

**EVALUASI PROSES PRODUKSI INDUSTRI TAHU, TEMPE, DAN TEMPE
GEMBUS BERBASIS PRODUKSI BERSIH PADA HOME INDUSTRY DI
DESA BUMI NABUNG BARU, KECAMATAN BUMI NABUNG
KABUPATEN LAMPUNG TENGAH**

(TESIS)

OLEH:

**ZUHROTUL MUJAYYANAH
2124051003**



**MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2023**

ABSTRACT

EVALUATION OF TOFU, TEMPE, AND TEMPE GEMBUS PRODUCTION PROCESS BASED ON CLEANER PRODUCTION IN HOME INDUSTRY IN BUMI NABUNG BARU VILLAGE, BUMI NABUNG SUB-DISTRICT, LAMPUNG CENTRAL DISTRICT

By

ZUHROTUL MUJAYYANAH

Mr. Imam's tofu and tempeh industry produces 2 main types of products, namely tofu and tempeh and tempe gembus as a product of processing by-products. The purpose of this study was to evaluate the performance of Mr. Imam's tofu and tempeh industry, determine alternative improvements to several problems, and test the economic feasibility of implementing alternative improvement scenarios. The method used in this study is a quick scan. The data obtained is presented in the form of a mass balance and graphs. The results showed that the performance of Mr. Imam's tofu and tempeh industry was not optimal as indicated by the main problem that is still being faced, namely the use of water which is still high, which is as much as 2,251.68 liters so that it has an impact on the high volume of waste produced, which is as much as 2,251.68 liters. Other problems encountered include the use of waste that is not optimal and the use of iron in the tofu cooking process which can reduce product quality. Alternative suggestions for improving waste management in Pak Imam's tofu and tempeh industry are by increasing the efficiency of water use through implementing good housekeeping, utilizing solid waste and liquid waste for animal feed and organic fertilizer, and replacing equipment with stainless steel. The scenario for implementing cleaner production shows an efficiency in water use of 35% or as much as 789.5 liters, a decrease in liquid waste production that is as much as 816.50 liters. Increasing the efficiency of water use and replacing cooking equipment in tofu production can reduce production costs by 32% per year.

Keywords: cleaner production, quick scan, tofu, tempeh, gembus tempeh.

ABSTRAK

EVALUASI PROSES PRODUKSI TAHU, TEMPE, DAN TEMPE GEMBUS BERBASIS PRODUKSI BERSIH PADA HOME INDUSTRY DI DESA BUMI NABUNG BARU, KECAMATAN BUMI NABUNG, KABUPATEN LAMPUNG TENGAH

Oleh

ZUHROTUL MUJAYYANAH

Industri tahu dan tempe Pak Imam memproduksi 2 jenis produk utama, yaitu tahu dan tempe serta tempe gembus sebagai produk dari pengolahan hasil sampingnya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi kinerja industri tahu tempe Pak Imam, menentukan alternatif perbaikan dari beberapa permasalahan, serta menguji kelayakan ekonomi terhadap skenario penerapan alternatif perbaikan. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah *quick scan*. Data yang diperoleh disajikan dalam bentuk neraca massa dan grafik. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kinerja industri tahu dan tempe Pak Imam belum optimal yang ditunjukkan dengan permasalahan utama yang masih dihadapi yaitu adanya penggunaan air yang masih tinggi, yaitu sebanyak yaitu sebanyak 2.251,68 liter sehingga berdampak pada tingginya volume limbah yang dihasilkan, yaitu sebanyak 2.251,68 liter. Permasalahan lain yang dihadapi yaitu berupa pemanfaatan limbah yang belum optimal serta penggunaan besi pada proses pemasakan tahu yang dapat menurunkan kualitas produk. Saran alternatif perbaikan perbaikan pengelolaan limbah pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam yaitu dengan meningkatkan efisiensi penggunaan air melalui penerapan *good housekeeping*, pemanfaatan limbah padat dan limbah cair untuk pakan ternak serta pupuk organik, dan penggantian peralatan dengan *stainless steel*. Skenario penerapan produksi bersih menunjukkan efisiensi penggunaan air sebesar 35 persen atau sebanyak 789,5 liter, penurunan produksi limbah cair yaitu sebanyak 816,50 liter. Peningkatan efisiensi penggunaan air serta penggantian alat pemasakan pada produksi tahu dapat mengurangi biaya produksi sebesar 32 persen per tahun.

Kata kunci: produksi bersih, *quick scan*, tahu, tempe, tempe gembus.

**EVALUASI PROSES PRODUKSI INDUSTRI TAHU, TEMPE, DAN TEMPE
GEMBUS BERBASIS PRODUKSI BERSIH PADA HOME INDUSTRY DI
DESA BUMI NABUNG BARU, KECAMATAN BUMI NABUNG
KABUPATEN LAMPUNG TENGAH**

Oleh

ZUHROTUL MUJAYYANAH

TESIS

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
MAGISTER TEKNOLOGI PERTANIAN**

Pada:

**Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**MAGISTER TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
PROGRAM PASCASARJANA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG**

2023

Judul Tesis : EVALUASI PROSES PRODUKSI INDUSTRI TAHU, TEMPE, DAN TEMPE GEMBUS BERBASIS PRODUKSI BERSIH PADA HOME INDUSTRY DI DESA BUMI NABUNG BARU, KECAMATAN BUMI NABUNG, KABUPATEN LAMPUNG TENGAH

Nama : Zuhrotul Mujiyannah

Npm : 2124051003

Program studi : Magister Teknologi Industri Pertanian

Fakultas : Pertanian



Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.
NIP. 19721006 199803 1 005

Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si
NIP. 19680807 199303 1 002

2. Ketua Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian

Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P
NIP. 19710930 199512 2 001

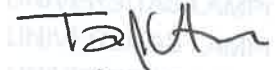
MENGESAHKAN

1. Tim penguji

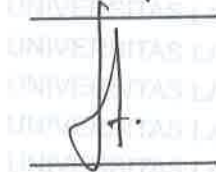
Ketua : **Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A.**



Sekretaris : **Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si.**



Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P.**



Dr. Ir. Suharyono, AS., M.S.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.

NIP 19610201986031002



3. Direktur Program Pasca Sarjana



Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.

