

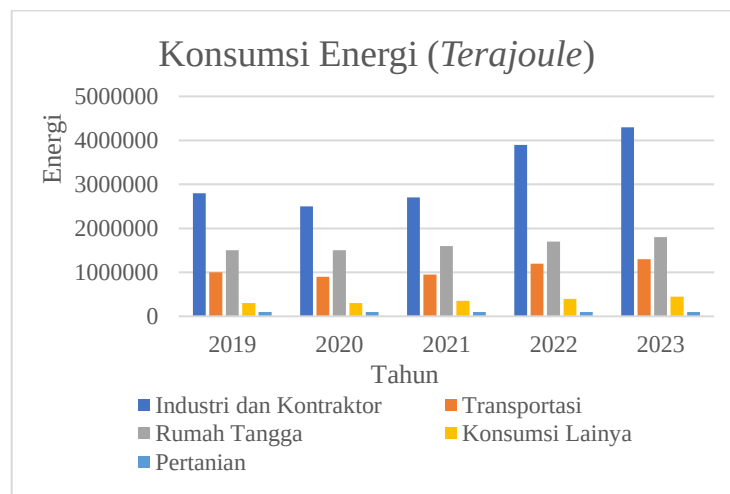
BAB I PENDAHULUAN

Bab satu berisi bagian pendahuluan yang mencakup latar belakang, rumusan masalah, tujuan, manfaat, batasan, asumsi penelitian, serta sistematika penulisan yang disusun secara terpadu dan saling berkaitan.

1.1 Latar Belakang

Usaha Mikro, Kecil, dan Menengah (UMKM) memiliki peran krusial dalam mendukung perekonomian Indonesia. Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2024), sektor UMKM menyumbang sekitar 60,3% terhadap total Produk Domestik Bruto (PDB) nasional serta menyerap sekitar 97% tenaga kerja. Peran ini memberikan dampak positif bagi perekonomian negara, khususnya dalam menciptakan peluang kerja dan meningkatkan taraf hidup masyarakat (Janah & Tampubolon, 2024).

Seiring perkembangan zaman, sektor UMKM terus mengalami pertumbuhan, namun di sisi lain turut meningkatkan tekanan terhadap lingkungan akibat konsumsi sumber daya dan limbah yang dihasilkan (Ioshchikhes et al., 2024). Peningkatan produktivitas industri mendorong lonjakan konsumsi energi nasional, Gambar 1.1 menunjukkan pada tahun 2023 tercatat sebesar 7.388.957 *terajoule*, naik 6,4% dari tahun sebelumnya. Sektor industri menjadi konsumen terbesar dengan 56,2% total energi.



Gambar 1.1 Konsumsi Energi Menurut Sektor Tahun 2019–2023

Sumber: (Badan Pusat Statistik, 2024)

Meningkatnya kegiatan industri juga menyebabkan timbulnya limbah dalam bentuk padat, cair, maupun gas yang dapat menimbulkan potensi pencemaran terhadap lingkungan (Haifa et al., 2024). Beberapa studi menunjukkan bahwa limbah cair yang tidak dikelola menyebabkan gangguan kesehatan, seperti 70,31% responden mengalami iritasi kulit dan 23,44% menderita diare akibat penggunaan air sungai tercemar (Pramaningsih et al., 2023). Sementara itu, paparan jangka panjang terhadap polutan udara seperti ozon, NO₂, dan SO₂ dapat menimbulkan gangguan pernapasan kronis (Handayani et al., 2023).

Industri tempe merupakan salah satu jenis industri rumahan yang dalam proses produksinya banyak menggunakan air dan menghasilkan limbah cair dalam jumlah besar. Tempe sendiri adalah makanan khas Indonesia yang dibuat melalui proses fermentasi kedelai (Kristiadi & Lunggani, 2022). Sebagai salah satu makanan pokok, tempe memiliki nilai budaya yang signifikan, khususnya dalam ranah usaha kecil dan menengah (Raharjo & Fidyasari, 2020). UMKM Tempe Pak Nadi di Desa Kedungcangkring, Kabupaten Sidoarjo, merupakan salah satu pelaku usaha kecil yang memproduksi tempe secara rutin setiap hari untuk memenuhi permintaan konsumen. Dalam proses produksinya, kebutuhan bahan baku dan sumber daya cukup besar.

Kebutuhan bahan baku yang digunakan dalam produksi tempe pada UMKM Tempe Pak Nadi ditunjukkan pada Tabel 1.1, proses produksi tempe membutuhkan berbagai sumber daya, baik bahan baku utama, energi, maupun air dalam jumlah besar. Kebutuhan produksi yang cukup tinggi ini menunjukkan bahwa kegiatan usaha tempe tidak hanya berdampak pada ekonomi, tetapi juga memiliki konsekuensi lingkungan. Termasuk dalam hal ini adalah timbulnya limbah padat dan cair yang berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak ditangani secara tepat.

