dalam menganalisis dampak yang ditimbulkan pada proses pembuatan produk terhadap lingkungan. Secara umum LCA merupakan metode yang digunakan untuk menerapkan perbaikan pada lingkungan, mengevaluasi dampak yang ditimbulkan dan menghitung juga dalam penggunaan sumber daya alam, energi serta pembuangan yang ditimbulkan dari produksi ke lingkungan. Konsep *life cycle assessment* didasari dari pemikiran bahwa suatu system industry tak lepas kaitanya dengan lingkungan tempat industry itu ditempatkan. LCA sering digunakan dalam pendekatan dalam menghitung efek lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan produksi mulai dari penentuan material kemudian dilakukanya produksi dan penggunaan serta pada pengolahan limbah yang dihasilkan. (Harjanto et al., 2022)

Terdapat empat tahapan atau aspek dalam metode LCA diantaranya ruang lingkup, *life cycle inventory* (LCI) dan *impact assessment* serta *improvement assessment*. Prosedur dari LCA merupakan bagian dari ISO 14000, ISO 14040:

2006 (ISO 14044 diganti dengan versi dari ISO 14041 menjadi ISO 14043). Ada beberapa tahapan pada LCA diantaranya:

2.2.5.1 Goal and Scope Definition

Tahapan ini adalah proses mengidentifikasi alasan untuk melaksanakan LCA dan menentukan ruang lingkup, batasan, serta unit fungsional dalam penelitian. Ruang lingkup dijabarkan meliputi tujuan penelitian yang akan dituju, batasan fungsi system yang diamati, penentuan produk, proses yang diteliti, penentuan parameter, pengukuran, pendekatan alokasi, data yang diperlukan dan tipe pelaporan. (Pujiyanto et al., 2022)



Gambar 2. 3 Ruang Lingkup Penelitian

2.2.5.2 Life Cycle Inventory

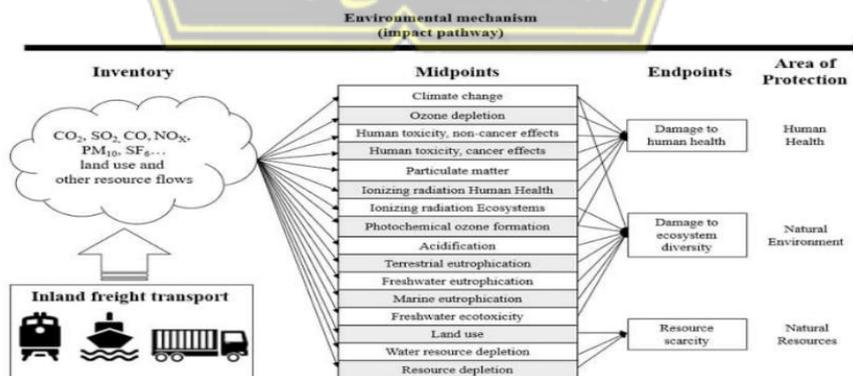
Tahapan pengumpulan data yang berupa penginputan bahan baku yang akan digunakan untuk produksi tahu, energi, serta alat transportasi adalah tahapan *life cycle inventory*. Tahapan ini menghasilkan penggabungan input distribusi bahan baku serta proses produksi sehingga membentuk sebuah *life cycle*. Dari tahapan ini nantinya dapat diketahui proses mana yang memberikan dampak besar bagi lingkungan. (Harjanto et al., 2022)



Gambar 2. 4 Life Cycle Inventory Analysis

2.2.5.3 Life Cycle Impact Assessment

Tahapan ini melakukan perhitungan yang berguna untuk mengetahui dampak lingkungan yang ditimbulkan dari kegiatan produksi Perusahaan. Terdapat 3 langkah pada tahapan ini diantaranya *characterization*, *normalization* dan *weighting*. Karakterisasi menampilkan cara untuk membandingkan secara langsung hasil pada tiap kategori LCA. Normalisasi bertujuan memberikan besaran relative dampak potensial dan penggunaan sumber daya dan menyajikan hasil dengan bentuk pembobotan akhir serta pengambilan keputusan. Pembobotan dilakukan dengan mengalikan hasil normalisasi oleh factor bobot. Setelah pembobotan, semua dampak lingkungan di konversikan ke *single score*. Dari tiga langkah tersebut dapat diketahui kegiatan yang menimbulkan dampak lingkungan yang besar. (Harjanto et al., 2022)



Gambar 2. 5 Life Cycle Impact Assessment

2.2.5.4 Interpretation Step

Merupakan tahap interpretasi dari seluruh tahap yang sudah dilakukan sebelumnya. Setelah mengetahui kegiatan yang menimbulkan dampak besar, langkah selanjutnya yaitu menganalisa mengenai system yang memiliki dampak lingkungan. Dengan melakukan analisa pada proses produksi, diharapkan pada alternatif perbaikan dilakukan sesuai dengan permasalahan yang terjadi pada Perusahaan. Interpretasi akan mengarah pada perbaikan guna menurunkan dampak yang disebabkan dari system, produk atau kegiatan yang dianalisa.

2.2.6 Analisis Tekno Ekonomi

Analisis tekno ekonomi menyediakan suatu dasar kuantitatif dalam unit moneter untuk mengambil keputusan dalam masalah teknik. Perhatian ditekankan dalam pada aspek teknik maupun ekonomi terhadap suatu permasalahan secara lengkap (Wright, 1983).

Aspek teknis, manajemen dan administrasi, finansial ekonomis merupakan beberapa hal yang perlu dikaji dalam menentukan kelayakan suatu proyek yang akan dilaksanakan ketika melakukan analisi proyek secara lengkap.

Menurut (Siswanto, 1989) kriteria seperti aspek teknis teknologis, aspek finansial, aspek pemasaran, serta aspek manajemen operasional merupakan aspek yang harus ada dalam evaluasi tekno ekonomi.

Analisis terhadap pasar dan pemasaran pada suatu usulan proyek ditujukan untuk mendapatkan gambaran tentang pangsa pasar yang dapat diserap oleh proyek tersebut dari keseluruhan pasar potensial serta perkembangan pangsa pasar tersebut di masa yang akan datang, dan jenis strategi pemasaran yang digunakan untuk mencapai pangsa pasar yang ditetapkan (Husnan & Suwarsono, 2000).

2.2.7 Biaya

Biaya merupakan suatu pengeluaran atau pengorbanan yang dilakukan dengan tujuan memperoleh manfaat lebih dari aktivitas yang dilakukan untuk mendapatkan barang atau jasa. Pengorbanan dapat berupa uang atau materi lainnya yang setara dengan nilai uang. Pengertian biaya ada dua istilah yang perlu diperhatikan yaitu biaya merupakan pengorbanan yang dilakukan untuk memperoleh suatu tujuan yang diukur dengan nilai. Kemudian pengeluaran

biasanya berkaitan dengan uang yang dikeluarkan untuk mendapatkan hasil tertentu.

Dalam bisnis, biaya merupakan semua aktivitas yang dapat diukur menggunakan satuan uang. Aktivitas itu sendiri adalah pengorbanan material, pikiran, tenaga, dan waktu dalam mencapai tujuan. Sementara itu tujuan dari bisnis adalah untuk mendapatkan laba. Oleh karenanya aktivitas yang dilakukan sering diperhitungkan dalam keuntungan dan pengorbanan (*benefit cost ratio*).

Menurut (Drs. M. Giatman, 2011) biaya terdapat dua istilah yang perlu diperhatikan:

1. Biaya (*cost*), yang dimaksud adalah pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang.
2. Pengeluaran (*expencc*), biasanya berkaitan dengan sejumlah uang yang dibayarkan untuk mendapatkan suatu hasil yang diharapkan.

Dari pengertian diatas bisa disimpulkan biaya (*coast*) memiliki arti yang lebih luas dan mendalam dari pengeluaran (*expences*).

Rencana dan pengendalian biaya bergantung pada biaya yang dikorbankan oleh perusahaan terkait dengan perilaku biaya yang dibagi menjadi tiga golongan sebagai berikut (Choiriyah et al., 2016):

1. Biaya Tetap (*fixed coast*)
Biaya tetap merupakan biaya yang dikeluarkan dari perusahaan ketika produksi maupun tidak produksi dan tidak dipengaruhi dengan volume kegiatan, biaya per unit akan semakin rendah ketika volume produksi banyak.
2. Biaya variabel (*variable coast*)
Biaya variabel sendiri diartikan biaya yang jumlahnya berubah dengan dipengaruhi jumlah output aktivitas, dengan biaya perunit tetap dalam batas waktu tertentu.
3. Biaya semivariabel
Biaya semivariable atau biaya campuran merupakan biaya yang memperhatikan karakteristik dari biaya variable dan biaya tetap.

2.2.8 Harga Pokok Produksi

Harga pokok produksi adalah semua biaya yang berkaitan dengan produk yang didapatkan dan terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi biaya produk seperti biaya bahan baku, biaya overhead, dan biaya tenaga kerja langsung.

Harga pokok produksi merupakan salah satu faktor penting dalam keberhasilan perusahaan. Harga pokok produksi berkaitan dengan faktor-faktor terkait kesuksesan perusahaan, seperti laba yang didapatkan oleh perusahaan yang bergantung pada rasio harga penjualan dan harga produk itu sendiri.

Menurut (Bustami & Nurlela, 2013) harga pokok produksi merupakan kumpulan biaya produksi yang terdiri dari bahan baku, tenaga kerja langsung, dan biaya overhead pabrik ditambah persediaan produk dalam proses awal dan dikurangi persediaan produk dalam proses akhir. Harga pokok produksi terikat pada periode waktu tertentu. Harga pokok produksi akan sama dengan biaya produksi apabila tidak ada persediaan produk dalam proses awal dan akhir.

Sunarto dalam kutipan (Sari, 2018) mengemukakan harga pokok produksi merupakan faktor dari biaya produksi. Harga pokok berasal dari perhitungan harga pokok produk dengan memperhatikan perhitungan terhadap biaya bahan baku, biaya tenaga kerja dan overhead pabrik.

Armanto Wijatsono dalam kutipan (Kristanti, 2013) mengemukakan harga pokok produksi merupakan metode penyampaian informasi biaya produk and jasa yang bersumber dari informasi akuntansi biaya dan system biaya.

Dengan demikian, harga pokok produksi merupakan semua biaya yang dikorbankan perusahaan ketika menghasilkan suatu produk. Faktor terpentingnya adalah pengendalian biaya produksi karena perusahaan seringkali ketika melakukan produksi produk yang akan ditawarkan ke konsumen dengan menginginkan keuntungan maksimal. Untuk mengatasinya diperlukan penentuan harga pokok produksi yang digunakan perusahaan dalam menghitung seberapa besar harga pokok produksi yang diperlukan perusahaan.

2.2.9 Metode Pengumpulan Harga Pokok Produksi

Dalam menentukan harga pokok produksi (Bustami & Nurlela, 2013) mengemukakan bagaimana memperhitungkan biaya terhadap suatu produk atau

jasa atau pesanan, dengan memasukkan sebagian biaya saja atau dengan memasukkan seluruh biaya yang diperlukan untuk produksi. Dalam menentukan harga pokok produksi terdapat dua pendekatan yaitu:

1. *Full costing*

Full costing merupakan salah satu metode penentuan biaya produksi yang berperilaku tetap ataupun variable yang diantaranya biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya overhead pabrik. Metode *full costing* ini memasukan biaya overhead pabrik kedalam biaya tetap ataupun variable dalam menentukan harga pokok. Berikut ini merupakan harga pokok produksi metode *full costing* (Henri Slat et al., 2013):

Tabel 2. 2 *full costing*

Biaya bahan baku	xxx	
Biaya tenaga kerja langsung		xxx
Biaya overhead pabrik variable	xxx	
Biaya overhead pabrik tetap		<u>xxx +</u>
Harga pokok produksi	xxx	
Biaya administrasi dan umum		xxx
Biaya pemasaran	<u>xxx +</u>	
Biaya komersil	<u>xxx +</u>	
Total harga pokok produk		xxx

Metode *full costing* mempunyai karakteristik yang menjadi tolak ukur yaitu sebagai berikut (Adnyana, 2019):

- a. Perhitungan biaya produksi dilakukan dengan memasukkan biaya tetap dan biaya variabel.
- b. Menganut konsep biaya produk untuk perhitungan biaya produk dan menganut konsep biaya periodic untuk perhitungan biaya produksi nonvariabel.
- c. Laporan biaya ditunjukkan untuk memenuhi kepentingan pihak eksternal.
- d. Laporan laba rugi disajikan dalam format tradisional.
- e. Analisis biaya dilakuakn oleh pihak internal untuk perhitungan biaya eksternal.

2. *Variable costing*

Metode penetapan harga pokok yang dinilai lebih bermanfaat untuk pengambilan keputusan manajemen adalah metode *variable costing* yang merupakan metode penentuan harga pokok produksi yang hanya membebaskan biaya produk yang dapat berubah secara langsung mengikuti perubahan kuantitas produk yang diproduksi. *Variable costing* terdiri dari biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead variable* pabrik dan hanya menghitung biaya produksi yang berperilaku variabel dalam perhitungannya (Henri Slat et al., 2013). Berikut unsur dari harga pokok produksi dengan metode *variable costing*:

Tabel 2. 3 *variable costing*

Biaya bahan baku	Rpxxx
Biaya tenaga kerja langsung	Rpxxx
Biaya <i>overhead variable</i> pabrik	<u>Rpxxx+</u>
Harga pokok produksi	Rpxxx

Biaya-biaya yang diperhitungkan dalam *variable costing* juga dapat dikelompokkan berdasarkan fungsi pokok organisasi perusahaan manufaktur, yakni yang terdiri dari biaya produksi variabel (biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung, dan biaya *overhead* pabrik variabel) dan biaya nonproduksi variabel (biaya pemasaran variabel serta biaya administrasi dan umum variabel) untuk kemudian ditambah lagi dengan biaya tetap yang terdiri dari biaya *overhead* pabrik tetap, biaya pemasaran tetap, serta biaya administrasi dan umum tetap. Sama halnya dengan metode *full costing*, metode *variable costing* juga memiliki karakteristik tersendiri diantaranya seperti berikut ini (Adnyana, 2019):

- a. Perhitungan biaya produksi dilakukan dengan hanya memasukkan biaya variabel saja.
- b. Menganut konsep biaya produk untuk perhitungan biaya produk variabel dan menganut konsep biaya periodik untuk perhitungan biaya produksi nonvariabel.

