

ANALISIS PENGOLAHAN LIMBAH TEMPE MENDOAN DENGAN PENDEKATAN *GREEN MANUFACTURING* PADA STUDI KASUS UMKM TEMPE MENDOAN DESA PLIKEN

1st Tegar Santoso
Teknik Industri
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
tegarsantoso@student.telkomuniversity.ac.id

2nd Ade Yanyan Ramdhani
line 2: Teknik Industri
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
yanyanramdhani@telkomuniversity.ac.id

3rd Famila Dwi Winati
Teknik Industri
Universitas Telkom Purwokerto
Purwokerto, Indonesia
familaw@telkomuniversity.ac.id

Abstrak — Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dampak lingkungan dari limbah cair yang dihasilkan oleh UMKM tempe mendoan di Desa Pliken menggunakan metode *Life Cycle Assessment (LCA)*. Proses produksi tempe mendoan menghasilkan limbah cair yang kaya akan senyawa organik, seperti protein dan lemak, yang dapat mencemari lingkungan jika tidak dikelola dengan baik. Pendekatan LCA dilakukan untuk mengidentifikasi potensi dampak lingkungan pada setiap tahapan siklus hidup produksi, mulai dari pengadaan bahan baku hingga pembuangan limbah cair. Hasil analisis menunjukkan bahwa limbah cair dari proses pencucian kedelai perebusan, penirisan dan perendaman menjadi kontributor utama terhadap potensi pencemaran air (water pollution potential).

Sebagai solusi, penelitian ini merekomendasikan beberapa strategi pengelolaan limbah, meliputi pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah cair untuk mendukung pertanian berkelanjutan, pengolahan limbah menjadi biogas sebagai sumber energi terbarukan, pemasangan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) untuk mendukung operasional ramah lingkungan, serta pembangunan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk meminimalkan dampak pencemaran air. Implementasi strategi ini tidak hanya dapat mengurangi dampak lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi energi dan menciptakan nilai tambah bagi UMKM tempe mendoan. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi acuan dalam pengelolaan limbah cair yang lebih berkelanjutan bagi UMKM serupa di wilayah lain dan dapat mendukung program SDGs

Kata kunci— *LCA, OpenLCA, Mendoan, Limbah Cair, SDGs, Pliken*

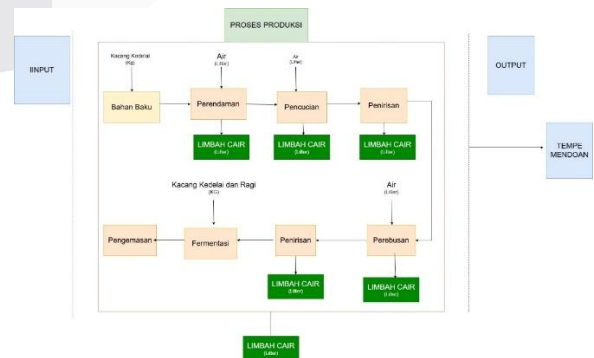
I. PENDAHULUAN

Di Indonesia, salah satu sumber protein nabati yang populer adalah tempe. Tempe dibuat dengan beberapa jenis cara pembuatan yang berbeda. Setiap cara pembuatan memberikan karakteristik tempe yang unik. Beberapa cara pembuatan tempe melibatkan penggunaan ragi tradisional, sementara yang lain menggunakan ragi komersial. Variasi cara pembuatan tersebut memberikan variasi cita rasa dan tekstur pada tempe yang dihasilkan. Tempe menjadi pilihan yang populer sebagai alternatif protein nabati di Indonesia [1]

Berdasarkan data BPS kebutuhan produksi kacang kedelai mencapai 555.000 ton pada tahun 2023. Kebutuhan kacang kedelai tersebut dibagi bagi menjadi beberapa produk seperti pembuatan tempe, kecap, tauco dan tempe mendoan.

Tempe mendoan menjadi pilihan masyarakat karena selain harganya yang ekonomis kandungan gizi pada tempe mendoan juga cukup tinggi. Tempe secara keseluruhan memberikan manfaat kesehatan yang signifikan karena menjadi sumber protein yang sangat baik. Kandungannya kaya akan asam-asam amino esensial yang penting bagi tubuh. Dalam tempe, terdapat kombinasi lengkap asam-asam amino esensial yang diperlukan untuk memelihara kesehatan. Konsumsi tempe secara teratur dapat membantu memenuhi kebutuhan protein dan memperkaya nutrisi yang diperlukan oleh tubuh [2].

Karena minat masyarakat terhadap olahan tempe mendoan cukup tinggi maka banyak daerah-daerah penghasil tempe mendoan salah satunya ada di wilayah kabupaten Banyumas Jawa Tengah di Desa Pliken merupakan salah satu *central* penghasil tempe mendoan di Banyumas. Karena hampir setiap rumah yang ada di Desa Pliken merupakan pengerajin tempe mendoan. Setiap rumah bisa memproduksi tempe mendoan sebanyak 25 kg- 40 kg per sekali produksi yang disesuaikan dengan kemampuan dari masing-masing pengerajin. Hasil olahan tempe medoan akan dijual dipasar tradisional Kabupaten Banyumas.



Gambar 1.
Kegiatan Proses produksi Tempe Mendoan

Gambar 1 menunjukkan kegiatan produksi tempe mendoan di Desa Pliken. Kegiatan produksi tempe mendoan

mempunya beberapa proses dari mulai bahan baku datang dari supplier setelah itu kacang kedelai akan melalui proses perendaman selama 2 jam. Tujuan dari proses perendaman agar lendir yang terdapat didalam kacang kedelai dapat keluar dengan sendirinya. Kacang kedelai yang telah direndam maka akan melalui proses pencucian tujuan dari proses pencucian untuk menghilangkan lendir dan memisahkan kotoran serta kulit kacang kedelai sehingga nantinya pada proses selanjutnya kacang kedelai sudah pada kondisi yang bersih.