NIP 196403261989021001



Tanggal Lulus Ujian Tesis: **13 Juni 2023**

PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Zuhrotul Mujayyanah

NPM : 2124051003

Dengan ini menyatakan bahwa apa yang tertulis dalam karya ilmiah ini adalah hasil karya saya yang dibimbing oleh komisi pembimbing, 1) **Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A** dan 2) **Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si**. Berdasarkan pada pengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Karya ilmiah ini berisi material yang dibuat sendiri dan hasil rujukan beberapa sumber lain (buku, jurnal, dll) yang telah dipublikasikan sebelumnya atau dengan kata lain bukanlah hasil dari plagiat karya orang lain.

Demikianlah pernyataan ini saya buat dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila dikemudian hari terdapat kecurigaan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 14 Juni 2023

Yang membuat pernyataan,



Zuhrotul Mujayyanah
NPM 2124051003

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Bumi Nabung Ilir, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah pada 18 Agustus 1997. Penulis merupakan anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan bapak Muhammad Khusaini dan ibu Umi Khoiriyah.

Penulis memulai pendidikan di SDN 1 Bumi Nabung Baru, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2004. Tahun 2009 penulis menyelesaikan studi di SDN 1 Bumi Nabung Baru. Penulis melanjutkan pendidikan di MTs Mamba'ul 'Ulum Margoyoso, Kecamatan Sumberejo, Kabupaten Tanggamus dan lulus 2013. Penulis melanjutkan studi di MA MA'ARIF NU 5 SEKAMPUNG, Kecamatan Sekampung, Kabupaten Lampung Timur dan lulus 2016. Pada tahun 2016 penulis melanjutkan studi di Perguruan Tinggi Politeknik Negeri Lampung jurusan Budidaya Tanaman Perkebunan dan program studi Produksi dan Manajemen Industri Perkebunan melalui jalur UMPN.

Selama di Politeknik Negeri Lampung, penulis pernah di komunitas Permata Sholawat Polinela sebagai Sekretaris Umum 2016-2018. Unit kegiatan mahasiswa Riset sebagai anggota 2016-2017. Pada 2017 mewakili Polinela dalam lomba MTQMN XV di Malang pada cabang lomba Tartil, selanjutnya pada 2019 kembali mewakili Polinela dalam lomba MTQMN XVI di Aceh pada cabang lomba Tartil.

SANWACANA

Puji syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “Evaluasi Proses Produksi Tahu, Tempe, dan Tempe Gembus Berbasis Produksi Bersih pada Home Industry di Desa Bumi Nabung Baru, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah”. Selama penyusunan tugas akhir ini penulis banyak mendapat masukan dari berbagai pihak baik berupa saran, bimbingan, serta motivasi. Atas jasa berbagai pihak pada kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, DEA., IPM., selaku Rektor Universitas Lampung;
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung;
4. Dr. Sri Hidayati, S.T.P., M.P. selaku Ketua Umum Program Studi Magister Teknologi Industri Pertanian dan Dosen Pembahas.
5. Dr. Erdi Suroso, S.T.P., M.T.A selaku Dosen Pembimbing I, yang telah menyumbangkan pikiran, tenaga dan waktunya dalam pembuatan proposal ini hingga selesai.
6. Dr. Ir. Tanto Pratondo Utomo, M.Si selaku Dosen Pembimbing II, yang telah membantu dan mengarahkan penulis dalam pembuatan proposal ini hingga selesai.

7. Dr. Ir. Suharyono, A.S., M.S. selaku Dosen Pembahas yang telah memberikan saran terbaik.
8. Seluruh Dosen dan Teknisi Fakultas Pertanian yang setia memberikan pembelajaran dan wawasan selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
9. Bapak Imam dan Ibu Tina selaku pemilik industri tahu dan tempe Imam yang telah memberikan kesempatan kepada penulis untuk dapat melakukan penelitian di industri tersebut.
10. Keluargaku, terutama Ayahanda Muhammad Khusaini dan Ibunda Umi Khoiriyah, serta Mbah Putri Suharti dan Mbah Muntiyah, Mbah Kakung Ramelan dan Mbah Sukiran yang selalu memberikan semangat, motivasi serta do'a restu yang selalu mengiringi setiap langkah dan usaha penulis.
11. Ucapan terimakasih juga dihaturkan penulis untuk para senior yang telah memberikan gambaran, saran, bimbingan serta motivasi.
12. Terimakasih kepada teman-teman seperjuangan angkatan 2021 di Magister Teknologi Industri Pertanian yang telah mendukung dalam penulisan proposal tugas akhir ini.

Penulis menyadari dalam penyusunan tugas akhir ini masih jauh dari sempurna dan banyak kekurangan. Saran dan kritik yang bersifat membangun sangat penulis harapkan untuk perbaikan dimasa yang akan datang. Semoga penelitian ini bermanfaat bagi mahasiswa/i Universitas Lampung dan pihak-pihak yang membutuhkan.

Bandar Lampung, 14 Juni 2023

Zuhrotul Mujayyanah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian	4
1.3. Kerangka Pemikiran.....	4
1.4. Hipotesis	5
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Pengertian Industri	6
2.1.1. Penggolongan Sektor Industri	7
2.2. Karakteristik Kedelai (<i>Glycine max-Linn</i>).....	8
2.3. Industri Tahu.....	9
2.4. Industri Tempe	10
2.5. Produksi Bersih	11
2.6. <i>Quick Scan</i>	15
III. METODE PENELITIAN.....	17
3.1. Tempat dan Waktu.....	17
3.2. Alat dan Bahan.....	17
3.3. Metode Penelitian dan Analisis Data.....	17
3.4. Tahapan Penelitian.....	18
3.4.1. Identifikasi Sumber Masalah	18
3.4.2. Evaluasi Penyebab Permasalahan Pada Industri	19
3.4.3. Identifikasi Peluang Perbaikan.....	20