- c. Laporan biaya ditunjukkan untuk memenuhi kepentingan pihak internal.
- d. Laporan laba rugi disajikan dengan format kontribusi.
- e. Analisis biaya dilakukan oleh pihak internal untuk keperluan perencanaan laba, penetapan harga pokok, pengendalian biaya, dan pengambilan keputusan internal.

Secara ringkas kegunaan-kegunaan *Variable costing* adalah sebagai berikut ini:

- a. Membebani seluruh biaya tetap kepada perhitungan laba rugi.
- b. Sebagai dasar perencanaan laba
- c. Sebagai dasar pengambilan keputusan reduksi biaya.
- d. Memisahkan beban menurut perilaku biaya.
- e. Memudahkan penyusunan laba rugi segmen tingkat unit, tingkat *batch*, dan tingkat produk.

Dalam menghitung harga pokok per produk bisa dilakukan dengan menggunakan rumus yaitu sebagai berikut (Soei et al., 2014):

$$\text{Harga Pokok Per Produk} = \frac{\text{Total Biaya Variable}}{\text{Jumlah Produk yang Dihasilkan}}$$

Harga jual pada produk bisa ditentukan dengan jumlah total biaya produksi dengan laba yang diinginkan dan dibagi total jumlah produk. Dengan perhitungan seperti berikut (Soei et al., 2014):

$$\text{Harga Jual Produk} = \frac{\text{Total Biaya Produksi} + \text{Laba yang diinginkan}}{\text{Total Produksi}}$$

2.3 Hipotesa dan Kerangka Teoritis

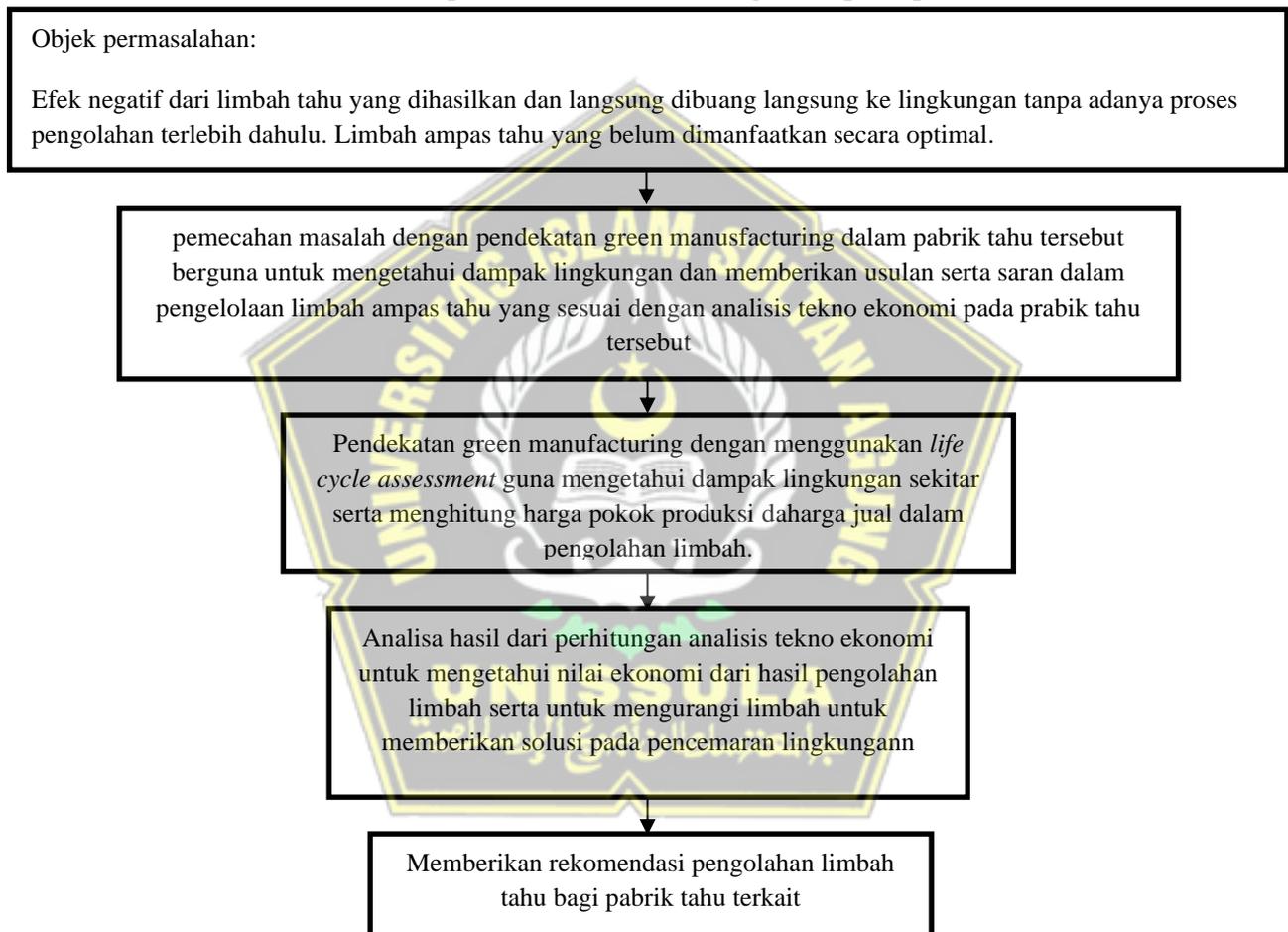
2.3.1 Hipotesis

Menurut (Sugiyono, 2000), hipotesis merupakan jawaban sementara terhadap masalah penelitian, setelah mengemukakan landasan teori dan kajian pustaka. Hipotesis dalam penelitian ini yaitu menggunakan pendekatan *Green Manufacturing* dengan menggunakan *life cycle assessment* untuk mengetahui

dampak yang ditimbulkan oleh produksi dan Analisis tekno ekonomi, dengan menganalisis hasil olahan limbah ampas tahu. Kemudian juga mengithung ongkos pembuatan atau besaran modal yang ditanam dari bahan baku menjadi barang jadi. Selanjutnya dilakukan perhitungan atau menentukan harga jual hasil pengolahan limbah ampas tahu yang telah diolah menjadi produk jadi.

2.3.2 Kerangka Teoritis

Berikut ini merupakan skema dari kerangka berpikir penelitian:



Tabel 2. 4 Kerangka teoritis

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Pengumpulan Data

Dalam tahap ini dilakukan pengumpulan data-data yang dibutuhkan untuk penelitian. Adapun data-data penelitian:

a. **Data Primer**

Data primer adalah data yang diperoleh langsung dari perusahaan yang berupa opini subjek secara individual, hasil observasi. Data ini didapat dari wawancara kepada pihak UKM pabrik tahu di desa Jubelan dan kejadian di lapangan di pabrik tersebut khususnya yang ada di usaha pembuatan tahu dan cara penanganan limbah di pabrik tersebut.

b. **Data Sekunder**

Diperoleh peneliti secara tidak langsung. Suatu cara yang dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai segala hal yang dilakukan dalam penelitian seperti jurnal yang berhubungan untuk membantu penelitian. Data sekunder pada penelitian ini adalah data limbah produksi dan dokumen perusahaan terkait penelitian.

3.2 Teknik Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam pengumpulan data pada penelitian ini dengan cara observasi lapangan, wawancara, dan studi Pustaka.

a. **Observasi Lapangan** bertujuan untuk mengetahui keadaan aktivitas dan kegiatan di pabrik khususnya penanganan limbah dan seberapa banyak limbah yang dihasilkan. gambaran tersebut diharapkan dapat mengetahui seberapa banyak limbah yang dihasilkan dan juga cara penanganannya. kegiatan ini bertujuan untuk mendapatkan informasi sebanyak- banyaknya yang dibutuhkan untuk penelitian.

b. **Wawancara** dalam tahap wawancara ini dilakukan wawancara langsung pada pemilik pabrik. tahap ini didapatkan untuk memperoleh data banyaknya limbah dan cara penanganan limbahnya.

- c. Studi Pustaka Pada Studi pustaka berguna sebagai literatur riview atau acuan peneliti untuk menganalisis permasalahan dan penyelesaiannya dengan cara mencari referensi dari beberapa sumber berupa buku-buku, jurnal, artikel ilmiah, dan lain-lain yang dapat mendukung dalam penelitian dan kemudian dapat digunakan untuk menyelesaikan masalah sesuai dengan topik.

3.3 Pengolahan Data

Tahap selanjutnya adalah pengolahan data. Pada tahap berfokus pada indentifikasi limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu, mencari tahu banyaknya limbah yang dihasilkan, melakukan penanganan limbah tahu, pembuatan solusi penanganan limbah, menentukan produk baru yang akan dibuat dari olahan limbah tahu, menghitung biaya dari produk baru yang sudah dibuat dengan menggunakan perhitungan dibantu dengan *software*.

3.4 Pembahasan

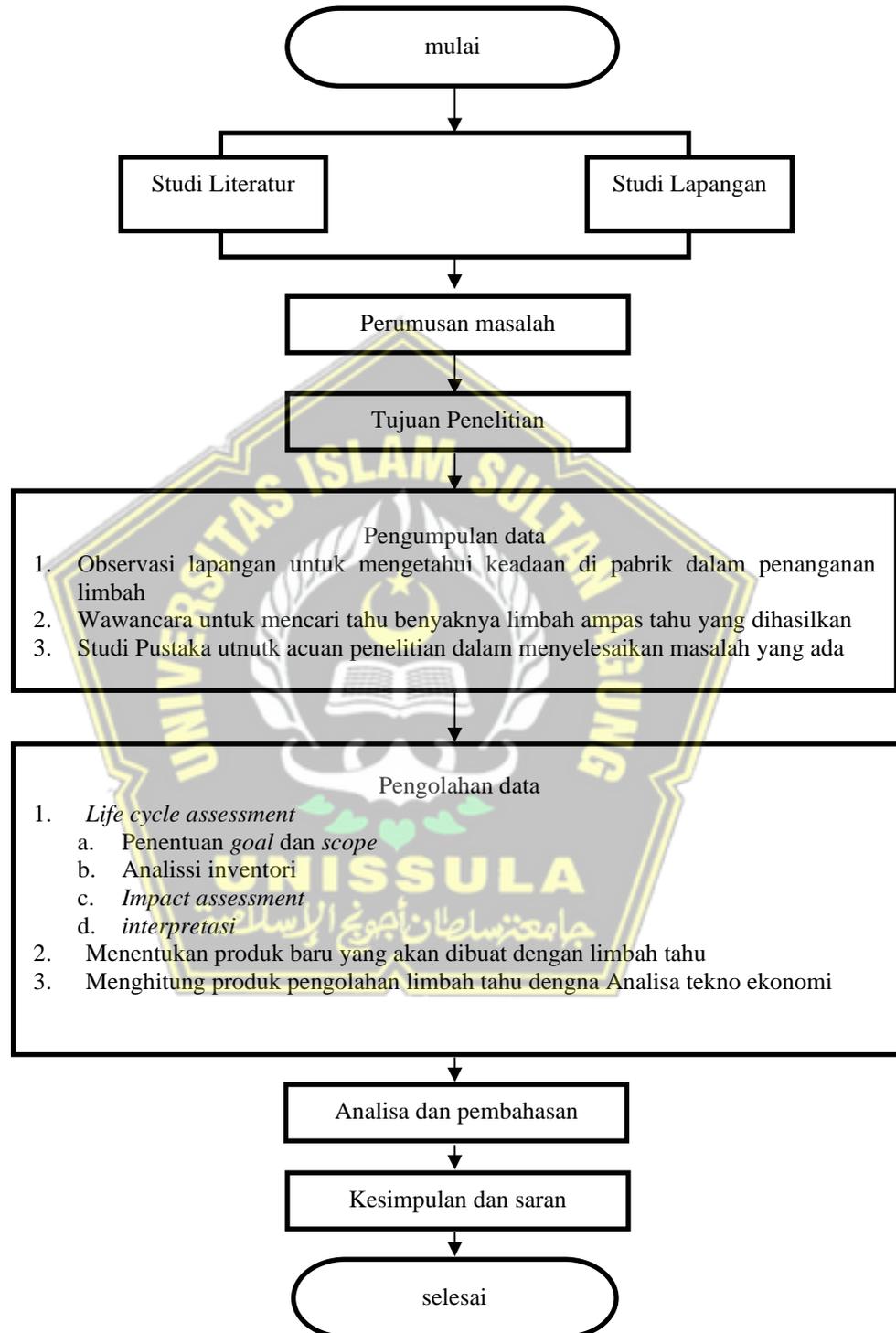
Pada tahap ini pembahasan peneliti berfokus pada penanganan limbah dan seberapa banyak limbah tahu dihasilkan setelah itu mengusulkan untuk mengolah limbah tersebut menjadi produk baru yang memiliki nilai tambah perusahaan.

3.5 Penarikan Kesimpulan

Tahap akhir penelitian ini adalah penarikan kesimpulan dari hasil yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan. Kesimpulan merupakan jawaban dari permasalahan yang ada.

3.7 Diagram Alir

Berikut ini adalah diagram alir tugas akhir.



Gambar 3. 1 Diagram alir

BAB IV

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengumpulan Data

Pada bab ini akan dijelaskan mengenai data yang dikumpulkan untuk dilakukan pengolahan berdasarkan metode yang dipilih untuk didapatkan hasil pembahasan dan Analisa dalam penelitian ini.

4.1.1 Data Produksi

Berdasarkan hasil wawancara dengan pemilik pabrik tahu secara langsung dalam sehari produksi mampu menghasilkan tahu sebanyak 80 papan kayu dengan ukuran 45x45 sentimeter dengan 2 kwintal kedelai yang diperoleh dari pemasok kedelai. Dari hasil produksi tersebut juga menghasilkan limbah cair dan limbah ampas tahu.

Adapun data lainnya adalah penanganan limbah selama ini yang dilakukan oleh pabrik, sebagai berikut:

1. Pada limbah cair pabrik ini membuang secara langsung ke aliran air yang ada pada sekitaran pabrik.
2. Pada limbah ampas tahu Sebagian digunakan untuk campuran pakan ternak sapi dan diberikan kepada warga yang menginginkan sisanya dibuang juga pada aliran air yang ada di sekitaran pabrik.

