

ANALISIS PRODUKSI BERSIH BERBASIS *LIFE CYCLE ASSESSMENT* (LCA) PADA INDUSTRI TAHU DI LUMAJANG

**Alivinda Aulia Safira Musyarofah^{*1)}, Mutiara Iga Nuraeni²⁾, Qussiyatur Rohmania³⁾,
Iis Nur Asyiah⁴⁾, Nuriman⁵⁾**

^{1,2,3,4,5)} Magister Pendidikan IPA, FKIP, Universitas Jember, Jawa Timur, Indonesia.

**Corresponding author*

e-mail: alivinda.aulia@gmail.com^{*1)}, igamutiaral@gmail.com²⁾, qussiyaturrohmanial102@gmail.com³⁾,
iisnaza.fkip@unej.ac.id⁴⁾, nuriman.fkip@unej.ac.id⁵⁾

Article history:

Submitted: June 19th, 2024; Revised: July 18th, 2024; Accepted: Aug. 24th, 2024; Published: Jan. 15th, 2025

ABSTRAK

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi dan menganalisis dampak lingkungan yang terjadi selama siklus hidup produksi tahu, mulai dari pengadaan bahan baku hingga distribusi produk akhir. Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menganalisis data yang dikumpulkan melalui observasi, wawancara, dan uji laboratorium. Evaluasi dampak lingkungan pada setiap tahap produksi, termasuk konsumsi energi, emisi, penggunaan air, dan limbah, dilakukan dengan menerapkan produksi bersih berbasis *LCA*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis produksi bersih berbasis *LCA* membantu dalam pengambilan kebijakan untuk mengurangi dampak lingkungan dan mencapai lingkungan yang berkelanjutan. Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam literatur mengenai produksi bersih dan *LCA*, khususnya dalam konteks industri kecil dan menengah di Indonesia. Implikasinya tidak hanya berdampak pada peningkatan keberlanjutan lingkungan tetapi juga pada efisiensi operasional dan ekonomi industri tahu.

Keyword : limbah air tahu; produksi bersih; *LCA*

PENDAHULUAN

Tahu merupakan makanan populer yang rendah kalori dan karbohidrat sehingga sering kali dikonsumsi oleh masyarakat terutama bagi yang sedang menjalankan program diet (Citra *et al.*, 2012). Popularitas tahu disebabkan oleh rasanya yang lezat dan harganya yang relatif terjangkau (Rukmana & Yudirachman, 2014). Nutrisi yang terdapat di tahu adalah vitamin B-kompleks, protein, lemak, fosfor, karbohidrat, dan mineral (Permadi, 2016). Peningkatan minat terhadap tahu juga meningkatkan permintaan kedelai sebagai bahan baku. Konsumsi kedelai di Indonesia, termasuk di daerah Lumajang, meningkat setiap tahunnya. Tahu terus berkembang oleh industri skala kecil hingga besar.

Dari segi lingkungan, industri kecil sering kali belum memperhatikan tata letak

pabrik dan sistem pembuangan limbah yang baik. Beberapa industri masih belum maksimal dalam menangani limbah tahu yang dihasilkan. Limbah tahu dapat berupa limbah cair maupun padat yang berasal dari proses pengolahan tahu. (Agung & Winata, 2010) Limbah cair tahu umumnya memiliki kadar BOD yang tinggi serta adanya kandungan bahan organik, yang apabila limbah cair tersebut memasuki sungai maka akan dapat menurunkan kualitas air dan sungai menjadi tercemar (Agung & Winata, 2010). Perlunya mengurangi keberadaan limbah dengan produksi bersih yang dapat meningkatkan efisiensi selama proses pengolahan. Produksi bersih, menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2018),

adalah metode pengelolaan lingkungan atau strategi penanganan produksi produk atau jasa dari hulu hingga hilir yang lebih terpadu dan preventif. Menurut Muharrahmi *et al.* (2023), terdapat dua jenis limbah dalam produksi tahu, yakni limbah padat dan cair. Menurut Pagoray *et al.* (2021), masuknya limbah cair tahu akan dapat berbahaya untuk biota akuatik apabila tidak diolah terlebih dahulu. Konsentrasi limbah cair tahu 0,4%; 0,6%; 0,8%; 1,0% dan 1,2% juga memengaruhi pola renang dan perilaku ikan. Lasmini & Kurniawan (2022) menyoroti masalah limbah cair berbahaya dan beracun (B3) yang dibuang ke saluran air akan berdampak buruk seperti meningkatkan kekeruhan air, menimbulkan bau yang tidak sedap, dan ciri fisik pencemaran lainnya.

