

Analisis Alternatif Penerapan Produksi Bersih Pada Salah Satu Industri Tahu Kediri Melalui Model Interaktif

Raditya Jarwenda Novasani^a, Yekti Condro Winursito^b, Mega Cattleta PA Islami^{c*}, Arsanti Pervaya^d

^a Program Studi Teknik Industri, Fakultas Sains Dan Teknologi, Institut Teknologi Dan Sains Nahdlatul Ulama Pekalongan.

^{b,c,d} Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya Surabaya 60294.

* Corresponding author: mega.cattleya.ti@upnjatim.ac.id

ABSTRAK

Produksi bersih merupakan suatu cara untuk mengelola proses produksi, serta menghasilkan produk dan jasa secara lebih efisien. Dengan menerapkan metodologi dan teknologi produksi bersih dalam kegiatan operasional, maka suatu perusahaan atau instansi mendapat manfaat langsung secara ekonomi melalui penghematan energi, air, bahan baku, sumber daya, dan mengurangi limbah. Pada proses produksi, produksi bersih berarti meningkatkan efisiensi pemakaian bahan baku, energi, mencegah atau mengganti penggunaan bahan berbahaya atau beracun, mengurangi jumlah dan tingkat racun semua emisi dan limbah sebelum meninggalkan proses. Penelitian ini menggunakan teknik analisis data model interaktif, yaitu mulai dari tahapan pengumpulan data dilanjutkan dengan reduksi data, display data dan tahapan terakhir yaitu penarikan kesimpulan. Hasil identifikasi terhadap proses produksi pada Salah satu industri tahu di Kediri menunjukkan bahwa umumnya pabrik tahu tersebut memiliki beberapa kelemahan yang memerlukan perbaikan untuk meningkatkan kinerjanya.

Kata Kunci: Produksi Bersih, Limbah, Pabrik Tahu.

ABSTRACT

Clean production is a way to manage the production process and produce products and services more efficiently. By implementing clean production methodology and technology in operational activities, a company or agency gets direct economic benefits through saving energy, water, raw materials, and resources and reducing waste. In the production process, clean production means increasing the efficiency of using raw materials and energy, preventing or replacing the use of hazardous or toxic material, and reducing the amount and level of toxicity of all emissions and waste before leaving the process. This research uses interactive model data analysis techniques, starting from the data collection stage, followed by data reduction, data display, and the final stage, namely drawing conclusions. The results of the identification of the production process in one of the tofu industries in Kediri show that generally, the tofu factory has several weaknesses that require improvement to improve its performance.

Keywords: Net Production, Waste, Tofu Factory



1. Pendahuluan

Teknologi yang digunakan oleh industri tahu masih sangat sederhana, banyak mengandalkan tenaga manusia, dan proses kurang optimal. Mulai dari proses pencucian, penggilingan, dan pengepresan dilakukan oleh tenaga manusia. Rendahnya tingkat pengetahuan dan kesadaran tentang manajemen lingkungan oleh pelaku industri menyebabkan proses produksi kurang optimal, inefisiensi penggunaan bahan dan energi terkendala kemampuan keuangan dalam penanganan limbah industri tahu. Dengan adanya beberapa kendala tersebut membuat kegiatan produksi tidak optimal sehingga berdampak pada produktivitas serta membuat terjadinya pencemaran disekitar wilayah tempat produksi tahu yang mana limbah tersebut langsung dibuang tanpa diolah bisa menyebabkan pencemaran lingkungan. Sentralisasi industri tahu secara umum memberikan dampak positif maupun negatif pada berbagai aspek termasuk lingkungan [1];[2];[3]. Dampak negatif antara lain akumulasi dan intensitas polutan yang tinggi di kawasan tersebut, sedangkan sisi positifnya adalah kemudahan dalam pembinaan lingkungan industri. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang tepat untuk mengatasi permasalahan tersebut yaitu dengan alternatif penerapan produk bersih di industri tahu. Produksi bersih (*cleaner production*) menjadi strategi yang potensial diterapkan pada industri, karena ada peran aktif pelaku industri, nilai tambah langsung, dan pengurangan resiko lingkungan [4];[5];[6].

