



Penerapan Konsep Produksi Bersih Ramah Lingkungan Studi Kasus: Industri Pengolahan Tahu

Roja Safitriyawi^{1*}, Ilyas², Prima Denny Sentia³, Suci Ayu Lestari⁴, Tya Ulfah⁵, Kasmawati⁶

^{1,4,5,6}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar,
Jl. Alue Peunyareng, Aceh Barat 23615, Indonesia.

^{2,3}Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Syiah Kuala,
Kopelma Darussalam, Banda Aceh 23111, Indonesia

*Corresponding author: rojasafitriyawi@utu.ac.id

ARTICLE INFO

Received: 23-10-2024
Revision: 16-12-2024
Accepted: 25-12-2024

Keywords:

Clean Production
Waste
Mass Balance Diagram

ABSTRACT

The tofu industry sector in Aceh is a strategic sector to support the community's economy. In every major production, often found waste in the form of liquid waste and solid waste. Substances contained in tofu waste contain polluted substances in the form of BOD (Biological Oxygen Demand), COD (Chemical Oxygen Demand) and TSS (Total Suspended Solid). Energy waste also occurs in the equipment used, as well as having an impact seen from economic and environmental aspects. This research was conducted to identify the amount of waste produced in each tofu production process and to provide alternative proposals for improvement of clean production to minimize the amount of waste produced by the PT.X, Banda Aceh. This research was conducted by collecting primary data obtained directly from the company and interviews. Data processing is carried out using mass diagrams to identify waste and the concept of good house keeping clean production, material changes, technological changes, product changes and on-reuse sites. Waste produced in the form of solid waste is 5 grams of spilled soybean and pulp as much as 168 kg, while liquid waste is 109.8 L of water, 15.4 L of scattered water, 953 L of whey and 953 L of vinegar. The results of the identification get as many as 19 problems that will be given a proposal for the implementation of clean production by providing the principle of good house keeping of technological change and site on reuse.

1. PENDAHULUAN

Setiap proses pengolahan tahu pada umumnya banyak menggunakan sumber air dan energi. Pada setiap produksi utamanya, seringkali ditemukan waste yang berupa limbah cair dan limbah padat. Menurut [1], Zat yang terkandung dalam limbah tahu mengandung zat yang tercemar berupa BOD (biological oxygen demand), COD (chemical oxygen demand) dan TSS (total suspended solid). Menurut [2], limbah tahu memiliki zat BOD sebesar 65 g/Kg bahan baku kedelai, COD sebesar 139 g/Kg bahan baku kedelai dan TSS (total suspended solid) sebesar 30 g/Kg bahan baku kedelai. Menurut [1], zat padat yang terkandung dalam limbah cair akan sulit untuk terlarut dengan partikel-partikel untuk melewati penyaringan yang ada didalam air.

Umumnya limbah banyak yang dibuang atau diabaikan karena dianggap tidak memberikan nilai ekonomis dan tidak dapat memberikan kelebihan tertentu pada suatu industri. Limbah itu sendiri dapat menjadi peluang dalam menambah nilai ekonomi pada perusahaan. Dengan kata lain, banyak peluang yang dihasilkan dari limbah yang tidak digunakan tersebut dan menambah nilai ekonomi bagi pelaku usaha. Penanganan masalah limbah industri harus di perhatikan dengan bijak, hal tersebut bertujuan untuk pengelolaan lingkungan yang baik agar kinerja lingkungan dari industri meningkat [3].

Penelitian tentang produksi bersih sudah banyak dilakukan salah satunya pendekatan industri bersih usulan perbaikan menggunakan pendekatan sistem Good House Keeping, perubahan teknologi, on-site reuse dan pendekatan Life Cycle Assessment untuk mengukur tingkan Eko-Efisien yang merupakan salah satu konsep produksi bersih. Hasil yang penelitian [4], mengungkapkan bahwa perusahaan memerlukan perbaikan pada peralatan guna memperlancar produksi dan menjaga keselamatan karyawan. sedangkan menurut [5] dan [6], penelitian lainnya juga mendapatkan hasil yang bermanfaat dari segi ekonomi dan lingkungan dari pergantian material atau bahan baku yang lebih tahan lama serta terjangkau.

Penelitian lain juga mengungkapkan bahwa, selain menurunkan jumlah limbah, produksi bersih berhasil menekan pengurangan biaya input produksi, sehingga perusahaan mendapatkan keuntungan dengan menjalankan produksi bersih secara berkelanjutan [7], penelitian yang dilakukan oleh [8], mengungkapkan bahwa terdapat perbaikan nyata dan manfaat dari pengembangan Cleaner Production Audit dan metode Cleaner Production berupa kenaikan efektif pemanfaatan sumber daya dan energi, daur ulang serta peningkatan produktivitas magnesium. Sedangkan [9], mendapatkan hasil pengurangan paparan bahan truk yang berbahaya bagi karyawan serta manfaat financial untuk perusahaan.