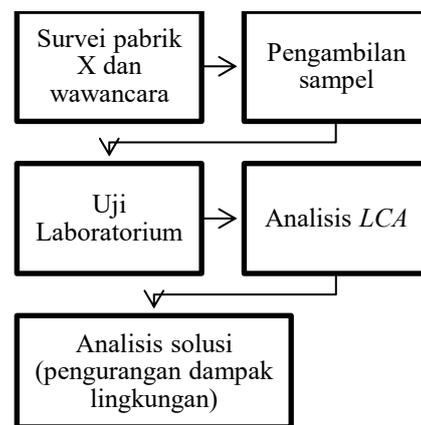
Muharrahmi *et al.* (2023), Berdasarkan berbagai masalah tersebut, diperlukan penanganan agar produksi tahu tidak mengganggu ekosistem dan kehidupan manusia. Salah satu pendekatan yang bisa diterapkan adalah produksi bersih berbasis Life Cycle Assessment (*LCA*) (Astuti, 2019).

LCA adalah metode untuk menganalisis dampak lingkungan dari proses pembuatan produk (ISO 14040, 2006). Dengan *LCA*, dapat diketahui sumber daya yang digunakan (*input*) dan material yang dihasilkan (*output*) dari suatu proses (Wahyudi, 2017). Hasil *LCA* dapat digunakan untuk sertifikasi Ecolabel tipe III atau *Environmental Product Declaration (EPD)* (Siregar, 2021). Penerapan produksi bersih berbasis *LCA* juga membantu pemerintah mengambil kebijakan secara kuantitatif dengan solusi yang lebih terukur (KLHK, 2021).

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan tujuan dan ruang lingkup,

membuat inventori data, mengelompokkan dan mengukur dampak, serta melakukan interpretasi untuk memperbaiki ekosistem dan keberlanjutan kehidupan. Metode *LCA* direkomendasikan sebagai alternatif perbaikan, misalnya dengan efisiensi pemakaian air selama produksi tahu maupun efisiensi penggunaan energi (Lolo *et al.*, 2021).

METODE

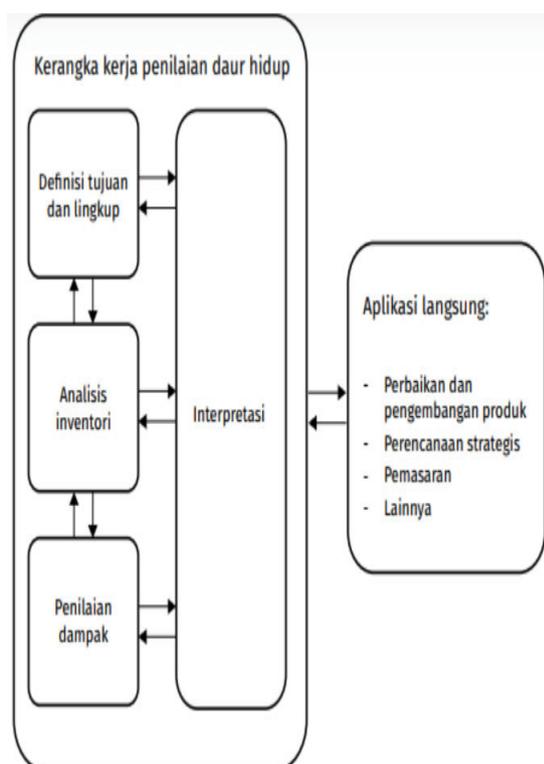


Gambar 1. Bagan alir penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari tanggal 18 November hingga 9 Desember 2023, dengan fokus pada industri tahu di Kabupaten Lumajang. Pengambilan sampel dilakukan secara rutin pada pukul 09.00, 12.00, dan 15.00 WIB setiap hari, dengan dua kali ulangan untuk setiap waktu pengambilan. Uji laboratorium dilakukan di Laboratorium Analisis Pangan Politeknik Negeri Jember. Metode penelitian yang digunakan melibatkan pendekatan kualitatif dan kuantitatif untuk menganalisis data yang diperoleh dari uji laboratorium, survei lapangan, dan wawancara. Alat yang digunakan dalam uji laboratorium termasuk pH meter digital, dengan sampel berupa air limbah dari sungai. Sebanyak tiga belas parameter diukur, yaitu bau, rasa, warna, *BOD*, *DO*,

kekeruhan, pH, TDS, EC, SG, salt, ORP, dan suhu.