Proses pencucian sendiri akan dilakukan secara berulang kali sesuai dengan kondisi dari kacang kedelai tersebut menurut pengerajin tempe mendoan proses pencucian cepat atau tidak sesuai dengan kandungan lendir dari kacang kedelai tersebut apabila lendir yang dihasilkan maka proses pencucian akan lebih cepat dan apabila lendir yang dihasilkan lebih banyak maka proses pencucian akan lebih lama. Kacang kedelai yang telah dicuci dengan bersih maka akan melalui proses penirisan untuk menurunkan kandungan kadar air didalamnya.

Kacang kedelai yang telah ditiriskan maka akan melalui proses perebusan sampai kacang kedelai matang dengan suhu rata rata 85⁰ derajat- 100⁰ derajat. Kacang kedelai yang telah direbus akan melalui proses penirisan kembali untuk mengurangi kadar air didalamnya. Kacang kedelai yang telah ditiriskan akan melalui proses fermentasi selama 36 jam. Apabila kacang kedelai telah melalui proses fermentasi maka proses yang paling akhir adalah pengemasan.

Namun dari hasil produksi tempe mendoan tersebut tentunya menghasilkan limbah yang dapat mencemari lingkungan. Limbah tersebut berasal dari beberapa kegiatan proses produksi diantaranya yaitu pertama pada proses perendaman karena pada proses perendaman air yang telah digunakan akan menyumbang limbah cair pada proses produksi tempe mendoan, yang kedua adalah proses pencucian pada proses ini air yang dibutuhkan lebih banyak dari pada proses-proses lainnya karena kacang kedelai harus benar-benar bersih sebelum ke proses produksi selanjutnya yang ketiga adalah proses perebusan air yang digunakan oleh proses perebusan maka akan menjadi limbah cai. Limbah cair yang dihasilkan berasal dari proses produksi tempe mendoan seringkali dibuang langsung ke sungai tanpa proses pengolahan awal. Limbah ini umumnya dilepaskan ke sungai tanpa melalui tahap pengolahan tambahan. Proses pembuangan langsung dapat menimbulkan dampak negatif pada lingkungan air [3].

Dampak pencemaran yang dihasilkan oleh limbah cair dari industri tempe dapat menyebabkan gangguan serius pada ekosistem perairan di sekitar area industri contohnya adalah dapat membuat sungai menjadi keruh akibat pembuangan limbah cair pengolahan tempe medoan selain itu dapat merusak makhluk hidup akutik yang ada didalamnya. Bau busuk dari limbah cair tempe menjadi salah satu masalah utama yang timbul akibat pembuangan langsung ke sungai dan mengganggu warga yang beraktivitas disekitar sungai. Konsekuensinya, kualitas air sungai dapat menurun secara signifikan karena terpapar oleh limbah cair tersebut. Kandungan limbah cair tempe mencakup senyawa kompleks, termasuk protein sebanyak 0,42%, lemak 0,13%, dan karbohidrat 0,11%, dengan sisanya terdiri dari air sebanyak 98,87%. Selain itu, limbah tersebut juga mengandung kalsium sebesar 13,60 ppm, fosfor 1,74 ppm, dan besi 4,55

ppm, yang dapat berdampak negatif pada lingkungan perairan jika tidak dikelola dengan baik [4].

Lingkungan perairan sekitar Desa Pliken mengalami pencemaran sungai yang dapat mengganggu keseimbangan ekosistem di sungai tersebut. Setiap kali produksinya para pengerajin akan menghasilkan limbah cair berupa air bekas cucian kacang kedelai sebanyak 3.000 liter. Limbah dari hasil pengolahan tempe mendoan mempunyai kadar *BOD* 5.000-10.000 mg/l dan kadar *COD* 7.000-12.000 m/l. Menurut Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup nomor 51 tahun 1995 dan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup nomor 15 tahun 2008, batasan maksimum untuk *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* adalah 100 mg/l dan untuk *Chemical Oxygen Demand (COD)* adalah 300 mg/l. Jika limbah cair dari proses produksi tempe melebihi batas yang ditetapkan, itu berarti melebihi baku mutu yang telah ditetapkan oleh regulasi tersebut sehingga limbah yang melebihi batas maksimum dapat mengurangi jumlah oksigen yang larut di dalam air. Oleh karena itu, diperlukan tindakan untuk mengurangi kandungan limbah tersebut agar sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Proses penanganan limbah perlu disesuaikan atau ditingkatkan untuk memastikan bahwa limbah yang dibuang memenuhi persyaratan regulasi lingkungan. Langkah-langkah mitigasi harus diambil untuk mengurangi dampak negatif dari pembuangan limbah yang melebihi baku mutu yang telah ditentukan [5].

Warga yang memproduksi tempe mendoan akan membuang limbah cair bekas cucian kacang kedelai langsung ke sungai dan ada juga yang menggunakan paralon untuk membuat saluran air lalu membuang air akhirnya ke sungai. Kegiatan yang mereka lakukan membuat sungai mengeluarkan bau tidak sedap akibat dari endapan air bekas cucian kacang kedelai. Limbah dari hasil pengolahan tempe pada kasus lain membuat sumur- sumur air di Desa Pliken juga tercemar karena limbah cair bekas cucian kacang kedelai masuk dan meresap kedalam tanah sehingga mengotori sumur- sumur warga.