3.5. Analisis limbah cair.....	20
3.5.1. Pengambilan Sampelair Limbah.....	20
3.5.2. Analisis Chemical Oxygen Demand (COD)	21
3.5.3. Analisis Biochemical Oxygen Demand (BOD).....	22
3.5.4. Pengamatan Derajat Keasaman (pH).....	23
3.5.5. Pengamatan Dissolved Oxygen (DO)	23
3.6. Analisis Kelayakan Ekonomi.....	24
3.6.1. Net Present Value (NPV)	24
3.6.2. Internal Rate Of Return (IRR)	24
3.6.3. Net Benefit/Cost Ratio (Net B/C Rasio).....	25
3.6.4. Gross Benefit Cost Ratio (Gross B/C Rasio).....	26
3.6.5. Revenue Cost Ratio (R/C Rasio).....	26
3.6.6. Payback Period (PP).....	27
3.6.7. Break event point (BEP).....	27
3.6.8. Analisis Sensitivitas.....	28
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	29
4.1. Gambaran Umum Industri	29
4.2. Identifikasi Proses Produksi.....	31
4.2.1. Produksi Tempe	31
4.2.2. Produksi Tahu	36
4.2.3. Produksi Tempe Gembus	42
4.3. Identifikasi Efisiensi Penggunaan Air	45
4.4. Identifikasi Limbah.....	46
4.5. Identifikasi Energi.....	56
4.6. Identifikasi Permasalahan Industri.....	58
4.7. Evaluasi penyebab permasalahan	61
4.8. Peluang Perbaikan Industri Tahu dan Tempe milik Pak Imam	63
4.9. Skenario Penerapan Produksi Bersih.....	66
4.9.1. Kondisi Awal Industri Sebelum Penelitian	66
4.9.2. Skenario Penerapan Produksi Bersih	67
4.10. Analisis Kelayakan Ekonomi.....	73
V. KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran.....	78

DAFTAR PUSTAKA.....	79
LAMPIRAN.....	87

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kandungan nutrisi dan fisiokimia kedelai per 100 gram	8
2. Karakteristik limbah cair industri tempe.....	11
3. Rincian aliran air pada proses produksi tempe	35
4. Rincian aliran air pada proses produksi tahu	41
5. Rincian aliran air pada proses produksi tempe gembus.....	44
6. Data hasil analisis kualitas limbah cair dan baku mutu limbah cair industri tahu dan tempe milik Pak Imam.....	52
7. Penggunaan energi manusia untuk produksi tahu, tempe, dan tempe gembus	56
8. Identifikasi jenis dan konsumsi energi	
9. Analisis ekonomi perbaikan industri tahu, tempe, dan tempe gembus tahun 2022	74
10. Analisis sensitivitas kelayakan investasi perbaikan produksi bersih (skenario penurunan produksi).....	75
11. Analisis sensitivitas kelayakan investasi perbaikan produksi bersih (skenario kenaikan harga bahan baku).....	76
12. Perkiraan beban kerja menurut kebutuhan energi	94
13. Cashflow industri tahu dan tempe Imam tahun 2022	97
14. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi kondisi saat ini (data 2022)	98
15. Cashflow industri tahu dan tempe Imam (alternatif perbaikan).....	99
16. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi skenario alternatif Perbaikan.....	100
17. Cashflow penurunan produksi 25%	101
18. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi penurunan produksi 25%.....	102
19. Cashflow penurunan produksi 35%	103
20. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi penurunan produksi 35%.....	104
21. Cashflow penurunan produksi 46%	105
22. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi penurunan produksi 46%.....	106
23. Cashflow kenaikan harga bahan baku kedelai dan minyak goreng 15%.....	107

24. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi kenaikan bahan baku 15%...	108
25. Cashflow kenaikan harga bahan baku kedelai dan minyak goreng 25%.....	109
26. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi kenaikan bahan baku 25%..	110
27. Cashflow kenaikan harga bahan baku kedelai dan minyak goreng 36%.....	111
28. Hasil analisis kriteris kelayakan ekonomi kenaikan bahan baku 38%...	112

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tahap penilaian produksi bersih.....	14
2. Prosedur pelaksanaan metode <i>quick scan</i>	18
3. Evaluasi penyebab: lima hal penyebab timbulnya limbah	19
4. Opsi perbaikan: penerapan pendekatan produksi bersih	20
5. Neraca massa proses produksi tempe	32
6. Neraca massa proses produksi tahu.....	37
7. Neraca massa proses produksi tempe gembus	43
8. Kebutuhan air pada produksi tahu, tempe, dan tempe gembus Industri tahu tempe milik Pak Imam	45
9. Grafik limbah cair produksi tempe	47
10. Limbah cair hasil perebusan biji kedelai.....	48
11. Grafik limbah cair produksi tahu.....	49
12. Limbah padat produksi tahu	50
13. Produksi limbah cair produksi tempe gembus	51
14. Hasil identifikasi permasalahan pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam	59
15. Kolam penampungan limbah cair.....	61
16. Opsi perbaikan pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam.....	64
17. Neraca massa skenario alternatif perbaikan proses produksi tempe	69
18. Neraca massa skenario alternatif perbaikan proses produksi tahu	70
19. Proses ekstraksi bubur kedelai	113
20. Proses pencetakan sari kedelai	113
21. Proses perebusan tahu putih	114
22. Proses penggorengan tahu kuning	114
23. Proses penggilasan kedelai	114

24. Proses perebusan kedelai.....	114
25. Proses pengukusan kedelai	115
26. Proses pendinginan setelah pengukusan.....	115
27. Proses pengepresan ampas kedelai (1)	116
28. Proses pengepresan ampas kedelai (2)	116
29. Proses pengukusan ampas kedelai.....	117
30. Proses packaging ampas kedelai setelah pengukusan	117
31. Bahan baku kedelai	118
32. Kayu bakar	118
33. Sampel limbah cair.....	118
34. Membungkus sampel limbah.....	118

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Industri merupakan salah satu sumber pencemar yang memberikan dampak negatif bagi lingkungan air, udara, maupun darat. Dampak emisi yang ditimbulkan semakin tinggi seiring dengan meningkatnya kegiatan industri. Salah satu industri yang banyak diusahakan oleh masyarakat yaitu industri tahu dan tempe. Jumlah industri tahu di Indonesia pada tahun 2020 yaitu sebanyak 160.000, sedangkan industri tempe yaitu sebesar 81.000 (Badan Pusat Statistik, 2020; Badan Standarisasi Nasional, 2012). Konsumsi tahu dan tempe per kapita juga mengalami peningkatan. Secara rinci, rata-rata konsumsi tahu per kapita pada tahun 2020 yaitu sebesar 0,153 kg per minggu. Jumlah tersebut naik sebesar 3,27% pada tahun 2021 yaitu menjadi 0,158 kg per minggu. Data konsumsi tempe juga mengalami peningkatan, dari data tahun 2020 sebesar 0,140 kg per minggu meningkat sebanyak 4,29%, sehingga data konsumsi tempe pada tahun 2021 yaitu sebesar 0,146 kg per minggu (Badan Pusat Statistik, 2021). Data tersebut memberikan gambaran adanya potensi pencemaran lingkungan akibat peningkatan kegiatan industri yang dilakukan.