Metode produksi bersih berbasis LCA digunakan untuk mengevaluasi input, output, dan potensi dampak lingkungan dari produk energi yang ramah lingkungan (Brilliantina *et al.*, 2023). Prosedur LCA diterapkan dalam metodologi penelitian untuk menyelidiki faktor-faktor lingkungan, memberikan penjelasan deskriptif kuantitatif (Lolo *et al.*, 2021).



Gambar 2. Prosedur LCA (ISO 14040, 2016)

LCA dilakukan untuk mengevaluasi dampak lingkungan pada setiap tahap produksi, termasuk konsumsi energi, emisi, penggunaan air, dan limbah (Brilliantina *et al.*, 2023). Hasil penelitian menunjukkan bahwa implementasi produksi bersih berbasis LCA dapat secara signifikan mengurangi dampak lingkungan (Ariyanti *et al.*, 2014).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Industri di Lumajang

Industri X mulai berdiri sejak tahun 2011 dan telah mendapat izin usaha di Lumajang dengan total pekerja 12 orang. Berdasarkan lokasinya masih dekat dengan rumah warga. Kondisi lingkungan produksi termasuk bersih karena sudah terdapat tempat pengumpulan sampah, namun cukup berbau dan lembab. Industri X belum memiliki ruang produksi mudah dibersihkan dan konstruksi bangunan dan ruangan masih sederhana. Pada proses pembuangan limbah cair tahu, terdapat jalur tersendiri sehingga memudahkan pembuangan atau pengaliran air. Namun, beberapa limbah cair tahu masih ada yang menggenang di permukaan lantai sehingga licin. Bagian atap mampu menahan air, namun masih ada debu dan sarang laba-laba. Ruang produksi cukup terang serta tempat penyimpanan tahu telah dilengkapi dengan penutup.

Sarana penyediaan air bersih berasal dari sumur sehingga tersedia dalam jumlah yang banyak untuk produksi tahu. Air bersih yang digunakan telah memenuhi kualitas fisik yaitu tidak berbau, tidak berasa, tidak berwarna. Industri tahu X memiliki IPAL sederhana berupa pipa yang ditanamkan di dalam tanah sehingga pengolahan limbah air tahu juga dilakukan secara sederhana tanpa pengolahan limbah secara kimia dan biologi. Pipa tahan asam maupun basa, tertutup, kedap air, tahan untuk tidak korosif dan lancar. Limbah cair dalam pipa akan dialirkan ke sungai setelah pengolahan limbah sederhana. Jarak antara tempat pembuangan limbah dan sumber air berada >10 meter. Industri X mampu memproduksi 300 kg tahu perharinya. Proses satu produksi tahu menggunakan energi listrik sebesar kWh,

kuantitas air sumur 750 kg, dengan kayu sebanyak 4 kubik, bahan cuka 2 kg dan kedelai sebanyak 100 kg. Kuantitas komponen pada sekali proses produksi ditunjukkan oleh Tabel 1.

Tabel 1. Data Inventori Total

Kuantitas dalam proses 1x produksi (Hasil tahu 300 kg)	Input
Kedelai	100 kg
Air sumur	750 kg
Energi Listrik (W)	135 kWh
Kayu	4 kubik / 105 potong
Asam cuka	2 kg

Analisis Tahapan Produksi Tahu

Produksi bersih adalah pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi produksi sambil meminimalkan dampak lingkungan dan meningkatkan keberlanjutan (Setiajaya *et al.*, 2023). Penerapan pendekatan produksi bersih dimulai sejak pemilihan bahan baku yang berkelanjutan dan berkualitas tinggi. Proses dimulai dengan menggunakan kedelai yang ditanam secara berkelanjutan, dapat meminimalisir penggunaan pestisida dan bahan kimia berbahaya yang dapat merusak lingkungan. Pendekatan produksi bersih juga menjaga kebersihan selama proses produksi untuk menjaga kualitas produk dan mengurangi limbah serta kontaminasi lingkungan.