Produksi bersih merupakan suatu cara untuk mengelola proses produksi, serta menghasilkan produk dan jasa secara lebih efisien. Menerapkan metodologi dan teknologi produksi bersih dalam kegiatan operasional, maka suatu perusahaan atau instansi mendapat manfaat langsung secara ekonomi melalui penghematan energi, air, bahan baku, sumber daya, dan mengurangi limbah. Pada proses produksi, produksi bersih berarti meningkatkan efisiensi pemakaian bahan baku, energi, mencegah atau mengganti penggunaan bahan berbahaya atau beracun, mengurangi jumlah dan tingkat racun semua emisi dan limbah sebelum meninggalkan proses [7];[8];[9]. Pada produk, produksi bersih bertujuan untuk mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan selama daur hidup, mulai dari pengambilan bahan baku sampai ke pembuangan akhir setelah produk tersebut tidak digunakan. Banyak pihak menggunakan istilah berbeda untuk menggambarkan tindakan produksi bersih, seperti istilah pencegahan polusi (*pollution prevention*), pengurangan atau minimisasi limbah (*waste minimization*), pengurangan sumber (*source reduction*), teknologi bersih (*clean technology*), teknologi lebih bersih (*cleaner technology*), produksi bersih (*clean production*) atau produksi lebih bersih (*cleaner production*) [10];[11];[12].

Salah satu industri tahu di Kediri merupakan perusahaan yang menghasilkan produk tahu berupa tahu siap olah dan tahu siap konsumsi (tahu goreng). Namun produksi yang paling dominan yaitu pada produk tahu siap olah. Perusahaan ini termasuk salah satu perusahaan industri tahu dengan skala produksi yang besar dan juga merupakan pabrik tahu terbesar di Kabupaten Kediri. Perusahaan tersebut mampu memproduksi tahu dengankapasitas bahan baku sebesar 80 kg. Sehingga terdapat banyak limbah cair yang dihasilkan yang dibuang langsung ke sungai, inefisien penggunaan air dan tata laksana dari karyawan kurang baik saat proses produksi berlangsung. Untuk permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Analisis Alternatif Penerapan Produksi Bersih Pada Salah Satu Industri Tahu di Kediri” untuk memperbaiki kualitas lingkungan serta pemanfaatan limbah dengan menggunakan produksi bersih.

2. Tinjauan Pustaka

2.1 *Pencemaran Lingkungan Karena Limbah Industri Tahu*

Tahu merupakan makanan yang digemari masyarakat, baik masyarakat kalangan bawah hingga atas. Keberadaannya sudah lama diakui sebagai makanan yang sehat, bergizi dan harganya murah. Hampir ditiap kota di Indonesia dijumpai industri tahu. Umumnya industri tahu termasuk ke dalam industri kecil yang dikelola oleh rakyat. Pada saat ini sebagian besar industri tahu masih merupakan industri kecil skala rumah tangga yang tidak dilengkapi dengan unit pengolah air limbah, sedangkan industri tahu yang dikelola koperasi beberapa diantaranya telah memiliki unit pengolah limbah. Unit pengolah limbah yang ada umumnya menggunakan sistem anserobik dengan efisiensi pengolahan 60-90%. Sistem pengolah limbah yang ada maka limbah yang dibuang ke perairan kadar organiknya masih terlampaui tinggi yakni sekitar 400-1400 mg/l maka perlu dilakukan proses pengolahan lanjut agar kandungan zat organik di dalam air limbah memenuhi standar air buangan yang boleh dibuang ke saluran umum. Industri tahu da tempe mengandung banyak bahan organik dan padatan terlarut [13];[14];[15]. Untuk memproduksi 1ton tahu atau tempe dihasilkan limbah sebanyak 3.000-5.000 Liter. Sumber limbah pabrik tahu berasal dari proses merendam kedelai serta proses akhir pemisahan tahu [16];[17];[18].

