

TEKNOLOGI BERSIH DAN MINIMASI LIMBAH PADA INDUSTRI TAHU

Wulan¹, Eka Gustiana², Isna Apriani³

d1051221007@student.untan.ac.id¹, d1051221059@sudent.untan.ac.id²

Universitas Tanjungpura

ABSTRAK

Industri tahu merupakan salah satu sektor UMKM yang menghadapi berbagai tantangan, terutama dalam pengelolaan limbah padat dan cair. Apabila limbah tidak ditangani dengan baik, maka dapat berpotensi mencemari lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan teknologi bersih dan upaya minimasi limbah pada industri tahu di Pontianak. Metode penelitian yang digunakan melalui metode observasi langsung, wawancara, serta studi literatur, penelitian ini menawarkan beberapa solusi teknologi bersih. Teknologi bersih yang ditawarkan meliputi pemanfaatan kembali air rendaman, peningkatan efisiensi alat produksi, serta pengolahan limbah padat menjadi produk bernilai ekonomi seperti pupuk kompos, pupuk organik cair, dan berbagai olahan dari ampas tahu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa teknologi bersih mampu meningkatkan efisiensi proses produksi, mengurangi dampak pencemaran, dan menambah nilai ekonomi.

Kata Kunci: Teknologi Bersih, Minimasi Limbah, Produksi Tahu, Pupuk Organik.

ABSTRACT

The tofu industry is part of the MSME sector that faces various challenges, especially in solid and liquid waste management. If waste is not handled properly, it can potentially pollute the environment. This study aims to analyze the application of clean technology and waste minimization efforts in the tofu industry in Pontianak. The research method used through direct observation methods, interviews, and literature studies this research offers several clean technology solutions. The clean technologies offered include reusing soybean soak water, increasing the efficiency of production equipment, and processing solid waste into products of economic value such as compost, liquid organic fertilizer, and various processed tofu residues. The results show that clean technology is able to improve the efficiency of the production process, reduce the impact of pollution, and add economic value.

Keywords: Clean Technology, Waste Minimization, Tofu Production, Organic Fertilizer.

PENDAHULUAN

Perkembangan industri khususnya dibidang pengolahan tahu memberikan dampak positif yang dapat menumbuhkan perekonomian masyarakat, namun munculnya sisa usaha (limbah) pada setiap aktivitas industri sulit untuk dihindari dan membutuhkan biaya yang besar bagi suatu industri untuk melakukan pengolahan, termasuk bagi industri tahu yang dikelola secara tradisional. Industri Tahu pada umumnya masih menerapkan pengolahan secara tradisional dengan proses yang belum menerapkan standar operasional dan minimasi limbah yang efisien terutama dalam penggunaan air (Rosita et.al 2019).

Limbah yang dihasilkan dari hasil pengolahan tahu berupa limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dihasilkan dari proses penggilingan kacang kedelai, limbah padat utama yang dihasilkan dari proses pembuatan tahu adalah ampas kedelai, yang merupakan sisa setelah pemisahan susu kedelai. Ampas tahu memiliki potensi untuk dimanfaatkan lebih lanjut seperti pakan ternak, olahan makanan seperti oncom dan lain-lain (Cahyani et al. 2020). Limbah cair yang dihasilkan dari industri tahu seperti proses pencucian, perebusan, pengepresan, dan pencetakan tahu. Apabila limbah tersebut dialirkan ke sungai tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu, dapat menyebabkan terjadinya pencemaran pada

sungai (Pamungkas & Slamet, 2017). Penerapan teknologi bersih menjadi solusi untuk mengurangi dampak lingkungan dan meningkatkan efisiensi produksi tahu (Aulia N et al. 2020).

Produksi bersih merupakan unit pengolahan air limbah yang dapat diterapkan dengan cara mengurangi jumlah limbah yang dihasilkan, dengan menggantikan atau mengurangi penggunaan bahan baku yang kurang ramah lingkungan, serta dapat memaksimalkan penggunaan sumber daya seperti bahan baku, energi, dan air dalam kegiatan produksi. Selain itu, air dan limbah padat lain hasil pengolahan limbah juga bisa dimanfaatkan kembali (Suwazan & Sulistyono, 2020).