Penerapan prinsip-prinsip higienis dan sanitasi yang baik di seluruh tahap produksi tahu membantu mencegah pemborosan bahan dan memastikan bahwa limbah yang dihasilkan sedikit dan dapat dikelola dengan lebih efektif. Penggunaan semua bahan dengan takaran yang sesuai akan meningkatkan efisiensi dalam pembuatan tahu. Pengelolaan sumber daya

yang efektif merupakan esensi dari konsep produksi bersih. Setiap tahapan dalam pembuatan tahu, mulai dari pencucian, perendaman, penggilingan, pemasakan, penyaringan, pengepresan, hingga pencetakan dan pemotongan, harus dilakukan dengan efisiensi tinggi dalam penggunaan energi dan bahan untuk meminimalkan jejak karbon serta limbah cair dan padat. Dengan demikian, dampak terhadap lingkungan dapat diminimalisir. Aspek penting dalam pendekatan produksi bersih adalah manajemen limbah padat dan cair (Rahmawati, 2024). Limbah harus diolah menjadi produk lain atau digunakan sebagai kompos, mengurangi limbah yang dibuang ke lingkungan. Alur atau tahap proses pembuatan tahu ditunjukkan oleh Gambar 3.



Gambar 3. Alur atau Tahap Proses Pembuatan Tahu

Berdasarkan hasil analisis *LCA*, dapat diketahui fase dan pada lingkungan berdasarkan kuantitas dampak limbah cair maupun limbah padat. Kuantitas input dan output pada setiap tahap berbeda. Analisis *LCA* dapat dilakukan secara manual dengan mendata data inventori berupa input dan output pada setiap fase pembuatan tahu sehingga dapat mengidentifikasi area kritis dalam proses produksi. Fase yang menghasilkan limbah cair dan limbah padat lebih banyak.

Berdasarkan data inventori *LCA* maka dapat diketahui fase yang menghasilkan limbah cair dengan kuantitas yang banyak adalah fase penyaringan (280 kg) dan fase perendaman (180 kg). Limbah ampas tahu padat terbanyak dihasilkan pada fase penyaringan (60 kg). Berdasarkan data inventori tersebut, maka dapat diambil kebijakan sebagai alternatif solusi untuk mengurangi kuantitas input sehingga kuantitas output berupa limbah juga akan semakin berkurang. Solusi lainnya untuk limbah padat yang dihasilkan dapat dijadikan pakan ternak.

Solusinya lanjutan dengan mengurangi penggunaan air, energi, dan

bahan baku dengan menggunakan teknologi yang lebih efisien dan praktik produksi yang ramah lingkungan. Mengurangi limbah dan emisi dengan memanfaatkan kembali limbah atau mengkonversinya menjadi produk sampingan yang bernilai. Memanfaatkan teknologi yang lebih bersih dan inovatif berupa teknologi pemurnian air, seperti sistem produksi tertutup untuk mengurangi emisi ke lingkungan. Mengadopsi standar dan sertifikasi lingkungan untuk memastikan praktek-produksi yang sesuai dengan pedoman lingkungan yang berlaku. Integrasi teknologi pemrosesan limbah lanjutan ini tidak hanya mengurangi dampak lingkungan tetapi juga meningkatkan efisiensi sumber daya.

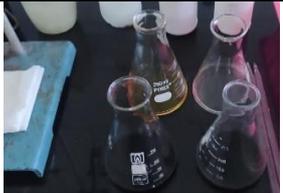
Analisis *LCA* memungkinkan perusahaan untuk beroperasi secara lebih berkelanjutan, mengurangi biaya pengelolaan limbah, dan potensinya menciptakan sumber pendapatan alternatif melalui pemanfaatan limbah.

Berikut ini adalah hasil observasi kualitas fisik dan kimia limbah cair pada sungai di sekitar pabrik. Di ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Observasi Kualitas Fisik dan Kimia Limbah Cair

No.	Indikator	Ya	Tidak	Keterangan (U1 & U2)	Foto Pengamatan
1.	Berbau	✓	-	Bau basi dan asam	
2.	Berasa	✓	-	Masam	
3.	Berwarna keruh	✓	-	Air keruh bercampur potongan kecil tahu	
4.	pH	✓	-	Pagi = 5.12 & 5.21 Siang = 5.15 & 5.22 Sore = 5.89 & 5.57 pH rata rata= 5.36	