4.1.2 Pengujian Limbah Tahu

Berikut merupakan hasil dari uji lab limbah yang dilakukan:

Tabel 4. 1 Hasil uji Lab limbah

No	Nama Parameter	Hasil	Baku Mutu	Satuan	Metode
1	TSS	233	100	mg/L	SNI 06.6989.3.2004
2	pH*	4,20	6-9	-	SNI 6989.11.2019
3	BOD	1343	150	mg/L	SNI 6989.72.2009
4	COD*	5938	275	mg/L	SNI 6989.73.2019

Tanda *: Sudah masuk ruang lingkup Akreditasi KAN ISO/IEC 17025:2017

Tabel 4.1 diatas merupakan hasil Pengujian yang dilakukan untuk mendapatkan data tambahan dari kadar air limbah yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu di pabrik tersebut sebelum dilakukan pengolahan data lebih lanjut.

Pengujian limbah ini dilakukan di Balai Laboratorium Kesehatan Dan Pengujian Alat Kesehatan yang bertempat di Jl. Soekarno Hatta No.185, Tlogosari Kulon, Kec. Pedurungan, Kota Semarang, Jawa Tengah 50196.

4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Goal and Scope Pembuatan Tahu

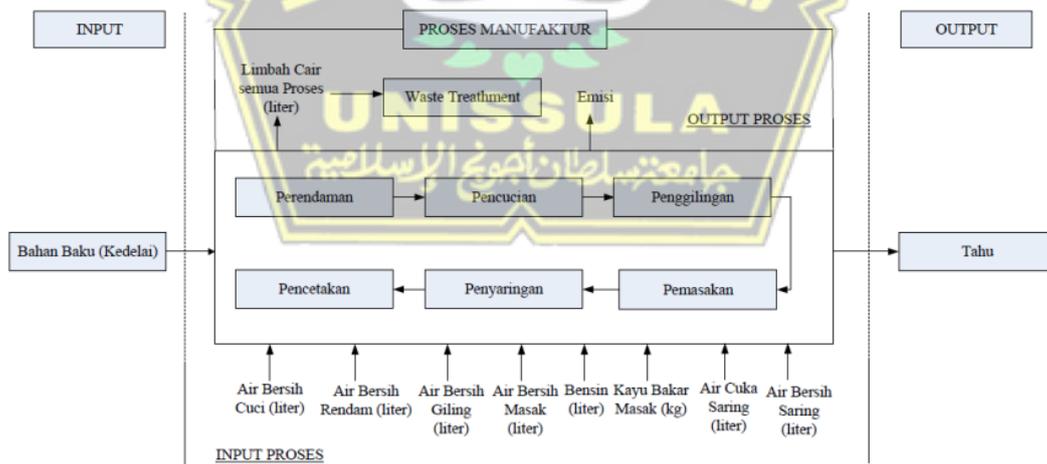
Tahapan pada *life cycle assessment* merupakan sasaran dan lingkup yang bertujuan untuk mendeskripsikan sasaran, sistem yang akan dievaluasi, Batasan dan hubungan dengan dampak dari sistem yang bersangkutan pada produksi tahu. Sasaran dan lingkup LCA produksi tahu desa Jubelan diantaranya:

4.2.1.1 Goal Pembuatan Tahu

Goal ini bertujuan untuk mengidentifikasi limbah dan menganalisa dampak pada lingkungan hasil dari proses produksi pabrik. Penelitian kali ini menggunakan tahu sebagai objek penelitian.

4.2.1.2 Scope Pembuatan Tahu

Penelitian ini menggunakan “*cradle to gate*” yang berisi proses produksi pada tahu. Data diambil langsung dengan pengamatan di pabrik pembuatan tahu.



Gambar 4. 1 Scope Produksi Tahu Desa Jubelan

Berikut penjelasan dari gambar ruang lingkup diatas:

1. *Input* ini disini hanya pada proses pembuatan tahu tidak termasuk *input* dari bahan baku. *Output* berupa tahu termasuk dalam analisa dalam perhitungan
2. Perhitungan menggunakan bantuan *software* Simapro.

3. *Output* perhitungan Simapro merupakan dampak lingkungan dari produksi tahu.

4.2.2 *Life Cycle Inventory* Produksi Tahu

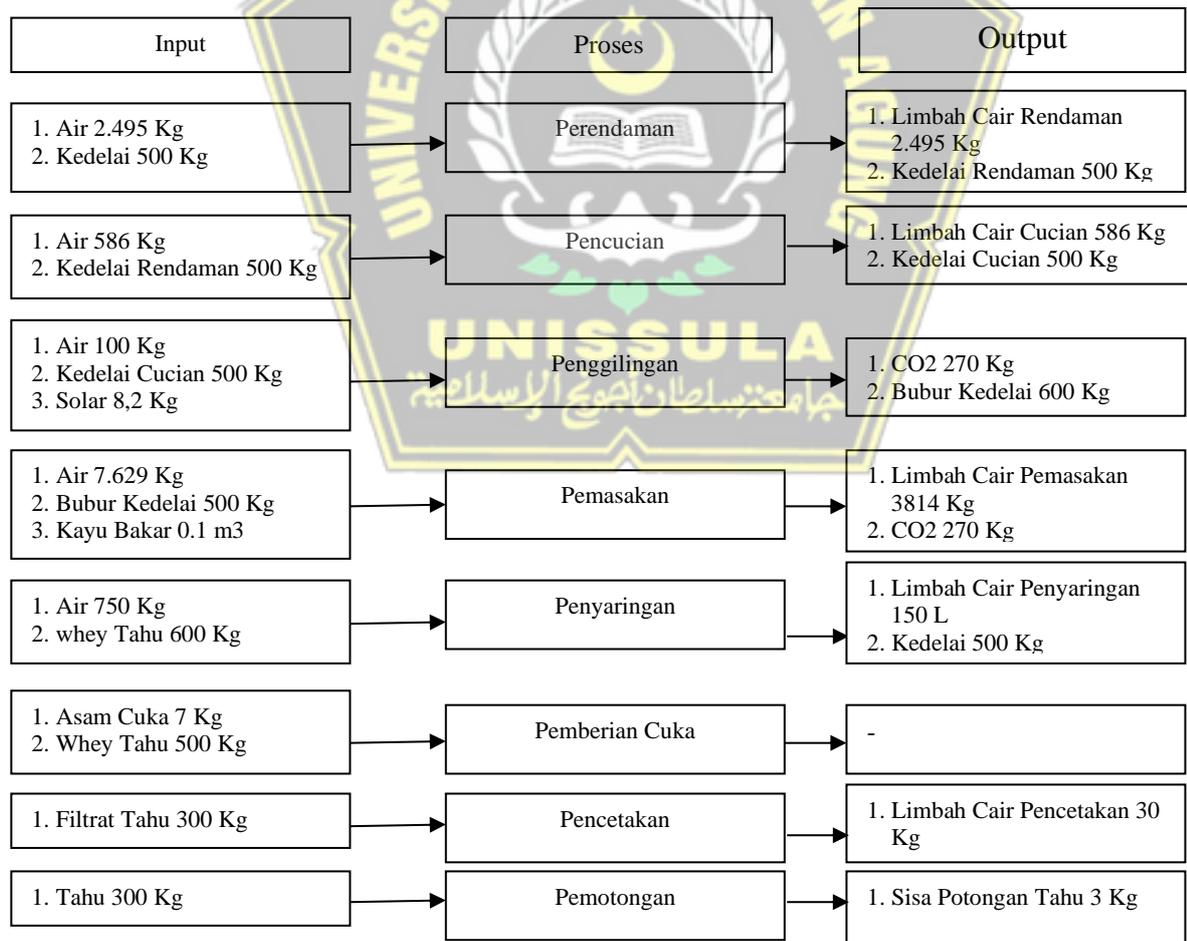
Langkah selanjutnya setelah menentukan *goal* dan *scope* adalah menentukan *life cycle inventory* (LCI) yang bertujuan menunjukkan material yang digunakan dalam produksi tahu. Bahan yang dianalisis merupakan bahan yang dibutuhkan dalam produksi tahu. Berikut merupakan *life cycle inventory* (LCI) pada produksi tahu

Tabel 4. 2 *Life Cycle Inventory* Input

Langkah Siklup	Kegiatan	Bahan Yang Digunakan Dalam Proses	Jumlah Input	Satuan	<i>Corresponding Lca Simapro</i>
Tahu	Proses Perendaman	Air Bersih	2495.55	Kg	<i>Water, Groundwater Consumption</i>
		Kedelai	500	Kg	<i>Soybean, Feed {Glo}I Market For Cut-Off, U</i>
	Proses Pencucian	Air Bersih	586	Kg	<i>Water, Groundwater Consumption</i>
		Kedelai	500	Kg	<i>Soybean, Feed {Glo}I Marketfor Cut-Off, U</i>
	Proses Penggilingan	Air Bersih	100	Kg	<i>Water, Groundwater Consumption</i>
		Kedelai	500	Kg	<i>Soybean, Feed {Glo}I Market For Cut-Off, U</i>
		Solar	8.2	Kg	<i>Petroleum {Glo} Market For Cut-Off, U</i>
	Proses Pemasakan	Air Bersih	7629	Kg	<i>Water, Groundwater Consumption</i>
		Bubur Kedelai	500	Kg	<i>Soybean, Feed {Glo}I Market For Cut-Off, U</i>
		Kayu Bakar	0.1	M3	<i>Sawnwood, Hardwood, Dried (U=10%), P</i>
	Proses Penyaringan	Air Bersih	750	Kg	<i>Water, Groundwater Consumption</i>
		Whey Tahu	600	Kg	<i>Whey {Glo} Market For / Cutoff, U</i>
	Proses Pengendapan	Asam Cuka	7	Liter	<i>Acetic Acid, Without Water, In 98% Soluti</i>
		Whey Tahu	300	Kg	<i>Whey {Glo} Market For / Cutoff, U</i>
	Proses Pencetakan	Filtrat Tahu	300	Kg	<i>Whey {Glo} Market For / Cutoff, U</i>
Proses Pematangan	Tahu	300	Kg	<i>Tofu {Glo} Market For / Cut-Off, U</i>	

Tabel 4.3 *life cycle inventory output*

Langkah Siklus	Kegiatan	Output	Jumlah Input	Satuan	Corresponding Lca Simapro
Tahu	Proses Perendaman	Limbah Cair Rendaman	2495	Kg	Water, Low Water Stress
	Proses Pencucian	Limbah Cair Cucian	586	Kg	Waste Water
	Proses Penggilingan	Co2	270	Kg	Carbon Dioxide
	Proses Pemasakan	Co2	270	Kg	Carbon Dioxide
		Limbah Cair Pemasakan	3.814	Kg	Waste Water
	Proses Penyaringan	Limbah Cair	150	Kg	Waste Water
		Ampas Tahu	350	Kg	Waste, Solid
	Proses Pengendapan	-	-	-	-
	Proses Pencetakan	Limbah Cair	30	Kg	Waste Water
Proses Pemoangan	Sisa Potongan Tahu	3	Kg	-	

**Gambar 4.2** *Inventory Data Pembuatan Tahu*

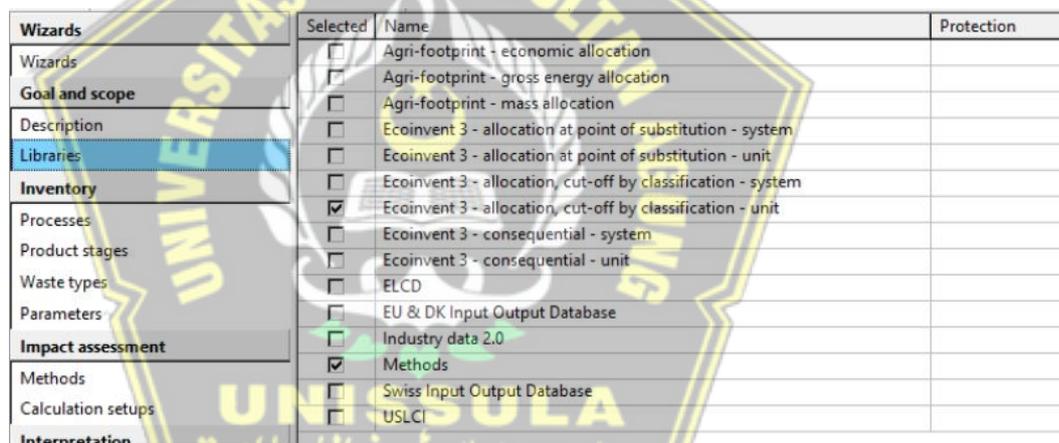
4.2.3 Life Cycle Impact Assessment

Life cycle assessment merupakan tahap selanjutnya dan ini dilakukan dengan bantuan *software* Simapro. Simapro sendiri adalah salah satu *software* yang biasa digunakan untuk menganalisa dampak lingkungan pada suatu tempat tertentu. Data yang dimasukkan pada Simapro ditentukan dari pengamatan yang sudah dijabarkan sebelumnya mulai dari bahan baku pembuatan tahu sampai proses menjadi tahu. Berikut beberapa tahapan *life cycle assessment* pada Simapro:

4.2.3.1 Data Input dan Output Menggunakan Simapro

1. Menentukan *Goal and Scope*

- a. *Goal* diisi dari tujuan penelitian dan masalah diambil dari permasalahan di pabrik.
- b. Pemilihan *libraries*, memilih metode yang digunakan

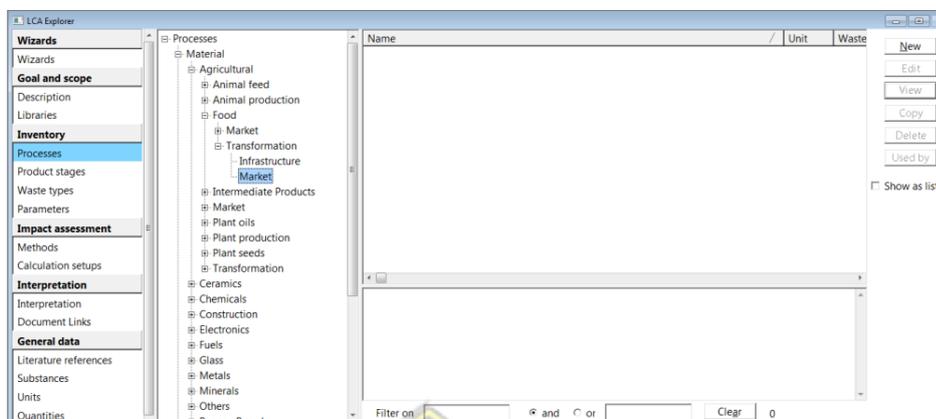


Wizards	Selected	Name	Protection
Wizards	<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - economic allocation	
Goal and scope	<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - gross energy allocation	
Description	<input type="checkbox"/>	Agri-footprint - mass allocation	
Libraries	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation at point of substitution - system	
Inventory	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation at point of substitution - unit	
Processes	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - system	
Product stages	<input checked="" type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - allocation, cut-off by classification - unit	
Waste types	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - consequential - system	
Parameters	<input type="checkbox"/>	Ecoinvent 3 - consequential - unit	
Impact assessment	<input type="checkbox"/>	ELCD	
Methods	<input type="checkbox"/>	EU & DK Input Output Database	
Calculation setups	<input type="checkbox"/>	Industry data 2.0	
Interpretation	<input checked="" type="checkbox"/>	Methods	
	<input type="checkbox"/>	Swiss Input Output Database	
	<input type="checkbox"/>	USLCI	

Gambar 4. 2 Pemilihan *Libraries* dan Metode

Ecoinvent3-allocation, cut-off by classification – unit dipilih karena terhubung dengan database yang lebih dari 10000 dimana pada tiap level proses dijelaskan berdasarkan pendekatan alokasi penggunaan material utama. *Methods* digunakan untuk *impact assessment*.

