
PRODUKSI BERSIH PADA PENGOLAHAN LIMBAH CAIR INDUSTRI RUMAH TANGGA TAHU MENGGUNAKAN TANAMAN *Azolla microphylla* DENGAN METODE FITOREMEDIASI

Tauny Akbari*, Radiant Ray Moslem

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Banten Jaya,
Jl. Ciwaru II No.73 Kec. Serang, Kota Serang, 42117, Banten, Indonesia

*Email korespondensi: tauny.akbari@gmail.com

Abstract. Home Industry Tahu X produces liquid waste which can pollute the environment, so it is necessary to implement cleaner production in the production process. Tofu liquid waste can be processed using the phytoremediation method using the *Azolla microphylla* plant. The purpose of this research is to (1) Analyze the stages of the tofu production process as well as the process input and output at each stage of the tofu making process at the Tahu X Home Industry, (2) Analyze alternative options for implementing cleaner production at the Tahu X Home Industry, and (3) Analyzing the estimated environmental and economic benefits of implementing cleaner production using the phytoremediation method. The data collection used are primary data for the application of cleaner production and secondary data for phytoremediation. Based on the research results, it is known that the stages of tofu production consist of washing soybeans, soaking soybeans, milling, cooking, filtering, coagulating, molding, pressing and cutting tofu. The cleaner production strategy in the tofu home industry prioritizes processing tofu liquid waste using the phytoremediation method with the *Azolla microphylla*. The *Azolla microphylla* is able to reduce TSS 98%, COD 96% and BOD 96% to meet quality standards of tofu liquid waste and provide economic benefits of around IDR 400,000/month.

Keywords: Tofu Liquid Waste; Cleaner Production; Phytoremediation; *Azolla microphylla*.

Abstrak. Industri Rumah Tangga Tahu X menghasilkan limbah cair yang dapat mencemari lingkungan, sehingga perlu diterapkan produksi bersih pada proses produksinya. Limbah cair tahu dapat diolah dengan metode fitoremediasi menggunakan tanaman *Azolla microphylla*. Tujuan penelitian ini adalah untuk (1) Menganalisis tahapan proses produksi tahu serta input proses dan output pada setiap tahapan proses pembuatan tahu di Industri Rumah Tangga Tahu X, (2) Menganalisis opsi alternatif penerapan produksi bersih di Industri Rumah Tangga Tahu X dan (3) Menganalisis perkiraan manfaat lingkungan dan ekonomi penerapan produksi bersih dengan metode fitoremediasi. Pengumpulan data yang digunakan berupa data primer untuk penerapan produksi bersih dan data sekunder untuk fitoremediasi. Berdasarkan hasil penelitian, diketahui tahapan produksi tahu terdiri dari pencucian kedelai, perendaman kedelai, penggilingan, pemasakan, penyaringan, penggumpalan, pencetakan, pengepresan, dan pemotongan tahu. Strategi produksi bersih pada Industri Rumah Tangga Tahu X diprioritaskan pada pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode fitoremediasi dengan tanaman *Azolla microphylla*. Penggunaan tanaman *Azolla microphylla* tersebut diprediksi mampu menurunkan TSS 98%, COD 96% dan BOD 96% hingga memenuhi baku mutu limbah cair industri tahu dan memberi keuntungan ekonomi sekitar Rp.400.000,-/bulan.

Kata kunci: *Azolla microphylla*; Fitoremediasi; Limbah Cair Tahu; Produksi Bersih.

© hak cipta dilindungi undang-undang

PENDAHULUAN

Industri tahu merupakan salah satu industri rumah tangga yang banyak terdapat di Indonesia dan kebanyakan menyatu dengan pemukiman penduduk, sehingga muncul beberapa permasalahan. Limbah cair tahu yang dihasilkan cukup banyak jumlahnya dan sebagian besar berasal dari air proses pencucian, perendaman dan pembuangan cairan dari campuran padatan dan cairan tahu pada proses produksi. Limbah cair tahu tersebut mengandung kadar *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 7500-14000 mg/l dan *Biological Oxygen Demand* (BOD) sebesar 6000-8000 mg/l (Nugroho, dkk., 2019; Pagoray, dkk., 2021). Dampak limbah cair yang dibuang langsung ke sungai dapat menimbulkan bau yang menyengat serta kematian ikan dan biota lainnya, akibat kadar oksigen dalam air sungai yang menurun tajam (Darmajana, dkk., 2015; Sjafruddin, dkk., 2022).