METODE PENELITIAN

Metode penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif untuk mengidentifikasi dan mengembangkan konsep teknologi bersih dan minimasi limbah pada industri tahu Gudang Tahu Putih di Jalan Sungai Selamat Dalam, Siantan Hilir, Kecamatan Pontianak, Kalimantan Barat. Data penelitian dikumpulkan melalui observasi langsung dan wawancara dengan pelaku industri serta melalui studi literatur. Studi literatur dilakukan untuk memperoleh data dari sumber yang berkaitan dengan jurnal penelitian sebelumnya. Pengolahan data dilakukan untuk menentukan konsep teknologi bersih yang akan ditawarkan. Teknologi bersih yang ditawarkan dipilih berdasarkan beberapa pertimbangan dari studi literatur yaitu keuntungan bagi industri tahu, mudah untuk diaplikasikan, dan ramah lingkungan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Industri Tahu

Penelitian ini dilakukan pada industri Gudang Tahu Putih di Jalan Sungai Selamat Dalam, Siantan Hilir, Kecamatan Pontianak Utara, Kalimantan Barat. Industri tahu putih ini merupakan salah satu industri UMKM skala kecil yang sudah cukup lama yaitu berdiri sejak tahun 1999. Industri ini beroperasi setiap hari dan dalam sehari dapat memproduksi sekitar 40.000 buah tahu potong. Proses produksi dilakukan menggunakan bahan baku kacang kedelai yang sekali produksi sebanyak 750 kg dalam sehari atau menghabiskan 14 karung kedelai, dimana 1 karung kedelai memiliki berat 50 kg dan bahan bakar yang digunakan adalah kayu. Dalam sehari dapat menghabiskan kayu sebanyak 1 mobil pick up atau sekitar 800 kg. Tempat produksi dilakukan diruangan yang terbuka dengan bangunan terbuat dari kayu dan papan sehingga sirkulasi udara tetap stabil dan tidak sesak dan panas.

Gambar 1. Lokasi Industri Tahu



Sumber: Google Earth, 2024

Proses Produksi Tahu

Proses produksi dilakukan dalam beberapa tahap seperti persiapan bahan baku, perendaman, penggilingan, pemerasan sari kedelai, perebusan, penggumpalan, dan pencetakan atau pemadatan, pemotongan, dan pengemasan tahu. Dari proses pembuatan

tahu menghasilkan limbah ampas tahu, ceceran kacang kedelai, kulit kedelai, potongan-potongan tahu, air dari hasil perendaman, pencucian, pemerasan, perebusan, pembekuan, dan pemadatan tahu.

Proses produksi pada industri tahu putih yaitu diuraikan sebagai berikut:

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan baku utama yang digunakan berupa kacang kedelai, dan bahan lainnya adalah garam dan tepung khusus pengental tahu.

2. Perendaman Atau Pencucian

Proses perendaman kedelai dimulai dengan memasukkan kedelai ke dalam drum dengan kapasitas 200 liter lalu diisi air. Kedelai direndam selama 4-5 jam yang bertujuan untuk memaksimalkan air dapat menyerap kedalam kedelai, selama perendaman kedelai harus benar-benar terendam secara keseluruhan agar kedelai dapat mengembang secara optimal.

3. Penggilingan

Setelah kedelai direndam, lalu masuk ke proses menggiling kedelai hingga menjadi bubur. Proses ini menggunakan mesin penggiling. Akan tetapi, mesin penggilingnya tidak bisa memisahkan ampas tahu secara otomatis, jadi setelah digiling, perlu menyaring lagi secara manual untuk memisahkan ampas dari sari kedelai.

4. Pemerasan

Penyaringan atau pemerasan bubur tahu dilakukan dengan menggunakan kain sifon yang cukup kuat, dan halus sehingga memudahkan air sari kedelai untuk keluar lalu ampas tahu dapat tertahan didalam kain. Setelah ampas tertampung di kain lalu ampas tahu dimasukkan kedalam karung, dan begitu seterusnya.

