

## PENERAPAN PRODUKSI BERSIH PADA INDUSTRI KECIL MENENGAH (IKM) PENGOLAHAN TAHU DI INDONESIA: LITERATUR REVIEW

### CLEANER PRODUCTION APPLICATIONS OF TOFU SMALL AND MEDIUM INDUSTRIES IN INDONESIA: LITERATURE REVIEW

Nurul Izzah Aulia<sup>1)\*</sup>, Nastiti Siswi Indrasti<sup>2)</sup>, dan Andes Ismayana<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup>Program Studi Teknik Industri Pertanian, Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor  
Jl. Raya Dramaga, Kampus IPB Dramaga Bogor 16680, Jawa Barat, Indonesia  
Email: nizzahha@gmail.com

<sup>2)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor

Makalah: Diterima 13 Januari 2023; Diperbaiki 26 Februari 2023; Disetujui 30 Maret 2023

#### ABSTRACT

*The tofu industry, especially small industries, still has a low awareness of the environmental impacts caused by the production process. Reduction of environmental impact and production efficiency in tofu industry activities can be solved by applying cleaner production. This study aims to examine the applications of cleaner production in tofu processing SMEs in Indonesia. The method used is an exploratory approach to review the contents of several articles from national and international journals. Reviews on articles can be in the form of identification of the tofu processing, problems, CP recommendations, results of technical, financial and environmental analysis and the priorities for cleaner production. CP opportunities that can be recommended for tofu processing SMEs in Indonesia are 1) The washing process in stages, 2) Making water recycling installations, 3) Making additional funnels on the milling machine, 4) Making energy-saving stoves, 5) Substitution of firewood with coconut shells, 6) Utilization of tofu dregs for animal feed, 7) Making Nata de Soya from whey, 8) Good Manufacturing Practice (GMP) application.*

*Keywords: cleaner production, small and medium industry, tofu industri*

#### ABSTRAK

Industri tahu umumnya masih memiliki tingkat kesadaran yang rendah terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan dari proses produksi. Pengurangan dampak lingkungan dan peningkatan efisiensi produksi pada industri tahu dapat dilakukan dengan menerapkan produksi bersih. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji potensi penerapan produksi bersih pada Industri Kecil dan Menengah (IKM) pengolahan tahu di Indonesia. Metode yang digunakan adalah pendekatan eksploratif mengulas isi beberapa artikel dari jurnal nasional maupun internasional. Ulasan pada artikel mencakup identifikasi proses, permasalahan, peluang produksi bersih, analisis kelayakan teknis, finansial dan lingkungan serta penentuan prioritas alternatif. Hasil kajian dari beberapa artikel didapatkan bahwa rekomendasi untuk permasalahan yang sering ditemui pada IKM pengolahan tahu di Indonesia adalah 1) Proses pencucian secara bertahap, 2) Pembuatan instalasi daur ulang air, 3) Pembuatan corong tambahan pada mesin penggilingan, 4) Pembuatan tungku hemat energi, 5) Substitusi kayu bakar dengan batok kelapa, 6) Pemanfaatan ampas tahu untuk pakan ternak, 7) Pembuatan *Nata de Soya* dari *whey*, dan 8) Penerapan *Good Manufacturing Practice* (GMP).

Kata kunci: industri kecil menengah, industri tahu, produksi bersih

#### PENDAHULUAN

Tahu merupakan makanan tradisional khas Indonesia yang terbuat dari kacang kedelai dan diminati oleh banyak masyarakat. Konsumsi tahu di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 0,152 kg/minggu atau sekitar 1.974,3 ribu ton per tahun (BPS, 2019). Teknologi yang digunakan pada industri tahu di Indonesia masih tergolong sederhana dan menggunakan tenaga manusia sehingga proses menjadi kurang optimal. Industri tahu tidak hanya menghasilkan produk utama berupa tahu dalam proses produksinya, namun juga menghasilkan produk samping berupa limbah padat, cair dan gas

yang dapat mencemari lingkungan. Berdasarkan penelitian Rahayu *et al.* (2016), untuk mengolah 1 kg kedelai menjadi tahu memerlukan air sebanyak 28,8 liter dan belum termasuk kebutuhan air untuk sanitasi. Semakin banyak konsumsi air maka akan semakin banyak limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair yang tidak melalui penanganan yang tepat dapat mencemari lingkungan.

Limbah cair merupakan limbah dominan pada industri tahu yang memiliki kandungan bahan C-organik yang dapat mempengaruhi kadar BOD dan COD pada ekosistem perairan (Pagoray *et al.*, 2021). Limbah padat industri tahu dapat berupa kotoran hasil pembersihan kedelai, sisa bubur atau ampas tahu.

Limbah proses pengolahan tahu yang tidak diolah akan berbau busuk dan berwarna hitam (Rolia dan Amran, 2015). Pada penelitian yang dilakukan oleh Sitinjak *et al.* (2013); Agustina *et al.* (2018) dan Verawati *et al.* (2019), menyebutkan adanya cemaran bakteri *Escherichia coli* pada sifat fisik air rendaman tahu. *Escherichia coli* merupakan bakteri yang berkembang biak dalam usus hewan dan manusia yang dapat menyebabkan pembekuan darah dan dapat mengganggu kesehatan (Agustina *et al.*, 2018).

Pelaku industri pengolahan tahu terkhusus pada industri kecil di Indonesia masih memiliki tingkat kesadaran yang rendah terhadap dampak lingkungan yang ditimbulkan maupun terhadap efisiensi bahan baku, air dan energi pada proses produksinya. Pengurangan dampak lingkungan dan efisiensi produksi pada kegiatan industri tahu dapat dilakukan dengan menerapkan metode produksi bersih.