Permasalahan lainnya adalah teknologi yang diterapkan industri tahu masih sangat sederhana, mengandalkan tenaga manusia, kesadaran pelaku industri rendah, pengetahuan pengelolaan lingkungan rendah, proses belum optimal, penggunaan bahan dan energi belum efisien serta terkendala kemampuan finansial. Kendala tersebut menyebabkan proses produksi menjadi kurang optimal, sehingga produktivitas tidak maksimal sehingga mendorong terjadinya pencemaran di sekitar pabrik dan badan air akibat limbah yang langsung dibuang tanpa diolah. Oleh karena itu, diperlukan suatu cara untuk mengatasi permasalahan yang ada, salah satunya dengan menerapkan konsep produksi bersih pada industri tahu (Anggraini, dkk., 2022; Rahayu, dkk., 2017; Zulmi, dkk., 2018). Fokus dalam produksi bersih adalah untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya dan mengurangi munculnya polutan secara preventif dan terpadu (Akbari dan Sumarni, 2021; Septifani, dkk., 2020). Untuk mengurangi dampak pencemaran akibat beban limbah, diperlukan pengolahan limbah yang tepat. Salah satu teknik pengolahan limbah cair tahu yang dapat dilakukan adalah fitoremediasi.

Fitoremediasi merupakan salah satu metode degradasi kontaminan dengan memanfaatkan tanaman yang tumbuh di tanah dan air permukaan. Metode ini murah, berkelanjutan, efektif, dan ramah lingkungan sebagai alternatif teknologi remediasi konvensional. Proses adsorpsi pada fitoremediasi tanaman air memiliki kemampuan hiperakumulator sebagai mekanisme penyediaan pasokan yang besar dari air limbah ke media pertumbuhannya (Novita, dkk., 2019). *Azolla microphylla* dan eceng gondok

(*Eichornia crassipes*) merupakan contoh tumbuhan air yang mampu meningkatkan kualitas air limbah dan bersifat hiperakumulator (Dewi dan Akbari, 2020; Unisah dan Akbari, 2020). Merujuk pada penelitian Dewi dan Akbari (2020), eceng gondok mempunyai kemampuan untuk menurunkan nilai BOD, COD dan TSS pada pengolahan limbah cair tahu hingga 98%. Penelitian Unisah dan Akbari (2020) menunjukkan *Azolla microphylla* mampu menurunkan kadar BOD, COD dan TSS dalam limbah cair tahu sebesar 96% sampai 98%.

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan, maka penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis penerapan produksi bersih melalui pengolahan limbah cair tahu dengan metode fitoremediasi.

METODE

Pengumpulan data yang digunakan adalah data primer untuk penerapan produksi bersih dan data sekunder untuk fitoremediasi. Data primer diperoleh dari sumber data dengan menggunakan metode survei dan wawancara langsung. Pengumpulan data primer juga dilakukan melalui observasi penggunaan energi seperti air, bahan bakar, penggunaan bahan baku dan bahan pembantu, penggunaan energi listrik dan limbah yang dihasilkan pada setiap tahapan proses produksi. Pengumpulan data sekunder metode fitoremediasi melalui studi literasi berdasarkan hasil penelitian terdahulu.

Analisis data yang digunakan dalam penerapan produksi bersih yaitu dengan menggunakan metode *quick scanning* terhadap keseluruhan proses produksi. Analisis *quick scanning* adalah suatu analisis singkat untuk menentukan proses paling utama mengenai aliran arus bahan dan energi dalam suatu perusahaan sekaligus menilai kualitas dan proses produksi (Indrasti dan Fauzi, 2009; Aulia, dkk., 2023). *Quick scanning* dilakukan dengan menggunakan lembar observasi berupa ceklis kebutuhan data yang berisi tentang alur proses produksi, bahan baku, bahan pembantu, bahan dan energi yang digunakan. Observasi dilakukan dengan narasumber sebanyak lima orang terdiri dari tiga orang karyawan (operator produksi), satu orang pemilik usaha, dan satu orang penyedia lahan Industri Rumah Tangga Tahu X.

Pada metode *quick scanning* juga dilakukan analisis permasalahan pada setiap proses produksi, lalu dirumuskan opsi alternatif produksi bersih untuk setiap

permasalahan. Selanjutnya dilakukan penentuan prioritas produksi bersih menggunakan skala penilaian yang dimuat pada Tabel 1.