2. Kemudian pada *stage* “*inventory*” untuk proses memasukan data yang diperoleh. Pilih *Textile*, dan klik *New* untuk membuat proses baru pada *libraries* LCA 14040 tidak ada input data rinci pada produk tahu dari Indonesia.



Gambar 4.3 Processes Simapro

- Masukan *input/output* produksi tahu sesuai pada *life cycle inventory* pada table 4.1 contohnya misalkan proses perendaman *input* air 2,495 m³, kedelai 500 Kg dan emisi pada air, selanjutnya klik save untuk disimpan data *temporary*.

Documentation		Input/output	Parameters	System description					
1. Proses Perendaman			500	kg	Mass	100 %	not defined	Agricultural...Market	
Add									
Outputs to technosphere: Avoided products			Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add									
Inputs									
Inputs from nature		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Water, fossil		in ground	2,49555	m ³	Undefined				
Add									
Inputs from technosphere: materials/fuels			Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Soybean, feed (GLO) market for Cut-off, U			500	kg	Undefined				
Add									
Inputs from technosphere: electricity/heat			Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Electricity, medium voltage (AR) market for electricity, medium voltage			0,2	kWh	Undefined				
Add									
Outputs									
Emissions to air		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add									
Emissions to water		Sub-compartment	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Water, low water stress		groundwater	2,49555	m ³	Undefined				

Gambar 4.4 Input Output Proses Perendaman Simapro

- Setelah *input/output process* selesai. Kemudian pilih sub-menu *Product Stages* pada *Inventory* kemudian pilih *New* pada *screen showing* guna membikin *assembly* pembuatan Tahu. Masukkan nama produk dan seluruh proses produksi yang sudah di input dan disimpan pada *assemblies* yang terletak pada *submaterials process*. Klik *Processing-Materials-Textle-Calculate*. Setelah itu terlihat tampilan hasil perhitungan dampak lingkungan dari Simapro.

Input/output		Parameters					
Name	Status	Comment					
Product Stages IKM	None						
Materials/Assemblies	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
1. Proses Perendaman	500	kg	Undefined				
2. Proses Pencucian	500	kg	Undefined				
3. Proses Penggilingan	500	kg	Undefined				
4. Proses Pemasakan	500	kg	Undefined				
5. Proses Penyaringan	500	kg	Undefined				
6. Proses pengendapan	250	kg	Undefined				
7. Proses Pencetakan	250	kg	Undefined				
8. Proses Pemotongan	250	kg	Undefined				
Add							
Processes	Amount	Unit	Distribution	SD2 or 2SD	Min	Max	Comment
Add							
Image							
							

Gambar 4. 5 *Input Output* Proses Pembuatan Tahu

4.2.3.2 Hasil *Network Simapro*

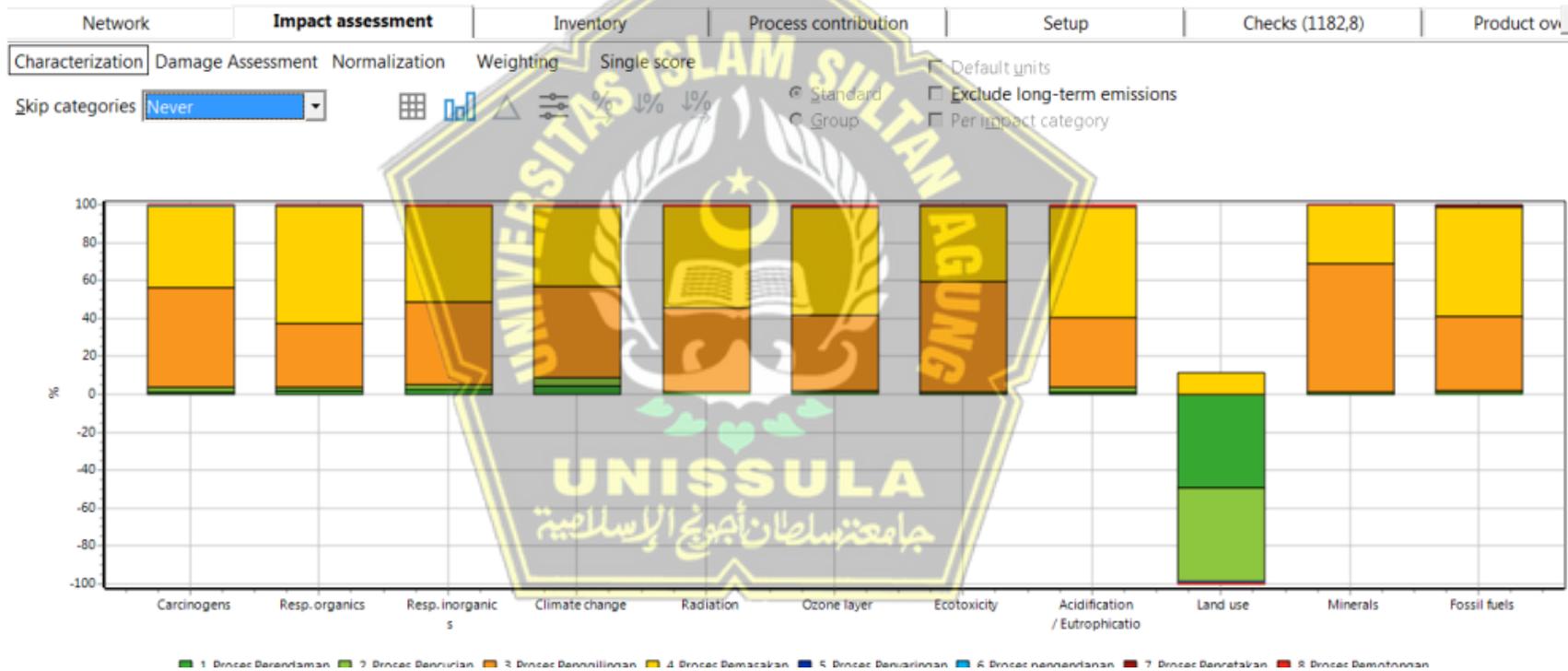
Sankey diagram merupakan gambar yang mengilustrasikan rantai pasok produksi tahu. Pada *software Simapro* cara membuat *Sankey diagram* dengan memasukkan data yang didapat dari *life cycle inventory*. Kategori dampak yang dinilai menggunakan metode *Eco Indicator 99 H/H* diantaranya adalah karsonigen, res. Organic, res. Inorganic, perubahan iklim, radiasi pengion, penipisan ozon, pengasaman tanah, penggunaan lahan, ekotoksitas, kandungan mineral, dan bahan bakar fosil. Garis merah tebal menunjukkan dampak lingkungan.



5. Penilaian terhadap cemaran

a. *Characterization*

Terdapat sebelas dampak kategori senyawa kimia dalam proses produksi yang ada pada LCA. *Characterization* bakal menyajikan nilai emisi dalam persen yang ditimbulkan sub proses kategori dampak.



(a)

Se	Impact category /	Unit	Total	1. Proses Perendaman	2. Proses Pencucian	3. Proses Penggilingan	4. Proses Pemasakan	5. Proses Penyaringan	6. Proses pengendapar	7. Proses Pencetakan	8. Proses Pematangan
✓	Carcinogens	DALY	0,0235	0,000289	0,000655	0,0123	0,0102	1,68E-5	1,42E-5	8,41E-6	5,62E-5
✓	Resp. organics	DALY	9,8E-5	1,79E-6	2,06E-6	3,28E-5	6,1E-5	7E-8	6,29E-8	3,5E-8	2,03E-7
✓	Resp. inorganics	DALY	0,0728	0,00162	0,0022	0,0318	0,0368	7,48E-5	5,13E-5	3,74E-5	0,000252
✓	Climate change	DALY	0,00971	0,000401	0,000469	0,00465	0,00407	1,89E-5	1,23E-5	9,47E-6	7,3E-5
✓	Radiation	DALY	6,72E-5	2,25E-7	6,38E-7	2,97E-5	3,61E-5	6,05E-8	7,07E-8	3,02E-8	3,81E-7
✓	Ozone layer	DALY	3,26E-6	2,18E-8	4,26E-8	1,29E-6	1,86E-6	3,85E-9	5,17E-9	1,93E-9	3,05E-8
✓	Ecotoxicity	PAF*m2yr	3,6E4	68,5	446	2,08E4	1,45E4	20,1	15	10,1	79,1
✓	Acidification/ Eutrophication	PDF*m2yr	1,06E3	11,9	25,5	389	613	3,55	2,01	1,78	8,73
✓	Land use	PDF*m2yr	-5,54E4	-3,09E4	-3,09E4	159	7,05E3	-393	-196	-197	-19,6
✓	Minerals	MJ surplus	3,22E3	4,16	28,5	2,18E3	1E3	1,09	0,93	0,546	2,66
✓	Fossil fuels	MJ surplus	3,7E4	206	476	1,45E4	2,12E4	48,3	70,8	24,1	436

(b)

Gambar 4. 7 (a) dan (b) *Output Characterization*

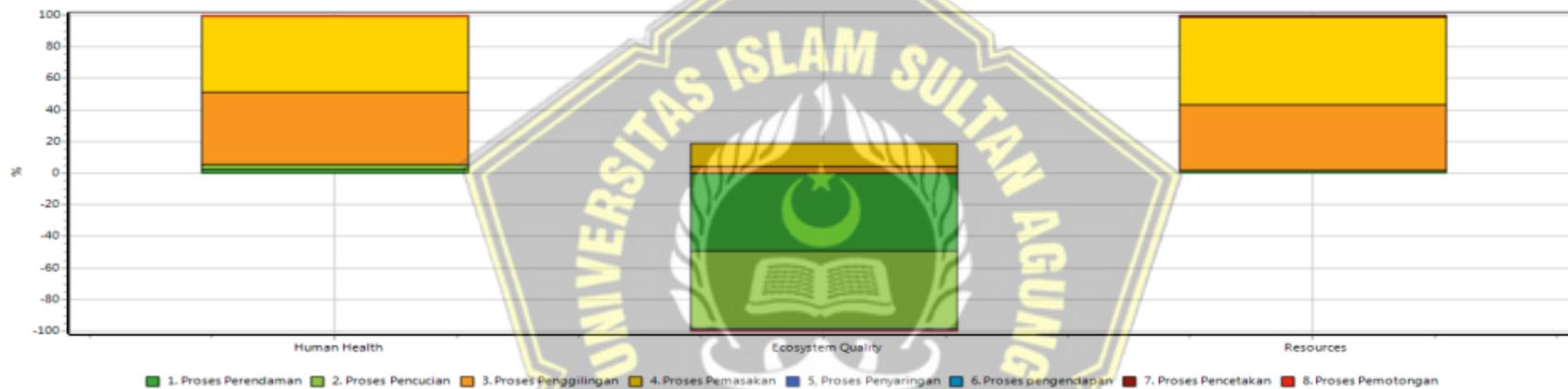
Outout Simapro daitas menjelaskan kategori dampak yang ditimbulkan berdasarkan *input* data LCI pada pabrik. DALY (*Disability Adjusted Life Year*) adalah indicator yang menilai kerusakan *human health* berdasarkan kategori yang sudah ditentukan seperti *carcinogens, resp. organics, resp. inorganics, climate change, radiation, ozone layer*. Satu DALY adalah satu tahun hidup sehat yang hilang.

PAFm2yr dan PDFm2yr dijadikan dalam satu yaitu PDFm2yr (*Potentially Disappeared Fruction of Species per square meter year*) berfungsi untuk menilai kerusakan pada kualitas ekosistem. PDFm2yr dinilai sebagai potensi hilangnya spesies atau ekosistem per m² per tahun. Satu PDFm2yr mberarti kerusakan spesies atau ekosistem seluas 1 m² pada permukaan bumi dalam waktu setahun. Dampak *ecosystem quality* meliputi *ecotoxicity, acidification, land use*. Dampak lingkungan terbesar mengenai kerusakan kualitas ekosistem yaitu kategori dampak *ecotoxicity*.

MJ surplus digunakan untuk dampak yang akan dikelompokkan dalam nilai kerusakan *resources*. MJ surplus adalah jumlah energi dasar yang dibutuhkan untuk melakukan ekstraksi sumber daya alam. Dampak terbesar ditimbulkan oleh *fossil fuels*.

b. *Damage assessment*

Hasil *input assessment* terdapat 3 hal antara lain: *Human Health*, *Ecosystem quality* dan *resources*.