Produksi bersih menurut Kementerian Lingkungan Hidup (2018), didefinisikan sebagai strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara terus-menerus. Metode produksi bersih dapat diterapkan pada setiap kegiatan industri mulai dari hulu ke hilir seperti proses produksi, produk yang dihasilkan dan jasa yang digunakan. Penerapan produksi bersih bermanfaat untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimisasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan. Upaya perbaikan kondisi lingkungan akibat aktivitas industri dengan pengelolaan limbah yang sudah terbentuk (*end-of-pipe treatment*) pada kenyataannya masih menimbulkan masalah pencemaran lingkungan, oleh karena itu timbulnya upaya preventif atau pencegahan yang disebut dengan prinsip produksi bersih (*cleaner production*) sebagai suatu strategi yang operasional dan terpadu.

Produksi bersih dapat diterapkan pada semua jenis industri termasuk industri tahu di Indonesia. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengkaji peluang penerapan produksi bersih pada industri tahu melalui identifikasi proses produksi dan permasalahannya terkait pembentukan limbah dan *loss* pada proses produksi, identifikasi peluang dan analisis kelayakan kegiatan produksi bersih, serta penentuan prioritas implementasi kegiatan produksi bersih yang direkomendasikan.

## METODE PENELITIAN

### Tahapan Penelitian dan Ruang Lingkup

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji penerapan produksi bersih pada IKM pengolahan tahu di Indonesia. Metode yang digunakan adalah pendekatan eksploratif berupa studi literatur dengan mengulas isi beberapa artikel dari jurnal-jurnal

nasional maupun internasional. Diambil sampel sebanyak delapan hasil penelitian terhadap industri tahu aktif. Artikel ini mengulas jenis tahu putih dengan tahapan proses yang berbeda pada tiap-tiap industri tersebut. Ulasan pada artikel dapat berupa identifikasi tahapan proses pengolahan tahu, permasalahan yang sering muncul, peluang produksi bersih, hasil analisis kelayakan teknis, finansial dan lingkungan serta penentuan prioritas alternatif produksi bersih.

### Identifikasi Alur Proses dan Siklus Material

Tahapan identifikasi alur proses dan siklus material dilakukan dengan pembuatan diagram alir proses produksi dan neraca massa yang bertujuan untuk mengetahui aliran bahan masuk dan keluar yang dihasilkan sebagai produk akhir. Fokus kajian pada 5 komponen yaitu bahan masukan (*input*), teknologi yang digunakan, pelaksanaan proses, produk dan limbah yang dihasilkan (Indrasti dan Fauzi, 2009).

Analisis neraca massa dilakukan guna mengkaji dan menyajikan semua informasi yang tersedia pada unit operasi, bahan baku, produk, air dan penggunaan energi. Tabel neraca massa menjelaskan sumber, kuantitas dan jenis limbah yang ditimbulkan serta mengidentifikasi dimana terjadi proses inefisiensi dan wilayah yang terdapat kesalahan dalam hal manajemen (Azzahro, 2022). Pengkajian ini dilakukan dengan melakukan *review* terhadap neraca massa proses pengolahan tahu pada 8 penelitian terkait industri tahu di Indonesia.

### Identifikasi Peluang Produksi Bersih

Identifikasi peluang produksi bersih dilakukan dengan memperhatikan terbentuknya limbah dan inefisiensi pada rantai produksi tahu. Proses identifikasi mengacu pada kajian pustaka serta studi literatur dengan mengumpulkan dan menganalisis data sekunder serta hasil penelitian yang relevan dari beberapa artikel pada jurnal-jurnal nasional maupun internasional. Strategi peluang produksi bersih yang dihasilkan dapat berupa hasil penelitian dari jurnal yang menjadi bahan kajian dan beberapa strategi yang dimunculkan oleh peneliti dari kajian yang dilakukan dengan jurnal acuan.

Peluang produksi bersih yang telah ditentukan maka dilakukan analisis kelayakan teknis (proses produksi, bahan yang digunakan, peralatan dan teknologi, tenaga kerja) (Indrasti dan Fauzi, 2009), analisis kelayakan ekonomi (*BC ratio* dan *payback period*) (Mankiw, 2015) dan analisis kelayakan lingkungan (pengaruh atau manfaat yang ditimbulkan pada lingkungan setelah alternatif produksi bersih diterapkan) (Maulana *et al.*, 2013).

### Pemilihan Prioritas Produksi Bersih

Penentuan prioritas pada penelitian ini berdasarkan urutan nilai *payback period* dari yang terendah hingga tertinggi. IKM tahu dapat

menerapkan berdasarkan urutan prioritas ataupun seluruh yang direkomendasikan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tahapan Proses Produksi

Pada prinsipnya proses pengolahan tahu adalah pengolahan berbahan dasar kacang kedelai yang melalui proses pencucian, perendaman, penggilingan, pemasakan, penyaringan dan pengepresan, penggumpalan, pencetakan dan pengepresan serta pemotongan dan pewarnaan. Analisis neraca massa dilakukan dengan studi literatur terhadap beberapa hasil penelitian yang relevan terhadap industri tahu di berbagai daerah. Terdapat beberapa perbedaan proses pada tiap-tiap industri tersebut. Tahapan proses dan neraca massa pada beberapa IKM tahu di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tahapan proses pertama yaitu pencucian. Pencucian kedelai dilakukan menggunakan air mengalir, umumnya sebanyak empat kali pencucian untuk membersihkan kedelai dari kotoran seperti kulit kedelai, pasir, tanah dan kontaminan lainnya (Ramdani, 2021). Selanjutnya dilakukan proses perendaman kedelai. Perendaman optimum dilakukan selama 4 jam. Hal tersebut dikarenakan semakin lama perendaman maka kadar air kedelai akan semakin meningkat. Peningkatan kadar air pada kedelai dapat menyebabkan rendahnya kadar protein, pH, rasa, aroma dan tekstur tahu yang dihasilkan (Firdaus, 2022). Proses perendaman bertujuan untuk melunakkan struktur kedelai sehingga dapat mempermudah proses penggilingan. Proses penggilingan dilakukan dengan mesin penggiling guna mempermudah pada proses ekstraksi kedelai.