Secara umum, permasalahan yang masih dihadapi oleh industri tahu dan tempe sampai saat ini yaitu kurangnya efisiensi sumber daya, terutama penggunaan air dan energi serta pengelolaan limbah yang belum memenuhi standar sehingga berpotensi mengakibatkan pencemaran lingkungan. Adanya produksi limbah serta penanganan yang kurang tepat mengakibatkan timbulnya permasalahan sosial berupa protes dari warga akibat bau limbah serta tercemarnya lingkungan air. Salah satu faktor penyebab permasalahan tersebut yaitu kurangnya

pengetahuan dan kesadaran dari pelaku industri mengenai pentingnya kelestarian lingkungan hidup. Kondisi tersebut diduga juga masih terjadi pada objek penelitian.

Efisiensi penggunaan air selama proses produksi perlu diperhatikan untuk mewujudkan *sustainability* pada suatu industri. Air merupakan salah satu bahan pembantu yang paling banyak digunakan pada industri tahu dan tempe. Secara umum, dalam 1 kg proses produksi tahu membutuhkan air sebesar 22 L, sedangkan kebutuhan air pada proses produksi tempe yaitu sebesar 15,84 L/kg tempe (Jaya dkk., 2018; Sepadawati dkk., 2013). Meskipun lokasi industri tahu dan tempe milik Pak Imam berada di daerah desa, namun efisiensi dalam penggunaan air selama proses produksi tidak boleh dianggap remeh dikarenakan potensi kelangkaan air yang semakin meningkat. Isu kelangkaan air telah menjadi pembahasan pada berbagai pertemuan internasional sejak tahun 1970-an (Martha, 2017). Hal ini dikarenakan ketersediaan air di bumi semakin sedikit seiring dengan meningkatnya berbagai aktivitas manusia yang berdampak pada pencemaran lingkungan. Menurut data dari *United States Geological Survey* (USGS), apabila seluruh air di bumi dibentuk menjadi bola dan disatukan, maka ukuran dari bola-bola air tersebut hanya berdiameter 850 mil (1.385 km) atau hanya sepertiga dari ukuran bulan. Data tersebut menunjukkan bahwa ketersediaan air di bumi hanya sedikit (Martha, 2017).

Dampak lanjutan dari adanya inefisiensi penggunaan air pada suatu industri juga dapat mengakibatkan penambahan volume air limbah. Limbah cair industri dan tempe mengandung bahan pencemar yang dapat menimbulkan dampak buruk apabila dibuang ke lingkungan tanpa pengelolaan yang tepat. Menurut Aji dkk (2016) dan Pakpahan dkk (2021), menyatakan bahwa air limbah hasil proses produksi tahu dan tempe berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan, hal ini dikarenakan komponen pencemar terutama COD dan BOD yang terkandung di dalam limbah masih tinggi. Selain itu, berdasarkan LCA, pengelolaan limbah cair menghasilkan emisi berupa CH₄ dan N₂O. Kandungan protein yang masih tinggi dan kondisi basah cenderung mengakibatkan terjadinya dekomposisi bahan

organik secara anaerob sehingga menghasilkan gas metan (CH_4) (Wahyudi, 2017). Selain permasalahan inefisiensi dan pengelolaan limbah, tentunya masih terdapat berbagai kondisi yang perlu diperbaiki untuk meningkatkan kualitas Industri dari segi produk yang dihasilkan maupun lingkungan.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menangani dampak pencemaran yang ditimbulkan dari kegiatan industri yaitu dengan menerapkan produksi bersih. Produksi bersih merupakan suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang dilakukan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan untuk mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan (UNIDO-UNEP, 2008). Metode produksi bersih telah terbukti dapat mereduksi penggunaan sumber daya yang digunakan selama proses dan juga menghemat biaya (*cost*) yang dikeluarkan sehingga profit yang didapatkan juga akan bertambah. Sebagai contoh pada penelitian Khuriyati *et al.*, (2015) di industri makanan “*Cracker*” menyatakan bahwa dengan menerapkan produksi bersih dapat menghemat penggunaan air sebesar 22,4%, yaitu dari 515 L menjadi 401,5 L. Penerapan lain yaitu pada industri keripik singkong dalam penelitian Rahmadyanti *et al.*, (2016) juga menyatakan bahwa reuse minyak goreng dapat menghemat biaya (*cost*) per tahun sebesar IDR 27.657.600. Selain modifikasi proses, pengelolaan limbah industri secara tepat dapat diubah menjadi sesuatu dengan nilai tambah yang tinggi dan pengurangan biaya untuk kebutuhan energi, sebagai contoh yaitu pada penelitian Wattansilp *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa pengolahan limbah cair industri singkong menjadi biogas dapat mengurangi biaya sebanyak 50% dari total kebutuhan energi.

Berdasarkan beberapa contoh penerapan produksi bersih pada penelitian terdahulu di atas, menunjukkan bahwa metode produksi bersih dapat membantu industri untuk meningkatkan efisiensi sumber daya serta membantu mengurangi dampak negatif limbah bagi lingkungan. Berbagai permasalahan yang saat ini masih dihadapi oleh industri objek penelitian diharapkan mampu diperbaiki dengan menggunakan metode produksi bersih dengan mengidentifikasi permasalahan serta alternatif perbaikan yang dapat diterapkan. Oleh karena itu, dilakukanlah

penelitian “evaluasi proses produksi industri tahu dan tempe berbasis produksi bersih pada *home industry* di Desa Bumi Nabung Baru, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah” untuk memperbaiki kinerja industri baik dari segi proses maupun pengelolaan limbah.

1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengevaluasi proses produksi serta pengelolaan limbah pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam di Lampung Tengah.
2. Menentukan alternatif perbaikan dari permasalahan yang terdapat di industri tahu dan tempe milik Pak Imam di Lampung Tengah.
3. Melakukan uji kelayakan ekonomi terhadap skenario penerapan alternatif perbaikan.

1.3. Kerangka Pemikiran

Menurut Manesa (2020), menyatakan bahwa kegiatan industri tahu dan tempe kapasitas 92 kg per hari dinilai menguntungkan dari segi ekonomi berdasarkan analisis nilai tambah yaitu sebesar Rp64.800/kg kedelai untuk produksi tahu dan Rp37.300/kg kedelai untuk produksi tempe. Nilai tambah industri tahu dan tempe berdasarkan penelitian tersebut dinilai tinggi karena mempunyai nilai lebih dari 40%. Hal ini sesuai dengan pendapat Azmita dkk (2019) yang menyatakan bahwa terdapat tiga rasio nilai tambah, yaitu 1). Rasio nilai tambah <15%, maka nilai tambah tergolong rendah, 2). Rasio nilai tambah 15-40%, maka nilai tambah tergolong sedang, 3). Rasio nilai tambah >40%, maka nilai tambah tergolong tinggi.