PT. X ini malakukan sistem produk Make To Order (MTO), hal ini yang mengurangi permasalahan pada persediaan bahan baku. Banyaknya produk yang dibuat tergantung pada proses akhir setelah pelanggan menetapkan pesanan. Dari setiap proses produksi, hampir setiap kegiatan yang dilakukan oleh pabrik menghasilkan limbah.

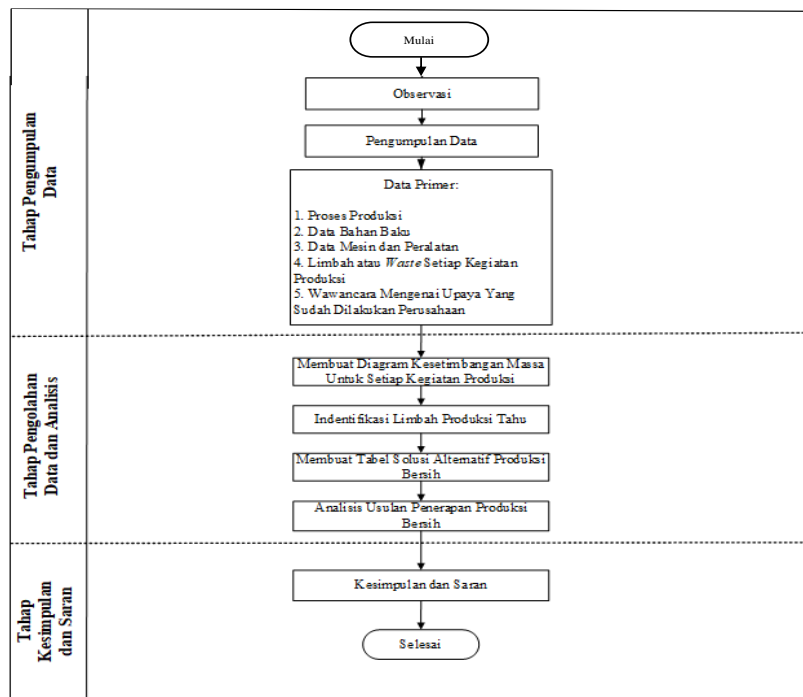
PT. X saat ini hanya menanggapi sebagian masalah limbah padat dari ampas tahu yakni dengan memberikan kepada peternak sapi, akan tetapi yang ditangani hanya sebagian dari ampas tersebut, sedangkan beberapa ember ampas akan tersisa dan membusuk di pabrik. Pada limbah cair, pabrik tidak menangani masalah tersebut sehingga limbah dari hasil sekali pencucian atau perebusan yang dihasilkan akan dibuang langsung kesungai. Hal ini menyebabkan air sungai yang berada disekitar pabrik dan pemukiman warga menjadi bau. Pada dasarnya hal ini sangat mengganggu bagi karyawan dan juga lingkungan sekitar.

Limbah tahu tersebut harusnya ditangani dengan tepat, bisa juga digunakan kembali dalam bentuk olahan produk atau olahan pembantu produksi guna mengurangi limbah pada pabrik tahu. Peralatan yang digunakan tercecer dan tidak teratur sehingga sering terjadinya kecelakaan kerja seperti terpeleset dan benda kotor. Kapasitas mesin yang digunakan juga kecil yang membuat kedelai tercecer dan tumpah, pekerja kerap kali tidak disiplin dalam bekerja, upaya yang dilakukan hanya menegur dengan kritikan dan pengurangan gaji sehingga diperlukan pelatihan agar dapat meningkatkan produktivitas pekerja yang lebih baik. sehingga diperlukannya usulan perbaikan produksi bersih untuk setiap permasalahan yang terjadi agar dapat mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan serta menambahkan profit dan citra perusahaan.

Berdasarkan uraian permasalahan tersebut, dilakukan penelitian untuk menuju industri tahu yang ramah lingkungan, produktifitas produksi, efisiensi bahan baku yang digunakan dan mengurangi limbah yang dihasilkan pada PT. X maka, dilakukan penanganan dengan penerapan produksi bersih.

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT.X yang terletak di Jl. Pinggir Kali, Desa Punge Blang Cut, Banda Aceh dengan memulai pengamatan langsung untuk mengidentifikasi masalah pada bulan Februari 2024.



Gambar 1 Flowchat Metode Penelitian

2.1 Pengumpulan data

Data primer yang dikumpulkan berupa data yang diambil melalui proses observasi ke tempat pengolahan tahu dan data yang dikumpulkan berupa data proses produksi dari setiap produk tahu yang dihasilkan, data bahan baku, data mesin dan peralatan dan jumlah *waste* yang dihasilkan dalam satu kali produksi tahu untuk melihat permasalahan yang ditimbulkan dari perusahaan, dan data wawancara mengenai upaya yang dilakukan perusahaan. Untuk mendapatkan data tersebut maka peneliti melakukan pemantauan langsung.