5. Perebusan

Sari kedelai yang telah dipisahkan dengan ampasnya masuk ke proses perebusan. Sari kedelai dimasukkan kedalam drum besar dengan kapasitas 500 liter dan ditambahkan air sebagai pengencernya untuk memudahkan dalam perebusan sehingga sari kedelai tidak mudah menempel pada alat. Perebusan dilakukan selama 20-40 menit. Proses ini memanfaatkan uap panas dari alat boiler dengan bahan bakar kayu.

6. Penggumpalan

Setelah sari kedelai dirasa sudah masak dan berwarna sedikit kekuningan maka akan digumpalkan dengan cara menambahkan garam dan tepung khusus penggumpal tahu didalam drum dengan kapasitas tampungan 200 liter. Lalu bahan diaduk hingga merata hingga gumpalan tahu terbentuk dan mulai terpisah dengan air yang terkandung didalam sari tahu sebelumnya. Proses ini berlangsung sekitar 15 menit untuk mendapatkan hasil yang optimal.

7. Pencetakan

Sari kedelai yang telah menggumpal akan dicetak pada cetakan kayu yang dilapisi dengan kain blacu. Cetakan memiliki ukuran 50×50 cm, dan untuk memadatkan tahu produsen menggunakan pemberat dari semen yang telah dicetak.

8. Pemotongan

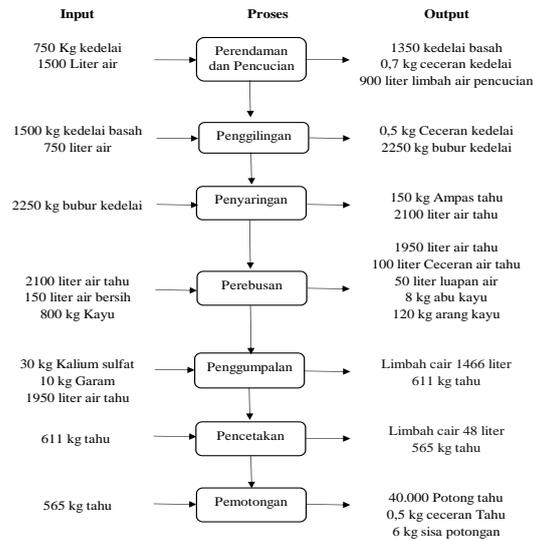
Setelah proses pemadatan, tahu dipotong dengan ukuran yang sama besar sekitar 6-7 cm. 1 cetakan pemotongan menghasilkan sekitar 120 potong tahu.

9. Pengemasan

Tahu yang telah dipotong kemudian disimpan dalam wadah khusus dan disusun untuk menghemat tempat dan tahu siap didistribusikan pada pasar-pasar terdekat. Tetapi tahu ada juga yang dibungkus dengan plastik kresek jika ada konsumen yang ingin membeli sedikit tahu, dimana sebungkus plastik tersebut memuat sekitar 10 buah tahu.

Adapun neraca massa proses produksi tahu beserta limbah yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 2. neraca massa proses produksi industri tahu

Gambar 2. Neraca Massa Proses Produksi Tahu



Alternatif Teknologi Bersih Dan Minimasi Limbah

Produksi tahu menghasilkan beberapa macam limbah padat berupa 150 kg ampas tahu, 0,5 kg ceceran tahu, 6 kg sisa potongan tahu, 8 kg abu, 120 kg arang kayu. Limbah cair yang dihasilkan berasal dari air sisa perendaman, perebusan, dan pemadatan tahu.

Listrik tempat industri tahu terpisah dengan rumah pribadi. Proses produksi dilakukan mulai dari jam 08.00-17.00 WIB. Alat yang menggunakan listrik yaitu mesin penggiling kacang dan mesin pompa air. Maka jumlah pemakaian listrik yang digunakan sebagai berikut:

a. Mesin Air

$$\begin{aligned} \text{kwh} &= (\text{watt} \times \text{jam}) : 1000 \\ &= (250 \text{ watt} \times 4 \text{ jam} : 1000) \\ &= 1 \text{ KWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga per KWh} &= 1.444,70 / \text{KWh} \\ &= 1 \text{ KWh} \times 1.444,70 \text{ KWh} \\ &= \text{Rp. } 1.444,70 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian listrik selama 1 bulan} &= \text{Rp. } 1.444,70 \times 30 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 43.341 / \text{bulan} \end{aligned}$$