Permasalahan-permasalahan yang timbul mengenai dampak limbah tempe terhadap lingkungan tidak hanya terjadi pada satu UMKM saja melainkan satu Desa yang berprofesi menjadi UMKM tempe mendoan. Berdasarkan data dari Dinas Arisp dan Perpustakaan Kabupaten Banyumas Di Desa Pliken mempunyai 575 pengerajin tempe mendoan sehingga apabila belum adanya penanganan yang sesuai mengenai pengolahan limbah tempe maka dampak dari pencemaran yang dihasilkan limbah tempe akan semakin membesar terhadap lingkungan sekitar. Proses-proses yang menghasilkan limbah cair terjadi pada proses perebusan, perendaman, dan pencucian.

II. KAJIAN TEORI

A. Limbah Cair

Limbah cair merupakan salah satu bentuk limbah yang berwujud cair dan cenderung larut dalam air, serta memiliki sifat mudah berpindah. Berbagai jenis limbah cair dapat ditemui dalam aktivitas sehari-hari, seperti air bekas cucian pakaian dan peralatan makan[6]

B. Life Cycle Assessment (LCA)

Life Cycle Assessment (LCA) merupakan evaluasi komprehensif terhadap dampak lingkungan yang dihasilkan oleh suatu proses. Dalam LCA, proses tersebut dianalisis dengan mempertimbangkan penggunaan energi, bahan-bahan yang digunakan, dan limbah yang dihasilkan yang kemudian akan dilepaskan ke lingkungan. LCA terdiri dari empat langkah, yaitu menetapkan ruang lingkup dan tujuan, mengevaluasi dampak lingkungan, menganalisis inventarisasi sumber daya yang digunakan, dan menginterpretasikan hasil analisis secara menyeluruh [7]

C. Goal and Scope Defination

Tahapan ini mencakup mengenai batasan, ruang lingkup dan unit fungsional pada penelitian. Selain itu tahapan ini juga menentukan tujuan dari penelitian yang akan dituju meliputi proses yang akan diteliti, menentukan produk, menentukan parameter dan lainnya [8].

D. Life Cycle Inventory

Life Cycle inventory adalah tahapan yang mencakup bahan baku yang digunakan pada produksi tempe mendoan, energi dan alat transportasi. Tahapan ini akan membentuk life cycle karena pada tahapan ini menginput semua proses dari bahan baku sampai produksi sehingga nantinya dapat mengetahui kegiatan mana yang menimbulkan dampak besar bagi lingkungan [9]

E. Green Manufacturing

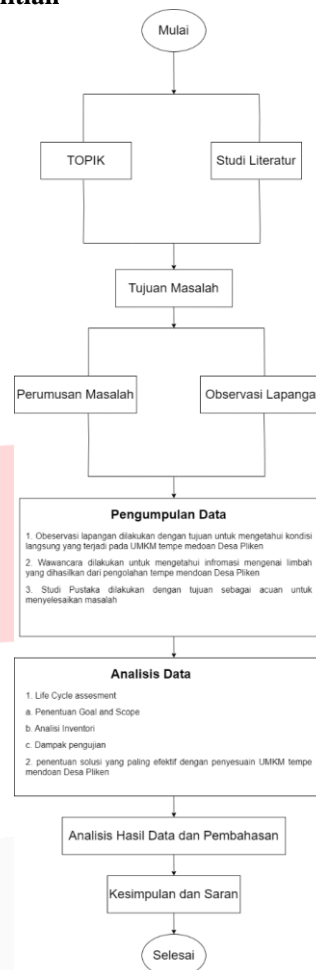
Green manufacturing melibatkan serangkaian langkah untuk mengubah bahan mentah menjadi produk jadi, dengan fokus pada pengurangan emisi zat berbahaya bagi kesehatan manusia dan lingkungan. Tujuan utamanya adalah memastikan bahwa kualitas produk dan nilai ekonomis tetap terjaga tanpa mengabaikan tanggung jawab terhadap lingkungan. Proses ini mencakup upaya untuk memperkecil dampak negatif terhadap lingkungan sepanjang rantai produksi, mulai dari penggunaan bahan baku hingga proses distribusi. *Green manufacturing* bertujuan untuk menciptakan produk yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sambil mempertimbangkan keberlanjutan ekonomi dan keunggulan kompetitif perusahaan. Dalam praktiknya, green manufacturing menggabungkan teknologi canggih, strategi manajemen yang inovatif, dan kesadaran akan pentingnya keseimbangan antara pertumbuhan ekonomi dan pelestarian lingkungan [10]

III. METODE

A. Objek dan Subjek Penelitian

Objek dari penelitian ini adalah limbah dari pengolahan tempe mendoan dan subjeknya adalah UMKM mendoan di Desa Pliken Banyumas Jawa Tengah

B. Alur Penelitian



Gambar 2
Alur Penelitian

C. Teknik Pengumpulan Data

Pada penelitian yang akan dituju terdapat dua jenis data yang digunakan yaitu data primer dan data skunder.

1. Data primer

Data Primer adalah jenis data yang diperoleh langsung dari sumbernya pertama kali, tanpa melalui proses atau interpretasi oleh pihak lain. Data ini dikumpulkan langsung dari sumber asalnya melalui, wawancara dan observasi langsung ke UMKM Tempe Mendoan Didesa Pliken banyumas jawa tengah.