(a)

Se	Damage category /	Unit	Total	1. Proses Perendaman	2. Proses Pencucian	3. Proses Penggilingan	4. Proses Pemasakan	5. Proses Penyaringan	6. Proses pengendapan	7. Proses Pencetakan	8. Proses Pemotongan
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health	DALY	0,106	0,00231	0,00332	0,0488	0,0512	0,000111	7,79E-5	5,53E-5	0,000382
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality	PDF*m2yr	-5,07E4	-3,09E4	-3,08E4	2,63E3	9,12E3	-388	-193	-194	-2,93
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources	MJ surplus	4,02E4	210	505	1,67E4	2,22E4	49,4	71,7	24,7	438

(b)

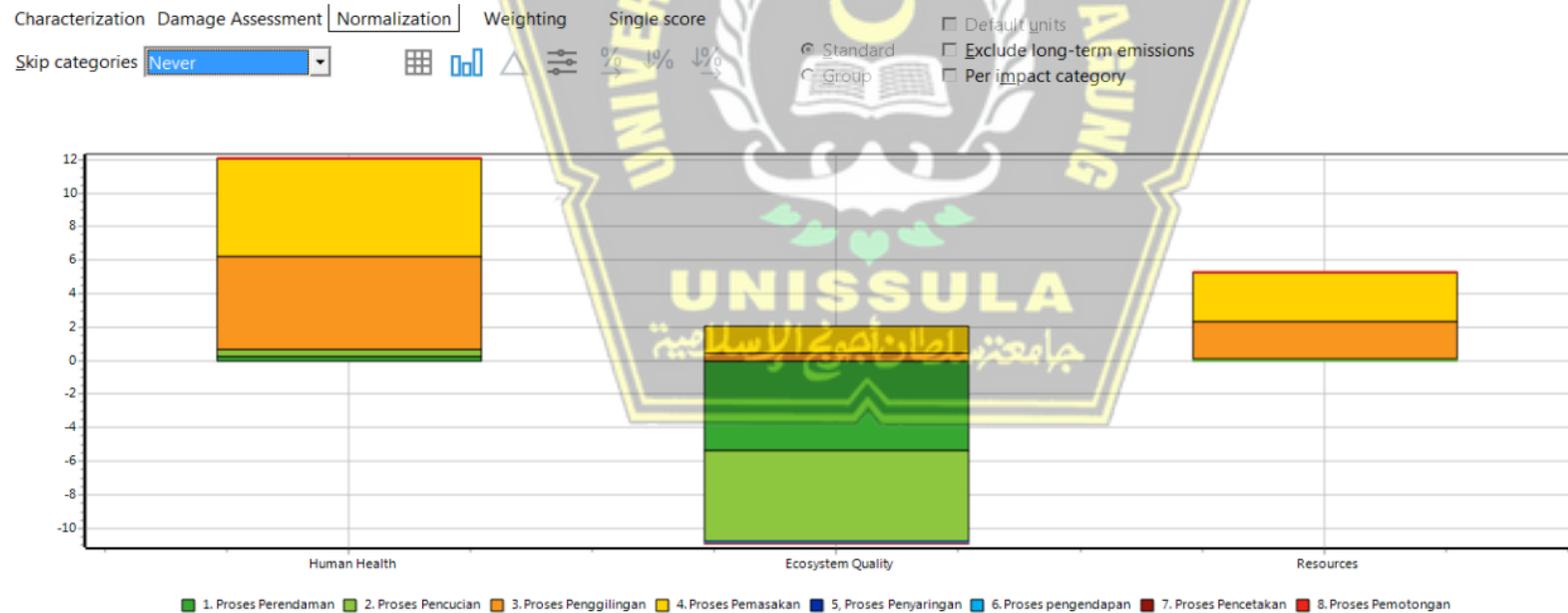
Gambar 4. 8 (a)(b) Output Damage Assessment

Damage assessment adalah penilaian kerusakan dari dampak proses sebelumnya. *Damage assessment* menjumlahkan satuan yang sama setiap kerusakan.

c. Normalization

Normalisasi merupakan tahapan dikerjakan setelah tahap *damage assessment* yaitu dengan menyamakan satuan unit semua kategori dampak dari yang jumlahnya sebelas menjadi tiga kategori.

Pada tahapan ini juga akan dinormalisasi kemudian diberi pembobotan dari metode yang diterapkan. Setelah tahap ini selesai kemudian indikasi *impact category* akan menghasilkan satuan yang sama dan berguna untuk melakukan perbandingan. Normalisasi berasal dari perhitungan dan penerapan pada karakterisasi.



Se	Damage category /	Unit	Total	1. Proses Perendaman	2. Proses Pencucian	3. Proses Penggilingan	4. Proses Pemasakan	5. Proses Penyaringan	6. Proses pengendapar	7. Proses Pencetakan	8. Proses Pemotongan
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health		12,1	0,263	0,379	5,56	5,84	0,0126	0,00889	0,00631	0,0435
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality		-8,86	-5,4	-5,39	0,46	1,59	-0,0678	-0,0337	-0,0339	-0,000513
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources		5,32	0,0278	0,0669	2,21	2,94	0,00654	0,0095	0,00327	0,0581

Gambar 4.9 Output Normalization

d. Weighting

Pembobotan dilakukan untuk membandingkan dan menyederhanakan dampak keseluruhan ke dalam suatu ukuran unit yang sama yang berfungsi untuk mendapatkan tingkat kepentingan yang sama. Karena hasil yang dihasilkan pada normalisasi masih belum sesuai maka tahap ini merupakan sangat penting untuk dilakukan.



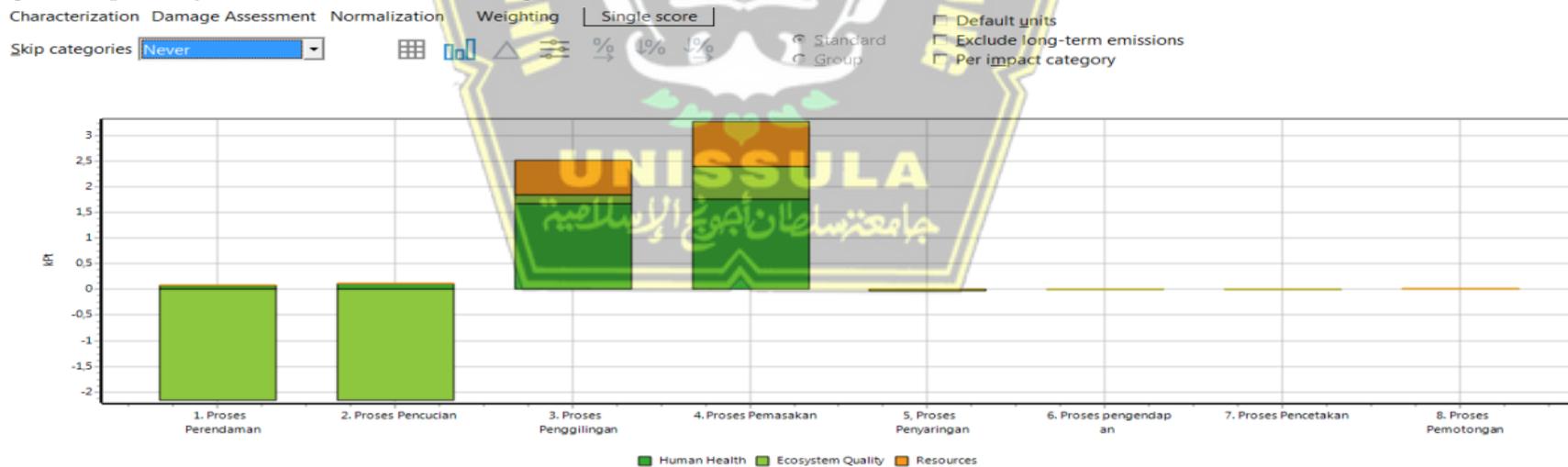
(a)

Se	Damage category /	Unit	Total	1. Proses Perendaman	2. Proses Pencucian	3. Proses Penggilingan	4. Proses Pemasakan	5. Proses Penyaringan	6. Proses pengendapan	7. Proses Pencetakan	8. Proses Pemotongan
	Total	kPt	1,69	-2,07	-2,02	2,52	3,27	-0,0214	-0,00797	-0,0107	0,0303
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health	kPt	3,64	0,079	0,114	1,67	1,75	0,00379	0,00267	0,00189	0,0131
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality	kPt	-3,55	-2,16	-2,15	0,184	0,637	-0,0271	-0,0135	-0,0136	-0,000205
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources	kPt	1,6	0,00834	0,0201	0,663	0,882	0,00196	0,00285	0,000981	0,0174

Gambar 4. 10 Output Weighting

e. *Single score*

Untuk menjumlahkan semua nilai bobot pada tahap terakhir ini akan diberikan skor total dari setiap tahap produksi tahu dan tahapan ini dinamakan dengan *single score*. Dari nilai tahap ini dapat diketahui secara jelas aktivitas mana yang memberikan dampak lingkungan. *Output single score* ditabulasikan sebagai berikut:

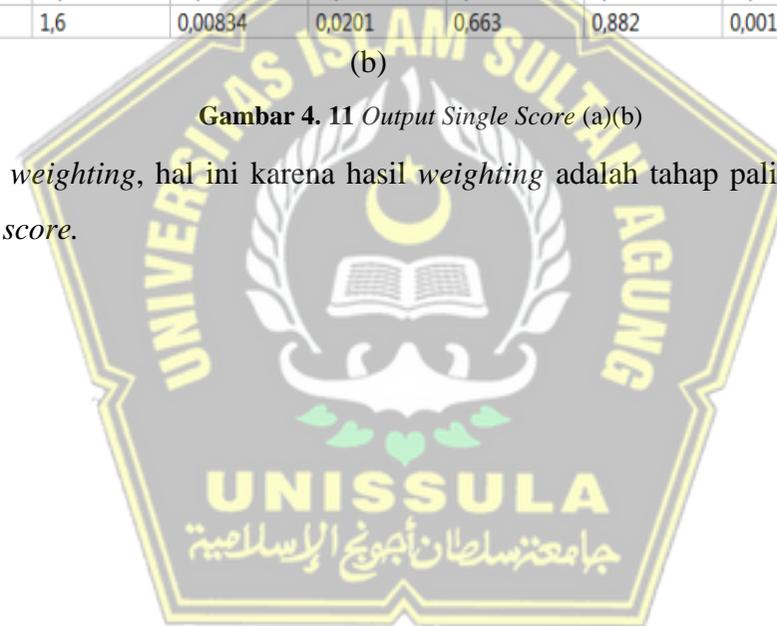


Se	Damage category /	Unit	Total	1. Proses Perendaman	2. Proses Pencucian	3. Proses Penggilingan	4. Proses Pemasakan	5. Proses Penyaringan	6. Proses pengendapar	7. Proses Pencetakan	8. Proses Pemotongan
	Total	kPt	1,69	-2,07	-2,02	2,52	3,27	-0,0214	-0,00797	-0,0107	0,0303
<input checked="" type="checkbox"/>	Human Health	kPt	3,64	0,079	0,114	1,67	1,75	0,00379	0,00267	0,00189	0,0131
<input checked="" type="checkbox"/>	Ecosystem Quality	kPt	-3,55	-2,16	-2,15	0,184	0,637	-0,0271	-0,0135	-0,0136	-0,000205
<input checked="" type="checkbox"/>	Resources	kPt	1,6	0,00834	0,0201	0,663	0,882	0,00196	0,00285	0,000981	0,0174

(b)

Gambar 4. 11 Output Single Score (a)(b)

Nilai *single score* dama dengan hasil *weighting*, hal ini karena hasil *weighting* adalah tahap paling akhir dalam perhitungan LCIA sehingga nilainya sama dengan *single score*.



4.2.4 Menentukan Produk Baru Dari Olahan Ampas Tahu

Setelah mengetahui dampak lingkungan dengan *life cycle assessment* untuk mengimplementasikan *green manufacturing* dilakukan pengolahan pada limbah hasil dari produksi tahu. Dengan melakukan penggunaan kembali limbah yang dihasilkan seperti limbah cair yang dijadikan produk berguna serta limbah ampas tahu yang diolah menjadi barang yang memiliki nilai tambah.

Dari hasil diskusi dengan pemilik pabrik dan data yang diperoleh dari pengamatan selama ini pemilik masih mencemaskan limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu ini yang dimana terdapat dua limbah yaitu limbah cair dan limbah ampas tahu. Selama ini limbah cair hanya dibuang di saluran air yang menuju area persawahan sehingga dapat menimbulkan polusi pada tanah yang ditanami sayuran, sedangkan limbah ampas tahu digunakan untuk pakan ternak sapi dan sisanya dibuang sama halnya limbah cair.

Pengolahan limbah tahu ada beberapa alternatif pengolahan yang bisa dilakukan. Pada limbah cair tahu dapat dibuat menjadi pupuk organik cair dan biogas pada pengolahan limbahnya. Pada kedua produk tersebut ada beberapa pertimbangan pada pemilihan produk yang akan dijadikan usulan dan saran pada pabrik tersebut.

Berikut ini merupakan kelebihan dan kekurangan pada biogas dan pupuk organik cair:

Pupuk organik cair memiliki beberapa kelebihan diantaranya:

1. **Pemberian Nutrisi:** Pupuk organik cair mengandung nutrisi penting seperti nitrogen, fosfor, dan kalium serta unsur hara mikro yang dapat meningkatkan kualitas tanah dan hasil pertanian.
2. **Mengurangi Pencemaran:** Penggunaan pupuk organik cair dapat membantu mengurangi pencemaran lingkungan karena mengurangi kebutuhan akan pupuk kimia sintetis.
3. **Meningkatkan Struktur Tanah:** Pupuk organik cair dapat meningkatkan struktur tanah dan daya tahan tanah terhadap erosi.

4. **Nilai Tambah Produk:** Mengubah limbah menjadi pupuk organik cair dapat menciptakan nilai tambah pada produk, membantu produsen dalam memanfaatkan limbah mereka secara berkelanjutan.

Kekurangan pada pupuk organik cair diantaranya:

1. **Volume Besar:** Pengolahan limbah cair menjadi pupuk organik cair memerlukan volume besar limbah untuk menghasilkan jumlah yang signifikan, yang mungkin tidak selalu tersedia.
2. **Proses Pengolahan yang Kompleks:** Proses fermentasi dan pengolahan pupuk organik cair bisa rumit dan memerlukan pemantauan dan manajemen yang baik.