2.2 *Limbah Cair Industri Tahu*

Usaha pembuatan tahu tidak terlepas dari limbah yang dihasilkan yaitu terdiri dan limbah padat dan limbah cair. Limbah cair tahu ini antara lain berasal dari proses perendaman dan pembersihan kedelai dari kotoran dan biji-biji yang busuk atau rusak, proses pencetakan pengepresan tahu dan proses pencucian saringan serta pembilasan peralatan. Limbah tahu apabila tidak diolah dengan baik akan menimbulkan pencemaran badan air dan lingkungan sekitarnya. Air yang tercemar ini apabila dikonsumsi oleh manusia akan menyebabkan sakit perut dan penyakit kulit. Apabila limbah cair ini dibiarkan begitu saja maka dapat mengakibatkan bau yang dapat mengganggu aktifitas dari penduduk sekitar, selain itu apabila limbah cair ini dibuang begitu saja ke badan air akan mengakibatkan penurunan kualitas air, pH air menjadi rendah, gangguan estetika berupa bau yang tidak sedap dan warna keruh karena adanya pembusukan oleh bakteri dan oksigen terlarut dalam badan air makin rendah karena banyak yang digunakan organisme untuk merombak protein sehingga penurunan oksigen terlarut ikan mengganggu kehidupan biola dalam badan air tersebut.

2.3 *Limbah Padat Industri Tahu*

Limbah padat pabrik pengolahan tahu berupa kotoran Hasil pembersihan kedelai (batu, tanah, kulit kedelai, dan benda padat lain yang menempel pada kedelai) dan sisa saringan bubur kedelai yang disebut deniran pas tahu. Limbah padat yang berupa kotoran berasal dari proses awal (pencucian) bahan baku kedelai dan umumnya limbah padat yang terjadi tidak begitu banyak (0.3% dari bahan baku kedelai) [19];[20];[21]. Sedangkan limbah padat yang berupa ampas tahu terjadi pada proses penyaringan bubur kedelai. Ampas tahu yang terbentuk besarnya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan. Kandungan ampas tahu dapat bervariasi tergantung pada metode pembuatan tahu, kualitas kedelai yang digunakan, dan teknik pemrosesan yang digunakan oleh produsen tahu. Namun, biasanya berkisar antara 25-35% dari produk tahu yang dihasilkan.

Ini berarti bahwa jika menghasilkan, misalnya, 100 kg tahu, dapat mengharapkan sekitar 25 hingga 35kilogram ampas tahu sebagai sisa hasil produksi. Ampas tahu ini masih mengandung protein dan serat, dan sering digunakan dalam berbagai resep

makanan atau sebagai pakan ternak, sehingga dapat dimanfaatkan kembali untuk mengurangi limbah dan meningkatkan efisiensi proses pembuatan tahu [22];[23];[24].

2.4 Produk Bersih

Produksi bersih merupakan sebuah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan [25];[26];[27]. Kementerian Lingkungan Hidup mendefinisikan produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara terus menerus pada setiap kegiatan mulai dari hulu ke hilir yang terkait dengan proses produksi, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan. Dari pengertian mengenai produksi bersih maka kata kunci yang dipakai untuk pengelolaan lingkungan adalah: pencegahan, terpadu, peningkatan efisiensi, minimisasi resiko.

3. Metode Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian kualitatif. Penelitian kualitatif adalah prosedur penelitian yang menghasilkan data deskriptif berupa kata-kata tertulis atau lisan dari orang-orang dan perilaku yang diamati. berdasarkan jenis penelitian ini, maka teknik pengumpulan data adalah dengan analisis dokumen, observasi, dan wawancara. Teknik dan cara ini diperlukan untuk mengumpulkan dan mengolah data yang didapat dari lapangan sehingga diharapkan penelitian ini berjalan dengan lancar dan sistematis. Dalam penelitian ini teknik pengumpulan data menggunakan metode observasi dan wawancara.

Penelitian ini menggunakan teknik analisis data model interaktif, yaitu mulai dari tahapan pengumpulan data dilanjutkan dengan reduksi data, display data dan tahapan terakhir yaitu penarikan kesimpulan. Dimulai dari pengumpulan data, yaitu peneliti berusaha memperoleh data-data yang relevan dari informan untuk dapat dijadikan sebagai landasan dalam meneliti tentang tema yang sudah ditentukan sebelumnya. Reduksi data adalah proses pemilihan, penyederhanaan, dan pemusatan data yang akan digunakan sebagai landasan dalam penelitian sesuai dengan tema yang telah ditentukan. Display data yaitu peneliti mengolah data yang masih berbentuk setengah jadi yang sudah seragam dalam bentuk tulisan dan sudah memiliki alur untuk tema yang jelas kedalam matriks yang selanjutnya digunakan untuk menarik kesimpulan. Kesimpulan berisi tentang uraian jawaban yang peneliti ajukan pada tujuan peneliti berdasarkan dari hasil penelitian yang diperoleh.