1) **Observasi Lapangan** : Pada tahapan proses observasi lapangan ada beberpa data yang didapatkan berupa data input mengenai keadaan yang sebenarnya yang terjadi didesa Pliken, Jumlah pengerajin tempe mendoan yang ada di Desa Pliken, pengolahan sampah dan dokumentasi nantinya proses input data di obesevasi lapangan akan menghasilkan sebuah arugumen yang dapat menguatkan latar belakang penelitian

2) **Wawancara** : Pada tahapan ini ada beberapa proses data yang didapatkan berupa input data yaitu bahan baku, kegiatan proses produksi dan dan jumlah limbah nantinya proses input data pada tahapan wawancara akan menghasilkan proses ouput yang dapat digunakan digunakan untuk menunjang kebutuhan *metode* dan *software*

2. Data Skunder

Data skunder diperoleh melalui publikasi jurnal, buku internet dan bimbingan kepada dosen pembimbing sebagai penunjang informasi yang dibutuhkan dalam penyelesaian penelitian yang akan dituju nantinya. Data- data yang dikumpulkan pada data skunder antara lain.

- 1) Kandungan dari kacang kedelai
- 2) Regulasi Pemerintah
- 3) Dampak limbah terhadap lingkungan
- 4) Metode yang cocok untuk diterapkan dalam penelitian ini
- 5) Penggunaan software yang sesuai dengan metode penelitian ini

D. Teknik Analisis Data

Tenik analisis data pada penelitian ini menggunakan metode *life cycle assesment* dengan bantuan *software Open LCA* Tahapan- Tahapan untuk menggunakan metode *Life Cycle Assesment* adalah sebagai berikut :

1. Menentukan *Goal and Scope* yaitu tujuan dan ruang lingkup tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui dampak limbah yang dia akibatkan dari proses kegiatan produksi tempe mendoan di UMKM tempe mendoan desa Pliken.
2. Analisis *Inventory* tahapan ini mencakup informasi bahan baku, energi dan bahan bakar semua yang ada didalamnya nantinya akan diproses kedalam *software open LCA*.
3. Dampak Pengujian tahapan ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui dampak apa saja yang t imbul akibat dari kegiatan proses produksi tempe mendoan di UMKM tempe mendoan Desa Pliken.
4. Interpretasi dilakukan untuk menafsirkan pandangan peneliti mengenai hasil penelitiannya.
5. Kesimpulan dan saran.

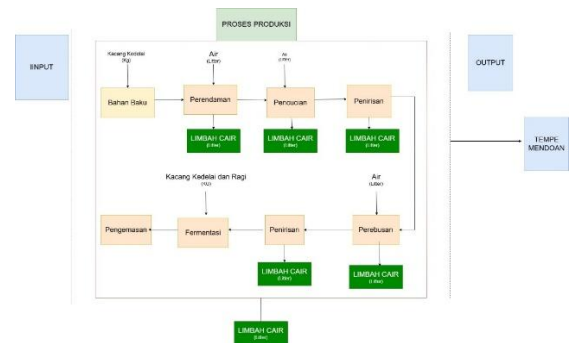
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Goal and Scope

Goal pada penelitian ini bertujuan untuk mengedintifikasi dampak limbah yang dihasilkan dari proses kegiatan produksi tempe mendoan di UMKM tempe mendoan desa Pliken

Scope pada penelitian menggunakan *cradle to gate* batasan ini digunakan untuk menentukan dampak lingkungan dari mulai kedatangan bahan baku tahap produksi hingga ke tahap pengemasan sampai produk tersebut siap dipasarkan

Proses pembuatan tempe mendoan di UMKM Desa Pliken melibatkan delapan tahapan, dari bahan baku hingga pengemasan. Tahapan tersebut meliputi persiapan bahan baku, perendaman, pencucian, dan penirisan. Selanjutnya, tempe direbus dan kembali ditiriskan. Setelah itu, dilakukan proses fermentasi. Terakhir, tempe mendoan dikemas untuk siap dipasarkan.



Gambar 3.

Proses produksi tempe mendoan

Gambar 3 menggambarkan kegiatan produksi tempe mendoan di Desa Pliken. Proses produksi ini melibatkan beberapa tahapan, dimulai dari kedatangan bahan baku dari pemasok. Kedelai kemudian direndam selama 2 jam untuk menghilangkan lendir yang menempel. Setelah direndam, kedelai dicuci untuk memastikan kebersihannya, menghilangkan lendir, kotoran, dan kulit yang tersisa. Proses pencucian ini dilakukan berulang kali tergantung pada kondisi kedelai; semakin sedikit lendir yang ada, semakin cepat proses pencucian selesai. Setelah bersih, kedelai ditiriskan untuk mengurangi kadar airnya.

Selanjutnya, kedelai yang telah ditiriskan direbus hingga matang pada suhu sekitar 85-100 derajat. Setelah perebusan, kedelai kembali ditiriskan untuk menurunkan kadar air. Tahap berikutnya adalah fermentasi selama 36 jam. Setelah proses fermentasi selesai, langkah terakhir adalah pengemasan tempe mendoan.

Selama proses produksi ini, limbah yang dihasilkan berpotensi mencemari lingkungan. Limbah utama berasal dari beberapa tahapan, yaitu perendaman, pencucian, dan perebusan. Proses perendaman menghasilkan limbah cair dari air yang digunakan. Proses pencucian memerlukan lebih banyak air dibandingkan tahapan lainnya untuk memastikan kedelai benar-benar bersih sebelum masuk ke tahap produksi selanjutnya. Pada proses perebusan, air yang digunakan juga berubah menjadi limbah cair. Limbah cair yang dihasilkan dari seluruh proses produksi tempe mendoan ini sering kali dibuang langsung ke sungai tanpa melalui pengolahan awal, yang berpotensi menyebabkan dampak negatif bagi kualitas lingkungan perairan

B. Life Cycle Inventory

Berdasarkan hasil wawancara dari salah satu pengerajin tempe mendoan di UMKM tempe mendoan Desa Pliken didapatkan beberapa data yang dibutuhkan untuk satu kali kegiatan produksi tempe mendoan.