Tabel 1. Skala Penilaian Penentuan Prioritas Opsi Produksi Bersih

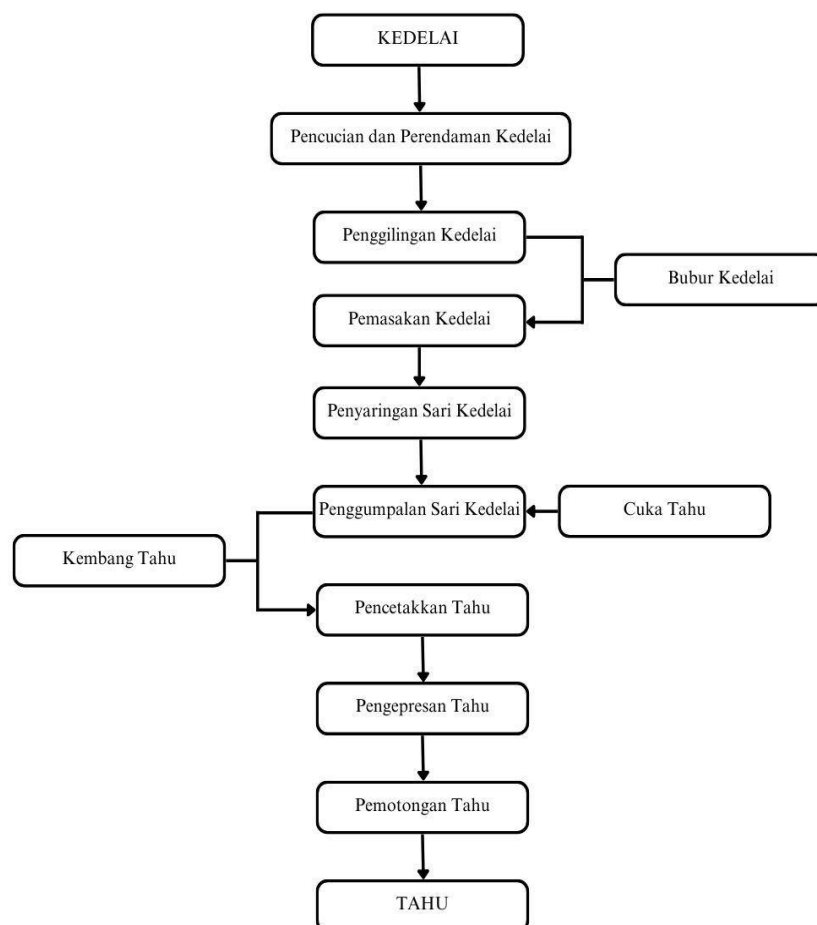
Skala	Teknis	Ekonomi	Lingkungan
3	Mudah sekali untuk dilaksanakan	Relatif mudah untuk dilaksanakan	Memberikan efek yang signifikan terhadap lingkungan
2	Relatif mudah untuk dilaksanakan	Sedikit nilai tambah ekonomi	Sedikit efek terhadap perbaikan lingkungan
1	Sulit untuk dilaksanakan	Tidak ada nilai tambah	Tidak ada efek terhadap perbaikan lingkungan

Sumber: Indrasti dan Fauzi, (2009)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan Proses Produksi Tahu

Tahapan produksi tahu di Industri Rumah Tangga Tahu X (Gambar 1) terdiri dari pencucian kedelai, perendaman kedelai, penggilingan, pemasakan, penyaringan, penggumpalan, pencetakan, pengepresan, dan pemotongan tahu.



Gambar 1. Diagram Alir Produksi Tahu Di Industri Rumah Tangga Tahu X

1. Proses Pencucian dan Perendaman Kedelai

Proses ini merupakan proses awal pembuatan tahu, sebelum kedelai diolah menjadi sari tahu, kedelai terlebih dahulu dicuci sampai bersih kemudian direndam dengan air selama kurang lebih 3 jam agar kacang kedelai menjadi mengembang dan teksturnya lunak agar mudah untuk diproses selanjutnya.

2. Proses Penggilingan Kedelai

Proses penggilingan kedelai bertujuan untuk merubah bentuk kedelai menjadi bubur kedelai agar sari kedelai mudah terurai pada proses pemasakan.

3. Proses Pemasakan Kedelai

Proses pemasakan kedelai yang sudah jadi bubur kedelai ini memerlukan bantuan berupa uap panas yang dihasilkan oleh ketel tradisional agar bubur kedelai matang dan siap disaring. Pada proses ini juga ditambahkan air bersih yang bertujuan untuk menambah hasil sari kedelai yang dihasilkan, proses pemasakan ini kurang lebih memakan waktu 20-30 menit.

4. Proses Penyaringan Sari Kedelai

Proses penyaringan sari kedelai di Industri Rumah Tangga Tahu X ini masih dilakukan dengan cara manual, yaitu dengan memasukkan sari kedelai yang sudah matang kedalam saringan/kain yang dipakai sebagai media penyaring, lalu kain tersebut digoyangkan agar sari kedelai masuk kedalam bak penampung sari kedelai, pada proses ini sari kedelai yang tidak tersaring akan menjadi limbah padat yang biasa disebut dengan ampas tahu.

5. Proses Penggumpalan Sari Kedelai

Proses penggumpalan sari kedelai ini dilakukan dengan cara mencampurkan sari kedelai dengan cuka tahu atau bisa disebut dengan biang tahu, cairan ini berfungsi sebagai senyawa penggumpal, setelah kurang lebih 10-15 menit gumpalan yang disebut kembang tahu akan terbentuk, kemudian sisa cairan akan dibuang dan kembang tahu siap untuk dicetak.

6. Proses Pencetakan Tahu

Proses ini dilakukan dengan cara memasukkan kembang tahu kedalam cetakan yang sudah dilapisi dengan kain sampai kembang tahu memenuhi ruang cetakan tersebut, kemudian ditutup.