2.2 Pengolahan Data dan Analisis

Pengolahan data dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut :

2.2.1 Membuat diagram kesetimbangan massa

Diagram kesetimbangan massa yang dibuat untuk proses produksi tahu. Melalui kesetimbangan massa, akan dilihat jumlah limbah dan penggunaan energi yang dihasilkan dari setiap proses produksi tahu. Tahap membuat diagram dimulai dengan masukan bahan utama dari setiap proses produksi sehingga akan didapatkan massa yang dikeluarkan berupa satuan Kg yang didapat dari penimbangan setiap hasil kegiatan dan Liter didapatkan dari penimbangan menggunakan timba 7,7 Liter. Dimana akan terjadi perubahan massa yang disebabkan oleh masukan bahan tercampur dan keluarannya.

2.2.2 Identifikasi munculnya waste dan limbah

Identifikasi terjadinya *waste* ini dilakukan dengan melihat diagram kesetimbangan massa sebagai acuan. Pada setiap proses produksi dianalisis jumlah masukan dan keluaran serta produk yang dihasilkan pada proses tersebut. Ketetapan pada identifikasi permasalahan berdasarkan objek masukan dikurangi dengan keluaran kedelai dihitung dengan satuan Kg dan air dengan satuan Liter.

2.2.3 Tabel alternatif usulan perbaikan produksi bersih

Dalam membuat tabel alternatif usulan perbaikan akan memerlukan bantuan prinsip produksi bersih. Dimana didalam tabel ini akan dijabarkan setiap permasalahan yang telah teridentifikasi berdasarkan lima kategori prinsip produksi bersih. Selanjutnya akan diberikan usulan perbaikan berdasarkan lima kategori prinsip produksi bersih untuk setiap permasalahan yang timbul dari proses produksi dan akan dianalisis untuk melihat keberhasilan yang akan dicapai melalui produksi bersih.

2.2.4 Analisis usulan penerapan produksi bersih

Usulan ini akan dilakukan dengan pendekatan 5 prinsip produksi bersih yang dilakukan berdasarkan permasalahan yang terjadi dari setiap proses produksi. Analisis usulan ini juga melihat kelayakan usulan dengan lingkup perusahaan agar setiap usulan dapat terlaksanakan secara berkelanjutan, dipantau pula dengan membandingkan penanggulangan yang sudah dilakukan oleh perusahaan untuk dapat membantu proses perbaikan yang tidak berjalan. Penyajian usulan perbaikan akan dilakukan dengan memanfaatkan literature atau penelitian sebelumnya dan belajar dari ahli pemanfaatan limbah industri tahu.

2.3 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil pembahasan dan pengolahan, maka dapat diambil kesimpulan untuk diajukan sebagai masukan perbaikan kepada pihak perusahaan demi mencapai produksi bersih yang berkelanjutan. Adapun saran yang dapat diberikan oleh penulis dari penelitian yaitu penggunaan analisa studi kedepannya berdasarkan hasil penelitian yang sudah dikembangkan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Bagian ini terdiri dari beberapa tahapan yang akan dibahas untuk memberikan usulan konsep produksi bersih pada PT.X

3.1 Pengumpulan data

Proses studi lapangan peneliti akan mendapatkan data-data berupa informasi yang selanjutnya akan lakukan observasi untuk mengumpulkan data yang digunakan untuk pengolahan data. Data primer yang dikumpulkan berupa data yang diambil melalui proses observasi ke tempat pengolahan tahu dan data yang dikumpulkan berupa data proses produksi dari setiap produk tahu yang dihasilkan, data bahan baku, data mesin dan peralatan untuk melihat permasalahan yang ditimbulkan dari perusahaan.