Proses pemasakan bubur kedelai umumnya membutuhkan waktu 30 menit pada suhu 100°C dengan menggunakan sistem uap dan menggunakan bahan bakar kayu serta sabut kelapa (Bano, 2022). Bubur kedelai yang sudah direbus kemudian melakukan proses penyaringan yang masih manual yaitu menggunakan kain blacu. Ampas yang tertinggal pada kain dipress kemudian dipisahkan dari proses pembuatan tahu. Selanjutnya dilakukan proses penggumpalan terhadap sari kedelai hasil penyaringan dengan menambahkan asam cuka yang telah dilarutkan dalam *whey* dan dibiarkan selama 5 - 10 menit agar penggumpalan protein sempurna. Gumpalan (*curd*) yang terbentuk dimasukkan kedalam cetakan beralaskan kain, kemudian dilakukan pengepresan untuk mengeluarkan air yang masih terdapat dalam gumpalan tahu (Millah dan Falakh, 2020).

### Konsumsi Energi dan Air

IKM tahu di Indonesia umumnya menggunakan tiga jenis energi dalam proses produksinya yaitu energi panas (kayu bakar) untuk pemasakan dan pewarnaan, listrik untuk penerangan

dan diesel untuk mesin penggiling. Konsumsi energi pada beberapa IKM tahu di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 2.

Berdasarkan penelitian Chen *et al.* (2023), terdapat teknologi proses baru yaitu pemrosesan termal dan nontermal serta hidrokoloid yang dapat mempengaruhi sifat reologi dan tekstur tahu. Salah satunya berdasarkan penelitian Huang dan Kuo (2015) yang mempelajari efek *Ultra-High-Pressure Homogenization* yang menghasilkan tekstur dan kekenyalan tahu yang lebih baik dibandingkan teknologi konvensional. Hal tersebut dapat meningkatkan konsumsi energi namun memiliki keuntungan dalam segi kualitas tahu.

### Pemilihan Prioritas Produksi Bersih

Penentuan prioritas pada penelitian ini berdasarkan urutan nilai *payback period* dari yang terendah hingga tertinggi. IKM tahu dapat menerapkan berdasarkan urutan prioritas ataupun seluruh yang direkomendasikan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tahapan Proses Produksi

Pada prinsipnya proses pengolahan tahu adalah pengolahan berbahan dasar kacang kedelai yang melalui proses pencucian, perendaman, penggilingan, pemasakan, penyaringan dan pengepresan, penggumpalan, pencetakan dan pengepresan serta pemotongan dan pewarnaan. Analisis neraca massa dilakukan dengan studi literatur terhadap beberapa hasil penelitian yang relevan terhadap industri tahu di berbagai daerah. Terdapat beberapa perbedaan proses pada tiap-tiap industri tersebut. Tahapan proses dan neraca massa pada beberapa IKM tahu di Indonesia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tahapan proses pertama yaitu pencucian. Pencucian kedelai dilakukan menggunakan air mengalir, umumnya sebanyak empat kali pencucian untuk membersihkan kedelai dari kotoran seperti kulit kedelai, pasir, tanah dan kontaminan lainnya (Ramdani, 2021). Selanjutnya dilakukan proses perendaman kedelai. Perendaman optimum dilakukan selama 4 jam. Hal tersebut dikarenakan semakin lama perendaman maka kadar air kedelai akan semakin meningkat. Peningkatan kadar air pada kedelai dapat menyebabkan rendahnya kadar protein, pH, rasa, aroma dan tekstur tahu yang dihasilkan (Firdaus 2022). Proses perendaman bertujuan untuk melunakkan struktur kedelai sehingga dapat mempermudah proses penggilingan. Proses penggilingan dilakukan dengan mesin penggiling guna mempermudah pada proses ekstraksi kedelai.

Proses pemasakan bubur kedelai umumnya membutuhkan waktu 30 menit pada suhu 100°C dengan menggunakan sistem uap dan menggunakan bahan bakar kayu serta sabut kelapa (Bano, 2022).