7. Proses Pengepresan Tahu

Proses pengepresan tahu dilakukan dengan cara menumpuk media pemberat agar kembang tahu yang dicetak menjadi padat dan kadar airnya berkurang.

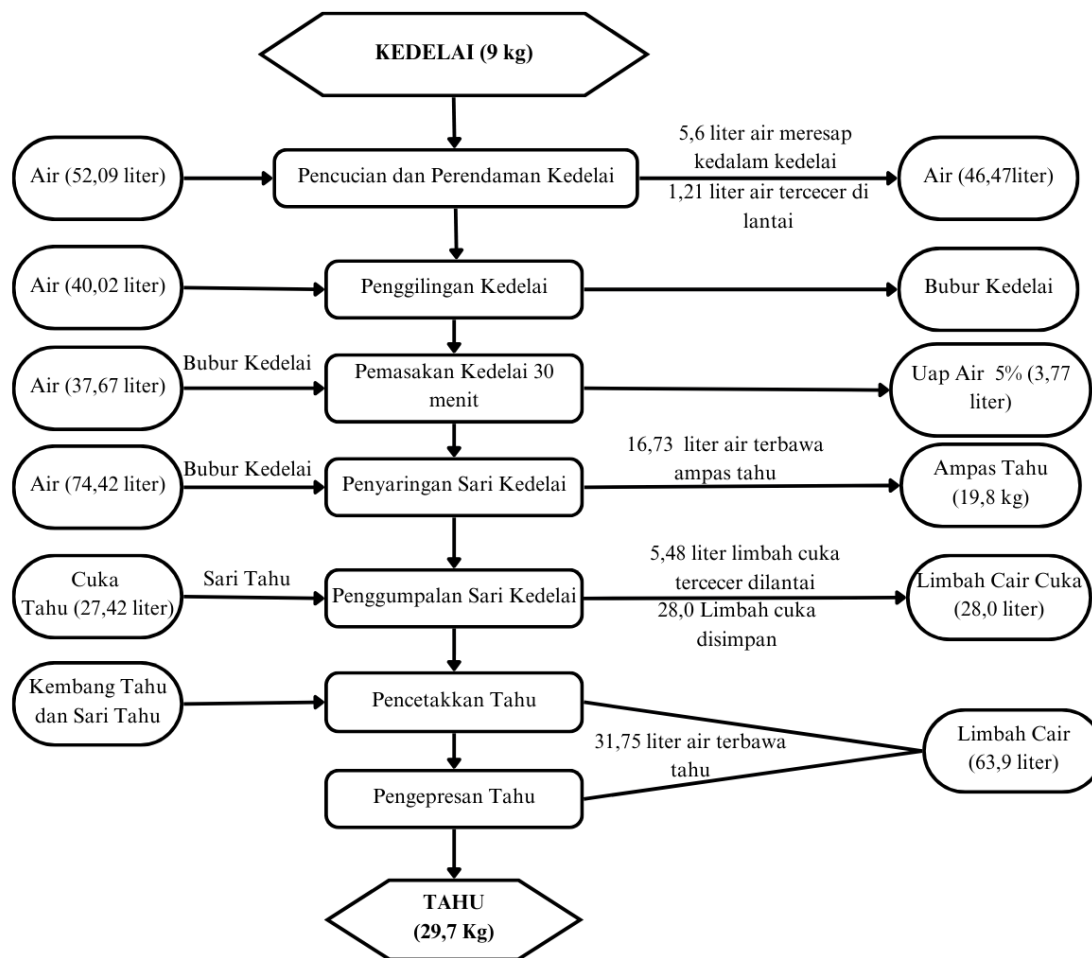
8. Proses Pemotongan Tahu

Proses pemotongan tahu merupakan proses akhir pada pembuatan tahu di Industri Rumah Tangga Tahu X. Proses ini dilakukan dengan cara, tahu yang sudah jadi dipotong dengan pisau dan diukur dengan penggaris bambu agar lurus dan rapih.

Neraca Massa dan Air Proses Produksi Tahu

Berdasarkan Gambar 2 diketahui bahwa secara keseluruhan, dengan mengkonsumsi bahan baku sebesar 9 kg kedelai dapat menghasilkan produk tahu sebesar 29,7 kg, atau bisa diasumsikan juga bahwa untuk memproduksi 1 kg tahu membutuhkan bahan baku kedelai sebesar 0,3 kg. Proses penyaringan dari 9 kg kedelai menghasilkan ampas tahu seberat 19,8 kg. Ampas tahu ini tidak dapat digunakan kembali untuk proses pengolahan tahu sehingga dikumpulkan dalam karung bekas kedelai kering berkapasitas 50 kg. Ampas tahu yang dihasilkan dalam sehari dari 150 kg kedelai rata-rata sebesar 336 kg ampas tahu. Proses pencetakan tahu di Industri Rumah Tangga Tahu X menghasilkan tahu sebanyak 29,7 kg per 9 kg kedelai, sehingga dalam sehari, dengan menggunakan bahan baku 150 kg kedelai rata-rata menghasilkan 495 kg tahu.