4. Hasil dan Pembahasan

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan tahu yaitu kedelai. Produksi tahu menggunakan sistem harian. Setiap hari kapasitas produksi yang digunakan 80 kg kedelai.

4.1 Kebutuhan Air Produksi Tahu

Tabel 1
 Kebutuhan Air Per-kg Kedelai pada Proses Pembuatan Tahu

Jumlah Kedelai	Proses	Kebutuhan Air (L)	Volume Limbah Air Terukur (L)
1kg	Produksi	8,5	8,4
	Perendaman	2,7	1,7
	Penggilingan	2,2	-
	Perebusan	3,7	-
	Penyaringan	22,5	-
	Peggumpalan	4	4,8
	Pencetakan	-	5,2
Jumlah		43,6	20,1

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa dalam memproduksi 1 kg kedelai dibutuhkan air sebesar 43,6liter dan Volume limbah yang dihasilkan yaitu 20,1 liter.

Tabel 2
 Kebutuhan Air Per Hari Kedelai pada Proses Pembuatan Tahu

Jumlah Kedelai	Proses	Kebutuhan Air (L)	Volume Limbah Air Terukur (L)
80kg	Produksi	680	672
	Perendaman	216	136
	Penggilingan	176	-
	Perebusan	296	-
	Penyaringan	1800	-
	Peggumpalan	320	384,6
	Pencetakan	-	412,3
Jumlah		3488	1604,9

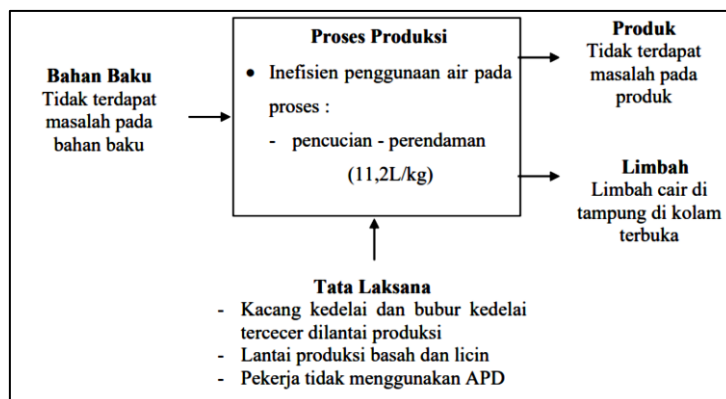
Dari tabel dapat disimpulkan bahwa dalam memproduksi 80 kg kedelai dibutuhkan air sebesar 3488 liter/hari dan debit limbah yang dihasilkan yaitu 1604,9 liter/hari.

Tabel 3
 Neraca Air Industri

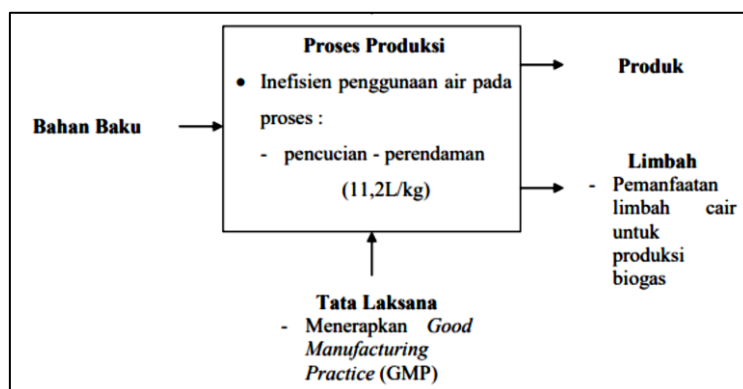
Proses	Input	Output
	Air (L)	Limbah Cair (L)
Produksi	680	673
Perendaman	217	134
Penggilingan	170	-
Perebusan	300	-
Penyaringan	1800	-
Peggumpalan	320	-
Pencetakan	-	129