Tabel 1 Data Bahan Baku

No	Bahan Baku	Penggunaan
1	Kedelai	50 kg
2	Air	1000 L
3	Cuka	115,5 L

Tabel 2 Data Peralatan

No	Nama Peralatan	Fungsi
1	Ember 24 L	Rendaman, kedelai tergilang, penampung asam cuka dan tahu
2	Ember 10 L	Pengumpulan limbah tahu
3	Saringan	Pemisah kedelai yang akan digiling dan air sisa rendaman
4	Mesin penggiling	Menghaluskan kedelai
5	Mesin pompa air	Penghantar air
6	Penampung pemasakan	Tempat pemasakan kedelai
7	Tali	Mengikat kain saat proses penyaringan
8	Centong	Penetral asam cuka
9	Papan pengepresan	Mencetak sekaligus meminimkan kadar air pada tahu
10	Kain ayakan	Penyaringan kedelai dan sari kedelai
11	Kain peras	Pembungkus tahu yang menggupal untuk di peras
12	Balok beban	Mempercepat proses pemerasan
13	Timba 7,7 L	Pengambilan cuka dari ember
14	Pisau	Pemotong tahu
15	Meteran kayu	Alat bantu pemotongan tahu
16	Meteran besi	Alat bantu pemotongan tahu
17	Penghantar Uap	Pemasakan air menjadi uap untuk proses pemasakan kedelai
18	Kayu	Energy bahan bakar
19	Penampung air	Menampung air yang akan digunakan untuk proses produksi
20	Pipa air	Membuang air yang ada dalam penampung masak
21	Karung	Pengumpulan limbah tahu
22	Papan pemotongan	Alas pemotongan tahu
23	Timbangan	Pembagian tahu menjadi 6 kali naik

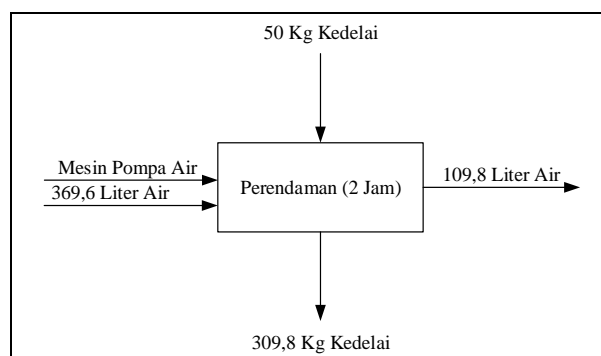
Data peralatan serta mesin yang dipakai digunakan melihat energi yang dipakai selama proses produksi berlangsung.

3.2 Pengolahan Data dan Analisis

Pengolahan data terdiri dari beberapa tahapan yaitu:

3.2.1 Diagram Kesetimbangan Massa

Proses pembuatan tahu terdiri dari 7 proses yang secara bertahap. Perendaman dilakukan dengan cara kedelai dengan jumlah satu karung atau setara dengan 50 Kg akan dipisahkan ke dalam 6 ember untuk 6 kali penggilingan. Berikut merupakan contoh awal dan akhir proses pembuatan tahu.



Gambar 2 Diagram Kesenjangan Massa Perendaman

Kedelai yang digunakan sebanyak 50 Kg akan direndam menggunakan air sebanyak 369,6 Liter selama dua jam dan akan mengeluarkan *output* sebanyak 109,8 Liter dan akan dialirkan kesungkan sebagai bentuk pembuangan yang tidak digunakan kembali. Rekomendasi produksi bersih akan dilakukan berupa perencanaan pembuatan penampung air yang nantinya akan didaur ulang untuk dapat digunakan kembali sebagai air pencucian. Kedelai yang sudah mengembang sebanyak 309,8 Kg kedelai akan digunakan untuk proses penggilingan. Adanya perubahan massa pada masukan kedelai serta keluaran yang digunakan untuk proses penggilingan dikarenakan kedelai yang direndam akan menghisap air rendaman sehingga kedelai tersebut akan mengembang dan akan menambah berat serta kedelai akan empuk dan mudah digiling.

3.2.2 Identifikasi Munculnya Waste dan Limbah

Limbah yang dihasilkan dari proses produksi tahu berupa limbah air, kedelai tumpah, ampas kedelai dan *whey* tahu yang tidak dapat dihindari dari setiap proses produksi. Limbah yang dihasilkan tersebut akan di rekapitulasi dan dapat dilihat dalam tabel 3 rekapitulasi jumlah limbah proses produksi tahu.

Tabel 3 Rekapitulasi Jumlah Limbah Proses Produksi Tahu

No	Jenis	Material	Satuan	Jumlah
1	Limbah padat	Kedelai tumpah	Gram	5
		Ampas	Kg	168
2	Limbah cair	Air	Liter	109,8
		Air tercecer	Liter	15,4
		Air terbuang (<i>whey</i>)	Liter	953
		Asam cuka	Liter	246,6

3.2.3 Tabel Alternatif Usulan Perbaikan Produksi

Usulan produksi bersih ini dapat dilakukan dengan menggunakan 5 prinsip penerapan produksi bersih yaitu *good house keeping*, perubahan material *input*, perubahan teknologi, perubahan produk dan *on-sitereuse*.