Gambar 2 juga menunjukkan bahwa untuk memproduksi tahu dari 150 kg kedelai dibutuhkan air sebesar 3.940,3 liter/hari dan dihasilkan limbah cair sebesar 2600,4 liter/hari. Penggunaan air bersih terdapat pada proses perendaman, pencucian, penggilingan, pemasakan dan penyaringan. Proses penyaringan menggunakan paling banyak air dibandingkan proses lainnya, sedangkan proses perendaman membutuhkan paling sedikit air. Limbah cair yang dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, penggumpalan dan pencetakan langsung dibuang ke sungai tanpa melalui proses pengolahan limbah cair terlebih dulu.



Gambar 2. Neraca Massa dan Air Proses Produksi Tahu

Analisis Opsi Alternatif Penerapan Produksi Bersih

Analisis opsi alternatif penerapan produksi bersih didasari oleh permasalahan yang terjadi pada setiap proses produksi. Selanjutnya, ditentukan manfaat lingkungan dan ekonomi yang diperoleh dari setiap opsi alternatif produksi bersih.

Tabel 2. Analisis Opsi Alternatif Produksi Bersih Pada Industri Rumah Tangga Tahu X

No	Permasalahan	Alternatif Produksi Bersih	Pertimbangan Manfaat	
			Ekonomi & Lingkungan	Kerugian
Bahan Baku				
1	• Tidak menyortir/memilih kedelai yang akan diolah.	• Menyortir biji kedelai agar mengurangi kotoran seperti biji yang rusak, kotoran lain seperti batu/kerikil kecil.	• Mengurangi biaya perbaikan ketika mesin rusak akibat kotoran masuk ke mesin penggiling.	• Membutuhkan waktu lebih lama.

	• Air pencucian yang digunakan langsung dibuang.	• Air masih bisa digunakan (<i>reuse</i>) untuk pencucian selanjutnya serta disediakan bak penampungan air.	• Mengurangi penggunaan air secara berlebih.	• Menyediakan lahan untuk penampungan air pencucian.
Proses Produksi				
2	• Limbah cair dari proses perendaman, pencucian, penggumpalan dan pencetakan langsung dibuang ke lingkungan.	• <i>Recycle</i> limbah cair tahu. Membuat suatu pengolahan air limbah (IPAL) yang bertujuan untuk mengurangi beban pencemar yang diterima oleh badan air sehingga bisa dimanfaatkan kembali dalam proses produksi.	• Menghemat penggunaan air dengan adanya sumber air baru dan mengurangi polutan yang dibuang ke lingkungan.	• Menyediakan lahan kosong untuk instalasi pengolahan air limbah dan membutuhkan biaya perawatan yang mahal.
		• Memanfaatkan empang digunakan sebagai pengolahan limbah cair tahu secara alami dengan metode fitoremediasi.	• Mengurangi pencemaran limbah cair ke lingkungan sekitar dan dapat memanfaatkan media tanaman air sebagai pakan ternak yang bernilai harga jual.	
	• Pemasakan Kedelai Terdapat abu/debu dari pembakaran ketel uap yang menyebabkan lingkungan kerja menjadi kotor.	• Mendesain ulang tungku ketel uap dengan menggunakan cerobong asap agar debu dan asap tidak mencemari lingkungan kerja.	• Mengurangi polusi udara akibat pembakaran ketel penghasil uap.	• Membutuhkan biaya yang cukup mahal untuk me <i>re-design</i> sistem ketel uap (<i>boiler</i>).
	• Menghasilkan limbah padat ampas tahu dari proses penyaringan sari kedelai.	• Ampas tahu dapat dimanfaatkan untuk pakan ternak dan bahan dasar makanan lainnya seperti tempe gambus.	• Dapat menghasilkan nilai pendapatan dari penjualan ampas tahu ke pihak ke-2. • Dapat mengurangi timbulan limbah padat ampas tahu.	-
	• Terdapat banyak ceceran air di ruang kerja produksi.	• Menggunakan sepatu <i>boot</i> saat bekerja agar lebih aman.	• Dapat mengurangi resiko kecelakaan kerja seperti terjatuh dan penyakit kutu air.	-
Higiene dan sanitasi industri				
3	• Tidak mengadakan jadwal untuk membersihkan area	• Membuat jadwal piket bagi pekerja agar lingkungan area	• Timbul rasa nyaman saat bekerja jika	-

	kerja.	kerja terlihat bersih dan nyaman.	tempat kerja bersih dan rapih sehingga produk yang dihasilkan dapat dijamin kebersihannya.	
	• Pekerja tidak menggunakan sarung tangan saat melakukan pemotongan pengemasan tahu.	• Menggunakan sarung tangan saat memotong dan mengemas tahu.	• Tahu yang dihasilkan lebih higienis dan terjamin kebersihannya sehingga memberikan nilai tambah terhadap pembeli.	-