Tabel 1. Tahapan proses dan neraca massa pada beberapa IKM tahu di Indonesia

Tahapan Proses		Industri															
		Industri A, Martapura (Anggraini 2022)		Industri B, Serang (Firdaus 2022)		Industri C, Tangerang (Amalia, 2022)		Industri D, Aceh Timur (Nadya <i>et al.</i> 2020)		Industri E, Gorontalo (Bano 2022)		Industri F, Jember (Novita <i>et al.</i> 2016)		Industri G, Pontianak (Setiawan <i>et al.</i> 2021)		Industri H, Jawa Tengah (Millah dan Falakh 2020)	
		<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>	<i>In</i>	<i>Out</i>
Pencucian	Kedelai (kg)	500	560	840	880	200	430	80	88	100	120	0	0	200	349	45	47
	Air (L)	3510	3450	3520	3480	560	330	720	712	720	700	0	0	300	151	50	46
Perendaman	Kedelai (kg)	560	1130	400	840	430	567	88	176	120	224	58	112	0	0	17	45
	Air (L)	1400	830	880	440	3445	3308	194	106	288	184	286	232	0	0	33	12
Penggilingan	Kedelai (kg)	1130	4286	880	1760	567	2148	176	704	224	604	112	180	349	499	47	63
	Air (L)	3156	0	880	0	1583	2	528	0	380	0	68	0	150	1	16	-
Pemasakan	BK (kg)	4286	6568,5	1760	8360	2148	3938	704	1412	604	884	180	1048	1199	1060	63	93
	Air (L)	2720	437,5	7480	880	2062	272	720	12	320	40	885	17	0	139	40	6
Penyaringan dan pengepresan	Kedelai (kg)	6568,5	10312	8360	7560	3938	3647	1412	1332	884	740	1048	1758	499	1199	93	110
	AT (kg)	0	1150	0	800	0	291	0	80	0	144	0	240	0	300	0	20
Penggumpalan	Air (L)	4893,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	950	0	1000	0	40	0
	Kedelai (kg)	10312	11332	7560	7600	3647	3667	1332	1340	740	770	1758	1096	1060	676	110	87
Penyaringan	AC (L)	1020	0	40	0	20	0	8	0	30	0	802	0	8	0	0	0
	AL (L)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1463	0	392	38	60
	<i>Curd</i> (kg)	11332	1588,5	7600	1000	3667	550	1340	108	770	242	0	0	0	0	0	0
Pencetakan, pengepresan dan pemotongan	<i>Whey</i> (L)	0	9743,5	0	6600	0	3117	0	1232	0	528	0	0	0	0	0	0
	<i>Curd</i> (kg)	2308,5	0	1000	0	550	0	108	0	242	0	1096	0	676	0	87	0
	Tahu putih (kg)	0	1948,5	0	960	0	530	0	100	0	212	0	268	0	485	0	30
	Air asam (L)	0	360	0	40	0	20	0	8	0	30	0	828	0	191	0	60
<b>Total Massa</b>		<b>53697</b>	<b>53697</b>	<b>41200</b>	<b>41200</b>	<b>22818</b>	<b>22818</b>	<b>7410</b>	<b>7410</b>	<b>5422</b>	<b>5422</b>	<b>7242,93</b>	<b>7242,93</b>	<b>5440,9</b>	<b>5440,9</b>	<b>679</b>	<b>679</b>
<b>Nilai Rendemen</b>		<b>3,9</b>		<b>1,14</b>		<b>2,65</b>		<b>1,25</b>		<b>2,12</b>		<b>4,62</b>		<b>2,43</b>		<b>1,76</b>	

Keterangan: BK : bubur kedelai, AT : ampas tahu, AC : air cuka, AL : air limbah.

Berdasarkan Tabel 1 terhitung bahwa rata-rata rendemen dari delapan industri tahu tersebut adalah 2,48 dengan nilai tertinggi 4,62 dan terendah 1,14. Hal tersebut membuktikan bahwa proses pengolahan tahu di Indonesia cukup optimal meskipun masih tergolong sederhana. Pengolahan tahu di Indonesia umumnya masih menggunakan teknologi sederhana berdasarkan kapasitas produksinya. Teknologi proses sangat mempengaruhi efisiensi produksi tahu. Semakin tinggi efisiensi produksi maka akan semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan (Pamungkas dan Slamet, 2017). Selain teknologi proses, pengetahuan dan keterampilan sumber daya manusia juga sangat berpengaruh terhadap nilai rendemen yang dihasilkan. Sumber daya manusia yang terampil dapat meminimalkan tercecernya bahan baku saat proses produksi. Hal tersebut juga mengurangi jumlah limbah dan meningkatkan produk yang dihasilkan.

Berdasarkan Tabel 2 terhitung bahwa industri tahu B, Serang, memiliki konsumsi energi terbesar yaitu 1.658,89 MJ/kg kedelai dengan nilai konsumsi energi diesel terbesar. Hal tersebut dikarenakan industri masih menggunakan mesin penggiling berbahan bakar diesel. Konsumsi energi tiap industri berbeda dikarenakan kapasitas alat dan kapasitas produksinya berbeda-beda. Contohnya seperti industri H yang hanya memanfaatkan cahaya matahari sebagai penerangan ruangan sehingga tidak mengkonsumsi energi listrik.

Berbagai faktor dapat mempengaruhi komposisi, sifat tekstur, nilai gizi dan umur simpan tahu. Jenis koagulan, interaksi protein, pembekuan, pH, oksidasi lipid, laju *biogenic amines* (BA) dan faktor lain yang mempengaruhi kualitas produk akhir. Pada penelitian Ali *et al.* (2021) menyatakan bahwa teknologi *High Intensity Ultrasound* (HIU) telah direkomendasikan sebagai metode baru untuk meningkatkan kadar fitonutrien fenolik dalam *whey* tahu. Hal tersebut tentu menggunakan energi yang lebih besar namun dengan demikian, dapat meningkatkan kualitas dan kandungan gizi produk akhir tahu yang dihasilkan.

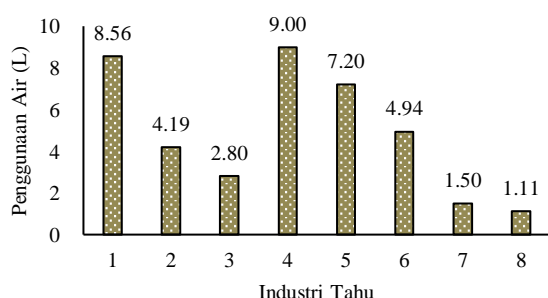
Proses pencucian pada industri tahu di Indonesia menggunakan banyak air. Proses pencucian kedelai dilakukan dengan air mengalir dan umumnya air sisa pencucian langsung dibuang ke lingkungan tanpa dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Penggunaan air pada proses pencucian di beberapa IKM tahu di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 1.