Tabel 1
Jumlah Produksi per batch

No	Jumlah Produksi (Kg)
1	35 Kg
2	36 Kg
3	25 Kg
4	34 Kg
5	40 Kg
6	30 Kg
7	25 Kg
8	27 Kg
9	26 Kg

10	36 Kg
11	39 Kg
12	33 Kg
13	34 Kg
14	33 Kg
15	34 Kg
16	25 Kg
17	29 Kg
18	25 Kg
19	32 Kg
20	25 Kg
21	30 Kg
22	32 Kg
23	39 Kg
24	40 Kg
25	25 Kg
26	26 Kg
27	31 Kg
28	25 Kg
29	25 Kg
30	27 Kg
Rata-Rata	31 Kg

Tabel 2
Life Cycle Inventory

No	Nama	Satuan
1	Listrik	0.54 kWh
2	Air	50 L
3	Rhisopus	60 g
4	LPG	1 kg
5	Kacang Kedelai	30 kg

C. Data Base

Pada tahapan ini, langkah pertama adalah memilih salah satu database yang tersedia di aplikasi *OpenLCA*. Setelah itu, pilih folder "Proses" dan klik kanan untuk membuat "New Process," lalu beri nama folder sesuai dengan proses yang akan dikaji, misalnya "Proses Mendoan." Di dalam folder "Proses," terdapat berbagai database, seperti *energi*, *material product*, *waste*, *transportasi*, dan lain-lain. Database ini nantinya dapat digunakan untuk mendukung analisis input dan output dalam proses yang sedang dikaji. Dengan cara ini, pengguna dapat menyusun data yang diperlukan untuk menganalisis siklus hidup produk secara lebih efektif. Penelitian mengenai tempe mendoan yang berlokasi di UMKM Desa Pliken Menggunakan tiga database yang dapat mengakomodir jalannya aplikasi *openLCA* yaitu *Energy*, *material Product*, dan *Waste*

Tabel 4
Kebutuhan Data Base

Kebutuhan Data Base		
<i>Energy</i>	<i>Material Product</i>	<i>Waste</i>
<i>Electricity</i>	Kacang Kedelai	<i>Water</i>
<i>Liquefied Petroleum Gas</i>	<i>Water</i>	
	<i>Rhizopus oligosporus</i>	

D. Input OpenLCA

Proses *input* ini di isi dengan data data yang mendasari mengenai proses produksi tempe mendoan dalam satu kali

produksi tujuan dari input database ini adalah untuk membangun model siklus lingkungan hidup yang dapat mempresentasikan kegiatan produksi dari tempe mendoan

Tabel 5
Proses Input OpenLCA

Flow	Category	Amount	Unit
<i>Rhisopus oligosporus</i>	<i>Material production</i>	60	g
<i>Electricity</i>	<i>Energy</i>	0.54 kwh	Kwh
<i>LPG</i>	<i>Energy</i>	1	Kg
<i>Water</i>	<i>Material production</i>	50	L
Kacang Kedelai	<i>Material production</i>	30	Kg

Pada tahapan proses *input*, langkah pertama adalah mengisi proses *input* dengan bahan-bahan yang mendukung kegiatan pembuatan mendoan. Semua proses dari hulu ke hilir harus dimasukkan ke dalam proses *input* ini, mencakup seluruh material dan energi yang digunakan. Pada bagian "*Amount*," pengguna harus mengisi bobot atau jumlah yang diperlukan dalam proses tersebut, sedangkan pada bagian "*Unit*," ditentukan satuan yang digunakan, seperti kilogram, liter, atau unit lainnya. Proses ini penting untuk memastikan data *input* yang akurat dan lengkap. Dengan cara ini, analisis siklus hidup mendoan dapat dihitung dengan lebih tepat dan komprehensif

E. Output OpenLCA

Tujuan dari proses *output* pada aplikasi *OpenLCA* adalah untuk menyediakan hasil analisis yang komprehensif dan terperinci mengenai dampak lingkungan dari suatu sistem, produk, atau proses. Hasil *output* ini mencakup informasi seperti emisi, konsumsi sumber daya, dan berbagai kategori dampak lingkungan, termasuk jejak karbon, jejak air, dan potensi kerusakan ekosistem dan produk jadi.

Tabel 6
Output OpenLCA

Flow	Category	Amount	Unit
Tempe mendoan	<i>Product</i>	30	Kg
<i>B</i>	<i>Wash</i>	50	L

F. Impact Analysis

Hasil dari *impact analysis* membantu pengguna memahami kontribusi setiap tahap siklus hidup terhadap dampak lingkungan, mengidentifikasi hot spots, serta mengevaluasi alternatif untuk mengurangi dampak negatif. Selain itu, analisis ini mendukung pengambilan keputusan yang lebih berkelanjutan, memenuhi persyaratan regulasi lingkungan, dan memberikan dasar untuk komunikasi dampak lingkungan kepada pemangku kepentingan. Dengan demikian, *impact analysis* menjadi alat penting dalam mengintegrasikan prinsip keberlanjutan.