a. Mesin Penggiling

$$\begin{aligned} \text{kwh} &= (\text{watt} \times \text{jam}) : 1000 \\ &= (750 \text{ watt} \times 7 \text{ jam} : 1000) \\ &= 5.25 \text{ KWh} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Harga per KWh} &= 1.444,70 / \text{KWh} \\ &= 5.25 \text{ KWh} \times 1.444,70 \text{ KWh} \\ &= \text{Rp. } 7.585 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Pemakaian listrik selama 1 bulan} &= \text{Rp. } 1.444,70 \times 30 \text{ hari} \\ &= \text{Rp. } 227.550 / \text{bulan} \end{aligned}$$

c. Jumlah Total Pemakaian Listrik

$$\begin{aligned} \text{total pemakaian listrik} &= \text{Mesin air} + \text{mesin penggiling} \\ &= \text{Rp. } 43.341 + \text{Rp. } 227.550 \\ &= \text{Rp. } 270.891 \end{aligned}$$

Jumlah pemakaian listrik dalam satu bulan produksi sebesar Rp.270.891 untuk industri tahu putih dengan penggunaan mesin air dan mesin penggiling. Penggunaan mesin air sebesar Rp. 43.341 dengan sumber air baku yang digunakan dalam produksi berupa air kolam. Penggunaan mesin penggiling yaitu sebesar Rp. 227.550 yang digunakan untuk penggilingan kedelai.

Good Housekeeping

Good housekeeping merupakan tata kelola yang baik terkait penghematan energi, pengurangan limbah serta menjaga kebersihan lingkungan kerja. Proses produksi industri tahu tersebut masih terdapat limbah cecekan air dan sisa cecekan kedelai yang menyebabkan permukaan lantai menjadi kotor dan licin. Pelaksanaan Good Housekeeping memperhatikan kebersihan dalam proses produksi sehingga produk yang dihasilkan menjadi lebih layak untuk dipasarkan.

Pengolahan Air Baku

Pengolahan air baku diperlukan untuk memastikan kualitas air baku yang aman dan layak konsumsi. Industri tahu putih menggunakan air kolam sebagai sumber air baku. Air baku yang diperoleh dari alam seringkali mengandung berbagai kontaminasi dan bahan organik yang tinggi. Pengolahan air tersebut dapat mengurangi kandungan bahan organik dalam air dan menghasilkan air yang lebih layak untuk digunakan, sehingga aman untuk dikonsumsi. Pengolahan air dilakukan dengan kombinasi aerasi-filtrasi. Tipe aerasi yang digunakan berupa multiple tray aeration dan media filter yang digunakan berupa pasir kerang, ijuk, dan kerikil. (Zahro Z., et al. 2024).

Pengembangan Peralatan Produksi

Pengembangan peralatan produksi pada industri tahu perlu dilakukan untuk memudahkan dalam proses produksi. Peralatan yang perlu dikembangkan seperti peralatan penyaring yang masih dilakukan secara manual sehingga perlu diterapkan teknologi yang sesuai untuk meningkatkan efisiensi dan mempersingkat waktu produksi.

Teknologi peralatan tersebut menggunakan kecepatan putaran agar dapat memisahkan air kedelai dengan ampas. Pada produk ini cara kerjanya mirip mesin cuci. Keunggulan dari produk ini adalah proses penyaringannya dapat dilakukan dengan cepat namun untuk kekurangannya adalah kecepatan putarnya tidak bisa diatur sehingga motor tidak tahan lama. (Mulyana et al, 2013).