Tabel 1.1 Kebutuhan Sumber daya Produksi Tempe

Kedelai	Ragi	Kemasan Plastik	Air Pencucian	Air Perendaman	Air Perebusan	Liquid Petroleum Gas (LPG)	Mesin Pengupas	Pompa air PS-116 BIT	Mesin Pres Plastik	Kipas Angin
150 kg	150 gram	0.025 kg	100 liter	450 liter	200 liter	9 kg	450 Watt	290 Watt	300 Watt	50 Watt

Sumber: Wawancara dan observasi

Dalam proses produksi tempe, dihasilkan tiga jenis limbah utama, yaitu limbah cair, limbah padat, dan limbah gas. Limbah cair umumnya berasal dari tahap pencucian dan perendaman kedelai, berupa air cucian dan air rendaman yang telah tercemar. Selain itu, air rebusan kedelai yang berwarna kuning keruh juga termasuk dalam limbah cair dari proses perebusan. Sementara itu, limbah padat dihasilkan pada tahap penggilingan, berupa kulit kedelai yang terpisah dari bijinya. Adapun limbah gas muncul dari dua tahapan, yaitu saat pengiriman bahan baku yang menghasilkan emisi kendaraan pengangkut, serta dari proses perebusan dan fermentasi yang menghasilkan uap air dan gas amonia ringan. Emisi gas buang kendaraan, seperti pick-up berbahan bakar solar dan motor berbahan bensin, merupakan sumber pencemar udara signifikan. Diesel menghasilkan lebih banyak NO_x dan partikel halus, sedangkan bensin menghasilkan CO, HC, dan senyawa volatil. Keduanya juga melepaskan CO_2 sebagai gas rumah kaca utama.

Tabel 1.2 Jenis limbah dalam produksi tempe

Jenis Limbah	Sumber Tahapan Produksi	Output Tahapan Produksi
Limbah Cair	Pencucian & Perendaman	Air cucian kedelai, air rendaman
	Perebusan	Air rebusan kedelai
Limbah Padat	Pengilingan	Kulit kedelai, Sisa potongan plastik
Limbah Gas	Pengiriman Bahan baku	Emisi kendaraan pengangkut
	Perebusan, penggilingan, pengemasan	Emisi Karbon Dioksida (CO_2)

Pada kasus usaha tempe milik Pak Nadi, air limbah hasil proses pencucian, perendaman, dan perebusan sebagian digunakan sebagai pakan ternak. Meskipun demikian, seperti yang terlihat pada Gambar 1.2, sebagian besar limbah cair dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui tahapan pengolahan terlebih dahulu (*water treatment*). Situasi ini menyebabkan pencemaran lingkungan yang dirasakan oleh masyarakat sekitar, antara lain munculnya bau tak sedap dari saluran air, terutama saat musim kemarau. Kondisi tersebut terjadi karena bahan organik dalam limbah mengalami pembusukan lebih cepat akibat suhu yang tinggi dan rendahnya aliran air yang seharusnya membantu mengencerkan limbah tersebut. Selain itu,

sumber air dari sumur bor di permukiman warga juga mengalami pencemaran, ditandai dengan bau tidak sedap yang terdeteksi dari air sumur.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 1.2 Proses pembuangan limbah cair: (a) Tempat pencucian, (b) Jalur menuju selokan, (c) Tempat pembuangan pada selokan, (d) Selokan yang tercemar limbah

Penelitian dari Sari & Rahmawati (2020), menganalisis limbah cair dari proses perebusan dan perendaman kedelai dalam produksi tempe mengandung parameter seperti kandungan *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) dalam air rebusan mencapai 9.763 mg/L dan dalam air rendaman 3.298 mg/L, melebihi ambang batas 150 mg/L, yang menunjukkan tingginya kebutuhan oksigen untuk dekomposisi bahan organik dan berpotensi menurunkan kadar oksigen dalam perairan. Kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) dengan 1.672 mg/L pada air rebusan dan 5.892 mg/L pada air rendaman, melebihi batas 300 mg/L, yang menandakan tingginya kandungan bahan organik dan anorganik. Kandungan *Total Suspended Solids* (TSS) pada kedua limbah sangat tinggi 1.894 mg/L pada air rebusan dan

2.396 mg/L pada air rendaman, jauh di atas batas 100 mg/L, yang dapat menyebabkan kekeruhan dan sedimentasi di perairan. Sementara itu, *Total Dissolved Solids* (TDS) dalam air rebusan 5.192 mg/L sedikit melebihi ambang batas 5.000 mg/L, sedangkan pada air rendaman masih dalam nilai ambang batas 3.815 mg/L.