4.2 Analisis Alternatif Produksi Bersih

Alternatif produksi bersih meliputi perbaikan secara keseluruhan untuk memperbaiki kualitas proses, mutu produk akhir dan penanganan limbah yang ditimbulkan dari hasil proses produksi. Pendekatan untuk produksi bersih melibatkan perbaikan keseluruhan dalam berbagai aspek proses produksi, dengan tujuan untuk meningkatkan efisiensi, mengurangi limbah, dan meminimalkan dampak lingkungan. Dengan mengadopsi pendekatan produksi bersih, perusahaan dapat mengurangi limbah, menghemat sumber daya, meningkatkan efisiensi, dan pada akhirnya meminimalkan dampak negatif pada lingkungan sambil menghasilkan produk berkualitas tinggi. Hal ini juga dapat membantu meningkatkan citra perusahaan di mata konsumen yang semakin peduli terhadap isu-isu lingkungan. Alternatif produksi bersih pada pabrik adalah sebagai berikut.



Gambar.1. Identifikasi Permasalahan



Gambar.2. Alternatif Produk Bersih Pabrik Tahu

Tabel 4
Neraca Air Industri

No.	Proses Produksi		
	Parameter	Penggunaan Air	Kondisi Optimum
1.	Pencucian	0,68 m ³ /80 kg kedelai 3 kali dengan air mengalir	4 kali pencucian bertahap
	Perendaman	0,217 m ³ /80 kg kedelai, 3-5 jam	5 jam suhu 50°C
	Penggilingan	0,17 m ³ /80 kg kedelai dengan air biasa	Ditambahkan air panas 60°C
2.	Tata Laksana	<ul style="list-style-type: none"> • Kacang kedelai dan bubuk kedelai tercecer dilantai • Lantai produksi basah dan licin • Pekerja tidak menggunakan APD 	Diterapkannya SOP dan pekerja diberikan APD
	Limbah Cair	3,77m ³ limbah cair dibuang ke sungai di lingkungan pabrik	1m ³ per > 100kg kedelai/hari untuk tahu putih; 2m ³ /lebih dari 100 kg kedelai /hari untuk tahu kuning

Neraca air industri produk tahu adalah sebuah dokumen yang digunakan untuk mencatat dan memantau penggunaan air serta limbah air yang dihasilkan dalam proses produksi tahu. Hal ini penting untuk mengelola dan mengurangi dampak lingkungan dari industri tahu, serta memastikan keberlanjutan proses produksi. Berdasarkan tabel pada neraca air, konsumsi penggunaan air pada tiap proses pembuatan tahu dinilai sangat tinggi dan menghasilkan limbah sebesar lebih dari 3m³.

Tabel 5
Analisis Alternatif Proses Produksi Tahu

No.	Proses	Analisis Alternatif
1.	Pencucian Secara Bertahap	Berdasarkan hasil pengamatan pencucian dilakukan sebanyak 3 kali pembilasan dengan total penggunaan air sebesar 680 L dikarenakan perbedaan kapasitas produksi diantara pabrik tahu. - Pencucian kedelai dapat dilakukan secara bertahap sebanyak empat kali penggunaan kembali air cucian. Hal tersebut tidak mempengaruhi pada kualitas tahu
2.	Penyaringan Sisa Air Pencucian Dan Perendaman	Sisa air rendaman pada pabrik selama ini dibuang begitu saja - Air dari hasil sisa rendaman dan pencucian dapat digunakan kembali dengan cara di filtrasi karena hanya mengandung kotoran yang dapat dipisahkan secara fisik melalui lapisan bahan berpori dengan melakukan pemanfaatan tekanan hidrolik. Limbah cair tahu putih memiliki nilai BOD sekitar 4.100 mg/L, TSS > 640 mg/L, pH 3,56 dan DO 1,93 mg/L.
3.	Konversi Limbah Cair Tahu menjadi Biogas	- Limbah cair dapat dijadikan sebagai biogas, karena mengandung bahan organik yang dapat diolah menjadi gas metana dengan melewati proses <i>anaerobic</i> . Hal juga dapat menghasilkan bahan bakar terbaru yang dapat digunakan untuk mengurangi penggunaan bahan bakal fosil maupun kayu yang telah digunakan oleh pabrik Pada pabrik tidak melakukan pemotongan pada pinggiran tahu.
4.	Sisa Pinggiran Tahu	- Hasil sisa pinggiran tahu dapat dimanfaatkan menjadi bahan baku pembuatan tahu bulat. yang keuntungan bisa digunakan untuk pengembangan alat dan mesin pembuatan tahu.
5.	Penerapan <i>Good Manufacturing Practice</i> (GMP)	Pelatihan GMP bagi pekerja untuk meningkatkan kinerja, mengurangi risiko akibat <i>human error</i> , untuk mengoptimalkan efisiensi penggunaan bahan dan air, serta mencegah kerugian selama produksi seperti tercecernya kedelai, penggunaan air berlebih, maintenance peralatan yang kurang baik