5.	<i>TDS</i> (ppm/ppb)	✓	-	Pagi = 563 & 579 Siang = 566 & 565 Sore = 576 & 588 <i>TDS</i> rata-rata 573	
6.	<i>EC</i> (µs/cm)	✓	-	Pagi = 1158 & 1157 Siang = 1153 & 1159 Sore = 1157 & 1155 <i>EC</i> rata-rata= 1,156.5	
7.	<i>SG</i>	✓	-	Pagi = 1 & 1 Siang = 1 & 1 Sore = 1 & 1 <i>SG</i> rata-rata = 1	
8.	<i>Salt</i> (%)	✓	-	Pagi = 0.05 % & 0.05 % Siang = 0.05 % & 0.05 % Sore = 0.05 % & 0.05 % <i>Salt</i> rata rata 0.05 %	
9.	<i>ORP</i> (mV)	✓	-	Pagi = -265 & -267 Siang = -266 & -258 Sore = -269 & -255 <i>ORP</i> rata-rata -263 mV	
10.	<i>TEMP</i> (°C)	✓	-	Pagi = 32 & 32.6 Siang = 33 & 33 Sore = 31.5 & 33.3 <i>Temperature</i> rata-rata= 32.5°C	
11.	<i>BOD</i> (mg/L)	✓	-	Pagi = 12.2 & 12.11 Siang = 11.32 & 11.02 Sore = 12.3 & 13.1 <i>BOD</i> rata-rata= 12.01	
12.	Kekeruhan (NTU)	✓	-	Pagi = 5 & 5 Siang = 5 & 5 Sore = 5 & 5 Kekeruhan rata-rata= 5	

13.	<i>DO</i> (mg/L) ✓ -	Pagi = 5 & 5 Siang = 5 & Sore = 4 & 4 <i>DO</i> rata-rata= 4.6	
-----	----------------------------	---	---

Setelah melakukan kajian pada Industri X tersebut, dilakukan observasi kualitas fisik dan kimia limbah cair di sungai tempat pembuangan limbah dengan 13 parameter. Hasilnya menunjukkan bahwa secara fisik air sungai tersebut memiliki bau busuk dan asam, air sedikit keruh bercampur potongan kecil tahu. Limbah air tahu atau limbah industri dibuang ke sungai juga bisa menyebabkan penurunan pH menjadi sangat rendah (asam) karena kontaminan yang dilepaskan seperti asam organik atau logam berat. Rata-rata pH adalah 5.36 sedangkan pH normal air sungai adalah 6-8 (Naillah *et al.*, 2021). Hal tersebut menandakan air sungai tercemar dan dapat merusak ekosistem sungai serta berdampak buruk pada kehidupan akuatik yang sensitif terhadap perubahan pH.

Pengukuran juga dilakukan secara kimiawi. Misalnya, *Biological Oxygen Demand (BOD)* yang merupakan indikator penting kualitas air. *BOD* menjadi parameter kadar oksigen yang diuraikan dari bahan organik pada kondisi aerobik oleh mikroorganisme. *BOD* tinggi menandakan konsentrasi tinggi bahan organik berbahaya bagi kehidupan akuatik. Air dianggap tercemar jika *BOD* melebihi nilai tertentu, seperti lebih dari 10 mg/L, dan berbeda-beda standarnya tergantung pada peraturan setempat (Naillah *et al.*, 2021). Hasil observasi *BOD* adalah 12.01 mg/L. Kandungan bahan organik, protein, dan lemak pada limbah tahu dapat meningkatkan *BOD* air sungai secara signifikan jika dibuang langsung tanpa

pengolahan, mengurangi oksigen terlarut yang tersedia bagi organisme akuatik.

Tingkat kekeruhan air sungai mengacu pada sejauh mana partikel-padatan tersuspensi dan zat-zat yang mengaburkan air dapat mempengaruhi transparansi air. Dalam konteks ini, tingkat kuantitas kekeruhan air dapat dianggap tercemar ketika konsentrasi partikel-padatan dan zat-zat pengotor melebihi ambang batas yang ditentukan oleh standar kualitas air yang berlaku maksimal 5 NTU (Winoto & Aprilyanti, 2021). Pembuangan limbah air dari industri tahu ke sungai, jika tidak diolah dengan baik, dapat menjadi penyebab peningkatan tingkat kekeruhan air sungai. Limbah air tahu yang mengandung partikel dan bahan kimia dari proses produksi dapat mengakibatkan pencemaran air sungai, mengurangi transparansi air, serta berpotensi membahayakan ekosistem sungai dan kesehatan manusia yang bergantung pada air tersebut. Oleh karena itu, pengelolaan limbah air tahu yang efektif dan pemantauan tingkat kekeruhan air sungai sangat penting untuk menjaga kualitas air dan lingkungan yang sehat.