Sedangkan pada pengolahan biogas memiliki kelebihan diantaranya :

1. **Penghasilan Energi:** Biogas adalah sumber energi yang dapat digunakan untuk pemanasan, memasak, atau menghasilkan listrik, sehingga dapat membantu mengurangi ketergantungan pada bahan bakar fosil.
2. **Pengelolaan Limbah:** Mengubah limbah menjadi biogas dapat mengurangi volume limbah dan membantu dalam pengelolaan limbah yang lebih efisien.
3. **Reduksi Emisi Gas Rumah Kaca:** Proses pembentukan biogas dapat mengurangi emisi metana yang berpotensi merusak lingkungan.

Kekurangan pada biogas diantaranya:

1. **Kemampuan Teknologi:** Produksi biogas memerlukan investasi dalam teknologi yang mungkin tidak selalu tersedia atau ekonomis di semua tempat.
2. **Ketergantungan pada Sumber Bahan Baku:** Produksi biogas sangat tergantung pada ketersediaan limbah organik sebagai bahan baku, yang mungkin tidak selalu konsisten.
3. **Tingkat Keahlian:** Proses pembentukan biogas memerlukan tingkat keahlian dan manajemen yang baik agar berjalan efisien.
4. **Kandungan Nutrisi Rendah:** Kandungan nutrisi yang rendah dapat mengurangi potensi produksi biogas.
5. **Rasio C/N yang Tidak Ideal:** dengan kandungan karbon yang rendah rasio C/N yang tidak sesuai dapat mempengaruhi proses fermentasi biogas.

Uraian diatas merupakan kelebihan dan kelemahan pada produk pengolahan limbah cair tahu. Sedangkan pada limbah padat tahu atau ampas tahu dalam beberapa jurnal sebelumnya ampas tahu dapat diolah menjadi tempe gembus dan roti. Berikut merupakan kelebihan dan kekurangan pada produk tempe gembus dan roti pada olahan ampas tahu:

Berikut ini merupakan beberapa kelebihan dari pengolahan limbah ampas tahu menjadi tempe gembus:

1. **Nilai Gizi Tinggi:** Tempe gembus adalah produk yang kaya akan protein, serat, dan nutrisi lainnya. Dengan mengubah ampas tahu menjadi tempe gembus, Anda memaksimalkan nilai gizi limbah tersebut.
2. **Pengurangan Limbah:** Ini membantu mengurangi volume limbah ampas tahu yang harus dibuang, berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan.
3. **Pemanfaatan Sumber Daya:** Dalam banyak kasus, ampas tahu masih mengandung nutrisi yang berguna. Menggunakan ampas tahu sebagai bahan baku untuk tempe gembus adalah cara efisien untuk memanfaatkan sumber daya ini.

Kekurangan pada tempe gembus diantaranya:

1. **Tingkat Keahlian:** Produksi tempe gembus memerlukan pengetahuan dan keahlian dalam proses fermentasi. Bukan semua orang dapat melakukan ini dengan benar.
2. **Proses Waktu:** Proses fermentasi tempe memerlukan waktu dan perawatan yang cukup lama, yang mungkin tidak sesuai untuk produksi massal atau dalam skala besar.

Berikut ini merupakan kelebihan dari pengolahan limbah ampas tahu menjadi roti diantaranya:

1. **Pengurangan Limbah:** Mengubah ampas tahu menjadi roti membantu mengurangi volume limbah tahu yang harus dibuang, berkontribusi pada pengelolaan limbah yang lebih berkelanjutan.
2. **Variasi Produk:** Ini memungkinkan penciptaan produk roti yang beragam dengan tambahan serat, nutrisi, dan rasa yang berbeda.

3. **Tingkat Konsumsi:** Roti adalah makanan pokok yang banyak dikonsumsi di berbagai budaya, sehingga ada potensi pasar yang besar.

Kekurangan pada roti ampas tahu diantaranya:

1. **Nilai Gizi:** Biasanya, roti yang terbuat dari ampas tahu memiliki nilai gizi yang lebih rendah dibandingkan dengan roti yang dibuat dari tepung gandum atau bahan baku utama lainnya.
2. **Pengolahan Tambahan:** Proses pembuatan roti dari ampas tahu memerlukan bahan tambahan seperti tepung dan ragi, yang dapat menambah biaya produksi dan kurangi nilai berkelanjutan.
3. **Perubahan Rasa dan Tekstur:** Produk roti yang dibuat dari ampas tahu dapat memiliki rasa dan tekstur yang berbeda dari roti tradisional, yang mungkin tidak disukai oleh semua konsumen.

Dari hasil pemaparan diatas dan diskusi dengan pemilik pabrik untuk pengelolaan limbah cair didapatkan saran untuk mengelola limbah tersebut untuk dibuat pupuk organik cair karena kalau diolah terlebih dahulu limbah cair tahu juga bagus untuk tanaman yang ada disawah dan juga dapat menjadi salah satu solusi dari semakin naik harga pupuk saat ini. Sedangkan untuk limbah ampas tahu didapatkan saran usulan untuk digunakan menjadi olahan tempe gembus. Hal ini didukung dengan pengamatan yang diperoleh tahu ini dijual dipasar dan ke beberapa warung-warung yang menjual barang pokok di sekitar.

4.2.5 Proses Pembuatan Tempe Gembus dan Pupuk Organik Cair

Berikut ini merupakan pengolahan limbah cair dan ampas tahu yang dibuat menjadi olahan tempe gembus dan pupuk organic cair:

4.2.3.1 Proses pembuatan tempe gembus

Berikut ini merupakan proses pembuatan tempe gembus dengan menggunakan ampas tahu:

1. Pengepresan

Ampas tahu yang masih basah dikeringkan dengan cara dipres hingga kering kurang lebih semalaman. Hal ini dilakukan supaya mengurangi kadar air agar tidka menggumpal pada ampas tahu



Gambar 4. 12 Pengepresan

2. Pengukusan

Ampas tahu yang sudah di keringkan semalaman kemudian di kukus kurang lebih selama 1 jam menggunakan tungku bakar.



Gambar 4. 13 Pengukusan

3. Pendinginan

Setelah dikukus selama kurang-lebih 1 jam agar tidak berbahaya selanjutnya ditungkan dalam tampah dan dinginkan serta diremas-remas supaya gumpalan-gumpalan pada ampas tahu tersebut hancur.



Gambar 4. 14 Pendinginan

4. Pemberian Ragi

Setelah dirasa sudah dingin dan tidak menggumpal diberi ragi secukupnya hingga merata dan dicampur



Gambar 4. 15 Pemberian ragi

5. Pengemasan

Setelah diberi ragi langsung dikemas menggunakan plastic yang sudah dilubangi untuk sirkulasi udara.



Gambar 4. 16 Pengemasan

6. Fermentasi

Tempe gembus yang sudah dikemas selanjutnya disimpan di tempat yang tidak terkena sinar matahari langsung dan dibiarkan selama semalaman.



Gambar 4. 17 Proses fermentasi

7. setelah di biarkan selama semalaman tempe gembus siap untuk diolah atau dijual

4.2.3.2 Proses pembuatan pupuk organik cair

Berikut merupakan beberapa proses dari pupuk organik cair:

1. Penimbangan, penimbangan ini digunakan untuk mengukur berat gula merah yaitu 50gram gula merah.



Gambar 4. 18 Penimbangan gula

2. Proses pelarutan, pada proses ini gula merah dilarutkan dengan air bersih kurang lebih 50ml



Gambar 4. 19 pelarutan gula

3. Pencampuran, pencampuran ini dilakukan dengan mencampur bahan-bahan dan air kelapa kurang lebih sebanyak 500ml kemudian dicampurkan dengan gula merah dan terakhir campur dengan Em4 kurang lebih 50ml.



Gambar 4. 20 Pencampuran bahan bahan

4. Fermentasi, pada proses ini setelah bahan semua tercampur kemudian difermentasi selama 14hari dan dibuka secara berkala supaya tidak meledak.



Gambar 4. 23 Fermentasi

4.2.6 Pengolahan data Analisis tekno ekonmi

Analisis tekno ekonomi ini bertujuan untuk mengetahui kelayakan memproduksi tempe gembus dan pupuk organic cair dari limbah cair dan ampas

tahu. HPP dihitung secara *variable costing* yaitu dengan hanya memperhitungkan biaya produksi yang bersifat *variable* seperti biaya tenaga kerja langsung dan biaya bahan baku.

4.2.4.1 Perhitungan HPP Tempe Gembus

Berikut ini merupakan perhitungan harga pokok produksi tempe gembus:

1. Biaya bahan baku

Biaya bahan baku ini merupakan biaya yang dikeluarkan untuk proses produksi pembuatan tempe gembus. Karena ampas tahu ini diperoleh dari pabrik sendiri dan kayu bakar diperoleh dari kayu yang sudah tumbang di kebun-kebun sekitar serta tidak digunakan lagi maka harga diasumsikan.

Berikut merupakan rincian biaya:

Tabel 4. 4 Biaya bahan baku

No.	Bahan baku	Jumlah	Harga	Nilai
1	ampas tahu	20kg		Rp -
2	plastik 10x18	1pcs	Rp 16,000	Rp 16,000
3	ragi tempe	0.5g	Rp 15,000	Rp 7,500
Total			Rp 31,000	Rp 23,500

Dari table dapat dilihat sekali produksi membutuhkan biaya bahan baku sebesar Rp. 23.500 dan dapat menghasilkan sebanyak 200 tempe gembus dalam sekali produksi tersebut.

2. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biay tenaga kerja langsung ini diberikan oleh pekerja yang memproduksi tempe gembus dalam sekali pembuatan. Terdapat seorang pekerja yang membuat tempe gembus ini dengan gaji yang diasumsikan Rp. 50.000 perhari. Dalam pembuatan tempe gembus ini pekerja dapat menghasilkan 200 bungkus dalam sekali pembuatan.

$$\text{Upah per bungkus} = \frac{\text{Rp. 50.000}}{200 \text{ bungkus}}$$

$$\text{Upah per bungkus} = \text{Rp. 250}$$

3. Biaya *Overhead Variable*

Biaya *overhead variable* ini merupakan biaya yang berpengaruh pada seberapa banyaknya jumlah tempe gembus yang diproduksi. Pada pembuatan tempe gembus ini terdapat biaya *overhead variable* yang

terdapat pada kayu bakar dimana kayu bakar sendiri seharga Rp. 145000 seikat. Adapun rincian biaya pada biaya *overhead variable* sebagai berikut:

Tabel 4. 5 Biaya *overhead variable*

No.	Biaya <i>Overhead Variable</i>	Jumlah	Harga	Nilai
1	Kayu Bakar	0.25	Rp 145,000	Rp 36,250

4. Biaya tetap

Biaya tetap merupakan biaya yang tidak meningkat maupun menurun walaupun sedang tidak melakukan produksi. Berikut merupakan biaya tetap pada pembuatan tempe gembus:

Tabel 4. 6 Biaya Tetap

No.	Uraian	Jumlah	Harga	Total	Masa pakai (Tahun)	Biaya Harian
1	dandang besar	1	Rp. 300,000	Rp. 300,000	10	Rp. 82
2	tungku	1	Rp. 200,000	Rp. 200,000	10	Rp. 55
3	alat pengepresan	1	Rp. 250,000	Rp. 250,000	10	Rp. 68
4	tampah	3	Rp. 75,000	Rp. 225,000	2	Rp. 103
5	alat pres pastik	1	Rp. 120,000	Rp. 120,000	5	Rp. 66
Total			Rp. 945,000	Total		Rp. 374

5. Harga tempe gembus per bungkus

Harga per bungkus pada tempe gembus dapat dihitung dengan total biaya variable dibagi dengan banyaknya produk yang diperoleh. Berikut merupakan rincian biaya sebelum dilakukan perhitungan biaya harga pokok produksi:

Tabel 4. 7 Rekapitulasi biaya pembuatan tempe gembus

No.	Jenis Biaya	Biaya Perhari	Biaya Pertahun
1	Biaya Variable		
	Biaya Bahan Baku	Rp 23,500	Rp 8,577,500
	Biaya Tenaga kerja Langung	Rp 50,000	Rp 18,250,000
	Overhead Variable	Rp 36,250	Rp 13,231,250
	Total Biaya Variable	Rp 109,750	Rp 40,058,750
2	Biaya Tetap		
	Depresiasi	Rp 1	Rp 374
Total		Rp 109,751	Rp 40,059,124

$$\text{HPP per bungkus} = \frac{\text{Total Biaya Variable}}{\text{Hasil tempe gembus}}$$

$$\text{HPP per bungkus} = \frac{\text{Rp. } 109.750}{200 \text{ bungkus}} = \text{Rp. } 549$$

$$\text{Harga jual} = \frac{T. \text{ Biaya Variable} + (\text{Laba yang diinginkan} \times T. \text{ Biaya Variable})}{\text{Hasil tempe gembus}}$$

$$\text{HPP jual} = \frac{\text{Rp. } 109.750 + (200\% \times \text{Rp. } 109.750)}{200 \text{ bungkus}} = \text{Rp } 1,646.25/\text{bungkus}$$

4.2.4.2 Perhitungan HPP Pupuk Organik Cair

Berikut ini merupakan perhitungan harga pokok produksi pupuk organik cair dengan menggunakan metode variable costing.

1. Biaya Bahan Baku

Biaya ini merupakan biaya yang dikeluarkan dalam proses pembuatan pupuk organik cair limbah tahu. Karena limbah cair tahu dan air kelapa tua merupakan limbah yang tidak digunakan lagi maka harga untuk limbah tersebut diasumsikan. Berikut merupakan rincian biaya:

Tabel 4. 8 Biaya bahan baku pupuk organik cair

No.	Bahan baku	Jumlah	Harga
1	Limbah cair tahu	1 liter	-
2	Air kelapa tua	0,5 liter	Rp 100
3	Larutan Em4	0,05 liter	Rp 1,250
4	Gula merah	50 gram	Rp 1,000
Total			Rp 2,350

Dari data diatas dengan biaya bahan baku Rp. 2.350 dapat menghasilkan pupuk organik cair sebanyak 1,5 liter.