Gambar 3. Teknologi Alat Penyaringan Tahu



Sumber: Mulyana et al, 2013

Pemanfaatan Limbah Abu Dan Arang Menjadi Menjadi Media Tanam

Pemanfaatan limbah padat yang berasal dari sisa pembakaran kayu berupa arang dan abu merupakan langkah dalam mengurangi limbah dan membuat produk yang bernilai tambah. Menurut penelitian Kurvaini et al, 2019 limbah ini dapat dimanfaatkan menjadi media tanam yang bermanfaat bagi tanaman. Karena dari limbah padat tersebut banyak mengandung unsur hara. Pemanfaatan limbah abu dan arang menjadi menjadi media tanam dilakukan dengan komposisi 10% abu, 30% arang kayu, 10% serbuk kayu, dan 60%

tanah bakar.

Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Pupuk Organik Cair

Limbah cair yang dihasilkan memiliki kandungan bahan organik yang tinggi serta kaya akan unsur hara yang dapat menyuburkan tanaman. Pengolahan limbah cair industri tahu dapat dimanfaatkan menjadi pupuk organik cair (POC). Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi pupuk organik cair menurut penelitian Amin et al, 2017 limbah cair tahu mengandung berbagai unsur hara seperti N 1,24%, P205 5,54%, K20 1,30% dan C-Organik 5,800% yang merupakan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga dapat menyuburkan tanaman.

Tahap pembuatan POC menurut penelitian Hidayah et al, 2022 yaitu :

- Disiapkan alat dan bahan berupa limbah cair yang dihasilkan dari proses produksi tahu dan kulit ari kedelai.
- Limbah kulit kedelai kemudian dipotong kecil-kecil lalu dicampur dengan limbah cair tahu, EM4, dan gula merah kedalam wadah yang telah disiapkan dan diaduk menggunakan tongkat pengaduk sampai merata.
- Proses fermentasi berlangsung selama 28 hari, dan dalam proses fermentasi perlu rutin mengaduknya yaitu 3 hari sekali supaya oksigen dapat masuk kedalam campuran POC sehingga mempercepat dalam fermentasi.
- Setelah di fermentasi pupuk organik cair yang telah jadi dapat dikemas kedalam jerigen ataupun botol.

Pemanfaatan Karung Kedelai

Recycle karung kedelai dapat dilakukan pengolahan kembali menjadi produk ramah lingkungan seperti menjadi barang-barang berupa souvenir, tikar, tas, serta dapat digunakan sebagai wadah penyimpanan barang-barang. Apabila kemasan karung tanpa dilakukan pengolahan kembali maka dapat langsung menjualnya kepada konsumen.

Gambar 4. Tas dari karung



Sumber: google katalog

Pemanfaatan Ampas Tahu Menjadi Kerupuk Ampas Tahu

Ampas tahu memiliki kandungan protein yang cukup tinggi, yaitu sebesar 26,6 gr dari 100 gram bahan baku kedelai atau sekitar 23,55% protein (Rahmi et al, 2022). Industri Gudang Tahu Putih dalam sekali produksi dapat menghasilkan ampas tahu sebanyak 150 kg/hari, umumnya ampas tahu akan dijual ke peternak sebagai campuran pakan tanpa dilakukan pengolahan sehingga keuntungan yang diterima lebih kecil karena harga yang dijual relatif murah. Oleh karena itu dilakukan alternatif minimasi limbah dengan memanfaatkan ampas tahu menjadi produk olahan seperti oncom dan kerupuk ampas tahu. Tahapan proses pembuatan ampas tahu menjadi kerupuk ampas tahu menurut penelitian Fausta et al, 2023. yaitu:

- Ampas tahu sebelum diolah dilakukan pemerasan dengan tujuan untuk mengurangi kadar air dalam ampas. Setelah itu ampas dikukus selama 30 menit untuk mengurangi rasa dan bau kedelai yang masih mentah.

- Bawang dikupas lalu dihaluskan.
- ampas tahu yang telah dikukus dicampurkan dengan tepung tapioka dan bumbu pelengkap (garam, penyedap rasa, lada bubuk, dan bawang), kemudian diaduk sampai rata lalu campuran bahan dibentuk- bentuk menjadi bentuk silinder dengan diameter 5-7 cm dan panjang 20 cm. Adonan tersebut bisa disebut dengan dodolan.
- Dodolan dikukus selama 2 jam sampai bagian tengahnya matang, lalu angkat dan diangin-anginkan.
- Dodolan yang telah dingin dipotong-potong tipis setebal 2-3 mm. Kerupuk yang masih basah lalu dijemur sampai kering selama 3-5 hari dipanas matahari langsung.
- Kerupuk yang telah kering bisa langsung digoreng dan dikemas untuk dijual.