### Identifikasi Peluang Produksi Bersih

Alternatif produksi bersih yang direkomendasikan mengacu pada permasalahan yang teridentifikasi. Permasalahan tidak hanya berfokus pada limbah, namun pada seluruh aspek produksi yaitu bahan masukan (*input*), teknologi yang digunakan, pelaksanaan proses, produk dan limbah yang dihasilkan. Identifikasi permasalahan yang umum ditemui pada IKM pengolahan tahu di Indonesia dapat dilihat pada Gambar 2

Tabel 2. Konsumsi energi pada beberapa IKM tahu di Indonesia

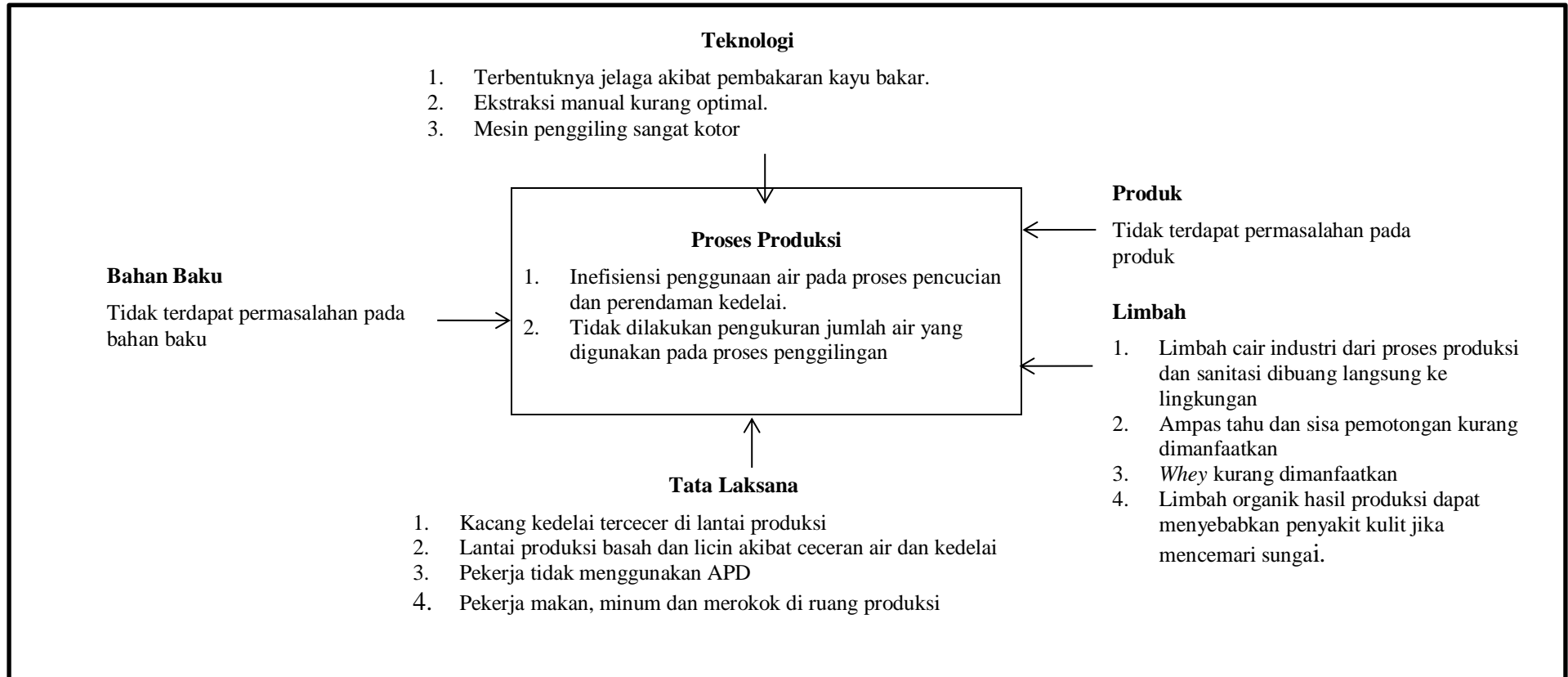
Industri	Kons. Energi (MJ/kg kedelai)			Total
	Kayu Bakar	Listrik	Diesel	
Industri A, Martapura (Anggraini, 2022)	14,7	0,0509	0,6689	15,4198
Industri B, Serang (Firdaus, 2022)	39,72	0,17	1.619	1.658,89
Industri C, Tangerang (Amalia, 2022)	32,34	0,17	-	32,51
Industri D, Aceh Timur (Nadya <i>et al.</i> , 2020)	44,93	0,79	3	48,72
Industri E, Gorontalo (Bano 2022)	37,83	0,1116	0,9556	38,9
Industri F, Jember (Novita <i>et al.</i> , 2016)	15,06	0,162	120,3	136,1
Industri G, Pontianak (Setiawan <i>et al.</i> , 2021)	-	0,735	120,63	121,37
Industri H, Jawa Tengah (Millah dan Falakh, 2020)	52,72	-	120,3	173,02
<b>Total</b>	<b>237,3</b>	<b>2,1895</b>	<b>1.984,8545</b>	<b>2.224,9298</b>
<b>Rerata Konsumsi Energi</b>	<b>29,663</b>	<b>0,274</b>	<b>248,107</b>	<b>278,116</b>



Keterangan Industri:

- 1 : Industri A, Martapura (Anggraini, 2022)
- 2 : Industri B, Serang (Firdaus, 2022)
- 3 : Industri C, Tangerang (Amalia, 2022)
- 4 : Industri D, Aceh Timur (Nadya *et al.*, 2020)
- 5 : Industri E, Gorontalo (Bano, 2022)
- 6 : Industri F, Jember (Novita *et al.*, 2016)
- 7 : Industri G, Pontianak (Setiawan *et al.*, 2021)
- 8 : Industri H, Jawa Tengah (Millah dan Falakh, 2020)