Tabel 4 Usulan Penerapan Produksi Bersih Kelayakan Lingkungan

No	Permasalahan	Penyebab	Akibat	Usulan Produksi Bersih	Deskripsi Dari Usulan Perbaikan
1.	109,8 Liter air terbuang	Banyaknya air yang terbuang	Banyaknya pencemaran ekosistem air sungai akibat larutan zat organik yang dihasilkan oleh kedelai pada proses perendaman	<i>Site On-Reuse</i>	Pembuatan bak penyaringan air untuk mendapatkan air bersih yang digunakan kembali sebagai air perendaman dan pencucian.
2.	5 gram kedelai tercecer	Cerobong Ms.Penggiling terlalu kecil untuk menampung kedelai dalam sekali naik	Kedelai tercecer dilantai	<i>Good House Keeping</i>	Memodifikasi corong pada mesin penggiling agar dapat menampung kedelai lebih banyak dan corong pas dengan diameter ember yang digunakan untuk mengangkat sehingga kedelai tidak keluar dari daerah diameter ember.
3.	Lantai produksi basah dan licin karena 15,4 Liter air tercecer	Air yang tumpah ketika proses produksi	Kecelakaan kerja	<i>Good House Keeping</i>	Diterapkannya SOP, pekerja diberikan Alat Pelindung Diri (APD) dan diberikan saluran atau pipa air untuk dapat dialirkan kedalam tangka perebusan.
4.	Uap air yang membuat ruangan panas	Tidak adanya cerobong asap atau uap	Ruangan panas dan atap penyangga kayu dapat cepat rapuh karena uap air.	Perubahan Teknologi	Renovasi atap pabrik, membuat cerobong asap atau pentilasi agar uap air dapat keluar ruangan.
5.	268 Kg ampas kedelai	Produksi tahu hanya menggunakan sari kedelai	Ampas tahu letakkan diluar pabrik berhari-hari tanpa tindakan lanjut. Sebagian diberikan kepada masyarakat yang meminta namun sebagiannya lagi dibiarkan diruangan terbuka.	<i>Site On-Reuse</i>	Menjadikan ampas tahu sebagai tepung pengganti tapioca dan ampas bias dijual kepada pemilik pakan ternak.
6.	963 Liter air terbuang (<i>whey</i>)	Tidak digunakan kembali dan	Pencemaran sungai akibat za-zat kimia	<i>Site On-Reuse</i>	Pemanfaatan limbah cair sebagai pupuk cair dan <i>nata</i>

dialirkan langsung kesungai	yang dikeluarkan oleh asam cuka serta bau busuk tercium dari sungai	<i>de soya</i> dengan penambahan bakteri <i>Acetobacter Xylinum</i>
-----------------------------	---	---

Tabel 4 merupakan limbah yang dianalisis kelayakan lingkungan yang dapat digunakan kembali untuk dijadikan bahan masukan baru atau *input* produk baru. Terdapat 3 alternatif yang dapat diberikan usulan perbaikan yaitu Perubahan Teknologi, *site on-reuse* dan *good house keeping*. Berikut ini merupakan tabel yang akan menganalisis kelayakan teknis didalam perusahaan yang mempertimbangkan alternatif perubahan produk serta *good house keeping*.

Tabel 5 Usulan Penerapan Produksi Bersih Kelayakan Teknis

No	Permasalahan	Penyebab	Akibat	Usulan Produksi Bersih	Deskripsi Dari Usulan Perbaikan
1.	Tidak adanya metode memilah bahan baku yang kualitasnya lebih baik dan rusak sebelum perendaman	Pencampuran kedelai yang menyebabkan beberapa kedelai dengan kualitas kurang baik juga digunakan.	Kualitas kedelai kurang baik.	<i>Good House Keeping</i>	Tidak adanya metode memilah bahan baku yang kualitasnya lebih baik dan rusak sebelum perendaman
2.	Tidak adanya proses pencucian terhadap kedelai	Pekerja menganggap kedelai sudah dalam keadaan bersih.	Apabila kurang bersih maka tahu yang dihasilkan akan cepat menjadi asam.	<i>Good House Keeping</i>	Kedelai yang telah menjalani proses penyortiran akan dicuci yang bertujuan untuk melunakkan struktur kedelai yang masih keras dan padat. Kemudian untuk kedelai yang telah melewati proses perendaman untuk mendapatkan tekstur lunak akan dicuci berkali-kali. Kedelai yang kurang bersih akan menyebabkan tahu menjadi cepat asam. Kedelai yang direndam akan dibuang airnya kemudian dicuci kembali sebanyak 4 kali dan setiap pencucian menggunakan 60L air mengalir [10].
3.	Tidak adanya pemisahan antara ampas dan kedelai yang mengembang ketika perendaman	Tidak ada tempat untuk pemisahan dan pekerjaan akan bertambah	Ampas akan tergiling bersama dengan kedelai	<i>Good House Keeping</i>	Menyediakan keranjang terpisah yang dapat dilalui ampas kulit dan kerikil yang ada pada kedelai setelah perendaman dan pencucian agar kedelai bersih dari ampas. Ukuran keranjang yang digunakan dapat berukuran besar dengan diameter hamper sama dengan ukuran cerobong mesin penggiling yang dimodifikasi, dimana ukuran keranjang sebesar tinggi 23 cm, diameter atas keranjang 40,6 cm dan diameter bawah keranjang 31 cm.
4.	Ruang produksi yang bising	Mesin yang digunakan saat produksi mengeluarkan bunyi yang keras dan ruang produksi yang terbuka	Pekerja kurang konsentrasi, pendengaran yang terganggu dan komunikasi antar pekerja yang kurang jelas ketika produksi berlangsung	<i>Good House Keeping</i>	Menurut KEP.51/MEN/1999, kebisingan merupakan semua suara yang tidak dikehendaki yang sumber dari alat-alat proses produksi atau alat kerja pada tingkat tertentu yang dapat menimbulkan tingkat pendengaran. untuk mengendalikan kebisingan pada pekerja dengan member alat perlindungan diri. Menurut. Besarnya reduksi kebisingan sampai batas aman yang telah ditetapkan [9] yaitu 85 dB (disaBell) untuk 1-8 jam kerja. Pengendalian kebisingan yang sesuai untuk proses penggilingan dan ms. uap yaitu memasang ear plug (penyumbat telinga) yang dapat mereduksi hingga nilai batas 85 dB [11].
5.	Merokok diruang produksi	Tidak ada peraturan atau pengawasan	Tempat kerja tidak higienis	<i>Good House Keeping</i>	Pekerja kerap kali merokok diruangan produksi hal ini terjadi karena tidak adanya peraturan dan pengawasan ketat dari