Gambar 5. Kerupuk ampas tahu



Sumber: google katalog

Pemanfaatan Ampas Tahu Menjadi Oncom

Adapun tahapan dalam pembuatan produk olahan oncom menurut penelitian Sugeng A et al. 2024 yaitu:

- Ampas tahu sebelum di olah akan dijemur terlebih dahulu untuk mengurangi kadar air yang terdapat didalamnya
- Setelah itu ampas tahu akan diayak agar halus atau dapat juga dihaluskan menggunakan mesin penggiling
- Ampas tahu yang sudah diayak kemudian akan dicampur dengan tepung tapioka
- Setelah itu ampas tahu akan dikukus selama 1 jam
- Setelah di kukus kemudian akan dicetak dan disimpan selama tiga hari di tempat tertutup

Gambar 6. Oncom



Sumber: Sugeng A et al. 2024

Aspek Ekonomi Penerapan Teknologi Bersih Dan Minimasi Limbah

Penerapan teknologi bersih dan minimasi limbah dapat memberi keuntungan bagi pelaku industri. Aspek ekonomi meliputi biaya pembuatan dan keuntungan yang diperoleh dari penerapan produksi bersih dan minimasi limbah. Proses pembuatan teknologi minimasi limbah dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Biaya Teknologi Bersih dan Minimasi Limbah Industri Tahu

No	Teknologi Bersih dan Minimasi Limbah	Alat dan Bahan	Biaya	Biaya Pembuatan
1	Pupuk Organik Cair (POC)	1. EM4 2. Limbah cair tahu dan kulit ari kedelai 3. Molasse 5. wadah POC	Rp. 30.000 Rp. 0 Rp.25.000 Rp. 15.000	Rp. 70.000
2	Kerupuk Ampas Tahu	1. Ampas tahu 50 kg 2. Tepung tapioka 40 kg 3. Garam 4. Bawang putih 5. Penyedap rasa 6. Merica bubuk	Rp. 0 Rp.400.000 Rp. 5000 Rp. 35.000 Rp. 6.000 Rp. 15.000 Rp. 8.000	Rp . 469.000
3	Oncom	1. Ragi 500 gr 2. Ampas tahu 50 kg 3. Air 4. Tepung tapioka 25 kg	Rp. 178.000 Rp. 0 Rp. 0 Rp. 250.000 Rp. 5.000	Rp. 433.000
4	Pupuk Kompos	1.Abu 2.Arang 3.Serbuk kayu 4.Tanah bakar	Rp. 0 Rp. 0 Rp. 20.000 Rp. 10.000	Rp. 30.000
5	Tas Karung	1.Benang 2.Jarum 3.Gunting 4.Penggaris	Rp. 12.000 Rp. 4000 Rp. 7000 Rp. 5000	Rp. 28.000
Biaya Total Dalam Sekali Produksi				Rp. 1.030.000
Biaya Total Dalam Sebulan Produksi				Rp. 30.900.000

Biaya yang diperlukan untuk penerapan teknologi bersih meliputi pengadaan alat, bahan, serta biaya operasional lainnya. Pemanfaatan limbah padat untuk pupuk kompos, dan proses daur ulang membutuhkan sekitar Rp. 1.030.000 dalam sekali produksi. Adapun biaya pendapatan yang diperoleh dari pembuatan produk olahan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Biaya Pendapatan Produk Olahan Limbah Industri Tahu

No	Produk Olahan	Harga Satuan	Jumlah Produk	Harga Total
1	Pupuk Organik Cair (POC)	Rp.25.000/liter	20 liter	Rp.500.000
2	Pupuk Kompos	Rp.30.000/kg	50 kg	Rp. 150.000
3	Kerupuk ampas tahu	Rp.35.000/kg	100 kg	Rp. 3.500.000
4	Oncom	Rp.3000/150 gr	15 kg	Rp. 315.000
5	Tas Limbah Karung	Rp. 5000/pcs	30 buah	Rp. 150.000
Jumlah Pemasukan Dalam Sekali Produksi				Rp. 4.615.000
Jumlah Pemasukan Dalam Sebulan Produksi				Rp. 138.450.000