Tabel 7
Impact Analysis

No	Impact Analysis	UMKM Tempe Desa Pliken
1	Abiotic Depletion	6.13050E-6 kg SB eq
2	Abiotic Depletion (Fossil Fuels)	4.94163e4 MJ
3	acidification	20.33494 kg SO ₂ eq
4	eutrophication	1.37400 kg PO ₄ ³⁻ eq
5	freshwater aquatic ecotoxicity	6.84432 kg 1,4-DB eq
6	Global Warming Potential (GWP 100a)	409.632,316 kg CO ₂ eq
7	human toxicity	385.31518 kg 1,4-DB eq
8	Marine Aquatic Ecotoxicity	6.43356E5 kg 1,4-DB eq
9	Ozone Layer Depletion (ODP)	0.00025 kg CFC-11 eq
10	Photochemical Oxidation	1.10342 kg C ₂ H ₄ eq
11	Terrestrial Ecotoxicity	1.90140 kg 1,4-DB eq

G. Saran Perbaikan

Saran Perbaikan yang pertama adalah pembuatan biogas yang bertujuan untuk mengurangi limbah cair dengan cara mengolah limbah cair menjadi biogas dan dapat dijadikan sebagai sumber energi yang baru yang lebih ramah lingkungan serta pemanfaatan limbah menjadi lebih ekonomis apabila digambarkan dalam bentuk tabel dengan pendekatan perhitungan ekonomi teknik maka didapatkan manfaat dari sisi ekonomi sebagai berikut

Tabel 8
Perhitungan ekonomi penggunaan biogas

No	Barang	Satuan
1	Limbah Cair	1.500 Litter
3	Penghematan LPG	30 kg /bulan x Rp.15.000/kg sehingga total penghematan Rp.9.00.000/ bulan
4	Biaya Investasi (termasuk biaya biodigester, instalasi	Rp.100.000.000

	dan pengembangan sumber daya manusia)	
5	Umur Oprasioanal biodigester	15 Tahun
6	Biaya oprasioanal dan pemeliharaan	Rp 5.000.000/tahun

1. Perhitungan penghematan LPG

Penghematan tahunan = penghematan bulanan x 12

Penghematan tahunan = Rp. 450.000 x 12 = Rp. 5.400.000

2. Perhitungan Biaya oprasioanal dan Pemeliharaan

Biaya oprasioanal dan pemeliharaan Rp. 5.000.000

3. Keuntungan bersih tahunan

Keuntungan bersih tahunan= Penghematan tahunan – biaya oprasioanal

Keuntungan bersih tahunan= Rp. 5.400.000- Rp. 5.000.000

=Rp. 4.00.000

4. Payback Periode

Payback Period = $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Keuntungan Bersih tahunan}}$

Payback Period = $\frac{\text{Rp.4000.000}}{\text{Rp.4.00.000}}$ == 10 tahun

Saran perbaikan yang kedua adalah pembuatan IPAL (Instalasi, Pengelolaan Air Limbah) yang tujuannya adalah untuk mengolah limbah cair dari proses produksi tempe medoan sehingga air yang nanti keluar ke sungai sudah memenuhi standar baku mutu sesuai dengan regulasi pemerintah yang berlaku apabila digambarkan dalam bentuk tabel perbandingan antara dari sudut pandang ekonomi dan lingkungan sebagai berikut.

Tabel 9
Perbandingan dari sudut ekonomi dan lingkungan

Aspek	Ekonomi	Lingkungan
Investasi awal	Rp.48.000.000	Dampak besar pada ekosistem dan lingkungan sekitar
Keuntungan	Penghematan denda	Peningkatan kualitas air bersih
Resiko	Jika limbah cair tidak segera diselesaikan maka dapat berisiko para UMKM akan dikenakan denda sesuai dengan peraturan yang berlaku	Resiko kerusakan lingkungan terutama pencemaran air akan semakin meluas
Keberlanjutan	Menghemat biaya dalam jangka Panjang	Mendukung keberlanjutan lingkungan dan SDGs

Saran perbaikan yang ketiga adalah pembuatan PLTS(Pembangkit Listrik Tenaga Surya) yang bertujuan untuk mengurangi ketergantungan penggunaan listrik yang berasal

dari batu bara ke penggunaan listrik yang lebih ramah lingkungan. Penggunaan PLTS selain dari sisi lingkungan lebih baik dari sudut pandang ekonomi dapat dihitung dengan pendekatan ekonomi teknik sebagai berikut

Tabel 10
Perhitungan ekonomi PLTS

No	Nama Alat	Unit	Harga/unit	Total
1	Panel surya (450 Wp)	12 unit	Rp.2.000.000	Rp.24.000.000
2	Inverter	1 unit	Rp11.000.000	Rp11.000.000
3	Baterai (Lithium 5 Kwh)	2 unit	Rp.19.000.000	Rp.38.000.000
4	Kabel		Rp.3.000.000	Rp.3.000.000
5.	Instalasi dan Pemasangan		Rp.7.000.000	Rp.7.000.000

Harga pada tabel 10 dapat berubah-ubah dikarenakan faktor tempat pembelian, kebutuhan dilapangan, dan ketersediaan alat-alat yang ada dari tabel 10 nilai investasi awalnya dapat disimpulkan Rp.83.000.000

1. Perhitungan penghematan biaya listrik

Penghematan tahunan = penghematan bulanan x 12
 Penghematan tahunan = Rp.2.00.000 x 12 = Rp. 2.400.000

2. Perhitungan Biaya oprasional dan Pemeliharaan

Biaya oprasional dan pemeliharaan Rp. 1.000.000

3. Keuntungan bersih tahunan

Keuntungan bersih tahunan = Penghematan tahunan – biaya oprasional
 Keuntungan bersih tahunan = Rp. 2.400.000 - Rp. 1.000.000
 = Rp. 1.400.000

4. Payback Periode

Payback Period = $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Keuntungan Bersih tahunan}}$
 Payback Period = $\frac{\text{Rp.83.000.000}}{\text{Rp.1.400.000}}$ = 59 tahun

Saran Pebaikan yang ke empat adalah pembuatan POC (Pupuk Organik Cair) yang bertujuan untuk mengolah sekaligus memanfaatkan limbah cair tempe mendoan sehingga selain dapat mengatasi masalah lingkungan akibat limbah cair tempe mendoan pengerajin juga dapat menemukan peluang ekonomi baru dengan pemanfaatan limbah cair yang dijadikan sebuah produk baru, apabila di hitung dari sudut pandang ekonomi dengan menggunakan pendekatan ekonomi teknik maka sebagai berikut.