		ketat dari pemilik pabrik			pemilik pabrik. Maka, diharapkan untuk dapat membuat SOP dengan pengawasan yang ketat dari perusahaan. Ada pekerja yang cenderung tidak menggunakan baju atau pakaian. Hal ini dapat merusak citra baik perusahaan makanan dimana pekerja beraktivitas dalam ruangan yang bias disebut dengan suhu panas dan mengeluarkan keringat, hal ini dianggap kurang higienis mengingat tidak ingin adanya keringat yang terjatuh kedalam pemasakan. Maka, diharapkan pemilik dapat memperketat pengawasan SOP tentang tata cara berpakaian yang benar saat proses produksi yang berlangsung dan hal tersebut dapat memberikan kekurangan dalam keselamatan kerja dimana potensi pekerja terpapar suhu panas pemasakan lebih sedikit.
6.	Pekerja cenderung tidak menggunakan baju saat proses produksi	Tidak ada peraturan dari pemilik pabrik	Kecelakaan kerja dan proses produksi tidak higienis	<i>Good House Keeping</i>	
7.	Kurangnya kesadaran diri terhadap keselamatan kerja	Pekerja menganggap dapat menjaga diri dari kecelakaan kerja	Terjadinya kecelakaan kerja tanpa disadari.	<i>Good House Keeping</i>	
8.	Pekerja tidak memakai APD saat pembakaran	Tidak tersedianya APD di pabrik	Kecelakaan kerja dan paparan suhu panas ketubuh akibat dari pembakaran	<i>Good House Keeping</i>	
9.	Adanya jelaga akibat pembakaran kayu uap	Penggunaan kayu yang banyak menghasilkan asap yang tebal.	Pabrik akan terlihat kumuh akibat jelaga yang memberikan warna hitam terhadap dinding akibat paparan asap dari proses pembakaran kayu untuk penguapan	Perubahan Teknologi	Pemilik juga mengatakan bahwasanya sering terjadi kehabisan bahan baku pembakaran seperti kayu akibat tidak adanya stok dari supplier, hal ini akan berakibat produksi tidak berjalan lancar bahkan bisa tidak adanya produksi yang berjalan dalam beberapa hari. Usulan perbaikan yaitu penggunaan masker hidung dan mulut agar pekerja terhindar dari paparan asap yang mengganggu kesehatan serta penggunaan steam boiler untuk pemasakan sistem uap lebih efisien dalam mengurangi penggunaan kayu sebesar 50%. Industri kecil dan menengah sudah banyak memanfaatkan sistem steam boiler pada proses pengolahan dan pemanasan sebagai penghantar uap air [12].
10.	Terjadinya kehabisan bahan baku pembakaran	Tidak adanya pengawasan dari pekerja dan stok dari supplier kayu	Produksi tidak berjalan lancar		
11.	Pekerja tidak menggunakan sarung tangan saat memotong	Tidak tersedia sarung tangan di pabrik	Tahu tidak terjaga kebersihannya	<i>Good House Keeping</i>	Pada proses pemotongan, pekerja dominan menggunakan tangan langsung. Hal ini disebabkan karena di pabrik tidak disediakan sarung tangan untuk menjaga kebersihan tahu dari tangan pekerja. Menurut 1096/MenKes/PER/VI/2011[12], Higienensanitasi makanan merupakan upaya untuk mengendalikan faktor makanan, perorangan, tempat dan peralatan yang digunakan dapat atau menimbulkan penyakit serta gangguan kesehatan. Pada peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia BAB II bagian C dan D, bahwa perorangan harus melindungi diri agar tidak berkontak langsung dengan makanan menggunakan alat sarung tangan plastik sekali pakai (disposal), penjeput makanan dan sendok garpu serta perusahaan harus menyediakan tempat pencucian peralatan dan tempat penyimpanan peralatan yang terlindungi dari serangga, tikus dan hewan lainnya.
12.	Tidak adanya jadwal masuk kerja, istirahat dan pembersihan tempat kerja	Tidak adanya peraturan ketat dari pemilik pabrik	Pekerja sering hadir tidak tepat waktu dan sering terjadi pemotongan gaji terhadap pekerja yang hadir tidak tepat waktu	<i>Good House Keeping</i>	Hampir setiap hari ada pekerja yang datang terlambat dikarenakan tidak adanya peraturan yang diterapkan sehingga terjadinya pemotongan gaji terhadap perorangan pekerja yang telat. Oleh karena itu diharapkan dapat membuat jadwal masuk serta penumpukan alat yang tidak perlu serta ruang produksi yang tidak