Gambar 1. Penggunaan air (liter per kg kedelai)



Gambar 2. Hasil identifikasi permasalahan

Tabel 3. Alternatif produksi bersih serta evaluasi secara teknis, finansial dan lingkungan

Alternatif	Aspek Teknis	Aspek Finansial	Aspek Lingkungan
Proses pencucian secara bertahap	Opsi mudah dilakukan, namun membutuhkan ember tambahan. Air pada ember ke empat dapat digunakan kembali (Djayanti 2015).	Dapat terjadi penghematan air senilai Rp. 239.557,-/bulan. Nilai <i>payback period</i> yaitu 0,93 bulan (Anggraini 2022).	Limbah cair berkurang karena penggunaan air juga berkurang. Terjadi pengurangan cemaran bakteri <i>Escherichia coli</i> (Jamiah <i>et al.</i> 2022).
Pembuatan instalasi daur ulang air	Opsi mudah dilakukan, hanya membutuhkan biaya tambahan dalam pembuatannya.	Terjadi penghematan air. Pengurangan limbah cair sebanyak 3100 liter menjadi 3090 liter. Nilai <i>payback period</i> yaitu 11,5 bulan (Indrasti dan Fauzi 2009).	Media pasir untuk mengurangi kandungan lumpur dan bahan padat atau partikel-partikel koloid yang terdapat pada limbah cair tahu (Sarasdewi <i>et al.</i> 2015).
Pembuatan corong tambahan pada mesin penggilingan	Opsi relatif mudah dilakukan. Diperlukan sikap pekerja yang lebih hati-hati dalam menuangkan kedelai kedalam mesin.	Dapat menghemat bahan baku kedelai dan meningkatkan rendemen. Nilai <i>payback period</i> yaitu 25,9 bulan (Indrasti dan Fauzi 2009).	Dapat mengurangi ceceran serta kotoran di area sekitar mesin.
Pembuatan tungku hemat energi	Cukup mudah dilakukan dengan membeli <i>boiler</i> dari pihak ketiga.	Terjadi penghematan Rp. 189.000.000,-/tahun. Nilai <i>payback period</i> yaitu 1,56 bulan dengan B/C ratio 4,2 (Firdaus 2022).	Menghemat penggunaan kayu bakar mencapai 50-70% (Romli dan Suprihatin 2009). Pengurangan asap hasil pembakaran, mengatasi terbentuknya jelaga hasil pembakaran pada atap.
Penggunaan alat ekstraksi otomatis	Proses ekstraksi lebih cepat dan efektif, tidak membutuhkan air sebagai media ekstraksi (Mulyana <i>et al.</i> 2013).	Menghemat biaya operasional sebesar Rp.703.000/bulan. Nilai <i>payback period</i> yaitu 6,8 bulan (Bano 2022).	Mengurangi limbah cair dan kontaminan ampas tahu ke lingkungan (Mulyana <i>et al.</i> 2013).
Pemanfaatan ampas tahu untuk pakan ternak.	Opsi mudah untuk diterapkan dengan menampung ampas tahu.	Penjualan kepada pihak ketiga untuk pakan ternak dapat menambah pendapatan. Nilai <i>payback period</i> yaitu 0,25 bulan (Indrasti dan Fauzi 2009).	Mengurangi pencemaran lingkungan akibat limbah padat.
Pembuatan <i>Nata de Soya</i> dari <i>whey</i>	Relatif mudah dilakukan namun membutuhkan peralatan, pekerja dan waktu yang cukup panjang untuk menghasilkannya.	Keuntungan sebesar Rp6.794.902,00 dan nilai <i>payback period</i> yaitu 5,16 bulan (Amalia 2022).	Dengan metode fermentasi dapat mengurangi dampak negatif limbah cair tahu (Marliyana <i>et al.</i> 2020).
Menerapkan <i>Good Manufacturing Practice</i> (GMP)	Penerapannya cukup mudah, dengan cara mengirimkan satu orang penanggung jawab produksi untuk mengikuti pelatihan GMP.	Terjadi keuntungan Rp. 43.560.000/tahun. Nilai <i>payback period</i> yaitu 1,44 bulan dengan B/C ratio 5,8 (Firdaus 2022).	Berkurangnya ceceran air dan kedelai serta kontaminan lainnya di lantai produksi.

Opsi produksi bersih yang direkomendasikan adalah sebagai berikut, dan evaluasi teknis, finansial dan lingkungan dapat dilihat pada Tabel 3.