Oksigen terlarut (*DO*) adalah indikator penting dari kualitas air, mengukur jumlah oksigen yang tersedia dalam air untuk organisme akuatik. Tingkat *DO* yang sehat umumnya berada di kisaran >5 mg/L, di mana air dianggap tidak tercemar dan mendukung kehidupan akuatik. Sebaliknya, air dengan *DO* di bawah 5 mg/L dianggap tercemar (Naillah *et al.*, 2021). Limbah air tahu, ketika dibuang ke

sungai tanpa pengolahan yang memadai, dapat menyebabkan penurunan *DO*. Berdasarkan hasil observasi yaitu 4.6 mg/L karena mikroorganisme dalam air menggunakan oksigen untuk mendegradasi bahan organik dari limbah.

TDS adalah total partikel padat yang terlarut dalam air, diukur dalam satuan *ppm (parts per million)*. *TDS* mencakup mineral, garam, logam berat, dan zat terlarut lainnya. Pada air sungai tersebut memiliki rata-rata *TDS* 573 ppm masih tergolong baik karena nilai baku mutu untuk *TDS* adalah 1000 mg/L (Rosyidah, 2018). Kadar *TDS* yang tinggi disebabkan oleh limbah air tahu yang mengandung limbah organik dan anorganik. Limbah air tahu yang tidak diolah dengan sempurna dan dibuang langsung ke sungai dapat meningkatkan *TDS* dan memengaruhi kualitas air, membahayakan ekosistem sungai, serta kesehatan manusia yang bergantung pada sumber air tersebut.

Kemampatan konduktivitas listrik (*EC*) air sungai, diukur dalam mikrosiemens per sentimeter ($\mu\text{s/cm}$), adalah indikator penting kualitas air yang mencerminkan jumlah ion terlarut dalam air. Batas maksimal *EC* untuk keseharian adalah $<2000 \mu\text{s/cm}$. Hasil observasi menunjukkan rata-rata *EC* adalah 1,156.5 $\mu\text{s/cm}$ masih termasuk kategori aman. *EC* yang tinggi ($>2000 \mu\text{s/cm}$) dapat menunjukkan tingginya konsentrasi ion terlarut seperti salinitas dan polutan, yang dapat terkait dengan limbah industri termasuk limbah air dari industri tahu (Putra *et al.*, 2023).

Salinitas (*SG* atau *Specific Gravity*) air sungai adalah ukuran konsentrasi garam dalam air, yang berpengaruh signifikan terhadap kualitas air. Batas minimal *SG* yang dianggap sebagai tanda tercemar atau tidak tercemar bervariasi tergantung pada

parameter dan standar yang digunakan dalam pengawasan lingkungan. Kadar salinitas air <0.5 tergolong air bersih (Fitriani *et al.*, 2019). Sedangkan hasil observasi menunjukkan nilai *SG* adalah 1. Limbah tahu mengandung berbagai bahan kimia seperti protein dan fosfor yang dapat memengaruhi *SG* air sungai.

Kadar *Salt* (%) dalam air sungai adalah ukuran konsentrasi garam atau ion-ion anorganik dalam air, yang dapat berasal dari berbagai sumber termasuk aliran air alami dan limbah industri. Umumnya, kadar garam yang relatif rendah atau kurang dari 0.5% sering dianggap sebagai air sungai yang tidak tercemar (Alkhoiri, 2021). Rata-rata kadar *salt* pada air sungainya adalah 0.05%. Limbah air tahu yang dibuang ke sungai, perlu memperhatikan bahwa limbah industri seperti limbah tahu yang mengandung garam-garam tertentu dapat memberikan dampak negatif pada ekosistem sungai.

Kadar *ORP* (Potensial Redoks Oksidan) dalam air sungai, diukur dalam mV (milivolt), merupakan indikator penting untuk mengevaluasi kualitas air. Kadar *ORP* positif menunjukkan adanya oksidan seperti oksigen terlarut yang mendukung kehidupan akuatik, sementara *ORP* negatif menandakan potensi reduksi atau keberadaan zat-zat reduktor seperti polutan organik yang dapat merugikan ekosistem. Hasil observasi rata-rata nilai *ORP* nya adalah -263 mV, (*ORP* negatif) dapat mengindikasikan adanya bahan-bahan organik yang terdegradasi, seperti limbah organik dari proses produksi tahu, yang dapat mencemari air sungai dan mengganggu ekosistemnya.