Meskipun dinilai menguntungkan dari segi ekonomi, kegiatan industri menimbulkan permasalahan yang perlu diperhatikan. Beberapa permasalahan yang terdapat pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam yaitu diantaranya yaitu berupa inefisiensi penggunaan air, kondisi pengelolaan limbah yang belum

optimal, serta sumber energi pemasakan berupa kayu yang beresiko terhadap kelangkaan serta kenaikan biaya pengadaan. Menurut Bomantoro (2016), menyatakan bahwa berdasarkan identifikasi kegiatan produksi di industri tahu dan tempe ditemukan beberapa permasalahan, diantaranya yaitu permasalahan estetika yaitu berupa timbulnya bau tidak sedap akibat limbah cair yang dihasilkan dan kesulitan sumber energi berupa kayu untuk proses produksi.

Berbagai permasalahan tersebut perlu ditangani dengan pemilihan metode yang tepat. Identifikasi lebih lanjut diperlukan untuk mengetahui kondisi serta permasalahan yang terdapat pada industri tahu dan tempe Imam sehingga dapat ditentukan alternatif perbaikan. Salah satu metode yang dapat diterapkan yaitu produksi bersih. Konsep dasar produksi bersih yaitu minimalisasi limbah dan emisi serta memaksimalkan output produk (Chia dan Hadibarata, 2021). Hal tersebut dilakukan dengan cara mengurangi konsumsi energi dan penggunaan bahan baku agar lebih aman bagi kesehatan dan lingkungan (Bantacut dan Zulaikha, 2015). Produksi bersih dapat menjadi strategi bisnis yang mengikat tiga pilar pembangunan berkelanjutan (*sustainability development*), yaitu menyangkut lingkungan, sosial, dan ekonomi.

1.4. Hipotesis

1. Diduga masih terdapat permasalahan pada pengelolaan limbah di industri tahu dan tempe milik Pak Imam di Lampung Tengah.
2. Perlu dilakukan perbaikan dari permasalahan yang terdapat pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam di Lampung Tengah tersebut.
3. Alternatif perbaikan memberikan keuntungan dari segi kelayakan ekonomi

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pengertian Industri

Industri adalah suatu kegiatan usaha yang dilakukan dengan tujuan untuk menghasilkan suatu barang atau jasa. Menurut Julianto dan Suparno (2016), menyatakan bahwa terdapat beberapa pengertian industri yang berasal dari teori-teori terdahulu dan masih dipakai sampai dengan saat ini dan telah disepakati untuk dijadikan sebagai acuan pengambilan kesimpulan mengenai pengertian industri. Berikut ini merupakan beberapa landasan teori berdasarkan ilmu ekonomi.

a. Ekonomi Makro

Industri adalah suatu proses yang dilakukan oleh perusahaan dalam menciptakan produk yang memiliki nilai tambah.

b. Ekonomi Mikro

Industri adalah sekumpulan perusahaan yang melakukan kegiatan yang sejenis atau menghasilkan barang-barang yang homogen.

Menurut UU RI tahun 1984 pasal 1 tentang perindustrian, menyatakan bahwa industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, atau barang jadi, atau barang jadi menjadi barang yang bernilai ekonomi yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri.” (UU RI No. 5 tahun 1984).

Sedangkan menurut Badan Pusat Statistik (2023), menyatakan bahwa industri adalah suatu kegiatan ekonomi untuk mengubah suatu barang dasar secara mekanis, kimia, atau dengan tangan sehingga barang jadi atau setengah jadi atau suatu kegiatan untuk mengubah suatu barang yang kurang bernilai menjadi barang dengan *added value*

yang terletak pada suatu bangunan atau lokasi tertentu sehingga dapat ditarik kesimpulan bahwa pengertian industri adalah kumpulan dari berbagai aktivitas yang sejenis dan memproduksi barang atau jasa dengan menggunakan tenaga kerja serta peralatan lainnya untuk merubah barang agar dapat mempunyai nilai ekoomi lebih tinggi dalam penggunaaanya.

2.1.1. Penggolongan Sektor Industri

Sektor industri pada umumnya dapat klasifikasikan menjadi beberapa jenis berdasarkan pada bahan baku, tenaga kerja, pangsa pasar, modal, atau jenis teknologi yang digunakan. Menurut Badan Pusat Statistik (2023), menyatakan bahwa sektor industri berdasarkan tanaga kerja, dibagi menjadi tiga yaitu industri besar, industri sedang, industri kecil, dan industri rumah tangga (*home industry*).

a. Industri besar

Industri besar sendiri dapat diartikan, yaitu industri dengan jumlah tenaga kerja lebih dari 100 orang. Ciri industri besar adalah memiliki modal besar yang dihimpun secara kolektif dalam bentuk pemeliharaan saham, tenaga kerja harus memiliki keterampilan khusus, dan pemimpin perusahaan dipilih melalui uji ke-mampuan dan kelayakan (*fit and profer test*).

b. Industri sedang

Industri sedang yaitu industri yang meng-gunakan tenaga kerja sekitar 20 sampai 99 orang. Ciri idustri sedang memiliki modal yang cukup/sedang sampai besar, sedangkan tenaga kerja yang memiliki keterampilan tertentu dan pimpinan perusahaan memiliki kemampuan manajerial tertentu.

c. Industri kecil

Industri yang jumlah karyawan/tenaga kerja berjumlah antara 5–19 orang. Modal relatif kecil karena modal disediakan oleh seorang pemilik atau sekelompok kecil pemilik modal, tenaga kerjanya berasal dari lingkungan sekitar atau masih ada hubungan saudara.

d. Industri rumah tangga (*home industry*) merupakan suatu industri yang dijalankan oleh 1-4 orang (pemilik dan pekerja). Berdasarkan undang-undang Menurut Fawaid dan Fatmala (2020), menyatakan bahwa industri rumah tangga (*home industry*) juga dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan jumlah pekerja, yaitu *home industry* berskala besar, *home industry* berskala menengah, dan *home industry* berskala kecil. *Home industry* berskala besar dijalankan oleh 6 sampai 27 orang pekerja, skala kecil terdiri dari 4 karyawan, dan *home industry* skala kecil terdiri dari 1 orang pekerja.