4.3 Rekomendasi Produksi Bersih Hasil Analisis

Pengerucutan pilihan alternatif tersebut berdasarkan kriteria kelayakan teknis, serta manfaat lingkungan dan ekonomi. Pada pabrik, alternatif yang dapat diterapkan dalam memperbaiki sistem produksi dan minimasi limbah yaitu penerapan *Good Manufacturing Practice* (GMP), pencucian kedelai secara bertahap, penyaringan kembali sisa air pencucian dan perendaman, serta konversi limbah cair menjadi biogas alternatif tersebut dapat dilakukan oleh pihak pabrik dengan bantuan tenaga ahli dalam pembuatan peralatan digester biogas. Sementara alternatif yang lainnya dapat dilakukan sendiri oleh pihak pabrik, karena bahan dan peralatan yang diperlukan cukup sederhana. Pada aspek lingkungan, alternatif dapat mengurangi inefisiensi penggunaan bahan, air dan energi serta mengurangi limbah yang dihasilkan, sehingga dampak yang ditimbulkan dari limbah cair pabrik tahu pada lingkungan sekitar pabrik menjadi berkurang. Pada aspek ekonomi, masing-masing alternatif memberikan keuntungan yang cukup besar dengan payback period yang relatif singkat.

5. Kesimpulan

Hasil identifikasi terhadap proses produksi pada pabrik menunjukkan bahwa umumnya pabrik tahu tersebut memiliki beberapa kelemahan yang memerlukan perbaikan untuk meningkatkan kinerjanya. Melalui analisis neraca massa diperoleh beberapa tahapan kritis dan permasalahan utama yang menyebabkan terbentuknya limbah. Secara umum kelemahan yang ada pada pabrik yaitu penggunaan bahan dan air yang tidak efisien, tata laksana produksi yang kurang baik, tidak memiliki pedoman manajemen lingkungan serta kurangnya kesadaran kebersihan, kesehatan dan keselamatan kerja di lingkungan pabrik. Beberapa rekomendasi produk bersih yang dapat diterapkan pada pabrik yaitu penyaringan sisa air pencucian dan perendaman, pencucian secara bertahap, konversi limbah cair tahu menjadi biogas, pembuatan tahu bulat dari sisa pinggiran tahu, dan penerapan *Good Manufacturing Practice* (GMP). Penerapan opsi produksi bersih yang dihasilkan dari penelitian ini diharapkan dapat meningkatkan produksi tahu. Penerapan produksi bersih tersebut juga dapat menurunkan penggunaan air bersih, produksi air limbah, serta jumlah produksi air limbah dan emisi. Tingkat manfaat yang dapat diperoleh dipengaruhi oleh skala produksi dan praktik produksi yang telah diterapkan.

5.1 *Saran*

Berdasarkan hasil penelitian disarankan mengkaji lebih lanjut untuk mengaplikasikan biodigester yang sesuai dengan karakteristik pabrik tahu yang bersangkutan. Memiliki instalasi produksi biogas sendiri merupakan langkah yang bagus dalam mendukung produksi tahu yang lebih berkelanjutan dan ramah lingkungan. Namun, pembiayaan dan sumber daya manusia adalah dua kendala utama yang sering dihadapi dalam mewujudkan proyek-proyek seperti ini. Selain itu, memiliki instalasi produksi biogas sendiri dapat menjadi investasi jangka panjang yang menguntungkan, baik dari segi ekonomi maupun lingkungan. Dengan perencanaan yang matang, kreativitas dalam pembiayaan, dan komitmen untuk meningkatkan sumber daya manusia, proyek ini dapat terealisasi dan memberikan manfaat jangka panjang bagi pabrik tahu. Banyak pabrik tahu yang disurvei berkeinginan mempunyai instalasi produksi biogas sendiri namun belum dapat terealisasi karena keterbatasan dalam sumber daya manusia dan dana.