13.	Penumpukan barang-barang yang tidak terpakai	Tidak adanya peraturan atau petunjuk peletakan dan penyimpanan di pabrik	Barang tercecer diruang produksi	<i>Good House Keeping</i>	terpakai disarankan untuk menggunakan ruangan semaksimal mungkin, pembersihan ruang kerja sehingga tidak kotor dan nyaman, pembuatan SOP yang menjadi acuan pekerja melakukan pembersihan ruangan dan pemantauan kinerja karyawan [13]; [14]).
-----	--	--	----------------------------------	---------------------------	--

Tabel 5 merupakan limbah yang dianalisis kelayakan Teknis yang dapat menjadi saran bagi perusahaan untuk dapat melengkapi peralatan yang dapat membantu pekerja terhindar dari kecelakaan kerja dan membantu dalam peletakan barang produksi agar pabrik terlihat rapi.

3.2.4 Analisis Usulan Penerapan Produksi Bersih

Penanganan dari pihak perusahaan sendiri kurang dijalankan atau tidak adanya penanganan sama sekali, sehingga apabila diterapkan produksi bersih sesuai dengan tabel 5 dijalankan secara berkala maka akan meminimalisir limbah yang terjadi serta sistem kerja akan tertata rapi sebagaimana mestinya. Berdasarkan analisis dari 3 alternatif perbaikan dengan 19 saran produksi bersih yang cocok diterapkan pada perusahaan. Dari kelima prinsip produksi bersih akan dijabarkan penanganan yang sudah dilakukan perusahaan yaitu:

Tabel 6 Penanganan Yang Sudah Dilakukan Perusahaan

No	Prinsip	Penjabaran Penanganan Yang Dilakukan Sekarang	Usulan Perbaikan Produksi Bersih
1.	<i>Good house keeping</i>	Belum ada tanggapan untuk penanganannya, hanya saja pemilik pabrik memberikan teguran berupa penguangan gaji terhadap pekerja pabila datang bekerja lewat dari jam 09.00 WIB. Sehingga harus dilakukan perbaikan bada prinsip <i>good house keeping</i> untuk meningkatkan produktivitas produksi.	Adanya perbaikan pada proses produksi, perubahan modifikasi cerobong ms. Penggiling, penyediaan sarana Alat Pelindung Diri (APD), penyediaan SOP perusahaan.
2.	Perubahan material <i>input</i>	Pada proses produksi tahu tidak menggunakan bahan yang berbahaya karena cuka yang digunakan merupakan cuka alami dari perasan tahu	Tidak ada perubahan yang dilakukan
3.	Perubahan teknologi	Perubahan dapat berupa modifikasi pada mesin penggilingan atau penggunaan peralatan otomatis karena memiliki corongan dengan kapasitas produksi yang sedikit.	Penyediaan sarana penunjang proses produksi, penggunaan <i>steam boiler</i> ,
4.	Perubahan produk	Telah dilakukan perbaikan berupa pemakaian cuka alami yang dihasilkan dari produksi sebelumnya sehingga mengurangi penggunaan cuka dengan bahan kimia yang berbahaya	Tidak ada perubahan yang dilakukan
5.	<i>On-site reuse</i>	Tidak ada perbaikan yang dilakukan perusahaan sehingga perlunya dilakukan produksi bersih untuk mengurangi limbah yang dihasilkan	Daur ulang air pencucian dan perendaman dengan bak instalasi daur ulang air, memberikan ekonomi tambahan dengan menjual limbah padat serta menjadikannya tepung kedelai yang dapat menghasilkan lapangan kerja yang baru.