2. Biaya Tenaga Kerja Langsung

Biaya tenaga kerja langsung ini diberikan oleh pekerja yang memproduksi pupuk organik cair ini yang dilakukan kurang lebih selama 15 menit dalam sekali membuat pupuk organik cair tersebut. Terdapat seorang pekerja dengan gaji yang diasumsikan sebesar Rp. 50.000 perhari yang diperoleh oleh pekerja

$$\text{Upah per liter} = \frac{\text{Rp. } 50.000}{36 \text{ liter}}$$

$$\text{Upah per liter} = \text{Rp } 1.388,89/\text{liter}$$

3. Biaya overhead variable

Biaya *overhead variable* ini merupakan biaya yang dipengaruhi oleh seberapa banyaknya produksi. Biaya overhead variable pada penelitian ini terdapat pada biaya air untuk keperluan pembuatan pupuk organik cair. Harga air Rp. 600 /m³, dan hanya membutuhkan 150 ml air. Berikut merupakan rincian biaya overhead variable:

Tabel 4. 9 Biaya *overhead variable*

No.	Biaya <i>overhead variable</i>	Jumlah	Harga
1.	Air	50 ml	

4. Biaya tetap

Biaya tetap merupakan biaya yang tidak meningkat maupun menurun walaupun sedang tidak melakukan produksi. Berikut merupakan biaya tetap dalam pembuatan pupuk organik cair, rincian biaya dapat dilihat pada table berikut:

Tabel 4. 10 Biaya tetap

No.	Uraian	Jumlah	Harga	Total	Masa Pakai (Tahun)	Biaya Harian
1	Galon	1	Rp. 30,000	Rp. 30,000	4	Rp. 21
2	Toples	3	Rp. 10,000	Rp. 30,000	1	Rp. 27
3	Sendok	2	Rp. 1,000	Rp. 2,000	4	Rp. 1
4	Mangkok	1	Rp. 2,000	Rp. 2,000	2	Rp. 3
5	Corong	1	Rp. 5,000	Rp. 5,000	2	Rp. 7
6	Takaran	1	Rp. 6,000	Rp. 6,000	4	Rp. 4
Total			Rp. 54,000	Total		Rp. 62

5. Harga pupuk organik cair perliter

Harga pupuk organik cair per liter biasa dihitung dengan cara menghitung biaya total variable dibagikan dengan jumlah produk yang diperoleh. Adapun rincian biaya sebagai berikut:

Tabel 4. 11 Rekapitulasi biaya pembuatan pupuk organik cair

No.	Jenis Biaya	Biaya Perhari	Biaya Pertahun
1	Biaya Variable		
	Biaya Bahan Baku	Rp 56,400	Rp 20,586,000
	Biaya Tenaga kerja Langung	Rp 50,000	Rp 18,250,000
	Overhead Variable	Rp 720	Rp 262,800
	Total Biaya Variable	Rp 107,120	Rp 39,098,800

2	Biaya Tetap		
	Depresiasi	Rp 0	Rp 62
Total		Rp 107,157	Rp 39,112,300

$$\text{HPP per liter} = \frac{\text{Total Biaya Variable}}{\text{Hasil Pupuk Organik Cair}}$$

$$\text{HPP per liter} = \frac{\text{Rp. 107.120}}{36 \text{ liter}} = \text{Rp 2,975.56}$$

$$\text{Harga jual} = \frac{T. \text{ Biaya Variable} + (\text{Laba yang diinginkan} \times T. \text{ Biaya Variable})}{\text{Hasil pupuk organik cair}}$$

$$\text{HPP jual} = \frac{\text{Rp. 107.120} + (200\% \times \text{Rp. 107.120})}{36 \text{ liter}} = \text{Rp 8,926.67/liter}$$

4.3 Analisa dan Interpretasi

Berikut ini merupakan analisa dan interpretasi dari hasil pengolahan data yang telah dilakukan:

4.3.1 Analisa *life cycle assessment*

4.3.1.1 Analisa *Goal and Scope*

Goal and scope merupakan langkah awal dalam proses analisa *life cycle assessment*. Dengan menentukan *goal* untuk mengetahui dampak lingkungan yang disebabkan akibat proses pembuatan tahu pada pabrik dalam bentuk *eco cost*.

Scope merupakan Batasan atau lingkup pada system yang akan dievaluasi pada proses produksi tahu yang menghasilkan limbah.

4.3.1.2 Analisa *Life Cycle Inventory*

Tahap ini berfokus pada input data seperti bahan baku utama dan pendukung serta kebutuhan energi lainnya.

Pertama menggunakan kedelai 500 kg dalam sekali produksinya. Kebutuhan bahan baku pendukung seperti cuka 7 liter. Kayu bakar sebanyak 100 kg, dalam sekali produksinya hanya butuh 0,0083 kg.

Alur proses produksi tahu diulai deng merendam tahu kemudian dicuci sebelum digiling, dalam pneggilingan menggunakan tambahan sedikit air pada mesin supaya membentuk bubur kedelai. Setelah menjadi bubur kedelai kemudian dimasak dan setelahnya disaring. Setelah disaring bubur kedelai diendapkan dengan

menambahkan sedikit asam cuka. Setelah mengendap air kemudian dibuang dan endapan tahu mulai dicetak dengan di pres untuk mengurangi kandungannya.

4.3.1.3 Analisa *Life Cycle Assessment*

1. *Sankey Diagram*

Diagram menunjukkan alur dari proses produksi yang akan memberi dampak pada lingkungan, antaranya masukan bahan pada kegiatan penggilingan dan pemasakan. Relative kepentingan pada proses keseluruhan system siklus hidup ditunjukkan dengan ketebalan garis. Untuk meringkas proses pengaturan *Sankey diagram* kali ini menggunakan *cut-off* 8%. Kotak proses dibedakan dengan warna sesuai pada *input* proses.

Persentase dampak kerusakan lingkungan dari pabrik ini menunjukkan pada penggilingan sebanyak 149% dan kegiatan masak 194%. *Assessment* dan *category* pada *environmental impact* terbagi menjadi beberapa disini seperti karakterisasi, penilaian dampak dan normalisasi, serta pembobotan.

2. *Charactization*

Dampak yang dihasilkan akan secara langsung ataupun tidak langsung bergantung pada jenis input dan output. Dampak tersebut dapat langsung kepada kesehatan makhluk yang ada di sekitaran pabrik

Pada perhitungan yang diukur skala 100% pada sumbu y menunjukkan dampak kategori pada setiap proses produksi tahu. Karakteristik menunjukkan kategori memiliki dampak terhadap lingkungan baik dampak positif atau negative pada setiap tahapan. Dari hasil Simapro diketahui bahwa semua tahapan memiliki nilai positif menyebabkan kerusakan kecuali pada *land use*. Dimana sub katefori ini memberikan dampak negates terhadap kerusakan lingkungan, antara lain resp. organic, resp, inorganic, karsinogen, radiasi pengion, perubahan iklim, penipisan ozon, pengasaman tanah, ekositas, kandungan mineral dan bahan bakar fosil.

3. *Normalization*

Normalisasi digunakan untuk mempersiapkan langkah pada pembobotan yang bertujuan untuk memahami dampak yang ditimbulkan pada setiap proses produksi yang dilakukan.

Fossil fuels adalah salah satu dampak yang paling besar. *Fossil fuel* memberikan nilai dampak 37.300. *resources* merupakan yang memberikan dampak besar karena terdapatnya fosil ini. Pemasakan yang terdeteksi memberikan dampak paling besar mendapatkan penilaian sebesar 21.200, karena menggunakan lebih banyak dibanding yang lainnya.

4. *Weighting*

Merupakan langkah menimbang seluruh kategori berbeda, supaya semua dapat dibandingkan misalnya efek yang dinilai dari kepentingan relative. Bertujuan untuk mencari proses yang sama yang menjadi pilihan terbaik bagi lingkungan.

Hasil dari pembobotan ini adalah terdapat nilai pembobotan pada setiap proses dampak kategori.

5. *Single Score*

Single score ini adalah langkah akhir dalam penilaian *environmental impact* dengan *life cycle assessment* pada proses-proses pembuatan tahu seperti proses perendaman, pencucian, penggilingan, pemasakan, penyaringan, pengendapan, pencetakan, dan proses pemotongan. Nilai skor Tunggal ini akan sama dengan nilai *Weighting*. Kategori yang berdampak paling besar adalah *human helath* pada proses pemasakan.

4.3.2 Analisa Penentuan Produk Baru Olahan Limbah Tahu

Dari Analisa penentuan produk baru ini yang diusulkan untuk membuat produk dari olahan limbah cair atau ampas tahu yaitu tempe gembus dan pupuk organic cair setelah itu menghitung dengan Analisa tekno ekonomi pada produk olahan limbah tersebut. Dengan mengolah limbah tahu yang terdapat pada proses pengolahan produksi tahu ini diharapkan dapat menambah nilai tambah bagi perusahaan, disamping itu lingkungan sekitar menunjang untuk pengolahan limbah tersebut menjadi pupuk organic cair dan tempe gembus karena pabrik itu sendiri berdekatan dengan sawah yang ditanami sayuran dan pasar wisata Bandung yang dapat menjadi tempat pemasaran yang strategis. Dibandingkan dengan limbah sebelumnya belum ada pengolahan tersebut dan langsung dibuang dialiran air yang ada disekitar dapat menimbulkan polusi bagi lingkungan sekitar.

4.3.3 Analisa Proses Pembuatan Tempe Gembus

Proses pembuatan tempe gembus masih menggunakan cara tradisional, sederhana atau manual. Proses pembuatannya yaitu persiapan bahan dan alat, pengepresan ampas tahu yang diperoleh dari proses pembuatan tahu ditunggu sampe agak mengering kemudian setelah ampas tahu dipres supaya menghilangkan kandungan air kemudian dilakukan pengukusan dan selanjutnya didinginkan sembari diremas-remas supaya tidak menggumpal dan diberi ragi ketika sudah dingin dengan dicampur secara manual menggunakan tangan sebelum dimasukkan kedalam kemasan plastik yang sudah diberi lubang setelah dikemas tempe gembus kemudian difermentasi sebelum dijual ke konsumen.

4.3.4 Analisa Proses Pembuatan Pupuk Organik Cair

Proses pembuatan pupuk organik cair ini masih menggunakan cara sederhana dengan alat dan bahan yang sederhana. Proses pembuatannya yaitu dengan mempersiapkan bahan-bahan seperti limbah cair produksi tahu, gula merah, air kelapa tua, dan air bersih. Setelah bahan dan alat sudah siap selanjutnya menimbang gula merah dan dilarutkan dengan air bersih, setelah gula merah dilarutkan kemudian dicampurkan dengan air kelapa dan air limbah tahu yang sudah disipakan ditaruh didalam botol kemudian difermentasi sebelum digunakan.

4.3.5 Analisa Nilai Harga Pokok Produksi (HPP) Tempe Gembus

Harga pokok produksi (HPP) merupakan kumpulan biaya produksi yang terdiri dari bahan baku langsung, tenaga kerja dan biaya *overhead* pabrik ditambah persediaan produk dalam proses awal dikurangi persediaan produk dalam proses akhir. Perhitungan harga pokok produksi pada pengolahan tempe gembus dan pupuk organik cair menggunakan metode *variable costing* dikarenakan pembuatan tempe gembus dan pupuk organik cair ini memproduksi hanya dalam skala kecil sehingga tidak menggunakan peralatan atau mesin besar dan hanya menggunakan peralatan sederhana yang ada. Penetapan harga pokok untuk pembuatan tempe gembus ini bertujuan sebagai pemanfaatan limbah yang ada disekitar kita supaya dapat menjadi suatu nilai yang dapat diperjual belikan dan mendapatkan mutu yang lebih baik untuk limbah tersebut.

Menghitung harga pokok produksi dengan metode *variable costing* biaya yang dijadikan sebagai dasar penentuan biaya produksinya adalah biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya *overhead variable*. Biaya bahan baku untuk setiap harinya menghabiskan dana sebanyak Rp. 23.500 dapat menghasilkan tempe gembus sebanyak 200 bungkus. Biaya tenaga kerja diasumsikan sebesar Rp. 50.000 perharinya, hal ini karena jumlah produksi tidak terlalu banyak. Biaya *overhead variable* adalah biaya kayu bakar yang diasumsikan untuk pembuatan tempe gembus dengan biaya sekitar Rp. 36.250/ harinya. Biaya *overhead* tetap adalah biaya yang tetap walaupun sedang tidak terjadi kegiatan produksi, dalam penelitian kali ini yang termasuk biaya *overhead* tetap adalah seluruh biaya depresiasi dari peralatan yang digunakan untuk pembuatan tempe gembus dengan biaya sebanyak Rp. 374.

Hasil dari perhitungan pembuatan tempe gembus harga pokok produksi yang didapat sebesar Rp. 549/bungkus kemudian ditawarkan ke konsumen dengan keuntungan 200% dan didapatkan harga Rp. 1.646,25/bungkus.

4.3.6 Analisa Nilai Harga Pokok Produksi (HPP) Pupuk Organic Cair

Harga pokok produksi (HPP) merupakan kumpulan biaya produksi yang terdiri dari bahan baku langsung, tenaga kerja dan biaya *overhead* pabrik ditambah persediaan produk dalam proses awal dikurangi persediaan produk dalam proses akhir. Perhitungan harga pokok produksi pada pengolahan tempe gembus dan pupuk organic cair menggunakan metode *variable costing* dikarenakan pembuatan tempe gembus dan pupuk organic cair ini memproduksi hanya dalam skala kecil sehingga tidak menggunakan peralatan atau mesin besar dan hanya menggunakan peralatan sederhana yang ada. Penetapan harga pokok produksi pembuatan pupuk organic cair ini bertujuan sebagai pemanfaatan limbah yang ada disekitar kita supaya dapat menjadi suatu nilai yang dapat diperjual belikan dan mendapatkan mutu yang lebih baik untuk limbah tersebut.

Menghitung harga pokok produksi dengan metode *variable costing* biaya yang dijadikan sebagai dasar penentuan biaya produksinya adalah biaya bahan baku, biaya tenaga kerja, dan biaya *overhead variable*. Biaya bahan baku untuk setiap harinya menghabiskan dana sebanyak Rp. 58.800 dapat menghasilkan pupuk

organic cair sebanyak 36 liter. Biaya tenaga kerja diasumsikan sebesar Rp. 50.000 perharinya, hal ini karena jumlah produksinya tidak terlalu banyak. Biaya *overhead variable* adalah biaya air yang diasumsikan untuk pembuatan pupuk organic cair dengan biaya sekitar Rp. 720 setiap harinya. Biaya *overhead* tetap adalah biaya yang tetap walaupun sedang tidak terjadi kegiatan produksi, dalam penelitian kali ini yang termasuk biaya *overhead* tetap adalah seluruh biaya penyusutan dari peralatan yang digunakan untuk pembuatan pupuk organic cair dengan biaya Rp. 374.