Pustaka

- [1] A. G. Dolfing, J. R. F. W. Leuven, and B. J. Dermody, "The effects of network topology, climate variability and shocks on the evolution and resilience of a food trade network," *PLoS One*, vol. 14, no. 3, pp. 1–18, 2019, doi: 10.1371/journal.pone.0213378.
- [2] A. O. Peschel, S. Kazemi, M. Liebichová, S. C. M. Sarraf, and J. Aschemann-Witzel, "Consumers' associative networks of plant-based food product communications," *Food Qual. Prefer.*, vol. 75, no. December 2018, pp. 145–156, 2019, doi: 10.1016/j.foodqual.2019.02.015.
- [3] R. Rony, "Urgensi Manajemen Budaya Organisasi Sekolah Terhadap Pembentukan Karakter Peserta Didik," *Tafkir Interdiscip. J. Islam. Educ.*, vol. 2, no. 1, pp. 98–121, 2021, doi: 10.31538/tijie.v2i1.26.
- [4] J. Jiao, C. Chen, and Y. Bai, "Is green technology vertical spillovers more significant in mitigating carbon intensity? Evidence from Chinese industries," *J. Clean. Prod.*, vol. 257, p. 120354, 2020, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.120354.
- [5] M. K. Niaki, S. A. Torabi, and F. Nonino, "Why manufacturers adopt additive manufacturing technologies: The role of sustainability," *J. Clean. Prod.*, vol. 222, pp. 381–392, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.03.019.
- [6] D. P. Astuti, B. Suhardi, and I. W. Suletra, "Analisis Kelayakan dan Perencanaan Produksi Bersih pada Industri Pengolahan Tahu," *Performa Media Ilm. Tek. Ind.*, vol. 21, no. 1, p. 44, 2022, doi: 10.20961/performa.21.1.53470.
- [7] W. Mohammed and A. Errayes, "Green Chemistry: Principles, Applications, and Disadvantages," *Chem. Methodol.*, vol. 4, no. 4, pp. 408–423, 2020, doi: 10.33945/sami/chemm.2020.4.4.
- [8] P. Cesar da Silva, G. Cardoso de Oliveira Neto, J. M. Ferreira Correia, and H. N. Pujol Tucci, "Evaluation of economic, environmental and operational performance of the adoption of cleaner production: Survey in large textile industries," *J. Clean. Prod.*, vol. 278, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123855.
- [9] Z. Zulkarnedi, U. Tang, and D. Efizon, "Strategi Pengelolaan Lingkungan Sentra Pengolahan Hasil Perikanan Air Tawar Di Desa Koto Mesjid Kecamatan Xiii Koto Kampar Kabupaten Kampar Provinsi Riau," *J. Ilmu Lingkung.*, vol. 13, no. 2, p. 230, 2019, doi: 10.31258/jil.13.2.p.230-242.
- [10] V. H. de Mello Santos, T. L. R. Campos, M. Espuny, and O. J. de Oliveira, "Towards a green industry through cleaner production development," *Environ. Sci. Pollut. Res.*, vol. 29, no. 1, pp. 349–370, 2022, doi: 10.1007/s11356-021-16615-2.
- [11] J. A. Aznar-Sánchez, J. F. Velasco-Muñoz, L. J. Belmonte-Ureña, and F. Manzano-Agugliaro, "Innovation and technology for sustainable mining activity: A worldwide research assessment," *J. Clean. Prod.*, vol. 221, pp. 38–54, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.02.243.
- [12] Y. Yusran, "Pelatihan Instalasi Listrik Rumah Tangga untuk Pemuda di Kecamatan Manggala Makassar sebagai Upaya Penciptaan Lapangan Kerja Baru," *J. TEPAT Appl. Technol. J. Community Engagem. Serv.*, vol. 3, no. 1, pp. 1–8, 2020, doi: 10.25042/jurnal_tepat.v3i1.108.
- [13] W. Liu, M. Dun, X. Liu, G. Zhang, and J. Ling, "Effects on total phenolic and flavonoid content, antioxidant properties, and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activity of beans by solid-state fermentation with *Cordyceps militaris*," *Int. J. Food Prop.*, vol. 25, no. 1, pp. 477–491, 2022, doi: 10.1080/10942912.2022.2048009.
- [14] A. Colletti, A. Attrovio, L. Boffa, S. Mantegna, and G. Cravotto, "Valorisation of by-products from soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) processing," *Molecules*, vol. 25, no. 9, pp. 1–33, 2020, doi: 10.3390/molecules25092129.
- [15] W. Romadona and A. Sitompul, "AGRILAND Effect of types and amount of development ingredients on," *Agril. J. Ilmu Pertan.*, vol. 8, no. 3, pp. 297–300, 2020.
- [16] J. Y. Jun *et al.*, "Effects of crab shell extract as a coagulant on the textural and sensorial properties of tofu (soybean curd)," *Food Sci. Nutr.*, vol. 7, no. 2, pp. 547–553, 2019, doi: 10.1002/fsn3.837.
- [17] L. Zheng, J. M. Regenstein, F. Teng, and Y. Li, "Tofu products: A review of their raw materials, processing conditions, and packaging," *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.*, vol. 19, no. 6, pp. 3683–3714, 2020, doi: 10.1111/1541-4337.12640.
- [18] F. R. M. Ibad and M. D. D. C. Putra, "Penerapan Manajemen Risiko Pada Pengelolaan Limbah Pabrik Tahu XYZ Menggunakan ISO 31000 (Implementation of Risk Management in Waste Tofu Factory XYZ using ISO 31000)," *J. Teknol. dan Terap. Bisnis*, vol. 4, no. 1, pp. 18–25, 2021.
- [19] Y. Wang and L. Serventi, "Sustainability of dairy and soy processing: A review on wastewater recycling," *J. Clean. Prod.*, vol. 237, p. 117821, 2019, doi: 10.1016/j.jclepro.2019.117821.
- [20] M. Karimi, M. Shirzad, J. A. C. Silva, and A. E. Rodrigues, "Biomass/Biochar carbon materials for CO₂ capture and sequestration by cyclic adsorption processes: A review and prospects for future directions," *J. CO₂ Util.*, vol. 57, no. December 2021, 2022, doi: 10.1016/j.jcou.2022.101890.
- [21] M. Maulani *et al.*, "Utilization of tofu industrial waste treatment using bentonite," *Community Empower.*, vol. 6, no. 10, pp. 1892–1898, 2021, doi: 10.31603/ce.5602.