Pemanfaatan limbah industri tahu menghasilkan produk bernilai tambah, seperti oncom, kerupuk ampas tahu, POC, dan pupuk kompos. Pendapatan diperoleh dari pemanfaatan limbah menjadi produk bernilai ekonomi yang dalam sekali produksi menghasilkan sekitar Rp. 4.615.000. Selain menghitung pendapatan yang diperoleh, perlu dilakukan pengolahan air baku, dimana pada industri tahu tersebut menggunakan air kolam sebagai sumber air baku. Air tersebut belum memenuhi baku mutu karena jika dilihat dari karakteristik airnya berwarna kuning kecoklatan. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan air yang sesuai, agar layak untuk digunakan. Adapun rincian biaya pembuatan pengolahan air baku dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Rincian Biaya Pembuatan Pengolahan Air

Teknologi Pengolahan Air	Alat dan bahan	Jumlah	Harga satuan	Harga Total
Aerasi	Bak aerasi	2 unit	Rp. 100.000	Rp. 200.000
	Pompa air	1	Rp.350.000	Rp.350.000
	Pipa PVC	10	Rp.10.000	Rp. 150.000
Filtrasi	wadah (drum plastik)	1	Rp.150.000	Rp.150.000
	Pasir kerang	50 kg	Rp. 50.000	Rp. 50.000
	Ijuk	5 kg	Rp.40.000	Rp.40.000
	Kerikil	5 kg	Rp.30.000	Rp.30.000
	Pipa dan selang	10 meter	Rp.15.000/m	Rp.150.000
	Keran air	1	Rp.25.000	Rp.25.000
Total pembuatan Pengolahan air				Rp. 1.145.000

Tabel 4. Total keuntungan Produksi dan Minimasi Limbah Industri Tahu

Penerapan	Biaya Pembuatan Perbulan	Biaya Pemasukan Perbulan	Keuntungan	Persentase
Pupuk Organik Cair	Rp. 70.000	Rp.500.000	Rp.430.000	86%
Pupuk Kompos	Rp. 28.000	Rp. 150.000	Rp.120.000	80%
Kerupuk ampas tahu	Rp. 469.000	Rp. 3.500.000	Rp. 3.031.000	87%
Oncom	Rp. 433.000	Rp. 315.000	Rp.118.000	37,5%
Tas Limbah Karung	Rp. 28.000	Rp. 150.000	Rp.122.000	81%

Keuntungan dihitung berdasarkan selisih pendapatan dari hasil olahan limbah dengan biaya yang dikeluarkan sehingga dapat menunjukkan efisiensi teknologi bersih. Berdasarkan hasil analisis persentase keuntungan yang diperoleh dari penerapan teknologi bersih dan minimasi limbah pada produk olahan seperti kerupuk ampas tahu, memperoleh keuntungan tertinggi sebesar 87%, diikuti oleh POC (86%), pupuk kompos (80%), dan produk dari limbah karung bekas seperti tas (81%) serta produk olahan oncom dengan persentase terkecil yaitu (37,5) %.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian industri tahu putih menghasilkan limbah padat seperti ampas tahu dan kulit kedelai, serta limbah cair dari proses pencucian, perebusan, dan pemadatan tahu. apabila tidak dikelola, limbah ini dapat mencemari lingkungan. Tempat produksi dilakukan diruangan yang terbuka dengan bangunan terbuat dari kayu dan papan sehingga sirkulasi udara tetap stabil dan tidak sesak dan panas. Teknologi bersih yang ditawarkan meliputi pengolahan air baku, pemanfaatan limbah padat menjadi pupuk kompos dan pupuk organik cair, serta pengembangan produk olahan ampas tahu seperti kerupuk ampas tahu dan oncom. Penerapan teknologi bersih memberikan dampak positif berupa pengurangan limbah, efisiensi produksi, dan peningkatan keuntungan ekonomi hingga 87% pada produk olahan tertentu seperti kerupuk ampas tahu. Biaya produksi teknologi minimasi limbah relatif terjangkau sehingga mudah diterapkan dan dapat memberikan nilai tambah bagi pelaku industri.