1. Proses pencucian secara bertahap. IKM tahu di Indonesia umumnya melakukan pencucian dengan air mengalir dan sisa air cucian tidak digunakan kembali. Menurut Djayanti (2015), pencucian kedelai optimum dilakukan selama empat kali bertahap dengan penggunaan air cucian ke empat dapat digunakan kembali untuk pencucian pertama. Hal tersebut tidak mempengaruhi kualitas produk tahu.
2. Pembuatan instalasi daur ulang air dengan melakukan penyaringan kembali sisa air cucian dan rendaman. Pembuatan bak dengan diameter 60 cm dan tinggi 55 cm dan akan mengalami penyaringan menggunakan bahan seperti pasir, kerikil, ijuk, arang, dan bata.
3. Pembuatan corong tambahan pada mesin penggilingan.
4. Pembuatan tungku hemat energi (*boiler* sederhana untuk pemasakan sistem uap).
5. Penggunaan alat ekstraksi otomatis. Pada penelitian Dermawan *et al.* (2020) alat ekstraksi dibuat sederhana dengan tinggi alat 99 cm atau sesuai dengan tinggi pinggang pekerja dan lebar sebesar 53 cm. Kapasitas alat ekstraksi otomatis adalah 12 kg sekali saring dengan kecepatan 1500 RPM sehingga waktu yang dibutuhkan untuk sekali saring adalah 3 - 4 menit. Pada penelitian Fauzan (2017), alat penyaring otomatis juga dapat dibuat menggunakan metode *reverse engineering*.
6. Pemanfaatan ampas tahu untuk pakan ternak. Kualitas ampas tahu dapat ditingkatkan melalui proses silase menggunakan bakteri *Bacillus amyloliquefaciens*. Pada penelitian Anggraeni *et al.* (2013), bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* 15% yang difermentasi selama 5 hari memiliki rata-rata serat kasar 17,3% dan rata-rata asam total 0,87% yang berarti memenuhi SNI (Standar Nasional Indonesia).
7. Pembuatan *Nata de Soya* dari *whey* (penambahan *starter bakteri Acetobacter xylinum*). *Whey* mengandung protein tinggi dan aman dikonsumsi oleh manusia karena mengandung <20% *residual trypsin inhibitor activity*. Hal tersebut menunjukkan bahwa *whey* berpotensi untuk dijadikan bahan tambahan makanan yang murah, ekonomis, bergizi dan fungsional (Sladjana *et al.*, 2023).
8. Menerapkan *Good Manufacturing Practice* (GMP).

#### Prioritas Alternatif Produksi Bersih

IKM tahu dapat menerapkan berdasarkan urutan prioritas ataupun seluruh yang direkomendasikan. Urutan prioritas alternatif produksi bersih dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil urutan prioritas alternatif

No.	Alternatif	PBP (bulan)
1.	Pemanfaatan ampas tahu untuk pakan ternak	0,25
2.	Proses pencucian secara bertahap	0,44
3.	Menerapkan <i>Good Manufacturing Practice</i> (GMP)	1,44
4.	Pembuatan tungku hemat energi	1,56
5.	Pembuatan <i>Nata de Soya</i> dari <i>whey</i>	5,16
6.	Penggunaan alat ekstraksi otomatis	6,8
7.	Pembuatan instalasi daur ulang air	11,5
8.	Pembuatan corong tambahan pada mesin penggilingan	25,9

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

IKM pengolahan tahu di Indonesia masih memiliki permasalahan yang sering ditemui seperti inefisiensi penggunaan air, cecekan kedelai, pembakaran kayu menyebabkan jelaga pada genteng, asap bahan bakar, terbentuknya ampas tahu dan *whey* yang belum didaur ulang, tidak menerapkan GMP. Tiga rekomendasi produksi bersih teratas sesuai prioritas yaitu (1) Pemanfaatan ampas tahu untuk pakan ternak, (2) Proses pencucian secara bertahap, (3) Menerapkan *Good Manufacturing Practice* (GMP). Penerapan opsi produksi bersih yang dihasilkan dapat mengurangi penggunaan air bersih, produksi air limbah, penggunaan energi yang dapat menghemat biaya operasional serta mengurangi pencemaran lingkungan.

### Saran

Berdasarkan hasil penelitian disarankan agar dilakukan kajian lebih lanjut untuk penggunaan alat ekstraksi otomatis yang sesuai dengan karakteristik tahu yang bersangkutan, dikarenakan masih kurangnya kajian dan implementasi terkait hal tersebut.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, Mboro F, Telan, Albina B. 2018. Kandungan bakteri *Escherichia coli* pada air rendaman tahu pedagang kaki lima di Pasar Kasih Naikoten 1 Kota Kupang Tahun 2017. *Jurnal Info Kesehatan*. 16 (1) : 66-71.
- Ali F, Tian K, dan Wang ZX. 2021. Modern techniques efficacy on tofu processing: a review. *Trends in food science and technology*. 116 (2021) : 766-785.
- Amalia SG. 2022. Kajian Produksi bersih dan water footprint ada industri tahu (Studi Kasus Industri Kecil Menengah di Kabupaten