2.2. Karakteristik Kedelai (*Glycine max-Linn*)

Kedelai yang umum dibudidayakan terdiri dari 2 spesies, yaitu *Glycine max* (kedelai kuning) dan *Glycine soja* (kedelai hitam). Kedua spesies tersebut mempunyai khas masing-masing dan diolah menjadi produk yang berbeda-beda. Kedelai juga mengandung berbagai nutrisi, diantaranya yaitu protein, karbohidrat, antioksidan dan vitamin. Kandungan lainnya yaitu berupa kadar air, kadar abu, serat, dan lemak (Yudiono, 2020). Berikut ini merupakan komposisi fisiokimia pada kedelai impor (Merk Bola).

Tabel 1. Kandungan nutrisi dan fisiokimia kedelai per 100 gram

Komponen	Kandungan	Sumber data
Kadar karbohidrat	30,16 %	Yudiono, 2020
Kadar Serat	6,21±0,09 %	Endrasari <i>et al.</i> , 2017
Kadar Protein	36,80 %	Ginting dkk., 2009
Kadar air	8,34 %	Elisabeth dkk., 2017
Kadar abu	5,52 %	Elisabeth dkk., 2017
Kadar lemak	22,26 %	Elisabeth dkk., 2017
Densitas	0,68 g/ml	Hidayah <i>et al.</i> , 2012
Rendemen	138,40 %	Ginting dkk., 2009

Selain komposisi fisiokimia di atas, kedelai juga mempunyai karakteristik lain berupa bulk density, daya bengkak, kualitas tanak, *water absorption index* (WAI), dan *water solubility index* (WSI). *Bulk density* adalah menggambarkan kerapatan/kepadatan bahan, variabel ini dapat dikaitkan dengan daya serap air

produk. Bulk density tinggi berarti kerapatan juga tinggi sehingga kemampuan menyerap air rendah. Nilai *bulk density* pada kedelai impor (Merk Bola) yaitu sebesar 30,28 % (Yudiono, 2020).

Water absorption index (WAI) merupakan Indeks absorpsi air digunakan untuk mengukur kemampuan produk dalam menyerap air. Nilai *water absorption index* (WAI) kedelai impor (Merk Bola) yaitu sebesar 1,54 mL/g. Hasil ini lebih kecil apabila dibandingkan dengan nilai WAI kedelai lokal yaitu jenis kedelai Dena sebesar 1,93 mL/g, Demas sebesar 2,75 mL/g, Devon sebesar 1,56 mL/g, dan Argomulyo sebesar 2,64 mL/g. Selain itu, karakteristik *water solubility index* (WSI) juga berbeda antara kedelai lokal dengan kedelai impor. Nilai *water solubility index* (WSI) digunakan untuk mengukur besarnya indeks kelarutan bahan di dalam air. Kedelai impor mempunyai nilai WSI sebesar 8,39 mL/g, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan beberapa jenis kedelai lokal seperti Dena yaitu sebesar 4,47 mL/g, Demas sebesar 4,32 mL/g, Devon sebesar 7,63 mL/g, dan Argomulyo sebesar 4,33 mL/g (Yudiono, 2020).

2.3. Industri Tahu

Tahu merupakan salah satu produk olahan yang berasal dari bahan baku kedelai yang diolah dengan melalui beberapa tahap, diantaranya yaitu input bahan baku (kedelai), *milling, boiling, screening, compression, soya bean meal, cutting, frying* (Simanjuntak *et al.*, 2021). Jenis tahu yang sering beredar di pasaran yaitu tahu putih dan tahu kuning. Tahu putih merupakan tahu tanpa pengolahan lanjut yaitu berupa penggorengan, sedangkan tahu kuning merupakan tahu yang telah melalui proses penggorengan.

Output yang didapatkan dari proses produksi tahu tersebut diantaranya yaitu produk utama berupa tahu putih atau tahu kuning, ampas tahu, dan limbah cair (Simanjuntak *et al.*, 2021). Secara umum, ampas tahu sering diolah menjadi gembus atau olahan lain seperti tepung ampas tahu, dan sosis (*grade B*) (Sunartaty dan Nurman, 2021; Sina dkk., 2021). Limbah padat tahu juga mulai

banyak dikembangkan menjadi produk alternatif seperti tambahan nutrisi pakan ternak, tisu, dan *co-substrat* untuk produksi biogas (Yuliantika dan Effendi, 2021; Yanti dkk., 2021; Saputra dkk., 2018).

Selain limbah padat, proses produksi tahu juga menghasilkan limbah cair. Menurut Gazali dkk (2019), menyatakan bahwa limbah cair tahu merupakan sisa air pembuatan tahu yang tidak menggumpal, sehingga menghasilkan air yang kental dan keruh, berwarna kekuningan, dan menghasilkan bau yang tidak sedap. Tahap-tahap proses produksi tahu yang menjadi sumber penghasil limbah cair diantaranya yaitu perendaman, pencucian, perebusan, pengepresan dan pencetakan, dan pencucian alat (Simanjuntak *et al.*, 2021).

2.4. Industri Tempe

Tempe merupakan makanan yang terbuat dari biji kedelai atau beberapa bahan lain yang diproses melalui fermentasi dengan memanfaatkan “ragi tempe” sebagai kultur jamur (Badan Standar Nasional, 2012). Jenis kedelai yang banyak dipakai sebagai bahan baku pembuatan tempe di Indonesia yaitu jenis kedelai impor. Menurut Sekarmurti dkk (2018), menyatakan bahwa pengrajin tempe lebih menyukai kedelai impor dikarenakan memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan kedelai lokal. Preferensi yang digunakan oleh para produsen tempe diantaranya yaitu ukuran kedelai besar, berbentuk bulat, dan berwarna kuning.

Secara umum, produk tempe diperoleh melalui beberapa proses, diantaranya yaitu sortasi, pencucian, perebusan, perendaman, penggilingan, pengukusan, dan fermentasi (Ameliya dan Falakh, 2020). Output yang dihasilkan melalui proses tersebut yaitu produk utama (tempe), kulit kedelai, dan limbah cair. Kulit kedelai didapatkan setelah proses penggilingan dan penyaringan. Kulit kedelai umumnya berjumlah 8% dari jumlah kedelai yang diproduksi (Sepadawati, 2010). Menurut Isnaini dan Purnomo (2020), menyatakan bahwa kulit kedelai mempunyai

kandungan karbon (C) sebesar 29,80%; nitrogen (N) sebesar 0,66%; kadar air 3,11%, dan C/N rasio 24,14%.