Dapat dilihat pada table 6 terdapat beberapa penanganan yang sudah dilakukan perusahaan untuk menerapkan produksi bersih pada PT X. hal tersebut diharapkan dapat terus dilakukan secara berkelanjutan agar Produksi Bersih dapat memberikan dampak positif dalam menghasilkan perusahaan dengan zero waste.

4. KESIMPULAN

Adapun kesimpulan yang dapat diambil oleh penulis dari hasil penelitian yaitu limbah yang terbentuk dari produksi tahu berupa limbah padat yaitu kedelai tumpah sebanyak 5 gram dan ampas sebanyak 168 Kg, sedangkan limbah cair yaitu air sebanyak 109,8 L, air tercecer sebanyak 15,4 L, air terbuang (whey) sebanyak 953 L dan asam cuka sebanyak 246,6 L. Produksi bersih menyelesaikan permasalahan dengan 19 solusi perbaikan dari setiap proses dan sistem kerja pada PT.X menggunakan 3 alternatif perbaikan yaitu *good house keeping* untuk memperbaiki sistem kerja pada perusahaan.

Perubahan teknologi untuk penggunaan waktu yang lebih produktif, meminimalkan penggunaan bahan baku, mengurangi kecelakaan kerja pada pekerja dan mengurangi limbah yang dihasilkan. Site on-reuse yaitu penggunaan kembali limbah yang dihasilkan sebagai input produksi lainnya dan dijual kembali untuk menambah keuntungan.

REFERENCES

- [1] Damajanti, N., & Ubaidillah, S. (2023). Penyisihan COD dan TSS pada Limbah Cair Industri Tahu dengan Kombinasi Metode Elektrokoagulasi dan Filtrasi Menggunakan Media Biji Asam Jawa (*Tamarindus indica* L.). *Prosiding Seminar Nasional Teknik (SENATEK)*. Vol 6. pp 62-66.
- [2] Rismawati, D., Thohari, I., & Rochmalia, F. (2020). Efektivitas Tanaman Kayu Apu (*Pistia stratiotes* L.) dalam Menurunkan Kadar BOD5 dan COD Limbah Cair Industri Tahu. *Jurnal Penelitian Kesehatan Suara Forikes*. 11(2):186.
- [3] Shuaiyin, Ma, et al. (2024). Industry 4.0 and cleaner production: A comprehensive review of sustainable and intelligent manufacturing for energy-intensive manufacturing industries. *Journal of Cleaner Production*. Vol. 456.
- [4] Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia. (2018) *Nilai Ambang Batas Faktor Fisika Di Tempat Kerja*, Jakarta.
- [5] Hadibarata, T., & Chia, Xing. K., (2021). Cleaner production: a brief review on definitions, trends and the importance in environment protection. *Environmental and Toxicology Management*. 1(2):23-27
- [6] Susanto, N., & Putranto, T.T., (2022). Pengukuran Tingkat Eko-Efisiensi Batik Cap Menggunakan Metode Life Cycle Analysis (Studi Kasus: Batik Encim pada Kampong Batik Kauman Pekalongan). *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 3(20). pp. 654-664. <https://doi.org/10.14710/jil.20.3.654-664>
- [7] Juliano, D.S.L, et al. (2022). Assessing the economic and environmental performance of cleaner production practices in eucalyptus planted forests using life cycle assessment. *Journal of Cleaner Productio*. Vol. 380. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.134757>
- [8] Fajar, I. A., Nugraha, H. S., & Hadi, S.P. (2024). Analisis Penerapan Produksi Bersih: Studi Kasus Pabrik Tahu Eco Dalam Pengelolaan Lingkungan. *Jurnal Ilmu Administrasi Bisnis*. 2(13).
- [9] Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia. (2011) *Higiene Sanitasi Jasaboga*, Jakarta.
- [10] Fadhil, A., Taib, G., & Nazir, N. (2021). Analisis Manajemen Strategi Pengembangan Industri Tahu Skala Menengah Dikota Padang. *Jurnal Teknologi Pertanian Andalas*. 2(25).
- [11] Atina, I. S. (2020). Analisis Tingkat Kebisingan Di Lokasi Industri Rumah Tangga Pembuatan Tahu Dan Tempe Kabupaten Ogan Komering Ilir. *Journal Online of Physics*. 2(5). 22-27
- [12] Feri, et al. (2023). Rancang Bangun Boiler untuk Modernisasi pada Industri Tahu dengan Menggunakan Autodesk Inventor. *Jurnal Inovasi Mesin*. 5(1):1-6
- [13] Indrasti, Nastiti Siswi dan Anas Miftah Fauzi. (2021) *Produksi Bersih. Pertama*. IPB Press.
- [14] 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*. 2(32).