DAFTAR PUSTAKA

- Amin, A. A., Yulia, A. E., & Nurbaiti. (2017). Pemanfaatan limbah cair tahu untuk pertumbuhan dan produksi tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*). *JOM FAPERTA*, 4(2),1-7
- Aulia, N. I., Indrasti, N. S., & Ismayana, A. (2020). Penerapan produksi bersih pada industri kecil menengah (IKM) pengolahan tahu di Indonesia: Literatur review. *Jurnal Pengelolaan Produksi Bersih*, 7(1), 1-14.
- Cahyani, M. R., Zuhaela, I. A., Saraswati, T. E., & Rahardjo, S. B. (2020). Pengolahan Limbah Tahu dan Potensinya (Tofu Waste Treatment and Its Potential). *Proceeding of Chemistry Conferences*, 6, 27-33.
- Djayanti, S. D. (2015). Kajian Penerapan Produksi Bersih di Industri Tahu di Desa Jimbaran, Bandung, Jawa Tengah. *Jurnal riset teknologi pencegahan pencemaran industri*. 6(2) : 75-80
- Fausta, K. P., Payong, P., Jandu, I. H., Ndiwa, F. C. Y., & Saomi, D. K. (2023). Pengolahan limbah ampas tahu menjadi kerupuk aneka rasa di Kelurahan Poco Mal. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Royal (JURDIMAS)*, 6(2), 205-212.
- Hidayah, N., Rakian, T.C., & Afa, L.O. (2022). Pengaruh konsentrasi pupuk organik cair (POC) kulit bawang merah terhadap pertumbuhan tanaman kembang kol (*Brassica oleracea var. botrytis*). *Jurnal Agroteknos*, 12(2), 79-84.
- Kurvaini, A., & Surbakti, R. B. (2019). Uji Aplikasi Abu Boiler dan Arang Kayu Sebagai Media Tumbuh Alternatif Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis Jacq.*) di Pembibitan Awal. *Jurnal*

- Citra Widya Edukasi, 11(1), 11-20.
- Mulyana, I., Santosa, L.M. H., & Prasetya, W. (2013). Perancangan Alat Penyaringan dalam Proses Pembuatan Tahu. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri*, 12(1), 1-10
- Pamungkas, A. W., Slamet, A. (2017). Pengolahan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Tahu di Kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. Vol 6(2), 131-136
- Rahmi, A, M., Sifa, A., & Rachmatullah. (2022). Analisis Efisiensi Box Fermentasi Oncom Tahu dengan Sistem Arduino. *METAL: Jurnal Sistem Mekanik dan Termal*, 6(1), 31-37
- Rosita, Hudoyo, A., Soelaiman, A. (2019). Analisis usaha, nilai tambah dan kesempatan kerja agroindustri tahu di Bandar Lampung. *Jurnal Ilmu-ilmu Agribisnis*, 7(2), 211-218
- Sugeng, A., Ardita, E. E., Natania, E., Janah, L., Azizah, R., Oselasari, S., & Amelia, Z. (2024). Pendampingan dalam Pengembangan Strategi Pemasaran Produk Oncom pada Usaha Mikro, Kecil dan Menengah di Desa Sambikarto. *SWADAYA: Jurnal Pengabdian Masyarakat* 2(1),39-50
- Suwazan, D., Sulistyono, S 2020. Kajian Produksi Bersih Pada Sistem Pabrik Pengolahan Air Limbah Ptmi. *Jurnal Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan*. Vol 7(1). 20-25
- Zahroh, F. F., & Putro, R. K. H. (2024). Analisis Efisiensi Multiple Tray Aerator dalam Penurunan Kadar Fe dan Mn Air Sumur (Studi Kasus: Desa Kureksari, Sidoarjo). *Jurnal Teknologi Lingkungan*, Volume IX (4), 11014–11023.