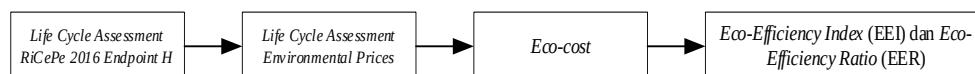
Beberapa penelitian sebelumnya oleh Sari et al., (2024) menginformasikan bahwa UMKM memiliki kecenderungan mengabaikan aspek keberlanjutan karena keterbatasan teknologi, modal, dan akses informasi. Selain itu, penelitian oleh Siregar et al., (2024) menunjukkan bahwa pelaku UMKM di Indonesia sering kali tidak memiliki pengetahuan yang cukup tentang pengelolaan limbah secara ramah lingkungan. Pelaku UMKM seharusnya lebih memperhatikan proses bisnis yang berkelanjutan dan ramah lingkungan. Oleh karena itu, perhatian terhadap upaya pengurangan dampak lingkungan dari aktivitas produksi semakin berkembang, sekaligus mendukung penerapan konsep *eco-efficiency*.

Eco-efficiency merupakan strategi yang diterapkan perusahaan untuk meningkatkan kualitas lingkungan dalam operasionalnya, yang pada akhirnya dapat meningkatkan nilai usaha. Setiap perusahaan memiliki tanggung jawab dalam mengelola lingkungan dengan membatasi aktivitas operasional yang berpotensi mencemari udara, air, dan tanah. *Eco-efficiency* menggabungkan efisiensi ekonomi dan ekologi dengan meminimalkan penggunaan sumber daya alam untuk mencapai hasil optimal, sekaligus menjaga keseimbangan ekosistem dan mengurangi dampak lingkungan dari proses produksi maupun konsumsi (Valencia & Sri, 2022).

Dalam mengukur dampak lingkungan, terdapat berbagai metode yang dapat digunakan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Syafni et al., 2022), metode *Environmental Impact Assessment* (EIA) berfungsi sebagai alat penting dalam upaya menjaga keberlanjutan pembangunan yang ramah lingkungan. Namun, sejumlah pihak menilai bahwa peran EIA tersebut belum berjalan secara optimal, bahkan dianggap sebagai beban yang cukup berat bagi beberapa pihak. Selain itu, EIA juga dinilai belum efektif dalam menentukan kelayakan lingkungan maupun sebagai alat mitigasi terhadap potensi bencana. Selain metode EIA, terdapat juga pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) yaitu metode yang digunakan untuk mengevaluasi dampak lingkungan dari suatu produk, proses, atau aktivitas

sepanjang siklus hidupnya, mulai dari pengadaan bahan baku hingga pembuangan akhir (Maisarah & Dian, 2024). Salah satu keunggulan LCA adalah kemampuannya dalam menilai dampak lingkungan tidak hanya dari produk akhir, tetapi juga dari seluruh rangkaian aktivitas yang meliputi pengambilan bahan baku, proses produksi, penggunaan, hingga tahap akhir pengelolaan limbah. Dengan adanya analisis LCA, pelaku usaha dapat mengambil langkah mitigasi yang lebih efektif dalam meningkatkan efisiensi produksi.

Selain metode *Life Cycle Assessment* (LCA), pendekatan *Eco-Efficiency Index* (EEI) dan *Eco-Efficiency Ratio* (EER) juga digunakan untuk mengevaluasi keseimbangan antara efisiensi ekonomi dan dampak lingkungan dari suatu produk. EEI mengukur perbandingan antara biaya lingkungan (*eco-cost*) dengan nilai ekonomi bersih (*Net Value*) yang dihasilkan. Sementara itu, EER berfungsi untuk menilai rasio antara biaya lingkungan (*eco-cost*) dan nilai produk. Hasil perhitungan EER selanjutnya dimanfaatkan untuk memperoleh nilai tingkat EER (*EER rate*), yang memberikan gambaran akhir mengenai evaluasi eko-efisiensi dalam suatu proses produksi (Wilaya et al., 2024). Dengan menerapkan pendekatan ini, UMKM dapat mengidentifikasi peluang perbaikan dalam pemanfaatan sumber daya yang lebih berkelanjutan.