No	Nama Alat	Unit	Harga/unit	Total
1	Limbah Cair	50 L	Rp.0,	Rp.0,
2	Gula Merah	1 Kg	Rp20.000	Rp.20.000
3	EM4	500 ml	Rp. 25.000	Rp.25.000

4	Air bersih	10 L	Rp. 0	Rp.0,
5.	Drum plastic (50L)	1 unit	Rp.1.00.000	Rp.1.00.000
6.	Penganduk	1 unit	Rp.10.000	Rp.10.000
7.	Selang kecil	1 M	Rp.5.000	Rp.5.000
8.	Kain saring	1 unit	Rp.15.000	Rp.15.000

1. Asumsi dan Perhitungan Harga Jual

Biaya Produksi Per/ liter = $\frac{\text{Total Biaya Produksi}}{\text{Volume Produksi}}$

Biaya Produksi Per/ liter = $\frac{\text{Rp.175.000}}{50 \text{ L}}$ = Rp. 3.500

Harga jual / liter = Biaya produksi /liter x (1+ margin keuntungan)

Harga jual / liter = Rp.3.500 x (1+ 50%) = Rp.3.500 x 1.5 = Rp.5.250

2. Pendapatan Penjualan

Pendapatan Penjualan = Harga Jual x Volume Penjualan
 Pendapatan Penjualan = Rp.5.250 x 50 liter = Rp.265.500

3. Keuntungan per Batch

Keuntungan per batch = Rp.265.500 – Rp.175.000 = Rp. 87.500

4. Payback Periode

Payback Period = $\frac{\text{Biaya Investasi}}{\text{Keuntungan Per Batch}}$
 Payback Period = $\frac{\text{Rp.175.000}}{\text{Rp.87.500}}$ = 2 batch

Dari sudut pandang ekonomi pembuatan POC atau pupuk organik cair merupakan salah satu alternatif yang paling mudah untuk direalisasikan karena tidak membutuhkan biaya invetasi awal yang besar sehingga dapat dilakukan dengan mandiri, selain itu apabila para pengerajin membuat POC maka akan menjadi sumber ekonomi yang baru dengan pemanfaatan limbah yang tidak terpakai apabila harga jual per liter Rp.5.250 maka pengerajin akan mendapatkan keuntungan Rp.87.500 / batch. Biaya investasi awal senilai Rp.175.000 akan dapat kembali dalam produksi 2 kali batch.

H. SDGs (Sustainable Development Goals)



Gambar 4

SDGs (Sustainable Development Goals)

Manfaat Gabungan bagi SDGs Poin 8 dan 12:

1. Dampak Ekonomi:

- Peningkatan pendapatan produsen tempe melalui produk sampingan limbah.

- b. Pengurangan biaya produksi dengan memanfaatkan energi terbarukan dari biogas.
2. Dampak Lingkungan:
- a. Mencegah pencemaran air akibat pembuangan limbah tempe langsung ke lingkungan.
 - b. Mendukung keberlanjutan ekosistem melalui pengelolaan limbah berbasis teknologi hijau.

Contoh Nyata:

- a. Pembangunan Sentra Produksi Tempe Berkelanjutan:
Kawasan produsen tempe mendoan dapat dilengkapi dengan fasilitas pengolahan limbah bersama, yang tidak hanya menangani limbah tetapi juga menghasilkan produk bernilai tambah seperti energi atau pupuk.
- b. Kolaborasi Multi-pihak:
Pemerintah, LSM, dan sektor swasta dapat mendukung penyediaan teknologi, pelatihan, dan pendanaan untuk mewujudkan proyek ini, sesuai dengan SDGs Poin 17 (Kemitraan untuk Tujuan). Pengelolaan limbah cair tempe secara ekonomis dan ramah lingkungan dapat memberikan kontribusi signifikan terhadap pencapaian **Sustainable Development Goals (SDGs) poin ke-17**, yaitu **Kemitraan untuk Mencapai Tujuan**. Limbah cair tempe yang sering kali dianggap sebagai polutan dapat diolah menjadi produk bernilai tambah seperti biogas, pupuk organik cair, atau bahan baku pakan ternak. Proses ini tidak hanya mengurangi dampak lingkungan, tetapi juga membuka peluang kemitraan antara pemerintah, pelaku usaha, komunitas lokal, dan institusi penelitian untuk mengembangkan teknologi pengolahan limbah yang inovatif. Dengan menjalin kerja sama lintas sektor, keberlanjutan lingkungan dapat diwujudkan sekaligus mendorong pertumbuhan ekonomi lokal. Upaya ini mencerminkan semangat SDGs poin ke-17, di mana kolaborasi menjadi kunci untuk mencapai keseimbangan antara pembangunan ekonomi, pelestarian lingkungan, dan kesejahteraan masyarakat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan analisis menggunakan aplikasi *OpenLCA*, proses produksi tempe mendoan memiliki beberapa dampak negatif terhadap lingkungan. Dampak utama berasal dari penggunaan energi dan bahan baku yang tidak efisien, serta pembuangan limbah cair yang mengandung bahan organik tinggi. Limbah cair ini, jika tidak diolah dengan baik, dapat menyebabkan pencemaran air karena tingginya kadar *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)*, yang berdampak pada ekosistem perairan. Hasil simulasi yang dilakukan dengan aplikasi *OpenLCA* didapatkan hasil pencemaran lingkungan akibat proses produksi tempe mendoan meliputi *Abiotic Depletion* (6.13050E-6 kg SB eq), *Abiotic Depletion (Fossil Fuels)* (4.94163e4 MJ), *acidification* (20.33494 kg SO₂ eq), *eutrophication* (1.37400 kg PO₄³⁻ eq), *freshwater*