- Tangerang). [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Anggraeni, Hasibuan S, Malik B, Wijaya R. 2013. Improving The Quality of Tofu Waste as A Source of Feed Through Fermentation Using the *Bacillus amyloliquefaciens* Culture. *International Journal on Advanced Science Engineering Information Technology*. 3 (4) : 285-288.
- Anggraini R, Suprihatin, dan Indrasti NS. 2022. Kajian 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.
- Azzahro HU, Indrasti NS, dan Ismayana A. 2022. penerapan produksi bersih pada industri kelapa sawit di PT YZ. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian*. 32 (1): 1-11.
- Bano TDR. 2022. Kajian Peluang Penerapan Produksi Bersih pada Industri Tahu (Studi Kasus: Industri Tahu X Kota Gorontalo). [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Chen CC, Hsieh JF, Kuo MI. 2023. Insight into The Processing, Gelation and Functional Components of Tofu: A Review. *International Journal MDPI*. 11(1): 202.
- Dermawan R, Utomo B, dan Bernandhi DB. 2020. Usulan rancangan alat penyaring otomatis tahu yang ergonomis dengan Metode Ergonomic Function Deployment (EFD) (Studi Kasus: IKM Pak Tasmin). *Prosiding Konferensi Ilmiah Mahasiswa UNISSULA (KIMU) 3*. Daring. 28 Oktober 2020.
- Djayanti S. 2015. Kajian penerapan produksi bersih di industri tahu di Desa Jimbaran, Bandung, Jawa Tengah. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri*. 6 (2): 75-80.
- Fauzan AG dan Ratnanto F. 2017. Perancangan alat penyaring otomatis sari pati kedelai pada pembuatan tahu untuk mengurangi waktu proses dengan metode reverse engineering (Studi Kasus: Rumah Produksi Tahu Apu Klaten). [Disertasi]. Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Firdaus SM. 2022. Kajian peluang penerapan produksi bersih pada industri tahu bandung (studi kasus di industri tahu PD XYZ Kota Serang). [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Huang YC dan Kuo MI. 2015. Rheological Characteristic and Gelation of Tofu Made from Ultra-High-Pressure Homogenized Soymilk. *International Journal Texture Stud*. 46: 335-344.
- Indrasti NS dan Fauzi AM . 2009. *Produksi Bersih*. Bogor (ID): IPB Press.
- Jamiah, Prabowo S, dan Saragih B. 2022. Identifikasi potensi bahaya pangan industri tahu skala rumah tangga dengan pendekatan konsep *Hazard Analysis Critical Control Point (HACCP)*: Kajian Pustaka. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 7 (2) : 4920-4941.
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2018. Kebijakan Produksi Bersih Nasional.
- Mankiw NG. 2015. Principles of Economics 7th Ed. USA Patent No: 139781285165875.
- Marliyana SD, Fatrozi S, Inas D, W FR, Firdaus M. 2021. Pengolahan Limbah Cair Tahu Menjadi *Nata De Soya* Melalui Proses Fermentasi *Tofu Liquid Waste Processing Into Nata De Soya Through the Fermentation Process*. *Electron J UNS*. 6 (2) : 34-37.
- Maulana P, Bantacut T, dan Suprihatin. 2013. Application of cleaner production in palm oil mill: A case study at PT Perkebunan Nusantara IV Adolina Business Unit Perbaungan North Sumatera Indonesia. *International Knowledge Sharing Platform. Journal Chemistry and Materials Research*. 6 (12): 2014.
- Millah IIN dan Falakh F. 2020. Penerapan Produksi Bersih di Pabrik Tahu KS (Kang Santri) di Desa Kalipang, Rembang, Jawa Tengah. *Journal Environmental Sustainability*. 1 (2) : 71-80.
- Mulyana IJ, Santosa LMH, dan Prasetya W. 2013. Perancangan alat penyaringan dalam proses pembuatan tahu. *Jurnal Teknik Industri*. 12 (1): 21-30.
- Nadya Y, Yusnawati, dan Handayani N. 2020. Analisis Produksi Bersih di UKM Pengolahan Tahu di Gampong Alue Nyamok Kec. Birem Bayeun Kab. Aceh Timur. *Electron J Teknologi UMJ*. 12 (2) : 133-140.
- Novia E, Taruna I, dan Wicaksono TF. 2016. Kelayakan pemanfaatan limbah cair tahu pada industri kecil di Dusun Curah Rejo Desa Cangkring Kecamatan Jenggawah Kabupaten Jember. *Prosiding Seminar Nasional APTA*. Jember, Indonesia. 26-27 Oktober 2016.
- Pagoray H, Sulistyawati, dan Fitriyani. 2021. Limbah cair industri tahu dan dampaknya terhadap kualitas air dan biota perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*. 9 (1) :53-65.
- Pamungkas AW dan Slamet A. 2017. Pengolahan Tipikal Instalasi Pengolahan Air Limbah industri tahu di kota Surabaya. *Jurnal Teknik ITS*. 6 (2) : D123-D128.
- Rahayu SS, Purwanto, dan Budiyo. 2016. Pengelolaan lingkungan industri kecil tahu dengan menerapkan produksi bersih dalam upaya efisiensi air dan energi. *Prosiding Seminar Nasional Inovasi IPTEKS* . Denpasar, Indonesia. 29-30 Agustus 2016.
- Ramdani NA. 2021. Analisis antropometri tungku masakan produksi tahu terhadap keamanan

- dan kenyamanan pekerja. [Tesis]. Mataram: Universitas Muhammadiyah.
- Rolia E dan Amran Y. 2015. Perencanaan bangunan pengolahan limbah cair pada pabrik tahu di kelurahan Mulyojati 16 C Kota Metro. *Electron Jurnal Teknik Sipil Ummetro*. 5 (1) : 83-88.
- Romli M dan Suprihatin. 2009. Beban pencemaran limbah cair industri tahu dan analisis alternatif strategi pengelolaannya. *Jurnal Purifikasi*. 10 (2) : 141-154.
- Sarasdewi AP, Nyoman SA, AAP Agung S W. 2015. Pengaruh laju aliran terhadap penurunan cemaran instalasi pengolahan air limbah domestik dengan sistem biofilter. *Jurnal rekayasa dan manajemen agroindustri*. 3 (2) : 17-29.
- Setiawan A, Jati DR, dan Saziati O. 2021. Penerapan produksi bersih industri kecil tahu di jalan parit pangeran Siantan Pontianak. *Jurnal Rekayasa Lingkungan Tropis*. 5 (1) : 1-10.
- Sitinjak R, Siagian A, dan Jumirah. 2013. Analisis Bahaya dan Identifikasi Titik Kritis Pada Industri Rumah Tangga Pembuatan Tahu Cina dan Tahu Sumedang Di Kelurahan Sari Rejo Kecamatan Medan Polonia. *Journal Chemical Information and Modeling*. 53 (9): 1689-1699.
- Sladjana PS, Aleksandar ZK, Danijel DM, Andjela BS, Mirjana BP. 2023. Composition of Proteins in Fresh Whey as Waste in Tofu Processing. *International Journal of Environmental Science and Health*. Part B (2023) : 1-11.
- Verawati N, Aida N, dan Aufa R. 2019. Analisa mikrobiologi cemaran bakteri caliform dan *salmonella sp* pada tahu di Kecamatan Delta Pawan. *Jurnal Teknologi Agro-Industri*. 6 (1) : 61-71.