Gambar 1.3 Alur Analisis *Eco-Efficiency* berbasis LCA

Berdasarkan pada latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini menggunakan pendekatan *Life Cycle Assessment* (LCA) guna mengetahui tahapan produksi tempe yang memberikan kontribusi dampak lingkungan terbesar. Sehingga dapat diberikan strategi mitigasi yang lebih spesifik produksi tempe dengan bantuan *software* SimaPro. Hasil dari LCA dapat dijadikan dasar untuk menerapkan prinsip *eco-efficiency*, yaitu strategi yang mengintegrasikan efisiensi ekonomi dan keberlanjutan lingkungan. Kemudian, dengan menerapkan EEI dan EER, dapat mengukur seberapa efisien dalam memanfaatkan sumber daya dibandingkan dengan dampak lingkungan yang dihasilkan. Pendekatan ini akan membantu pelaku usaha dalam membuat keputusan berbasis data untuk meningkatkan efisiensi produksi sekaligus mengurangi dampak lingkungan.

Dengan mengoptimalkan efisiensi sumber daya dan mengurangi limbah melalui metode LCA, EEI, dan EER dapat meningkatkan daya saing serta berkontribusi dalam mencapai tujuan pembangunan berkelanjutan (*Sustainable Development Goals, SDGs*) terutama dalam aspek konsumsi dan produksi yang bertanggung jawab.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan pada latar belakang yang telah dipaparkan, rumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana dampak lingkungan yang dihasilkan dari proses produksi tempe berdasarkan analisis *Life Cycle Assessment*?
2. Bagaimana tingkat efisiensi lingkungan dalam proses produksi tempe yang dapat diukur menggunakan *Eco-Efficiency Index* dan *Eco-Efficiency Ratio*?
3. Strategi mitigasi apa yang dapat diterapkan untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan *eco-efficiency*?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini yang ingin dicapai sebagai berikut:

1. Menganalisis dampak lingkungan yang ditimbulkan dari produksi tempe menggunakan metode *Life Cycle Assessment*.
2. Mengukur tingkat efisiensi lingkungan dengan menggunakan *Eco-Efficiency Index* dan *Eco-Efficiency Ratio*.
3. Mengusulkan strategi mitigasi yang dapat meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan *eco-efficiency*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan diambil dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan pemahaman mengenai dampak lingkungan yang ditimbulkan berdasarkan metode *Life Cycle Assessment*.
2. Membantu dalam mengoptimalkan penggunaan bahan baku, energi, dan air melalui pengukuran *Eco-Efficiency Index* dan *Eco-Efficiency Ratio*.

3. Mengusulkan strategi mitigasi berbasis *eco-efficiency* yang dapat meningkatkan efisiensi produksi, mengurangi limbah, serta mendukung pencapaian *Sustainable Development Goals* (SDGs).

1.5 Batasan Penelitian

Batasan penelitian yang digunakan adalah sebagai berikut:

1. Penelitian ini berlokasi di Desa Kedungcangkring, Kabupaten Sidoarjo, Jawa Timur.
2. Proses analisis perhitungan dilakukan dengan dukungan *software* SimaPro.
3. Penilaian dampak lingkungan dilakukan menggunakan metode *Life Cycle Assessment* dengan pendekatan *cradle-to-gate*, tanpa mempertimbangkan tahap distribusi dan konsumsi produk.
4. Pengukuran efisiensi lingkungan hanya berfokus pada *Eco-Efficiency Index* dan *Eco-Efficiency Ratio*, tanpa membahas indikator keberlanjutan lainnya seperti ekonomi sirkular atau *Social Life Cycle Assessment*.

1.6 Asumsi Penelitian

Asumsi yang diterapkan dalam penelitian ini adalah bahwa proses produksi tempe berlangsung secara konsisten, tanpa adanya perubahan signifikan selama periode pengambilan data.

1.7 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan dalam penelitian ini terdiri dari lima bab yang dijelaskan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab satu pendahuluan berisikan mengenai latar belakang penelitian, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan penelitian, asumsi penelitian dan sistematika penulisan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab dua tinjauan pustaka memuat studi literatur serta penelitian sebelumnya yang menjadi dasar dalam penelitian ini.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab tiga tentang metode penelitian membahas metode yang digunakan dalam penelitian ini. Bagian ini menguraikan secara rinci mengenai jenis penelitian, lokasi dan periode pelaksanaan, objek yang diteliti, sumber data, serta teknik yang digunakan dalam pengumpulan dan analisis data.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab empat mencakup hasil dan pembahasan yang disusun berdasarkan proses pengumpulan serta pengolahan data dari produksi tempe di UMKM Pak Nadi. Penelitian ini menguraikan hasil pengukuran dampak lingkungan menggunakan LCA, pengukuran efisiensi lingkungan berdasarkan EEI dan EER, serta usulan strategi mitigasi yang dapat diterapkan untuk meningkatkan *eco-efficiency* dalam produksi tempe.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab lima memuat kesimpulan dari penelitian yang didasarkan pada hasil pengolahan data untuk menjawab tujuan penelitian serta memberikan rekomendasi yang dapat dipertimbangkan dalam penerapan strategi terbaik yang telah ditetapkan.