Kadar temperatur ($^{\circ}\text{C}$) atau suhu yang lebih tinggi atau lebih rendah dari suhu alami sungai akan dianggap tercemar.

Hasil observasi menunjukkan suhu rata-rata air sungai adalah 32.5⁰C lebih tinggi dibanding suhu alami sungai yaitu 24-30⁰C (Alkhoiri, 2021).

Berdasarkan hasil observasi di atas maka memudahkan dalam proses melindungi dan menjaga kualitas air dan ekosistem akuatik. Apabila limbah air tahu mengandung bahan-bahan yang dapat meningkatkan suhu secara signifikan dan melampaui batas yang telah ditetapkan, hal itu dapat menyebabkan pencemaran suhu dan memiliki dampak negatif pada ekosistem sungai, seperti merusak habitat dan mengganggu organisme air yang sensitif terhadap faktor abiotik. Oleh karena itu, penting untuk mengawasi dan mengelola pembuangan limbah air tahu dengan memperhatikan dampaknya serta mematuhi peraturan lingkungan yang berlaku.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil observasi dan analisis produksi bersih berbasis *LCA* maka akan membantu industri tahu X dalam mengidentifikasi kuantitas input dan output pada setiap fase serta mengetahui dampak limbah cair dan padat pada perairan. Perlunya mengurangi kuantitas input sehingga output limbah juga ikut berkurang serta memaksimalkan pengolahan limbah. Hasil analisis tersebut dapat dijadikan dasar pengambilan langkah-langkah yang bijak untuk tetap menjaga lingkungan yang berkelanjutan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami mengucapkan terimakasih kepada para pekerja industri tahu X di Lumajang

yang bersedia diwawancarai dan memberikan informasi yang diperlukan.

REFERENSI

- Agung, R., & Winata, H. S. (2010). Pengolahan Air Limbah Industri Tahu Dengan Menggunakan Teknologi Plasma. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*, 2(2), 19–28.
- Alkhoiri, R. F. (2021). *Analisis Kualitas Air Minum Dalam Kemasan (Parameter Ph, Orp, Tds, Do, Dan Kadar Garam) Di Kabupaten Sleman*. <https://dspace.uii.ac.id/handle/123456789/37315>
- Ariyanti, M., Purwanto, P., & Suherman, S. (2014). Analisis Penerapan Produksi Bersih Menuju Industri Nata De Coco Ramah Lingkungan. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*, 5(2), 45–50. <https://doi.org/10.21771/jrtppi.2014.v5.no2.p45-50>
- Astuti, A. D. (2019). Potential Analysis Of Environmental Impact Of Sugarcane Plantation Using Life Cycle Assessment (*LCA*) Approach. *J. Litbang Kabupaten Pati*, 15(1), 53. <https://doi.org/10.33658/jl.v15i1.127>
- Brilliantina, A., Adhamatika, A., Sari, E. K. N., Wijaya, R., Triardianto, D., & Sucipto, A. (2023). Penerapan Life Cycle Assessment (*LCA*) Untuk Mengurangi Dampak Lingkungan Pada Proses Produksi Gula Kristal Putih Di Bondowoso. *Juster: Jurnal Sains Dan Terapan*, 2(1), 85–96. <http://doi.org/10.57218/juster.v2i1.474>
- Citra, P. U., Ayu, S., & Kristinah, H. (2012). Pemanfaatan Iles-Iles