Hasil dari perhitungan pembuatan pupuk organic cair harga pokok produksi yang didapat sebesar Rp. 2.975,56 per liter kemudian ditawarkan kepada konsumen dengan harga Rp. 8.926,67 per liternya. Ini bisa dijadikan alternatif sebagai pupuk karena mengingat pupuk dipasaran sekarang harganya yang relative naik.

4.4 Pembuktian Hipotesa

Hipotesa yang sudah dijelaskan yaitu peneliti menduga bahwa permasalahan pabrik tahu di desa Jubelan mengenai adanya upaya untuk memanfaatkan limbah dapat diselesaikan menggunakan *green manufacturing* untuk upaya meminimalisir limbah dari proses produksi tahu dan *life cycle assessment* untuk mengetahui informasi dari proses produksi khususnya pada dampak lingkungan yang dihasilkan serta analisis tekno-ekonomi untuk menghitung produk baru hasil olahan limbah yang dibuat dari aspek nilai ekonomi. Berdasarkan uraian tersebut, maka pendekatan *green manufacturing* dengan menggunakan *life cycle assessment* serta analisis tekno-ekonomi adalah metode yang dapat memecahkan permasalahan yang terjadi di pabrik tahu Desa Jubelan ini sehingga dapat mengurangi tingkat pencemaran limbah yang diakibatkan dari proses produksi tahu dan bisa mengolah limbah ampas tahu dan limbah cair tahu menjadi suatu produk memiliki nilai tambah.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan pengumpulan data dan pengolahan data yang telah peneliti lakukan dalam penelitian ini terdapat kesimpulan:

1. Pabrik tahu Desa Jubelan terdapat 11 kategori dampak lingkungan antara lain karsonigen, resp. organic, resp/ inorganic, ekotoksitas, perubahan iklim, radiasi pengion, penipisan ozon, pengasaman tanah, lahan yang digunakan, kandungan mineral dan bahan bakar fosil. Pemasakan merupakan proses yang menyebabkan dampak terbesar dari 11 kategori tersebut. Karena menimbulkan bahan bakar fosil dengan nilai 21.200 MJ Surplus.
2. Pengukuran dampak lingkungan pada Pabrik tahu Desa Jubelan menghasilkan kerusakan *human health* sebesar 3,64 kPt yang berarti 0,106 tahun hidup sehat hilang atau 928,56 jam angka hidup sehat hilang dari seseorang sebab dari proses produksi tersebut. *Ecosystem* yang ditimbulkan sebesar -3,55 kPt yang menunjukkan tidak didapati jumlah spesies yang hilang dalam setahun. *Resourch* sebesar 1,6 kPt menunjukkan energi yang dibutuhkan dalam ekstraksi sumber daya alam sebesar 40.200 MJ surplus.
3. Berdasarkan analisa yang dilakukan dalam penentuan produk baru dari olahan limbah didapatkan yaitu tempe gembus untuk ampas tahu dan pupuk organic cair untuk limbah cair dari limbah tahu. Ampas tahu dan pupuk organic cair ini mampu mengurangi pencemaran limbah di lingkungan sekitar karena bahan pembuatan utamanya adalah limbah itu sendiri.
4. Harga pokok produksi (HPP) pada ampas tahu didapatkan sebesar Rp. 549 dan ditawarkan ke konsumen dengan harga Rp. 1.646,25 perbungkus. Untuk pupuk organic cair diperoleh harga produksi (HPP) sebesar Rp. 2.975,56 dan ditawarkan ke konsumen sebesar Rp. 8.926,67 per liter nya.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka peneliti menyarankan, antara lain:

1. Untuk penelitian selanjutnya diharapkan dapat menemukan alternatif pengolahan limbah yang lebih dapat bermanfaat bagi lingkungan khususnya bagi perusahaan.
2. Untuk perusahaan supaya dapat memanfaatkan limbah hasil dari proses produksi tahu menjadi tempe gembus dan pupuk organik cair supaya dapat mengurangi pencemaran limbah di lingkungan sekitar.



DAFTAR PUSTAKA

- Adnyana, I. M. (2019). Akuntansi Manajemen. In *Lpu-Unas*.
<http://repository.unas.ac.id/id/eprint/3771%0A>
- Amaranti, R., Irianto, D., & Govindaraju, R. (2017). Green Manufacturing : Kajian Literatur. *Seminar Dan Konferensi Nasional IDEC*, 171–181.
- AP, R. A. A., & Perdana, Z. (2022). Minimasi Waste Dengan Lean Manufacturing Pada Produksi Tahu. *Prosiding*, 333–343.
- Asih, E. W., Parwati, C. I., & Nopbry, N. M. (2018). Pengelolaan Produksi Bersih Industri Nata De Soya dengan Menggunakan Konsep Lean And Green Untuk Meningkatkan Efisiensi (Pada Home Industry Nata De Soya Bu Atun, Pleret Bantul). *Seminar Nasional IENACO*, 373–380.
<http://hdl.handle.net/11617/9806>
- Auliya, D. F., Marlyana, N., & Fatmawati, W. (2021). Analisis Penentuan Faktor Pendorong dalam Penerapan Green Manufacturing di PT. Aneka Adhilogam Karya dengan Metode Fuzzy Topsis. *Jurnal Teknik Industri*, 11(2), 156–163.
<https://doi.org/10.25105/jti.v11i2.9708>
- Bustami, B., & Nurlela. (2013). *Akuntansi Biaya*. Mitra Wacan Media.
- Choiriyah, V. U., AR., M. D., & Hidayat, R. R. (2016). Analisis Break Even Point Sebagai Alat Perencanaan Penjualan Pada Tingkat Laba Yang Diharapkan (Studi Kasus pada Perhutani Plywood Industri Kediri Tahun 2013-2014). *Jurnal Administrasi Bisnis*, 35(1), 196–206.
- Dornfeld, D. A. (2014). Moving towards green and sustainable manufacturing. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing - Green Technology*, 1(1), 63–66. <https://doi.org/10.1007/s40684-014-0010-7>
- Drs. M. Giatman. (2011). *EKONOMI TEKNIK* (A. Aliludin (ed.); 3rd ed.). PT Rajagrafindo Persada.
- Erawati, E., & Musthofa, M. (2013). PENGARUH LAMA PENGOVENAN, PERENDAMAN, dan KONSENTRASI ASAM ASETAT TERHADAP MUTU PRODUK dan LIMBAH CAIR PRODUKSI TAHU. *Simposium Nasional RAPI XII*, 33–38.

- Harjanto, T. R., Khasanah, M., & Putri, A. N. R. (2022). Industri Tahu Rakyat dalam Tinjauan Life Cycle Assessment. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 4(2), 65–73. <https://doi.org/10.35970/jppl.v4i2.1436>
- Hellin, M. P. G. R. W. C., Oktarina, Y., & Amrina, D. (2021). DAMPAK AKTIVITAS EKONOMI: PRODUKSI PEMBUATAN TAHU TERHADAP PENCEMARAN LINGKUNGAN (Studi Kasus Industri Tahu Kecamatan Jati Agung, Lampung Selatan). 2(1), 40–61.
- Henri Slat, A., Harga Pokok, A., & Henri Slat Fakultas Ekonomi Jurusan Akuntansi Universitas Sam ratulangi Manado, A. (2013). Analisis Harga Pokok Produk Dengan Metode Full Costing Dan Penentuan Harga Jual. *110 Jurnal EMBA*, 1(3), 110–117.
- Husnan, S., & Suwarsono, M. (2000). Studi Kelayakan Proyek Bisnis. In *Unit Penerbit dan Percetakan . Yogyakarta*.
- Hutajulu, H., Marlianingrum, P. R., Lobo, A. N., & Haryati, K. (2021). Analisis Tekno Ekonomi Pemanfaatan Limbah Tuna Berbasis Ekonomi Biru Di Kota Jaya Pura. *Jurnal Ekobis : Ekonomi Bisnis & Manajemen*, 11(1), 17–29. <https://doi.org/10.37932/j.e.v11i1.252>
- Ihsan, I. H. (2018). Analisis Tekno Ekonomi Pembuatan Pelet Ikan dari Limbah Sampah Organik di Kota Pekanbaru. *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 15(2), 121. <https://doi.org/10.24014/sitekin.v15i2.5067>
- Kaswinarni, F. (2008). Kajian Teknis Pengolahan Limbah Padat Dan Cair Industri Tahu. *Majalah Ilmiah Lontar*, 22(2), 1–20. <https://www.neliti.com/publications/146461/kajian-teknis-pengolahan-limbah-padat-dan-cair-industri-tahu#cite>
- Kristanti, I. N. (2013). Analisis Penetapan Harga Jual Dengan Metode Cost Plus Dan Metode Tingkat Pengembalian Atas Modal Yang Digunakan Pada Toko Mebel Lestari Pejagoan. *Fokus Bisnis : Media Pengkajian Manajemen Dan Akuntansi*, 12(2). <https://doi.org/10.32639/fokusbisnis.v12i2.9>
- Kurnia, H., Setiawan, I., & Hernadewita. (2022). Integrasi Lean dan Green Manufacturing Untuk mengurangi Pemborosan Proses dan Limbah Kertas Rekrutmen Karyawan Pada Industri Manufaktur di Indonesia. *Jurnal*

- Rekayasa Sistem Industri*, 11(2), 145–156.
- Mulyati, M. (2016). Analisis Tekno Ekonomi Briket Arang Dari Sampah Daun Kering. *Teknoin*, 22(7), 505–513. <https://doi.org/10.20885/teknoin.vol22.iss7.art5>
- Prabowo, R., & Suryanto, A. P. (2019). *Jurnal SENOPATI Sustainability, Ergonomics, Optimization, and Application of Industrial Engineering Implementasi Lean dan Green Manufacturing Guna Meningkatkan Sustainability pada PT. Sekar Lima Pratama*. 50–61.
- Prayuda, R. W., Sukendar, I., & Mas'idah, E. (2021). Penerapan Green Manufacturing pada IKM Dadi Mulyo. *Applied Industrial Engineering Journal*, 5(1), 30–34. <https://doi.org/10.33633/aiej.v5i1.5151>
- Pujianto, T., Bunyamin, A., & Wafiyah, S. (2022). Pengukuran kinerja green manufacturing pada industri tahu sumedang untuk meningkatkan kinerja terhadap lingkungan menggunakan GSCOR dan LCA. *Agrointek : Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 16(2), 221–233. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v16i2.10831>
- Rahayu, L. H., Sudrajat, R. W., & Rinihapsari, E. (2016). TEKNOLOGI PEMBUATAN TEPUNG AMPAS TAHU UNTUK PRODUKSI ANEKA MAKANAN BAGI IBU-IBU RUMAH TANGGA DI KELURAHAN GUNUNGPATI, SEMARANG. *E-DIMAS Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*, 07, 68–76.
- Samsudin, W., Selomo, M., & Natsir, M. F. (2018). Pengolahan limbah cair industri tahu menjadi pupuk organik cair dengan penambahan efektif mikroorganisme-4 (EM-4). *Jurnal Nasional Ilmu Kesehatan*, 1(2), 1–14.
- Sari, D. I. (2018). Perhitungan Harga Pokok Produksi Dengan Metode Harga Pokok Proses Pada PT. Persada. *Jurnal Moneter*, 2(5), 163–170.
- Schindele, S., Trommsdorff, M., Schlaak, A., Obergfell, T., Bopp, G., Reise, C., Braun, C., Weselek, A., Bauerle, A., Högy, P., Goetzberger, A., & Weber, E. (2020). Implementation of agrophotovoltaics: Techno-economic analysis of the price-performance ratio and its policy implications. *Applied Energy*, 265(February), 114737. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.114737>

- Silvia, Derianto, A., Lestari, F., Nur, M., & Hartati, M. (2021). Analisis tekno ekonomi pemanfaatan limbah cair tahu menjadi pupuk cair dengan metode eksperimen (studi kasus: CV. Tahu Boga Sari). *Jurnal Sains, Teknologi Dan Industri*, 18(02), 274–282. <http://repository.uin-suska.ac.id/42799/>
- Siswanto, S. (1989). *Studi Kelayakan Proyek Teori dan Praktek*. PT. Pustaka binaman Pressindo.
- Soei, C. N., Sabijono, H., & Runtu, T. (2014). PENENTUAN HARGA JUAL PRODUK DENGAN MENGGUNAKAN METODE COST PLUS PRICING PADA UD. SINAR SAKTI. *EMBA*, 2(3), 208–217.
- Sugiyono. (2000). Statistkik Metode Pembelajaran. In *Bina Aksara*.
- Susanty, A., WP, S. N., & Hapsari, W. D. (2015). PENYUSUNAN STRATEGI UNTUK TERWUJUDNYA GREEN MANUFACTURING ATAS DASAR FAKTOR-FAKTOR YANG MENJADI PRIORITAS. *2nd Annual Conference in Industrial and System Engineering, October*, 119–121.
- Veilleux, G., Potisat, T., Pezim, D., Ribback, C., Ling, J., Krysztofinski, A., Ahmed, A., Papeheim, J., Pineda, A. M., Sembian, S., & Chucherd, S. (2019). *Techno-economic analysis of microgrid projects for rural electrification: A systematic approach to the redesign of Koh Jik off-grid case study | Enhanced Reader*.
- Widjajanti, E. (2009). PENANGANAN LIMBAH LABORATORIUM KIMIA. *Kegiatan PPM Prodi Dik Kim*. <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-849873-6.00001-7>http://saber.ucv.ve/ojs/index.php/rev_venes/article/view/1112
- Wirawan, Suliana, G., & Iskandar, T. (2017). PEMANFAATAN AMPAS TAHU UNTUK OLAHAN PANGANDARI LIMBAH PENGOLAHAN INDUSTRI TAHU DI KELURAHAN TUNGGULWULUNG KOTA MALANG. *Jurnal Akses Pengabdian Indonesia Vol 1 No 2: 64-70, 2017, 1(2)*, 64–70.
- Wright, J. (1983). *Technoeconomics, Concepts and Cases*. Asian Productivity Organization.