Air merupakan bahan pembantu yang paling banyak digunakan selama proses produksi berlangsung. Penggunaan air yang kurang efisien akan berakibat pada tingginya volume limbah cair yang dihasilkan. Limbah cair industri tahu didapatkan hampir dari setiap tahapan proses, yaitu mulai dari pencucian, perendaman, perebusan, penyaringan, dan pengukusan (Sepadawati, 2010). Kandungan limbah cair industri tempe dapat dilihat pada Tabel 3. di bawah ini.

Tabel 2. Karakteristik limbah cair industri tempe

Parameter	Satuan	Konsentrasi
pH	-	4,62 ± 0.1
COD	mg/L	13.850 ± 618
BOD	mg/L	9.200 ± 166
TS	mg/L	13.635 ± 280
TA	mg/L (CaCO ₃)	2.000 ± 86
TN	mg/L	116 ± 4
N-NH ₃	mg/L	81,5 ± 5
SO ₄	mg/L	208 ± 12

Sumber: Fransiscus *et al* (2021)

2.5. Produksi Bersih

United Nations Environment Programme (UNEP) mendefinisikan produksi bersih yaitu sebagai penerapan berkelanjutan dari strategi lingkungan pencegahan terpadu yang diterapkan pada suatu proses, produk, dan layanan untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan dan mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan. Sedangkan *Organization for Economic Cooperation and Development* (OCED) mendefinisikan produksi bersih sebagai suatu teknologi pendekatan penggunaan sumber daya yang paling efektif di semua tahapan siklus produksidan dapat mengurangi limbah serta energi yang digunakan (Chia *et al.*, 2021). Menurut Bantacut dan Zulaikha (2015), menyatakan bahwa produksi bersih merupakan metode preventif untuk mengurangi dampak buruk produk dan produksi terhadap lingkungan.

Setiap bahan baku yang diolah senantiasa akan menghasilkan produk dan hasil samping berupa limbah. Sebagian besar limbah mengandung bahan berbahaya dan beracun. Menurut Indrasti dan Fauzi (2009), menyatakan bahwa terdapat 4 faktor yang perlu diperhatikan dalam mengidentifikasi suatu limbah, antara lain yaitu sumber pembangkit limbah, jumlah limbah berbahaya, tipe limbah dan metode pengolahan serta perawatan limbah yang dilakukan. Tipe sumber pembangkit limbah yaitu sebagai berikut:

1. Tipe I: bahan baku hasil pertanian umumnya terdiri dari komponen utama dan komponen pengotor. Komponen utama merupakan bahan yang ditransformasi dan dikonversi menjadi suatu produk, sedangkan bahan pengotor dibuang sebagai limbah dalam wujud padat, cair maupun gas.
2. Tipe II: merupakan komponen utama dari suatu bahan yang tidak dapat ditransformasi maupun dikonversi menjadi suatu produk sehingga ditemukan dalam bentuk residu.
3. Tipe III: yaitu dihasilkan dari suatu kondisi produksi yang secara tidak sengaja terjadi pada berlangsung kurang optimum sehingga mengubah produk utama menjadi by produk.
4. Tipe IV: merupakan limbah yang dihasilkan dari penggunaan bahan pembantu selama proses produksi berlangsung. Limbah yang dihasilkan akan ditemukan dalam wujud padat, cair, maupun gas.
5. Tipe V: merupakan limbah yang dihasilkan dari produk utama yang telah digunakan oleh konsumen dan telah masuk ke pembuangan karena telah hilang nilai manfaatnya.

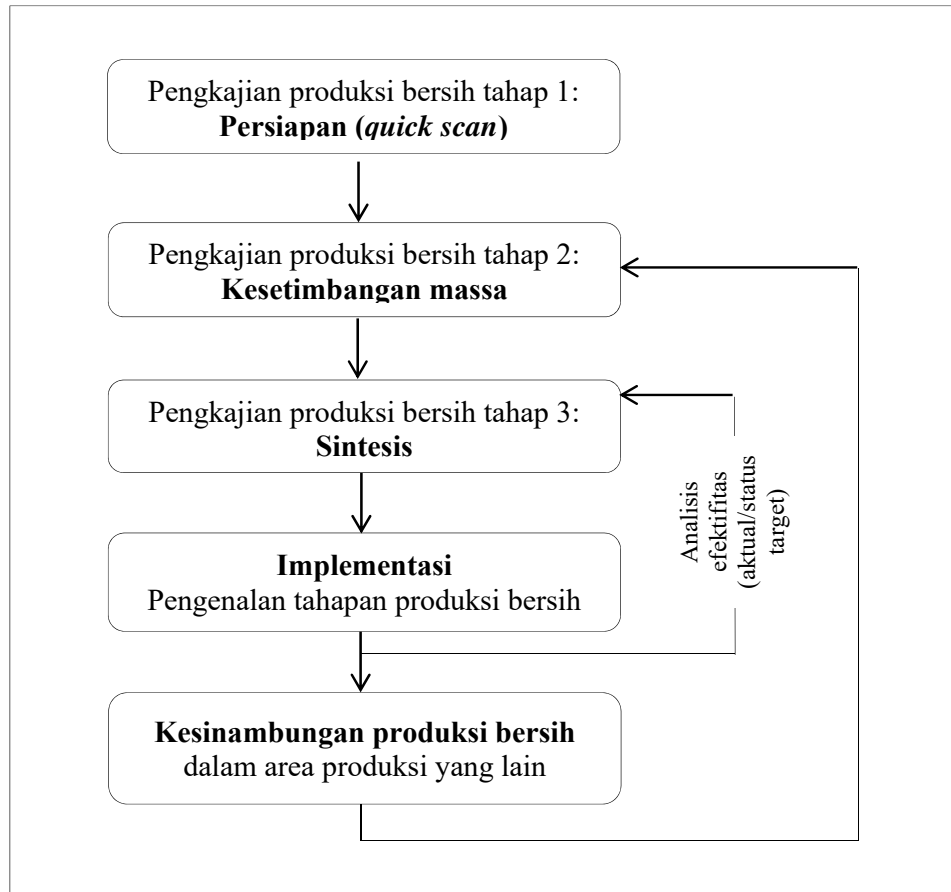
Berdasarkan konsep *Green Engineering*, fokus produksi bersih yaitu pada proses produksi, produk, dan jasa. Aplikasi produksi bersih pada proses produksi mencakup peningkatan efisiensi dan efektivitas dalam pemakaian bahan baku, energi dan sumberdaya lainnya serta mengganti atau mengurangi penggunaan bahan berbahaya dan beracun, sehingga mengurangi dampak emisi yang dikeluarkan (Indrasti dan Fauzi, 2009). Selama proses produksi efisiensi bahan baku dan energi perlu diperhatikan, selain itu juga dilakukan reduksi dan eliminasi

terhadap toksisitas. Strategi berfokus pada produk termasuk menurunkan dampak negatif produk mulai dari bahan baku, proses ekstraksi sampai dengan pembuangan (disposal) (Chia *et al.*, 2021). Upaya penerapan 3R (*reduce, reuse, recycle*) dilakukan secara menyeluruh pada setiap tahapan produksi (Indrasti dan Fauzi, 2009).