Pada aspek bahan baku, opsi alternatif produksi bersih yang dapat dilakukan adalah menyortir bahan baku biji kedelai untuk mengurangi kotoran seperti biji kedelai yang rusak dan kotoran lain seperti batu/kerikil kecil serta menampung air dari pencucian kedelai untuk digunakan kembali pada proses selanjutnya. Aspek proses produksi memiliki 4 permasalahan utama terkait limbah cair, polutan abu/debu, limbah padat ampas tahu dan kondisi ruang kerja yang becek.

Opsi alternatif untuk masalah limbah cair adalah pembuatan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) untuk mengurangi beban pencemar yang diterima badan air dengan memanfaatkan kolam empang yang berada di lahan Industri Rumah Tangga Tahu X melalui proses fitoremediasi. Pada proses pemasakan kedelai, dihasilkan abu/debu yang berasal dari ketel uap sehingga menyebabkan lingkungan kerja menjadi kotor. Alternatif produksi bersih untuk masalah ini yaitu mendesain ulang tungku ketel uap dengan menggunakan cerobong asap agar debu dan asap tidak mencemari lingkungan kerja. Pemanfaatan limbah padat ampas tahu sebagai pakan ternak atau dijadikan bahan dasar makanan lainnya seperti tempe gambus menjadi opsi alternatif produksi bersih untuk menangani limbah padat ampas tahu. Pekerja disarankan untuk menggunakan sepatu *boot* saat bekerja karena kondisi ruang kerja yang becek, agar lebih aman dan nyaman saat bekerja.

Aspek *higiene* dan sanitasi industri memiliki permasalahan tidak adanya jadwal untuk membersihkan area kerja serta pekerja tidak menggunakan sarung tangan saat proses pemotongan dan pengemasan produk tahu. Solusi alternatif yang dapat dilakukan yaitu membuat jadwal piket bagi pekerja agar lingkungan area kerja terlihat bersih dan nyaman sehingga timbul rasa nyaman saat bekerja dan produk yang dihasilkan dapat

dijamin kebersihannya. Solusi alternatif lainnya adalah mewajibkan penggunaan sarung tangan dan *face shield* saat memotong dan mengemas tahu sehingga tahu yang dihasilkan lebih higienis serta memberikan nilai tambah terhadap *customer* atau pembeli.

Berdasarkan hasil analisis permasalahan dan opsi alternatif produksi bersih yang dimuat pada Tabel 2, selanjutnya ditentukan penentuan skala prioritas opsi produksi bersih seperti yang dimuat pada Tabel 3.

Tabel 3. Penentuan Skala Prioritas Opsi Produksi Bersih

No	Opsi	Penilaian			Total	Skala Prioritas
		Teknis	Eko	Lingkungan		
1	Pemanfaatan kolam/empang sebagai media pengolahan limbah cair dengan metode fitoremediasi.	3	3	3	9	1
2	Pemakaian kembali sisa air pencucian kedelai	3	2	3	8	3
3	Membuat jadwal piket kebersihan bagi pekerja agar lingkungan kerja terlihat lebih nyaman	3	1	3	7	4
4	Menggunakan sarung tangan saat memotong dan mengemas tahu	3	2	2	7	5
5	Menggunakan APD atau sepatu boot saat bekerja agar lebih aman	2	3	1	6	6
6	Pemanfaatan limbah ampas tahu sebagai pakan ternak	3	3	3	9	2
7	Mendesain ulang tungku ketel uap dengan menggunakan cerobong asap agar debu dan asap tidak mencemari lingkungan kerja	1	1	3	5	7
8	Membuat pengolahan air limbah agar air buangan dapat digunakan untuk kebutuhan produksi	1	1	3	5	8

Berdasarkan hasil penentuan prioritas opsi produksi bersih diketahui bahwa prioritas utama berupa opsi pemanfaatan kolam/empang sebagai media pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan metode fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla* serta pemakaian kembali sisa air pencucian kedelai. Opsi ini dipilih berdasarkan:

1. Secara Ekonomis

Pemanfaatan kolam/empang sebagai media pengolahan limbah cair tahu dengan menggunakan metode fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla* dapat memberikan

pemasukan tambahan bagi pemilik industri tahu dengan menjual tanaman *Azolla* sebagai pakan ikan, ternak atau kebutuhan lainnya.

2. Secara Teknis

Pemanfaatan pemakaian kembali sisa air pencucian kedelai cukup mudah dilakukan. Oleh sebab itu, industri dapat memanfaatkan kembali limbah cair ini.