aquatic ecotoxicity (6.84432 kg 1,4-DB eq), *Global Warming Potential (GWP 100a)* (409.632,316 kg CO₂ eq), *human toxicity* (385.31518 kg 1,4-DB eq), *Marine Aquatic Ecotoxicity* (6.43356E5 kg 1,4-DB eq), *Ozone Layer Depletion (ODP)* (0.00025 kg CFC-11 eq), *Photochemical Oxidation* (1.10342 kg C₂H₄ eq), *Terrestrial Ecotoxicity* (1.90140 kg 1,4-DB eq).

Oleh karena itu, diperlukan pendekatan produksi yang lebih ramah lingkungan, seperti pengelolaan limbah terpadu dan efisiensi energi, untuk mengurangi dampak buruk terhadap lingkungan sekaligus meningkatkan keberlanjutan proses produksi tempe mendoan. Untuk membuat kegiatan produksi yang lebih *green manufacturing* dapat dilakukan dengan solusi perbaikan seperti pembuatan IPAL sebagai upaya untuk pengolahan limbah cair, pembuatan pembangkit listrik tenaga surya (PLTS) sebagai upaya mengurangi ketergantungan penggunaan listrik yang bahan utamanya dari fosil. Pembuatan biogas dari limbah cair agar para pengerajin dapat beralih dari bahan bakar gas LPG ke bahan bakar yang lebih ramah lingkungan dan yang terakhir pembuatan POC atau pupuk organik cair sebagai peluang ekonomi baru yang dapat dimanfaatkan oleh para pengerajin.

Harapannya selain kegiatan produksi menjadi lebih hijau saran perbaikan tersebut dapat mendukung program SDGs yang menyakuti poin Poin 8 (*Decent Work and Economic Growth*) dan SDGs Poin 12 (*Responsible Consumption and Production*), Poin 17 (Kemitraan untuk Tujuan)

REFERENSI

- [1] D. H. Maskar, K. Anwar, and I. N. Prasetyo, "Pengembangan Produk Baru: Diversifikasi Tempe di Rumah Tempe Zanada," *J. Pengabd. Masy. Inov. Indones.*, vol. 2, no. 1, pp. 215–226, 2024, doi: 10.54082/jpmii.357.
- [2] I. W. R. Aryanta, "Kandungan Gizi Dan Manfaat Tempe Bagi Kesehatan," *Widya Kesehat.*, vol. 5, no. 2, pp. 25–32, 2023, doi: 10.32795/widyakesehatan.v5i2.4828.
- [3] F. Sayow, B. V. J. Polii, W. Tilaar, and K. D. Augustine, "Analisis Kandungan Limbah Industri Tahu Dan Tempe Rahayu Di Kelurahan Uner Kecamatan Kawangkoan Kabupaten Minahasa," *Agri-Sosioekonomi*, vol. 16, no. 2, p. 245, 2020, doi: 10.35791/agrsosek.16.2.2020.28758.
- [4] J. Prasetio and S. Widyastuti, "Pupuk Organik Cair Dari Limbah Industri Tempe," *WAKTU J. Tek. UNIPA*, vol. 18, no. 2, pp. 22–32, 2020, doi: 10.36456/waktu.v18i2.2740.
- [5] B. Prasetia and Kahar, "Gambaran Kadar Biochemical Oxygen (Bod) Dan Chemical Oxygen Demand (Cod) Pada Limbah Cair Industri Tahu," *J. Sanitasi Prof. Indones.*, vol. 4, pp. 101–110, 2023.
- [6] D. Purwaningsih, I. Wulandari, and A. Aditya, "Pemanfaatan Cangkang Telur Ayam Sebagai Biosorben untuk Penurunan COD pada Limbah Cair Pabrik Batik," *Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan I*, pp. 507–512, 2021.
- [7] A. P. O. dan M. Mirwan, "Environmental science and

engineering,” *Can. J. Civ. Eng.*, vol. 18, no. 1, pp. 159–159, 2022, doi: 10.1139/191-019.

- [8] T. T. Anastasia and M. M. Azis, “Life cycle assessment (LCA) kegiatan bank sampah di pedesaan (Bank Sampah Asoka Berseri , Desa Sokosari , Tuban) Keterbatasan pengelolaan sampah di Kabupaten Tuban khususnya di terkendali . Kesadaran dan pengetahuan masyarakat dalam memilah dan terbuak,” *Jplb*, vol. 4, no. 3, pp. 537–551, 2020.
- [9] F. T. Sipil, K. Institut, and T. Sepuluh, “Jurnal Darma Agung KAJIAN LIFE CYCLE ASSESSMENT

DAN LIFE CYCLE COST PADA Corresponding Author : Pembangkit Listrik Tenaga Gas Uap (PLTGU) merupakan suatu instalasi peralatan,” pp. 242–246, 2024.

- [10] P. Nugroho, I. Kusuma, M. Mukhsin, and D. Satyanegara, “Peningkatan Kinerja Perusahaan Dengan Green Supply Chain Management Pada UKM Olahan Ikan Kota Serang,” vol. 22, no. 1, pp. 75–82, 2024.