- (Amorphophallus Oncophylus) Sebagai Bahan Pengenyal Pada Pembuatan Tahu. *Jurnal Teknologi Kimia Dan Industri*, 1(1), 79–85.
- Fitriani, N., Indrasari, W., & Umiatin, U. (2019). Pengukuran Salinitas Air Sungai Tercemar Limbah Cair Menggunakan Sensor Konduktivitas. *Prosiding Seminar Nasional Fisika (E-Journal)*, 8. <https://doi.org/10.21009/03.SNF2019.02.PA.10>
- ISO 14040. (2006). *International Organization And For Standardization, Environmental Management – LCA Principles And Framework*.
- ISO 14040, Environmental Management-Life Cycle Assesment-Principle And Framework, 2016.
- Kementrian Lingkungan Hidup. 2018. Kebijakan Produksi Bersih Nasional.
- Kementrian Lingkungan Hidup. (2018). *Kebijakan Produksi Bersih Nasional*.
- KLHK, P. M. L. (2021). *Tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan Dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup*. Kementerian Lingkungan Hidup Dan Kehutanan.
- Lasmini, L., & Kurniawan, M. (2022). Sosialisasi Penanganan Limbah Cair Pada Umkm Tahu Di Desa Jomin Timur. *Prosiding Konferensi Nasional Penelitian Dan Pengabdian Universitas Buana Perjuangan Karawang*, 2(1), 2562–2577.
- Lolo, E. U., Gunawan, R. I., Krismani, A. Y., & Pambudi, Y. S. (2021). Penilaian Dampak Lingkungan Industri Tahu Menggunakan Life Cycle Assessment (Studi Kasus: Pabrik Tahu Sari Murni Kampung Krajan, Surakarta). *Jurnal Serambi Engineering*, 6(4). <https://doi.org/10.32672/jse.v6i4.3480>
- Muharrhmi, F., Aldani, M., Indriani, N., & Hasibuan, A. (2023). Analisis Dampak Limbah Cair Pada Pabrik Tahu Terhadap Pencemaran Lingkungan Di Kecamatan Tanjung Morawa Kab. Deli Serdang. *Zahra: Journal Of Health And Medical Research*, 3(3), 385–390.
- Naillah, A., Budiarti, L. Y., & Heriyani, F. (2021). Literature Review: Analisis Kualitas Air Sungai dengan Tinjauan Parameter pH, Suhu, BOD, COD, DO terhadap Coliform. *Homeostasis*, 4(2), 487–494. <https://doi.org/10.20527/ht.v4i2.404>
- Pagoray, H., Sulistyawati, S., & Fitriyani, F. (2021). Limbah Cair Industri Tahu Dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air Dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*, 9(1), 53–65. <https://doi.org/10.36084/jpt.v9i1.312>
- Permadi, G. S. (2016). Analisis Permintaan Impor Kedelai Indonesia. *Eko-Regional: Jurnal Pembangunan Ekonomi Wilayah*, 10(1). <https://doi.org/10.20884/1.erjpe.2015.10.1.754>
- Putra, G. Y., Ma'ruf, A. K., Sakti, H. P. M. A., & Pratama, A. S. N. R. (2023). Analisis Kelayakan Air Tanah Berdasarkan Sifat Fisik dan pH Dusun Kajor Kulon, Desa Selopamioro, Bantul, DIY. *Jurnal Ilmiah Geologi PANGEA*, 10(1), 87–94. <https://doi.org/10.31315/jigp.v10i1.10062.g5541>
- Rahmawati, A. (2024). Optimalisasi Produksi Bersih dengan Pendekatan Neraca Air di Pabrik Tahu ABC.

Journal Of Industrial Engineering & Technology Innovation, 2(1), 29-37.
<https://doi.org/10.61105/jieti.v2i1.30>

Rosyidah, M. (2018). Analisis Pencemaran Air Sungai Musi Akibat Aktivitas Industri (Studi Kasus Kecamatan Kertapati Palembang). *Jurnal Redoks*, 3(1), 21–32. <https://doi.org/10.31851/redoks.v3i1.2788>

Rukmana, R., & Yudirachman, H. (2014). *Budidaya Dan Pengolahan Hasil Kacang Kedelai Unggul*. Nuansa Aulia.

Setiajaya, A., S. T., Prasetio, B., Hut, S., EM, M., & Hasiany, S. (2023). *Manajemen Lingkungan: Hukum dan Kebijakan, Produksi Bersih Serta Kesehatan Lingkungan*. EDU PUBLISHER.

Siregar, K. (2021). *ILCAn Training Series Of Life Cycle Assessment (ItsoLCA)–LCA Proper. Indonesia Life Cycle Assesment Network*, 23–24.

Wahyudi, J. (2017). Penerapan Life Cycle Assessment Untuk Menakar Emisi Gas Rumah Kaca Yang Dihasilkan Dari Aktivitas Produksi Tahu. *Urecol*, 475–480.

Winoto, E., & Aprilyanti, S. (2021). Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang. *Jurnal Redoks*, 6(2), 107–116. <https://doi.org/10.31851/redoks.v6i2.5841>