3. Secara Lingkungan

Dari sudut pandang lingkungan, dengan memanfaatkan kolam/empang sebagai media pengolahan limbah cair tahu dengan metode fitoremediasi, maka limbah cair tidak akan mencemari lingkungan. Pemanfaatan kembali sisa air pencucian juga bertujuan untuk mengurangi buangan air ke lingkungan dan menghemat penggunaan air.

Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi

Penelitian Unisah dan Akbari (2020) tentang fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla* pada pengolahan limbah cair tahu menjadi dasar untuk menganalisis perkiraan manfaat lingkungan dan ekonomi penerapan produksi bersih dengan metode fitoremediasi. Hasil penelitian tersebut adalah *Azolla microphylla* sebanyak 300 g yang ditanamkan pada limbah cair tahu sebanyak 20 liter selama 21 hari, mampu menurunkan TSS sebesar 98%, COD sebesar 96%, BOD sebesar 96%, dan pH stabil dinilai 7. Dengan demikian, dapat dihitung perkiraan manfaat lingkungan penerapan produksi bersih pada pengolahan limbah cair Industri Rumah Tangga Tahu X dengan metode fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla*, seperti yang dimuat pada Tabel 4.

Tabel 4. Perkiraan Efisiensi Penurunan Kadar Limbah Cair Tahu

No	Parameter	Satuan	Konsentrasi Awal*	Efisiensi **	Konsentrasi Akhir	Baku Mutu	Keterangan
Fisika							
1	TSS	mg/L	243,5	98%	4,87	200	MBM
Kimia							
2	pH	mg/L	3,77		3,77	6-9	MBM
3	COD	mg/L	6046,5	96%	241,86	300	MBM
4	BOD	mg/L	163,65	96%	6,546	150	MBM

*Hasil uji laboratorium, 2023

** Unisah dan Akbari, 2020

MBM: Memenuhi Baku Mutu

TBM: Tidak Memenuhi Baku Mutu

Hasil penelitian Unisah & Akbari (2020) menunjukkan bahwa efisiensi penurunan limbah cair tahu tertinggi terjadi pada penambahan *azolla* sebanyak 300 gram, dengan nilai efisiensi penurunan COD 96%, BOD 96%, dan TSS 98%. Efisiensi tersebut didapatkan dari hasil penambahan 300 gram *azolla* pada limbah cair tahu sebanyak 2 L. Pada penelitian ini, jumlah limbah cair tahu yang dihasilkan per hari adalah sebanyak 2600 L/hari, artinya untuk mendapatkan nilai efisiensi penurunan COD, BOD, dan TSS yang sama dengan penelitian tersebut dibutuhkan penambahan *azolla* sebanyak 390.000 gram (390 kg). Dengan begitu, Industri Rumah Tangga Tahu X dapat mengolah limbah cair yang dihasilkannya agar memenuhi parameter sesuai dengan baku mutu yang berlaku.

Pengaplikasian Kolam/Empang Sebagai Media Fitoremediasi

Penerapan produksi bersih pada pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode fitoremediasi tanaman *Azolla microphylla* dilakukan dengan memanfaatkan kolam/empang pada area Industri Rumah Tangga Tahu X, melalui beberapa tahapan, yaitu:

1. Kolam/Empang Sebelum Dilakukan Fitoremediasi

Sebelum dilakukan penerapan pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode fitoremediasi, kolam/empang dijadikan sebagai penampungan limbah cair tahu dengan kondisi tidak terawat dan banyak sekali sampah yang dibuang ke dalam kolam.



Gambar 3. Kolam/Empang Sebelum Diterapkan Fitoremediasi
(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023)

2. Proses Pembersihan Kolam/Empang

Proses pembersihan kolam/empang ini cukup membutuhkan waktu yang lama yaitu selama 2 hari, karena kondisinya yang sangat kotor dan tidak terawat.



Gambar 6. Proses Pembersihan Kolam/Empang
(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023)

3. Kondisi Kolam/Empang Setelah Dibersihkan

Setelah kolam/empang sudah dalam kondisi baik dari pada kondisi sebelumnya, kolam/empang siap untuk ditanamkan media tanaman fitoremediasi *Azolla microphylla*.



Gambar 7. Kondisi Kolam/Empang Setelah Dibersihkan
(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023)

4. Proses Penanaman Media Tanaman *Azolla Microphylla*

Proses penanaman media tanaman *Azolla microphylla* sebanyak 6 kg dilakukan pada kolam seluas 10 m². Total biaya yang dibutuhkan untuk memanfaatkan kolam/empang pada Industri Rumah Tangga Tahu X sebagai media pengolahan limbah cair tahu metode fitoremediasi adalah Rp.1.400.000,-.