- [22] B. Lyu *et al.*, "Structure, properties and potential bioactivities of high-purity insoluble fibre from soybean dregs (Okara)," *Food Chem.*, vol. 364, no. May, p. 130402, 2021, doi: 10.1016/j.foodchem.2021.130402.
- [23] M. Peydayesh, M. Bagnani, W. L. Soon, and R. Mezzenga, "Turning Food Protein Waste into Sustainable Technologies," *Chem. Rev.*, vol. 123, no. 5, pp. 2112–2154, 2023, doi: 10.1021/acs.chemrev.2c00236.
- [24] W. Deglas, "Pengaruh Penggunaan Tepung Ampas Tahu Terhadap Karakteristik Kimia Dan Organoleptik Kue Stick," *Teknologi PANGAN Media Inf. dan Komun. Ilm. Teknol. Pertan.*, vol. 8, no. 2, pp. 171–179, 2017, doi: 10.35891/tp.v8i2.905.
- [25] L. Shi, J. Liu, Y. Wang, and A. Chiu, "Cleaner production progress in developing and transition countries," *J. Clean. Prod.*, vol. 278, 2021, doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123763.
- [26] G. C. de Oliveira Neto, H. N. P. Tucci, J. M. F. Correia, P. C. da Silva, V. H. C. da Silva, and G. M. D. Ganga, "Assessing the implementation of Cleaner Production and company sizes: Survey in textile companies," *J. Eng. Fiber. Fabr.*, vol. 15, 2020, doi: 10.1177/1558925020915585.
- [27] L. F. Zakiyah, "Produksi Bersih Pada Home Industri Dalam Rangka Pengendalian Pelestarian Lingkungan," *J. Green Growth dan Manaj. Lingkung.*, vol. 9, no. 2, pp. 86–91, 2021, doi: 10.21009/jgg.092.05.