Gambar 8. Proses Penanaman Tanaman *Azolla Microphylla*

(Sumber: Dokumentasi Penelitian, 2023)

Azolla Microphylla memiliki pertumbuhan yang cepat, selama 3-6 hari dapat memproduksi 1-2 kg per m² bobotnya, tergantung pada kesuburan kolam (Supartoto dkk, 2012). Berdasarkan asumsi dalam waktu 6 hari, *Azolla* dapat tumbuh sebanyak 2 kg per m² bobotnya, maka *Azolla* dalam kolam fitoremediasi dapat tumbuh sebanyak ± 20 kg dalam waktu 30 hari. Dengan harga jual sebesar Rp.20.000,- per kg, maka penjualan *Azolla* sebanyak 20 kg akan memperoleh keuntungan sebesar Rp. 400.000/bulan. Dengan demikian, pengembalian modal penerapan fitoremediasi sebesar Rp.1.400.000,- membutuhkan waktu selama 3,5 bulan.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui tahapan produksi tahu terdiri dari pencucian kedelai, perendaman kedelai, penggilingan, pemasakan, penyaringan, penggumpalan, pencetakan, pengepresan, dan pemotongan tahu. Strategi produksi bersih pada Industri Rumah Tangga Tahu X diprioritaskan pada pengolahan limbah cair tahu menggunakan metode fitoremediasi dengan tanaman *Azolla mycrophylla*. Penggunaan tanaman *Azolla mycrophylla* tersebut diprediksi mampu menurunkan TSS 98%, COD 96% dan BOD 96% hingga memenuhi baku mutu limbah cair industri tahu dan memberi keuntungan ekonomi sekitar Rp.400.000,-/bulan.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbari, T., & Sumarni, L. (2021). Analisis Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Tempe. *Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 15(2), 624-632. <https://doi.org/10.21107/agrointek.v15i2.9314>
- Anggraini, R., Suprihatin, S., & Indrasti, N. S. (2022). Kajian Peluang Penerapan Produksi Bersih Di Industri Tahu (Studi Kasus pada Beberapa Industri Tahu di Kota Martapura, Sumatera Selatan). *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 32(2), 107-120.
- Aulia, N. I., Indrastim N. S., & Ismayana, A. (2023). Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Kecil Menengah (IKM) Pengolahan Tahu Di Indonesia: Literatur Review. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*, 33(1), 10-19. Retrieved from <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jurnaltin/article/view/47291>
- Darmajana DA, Sholichah E, Afifah N, Luthfiyanti R, Amdriana Y. 2015. Pemanfaatan *Teknologi Tepat Guna dalam Penerapan Cleaner Production di Industri Kecil Pengolahan Tahu di Subang dan Sumedang*. LIPI Press.

- Dewi, M. O., & Akbari, T. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Pada Industri Tahu B Kota Serang. *Jurnal Lingkungan Dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 3(1), 38-48. <https://ejournal.lppm-unbaja.ac.id/index.php/jls/article/view/890>
- Indrasti N.S & Fauzi A.M. (2009). *Produksi Bersih*. IPB Press.
- Novita, E., Pradana, H. A., Wahyuningsih, S., & Hartiningsih, E. S. (2019, November). Characterization Of Laboratory Wastewater For Wastewater Treatment Plants Used Environmental Biotechnology. In *International Conference on Sustainability Science and Management* (pp. 14-15).
- Nugroho, G. S. F., Sulistyaningrum, R., Melania, R. P., & Handayani, W. (2019). Environmental analysis of tofu production in the context of cleaner production: case study of tofu household industries in salatiga, Indonesia. *Journal of Environmental Science and Sustainable Development*, 2(2), 127-138. <https://doi.org/10.7454/jessd.v2i2.1021>
- 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>
- Rahayu, S. S., Purwanto, P., & Budiyo, B. (2017). Water and Energy Efficiency in Cleaner Production Based Tofu Small Industry. *Advanced Science Letters*, 23(6), 5709-5712. <https://doi.org/10.1166/asl.2017.8809>
- Septifani, R., Suhartini, S., & Perdana, I. J. (2021, April). Cleaner production analysis of tofu small scale enterprise. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 733, No. 1, p. 012055). IOP Publishing. DOI 10.1088/1755-1315/733/1/012055
- Sjafruddin, R., Agustang, A., & Pertiwi, N. (2022). Estimasi limbah industri tahu dan kajian penerapan sistem produksi bersih. *Jurnal Ilmiah Mandala Education*, 8(2). DOI: 10.36312/jime.v8i2.2826/
- Unisah, S., & Akbari, T. (2020). Pengolahan Limbah Cair Tahu Dengan Metode Fitoremediasi Tanaman Azolla microphylla Pada Industri Tahu B Kota Serang. *Jurnal Lingkungan dan Sumberdaya Alam (JURNALIS)*, 3(2), 73-86. <https://www.ejournal.lppm-unbaja.ac.id/index.php/jls/article/view/1093>
- Zulmi, A., Meldayanoor, M., & Lestari, E. (2018). Analisis Kelayakan Penerapan Produksi Bersih pada Industri Tahu UD. Sugih Waras Desa Atu-atu Kecamatan Pelaihari. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*, 5(1), 1-9.