Menurut Indrasti dan Fauzi (2009), menyatakan bahwa terdapat beberapa prinsip pokok dalam strategi produksi bersih, diantaranya yaitu:

1. Mengurangi atau meminimumkan penggunaan bahan baku, air, dan energi serta menghindari pemakaian bahan beracun dan berbahaya. Produksi bersih juga mereduksi terbentuknya limbah dari sumbernya, sehingga dapat mengurangi masalah pencemaran lingkungan
2. Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik terhadap proses maupun produk yang dihasilkan, oleh karena itu daur hidup produk perlu dipahami dengan baik.
3. Mengaplikasikan teknologi akrab lingkungan, manajemen dan prosedur standar operasi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan..
4. Dibutuhkan komitmen yang kuat dari pihak manajerial dalam perapan produksi bersih secara berkelanjutan, karena tanpa adanya komitmen dari pihak industri, maka produksi bersih tidak dapat diterapkan dengan baik.
5. Pelaksanaan program produksi bersih lebih mengarah pada pengaturan sendiri (*self regulation*) dan perauran yang sifatnya musyawarah mufakat (*negotiated regulatory approach*) daripada pengaturan secara *command and control*.

Proses dalam menerapkan suatu integrasi sistem perlindungan lingkungan dalam suatu operasi perusahaan dilakukan menurut suatu metodologi yang dikenal sebagai *Cleaner Production Assesment (CP-Assesment)*. Menurut Indrasti dan Fauzi (2009), menyatakan bahwa tahap penilaian produksi bersih terdiri dari 3 tahap pengkajian, diataranya yaitu tahap 1 berupa persiapan, tahap 2 berupa kesetimbangan massa, dan tahap 3 berupa sintesis. Skema penilaian produksi bersih dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 1. Tahap penilaian produksi bersih (Buser dan Jurg, 2002).

Menurut Sumadi dan Hermanuadi (2017), menyatakan bahwa prinsip-prinsip dalam produksi bersih diaplikasikan dalam bentuk kegiatan yang dikenal sebagai 4R, yaitu sebagai berikut:

1. *Reuse* atau penggunaan kembali adalah suatu teknologi yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa mengalami perlakuan fisika/kimia/biologi.
2. *Re-think* atau berfikir ulang merupakan suatu konsep pemikiran yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi, dengan implikasi:
 - a. Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik pada proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk

- b. Upaya produksi bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait pemerintah, masyarakat maupun kalangan usaha
3. *Reduce* atau pengurangan limbah pada sumbernya adalah teknologi yang dapat mengurangi atau mencegah timbulnya pencemaran di awal produksi.
4. *Recovery* adalah teknologi untuk memisahkan suatu bahan atau energi dari suatu limbah untuk kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika/kimia/biologi.
5. *Recycling* atau daur ulang adalah teknologi yang berfungsi untuk memanfaatkan limbah dengan memprosesnya kembali ke proses semula yang dapat dicapai melalui perlakuan fisika/kimia/biologi.

2.6. *Quick Scan*

Quick scan adalah suatu analisis singkat yang diselenggarakan untuk menentukan proses yang paling utama mengenai aliran arus bahan dan energi dalam suatu perusahaan dan untuk menilai kualitas dari proses produksi (Indrasti dan Fauzi 2009). Menurut Zulmi dkk (2018), menyatakan bahwa *quick scan* dilakukan dengan mengidentifikasi suatu proses produksi secara keseluruhan sampai limbah yang dihasilkan. Tujuan dari penggunaan metode *quick scan* yaitu untuk mendapatkan beberapa data berikut ini:

1. Biaya produksi dan pengaruh lingkungan yang utama;
2. Volume yang relatif besar dari masalah material atau pemanfaatan energi;
3. Sumber permasalahan limbah;
4. Potensi pengurangan produksi untuk mengoptimasi proses dengan tujuan *eco-efficiency* dan *cost efficiency*;
5. Persyaratan internal;
6. Kelayakan teknologi yang ditawarkan;

Secara umum, *quick scan* memerlukan waktu selama 12 jam untuk melengkapi data-data yang dibutuhkan pada suatu industri. diskusi awal dan tour perusahaan yang dibuat selama proses operasional direkam dan kemudian melakukan

penilaian dengan bantuan checklist. Setelah *quick scan* telah dilaksanakan, potensi produksi bersih yang dihasilkan digunakan sebagai dasar untuk memutuskan area produksi yang berpotensi untuk penerapan produksi bersih (Indrasti dan Fauzi, 2009).

III. BAHAN DAN METODE

3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di industri tahu dan tempe milik Pak Imam yang berlokasi di Desa Bumi Nabung Baru, Kecamatan Bumi Nabung, Kabupaten Lampung Tengah, dan Laboratorium Analisis Politeknik Negeri Lampung pada Agustus sampai dengan Oktober 2022.

3.2. Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sampel limbah cair tahu, tempe, dan tempe gembus, akuades, H_2SO_4 pekat, K_2CrO_7 , feroin, $MnSO_4$, Nesler A, Nesler B, larutan theosulfat, amilum, $HgSO_4$, dan FAS.

Alat yang digunakan yaitu ember, botol sampel, backer glass, erlenmeyer, gelas ukur, pipet tetes, dan set titrasi. Alat pendukung pengamatan dan pengolahan data diantaranya yaitu handphone, alat tulis, Ms. Excel.

3.3. Metode Penelitian dan Analisis Data

Penelitian dilakukan dengan menerapkan metode produksi bersih yang bertujuan untuk mengidentifikasi permasalahan pada industri tahu dan tempe yang menjadi objek penelitian serta menentukan alternatif perbaikan. Secara keseluruhan, proses identifikasi pada objek penelitian dilakukan dengan menggunakan analisis *quick scan*. Secara teknis, proses pengambilan data dilakukan melalui wawancara serta pengamatan di lokasi penelitian. Data yang dibutuhkan diantaranya berupa

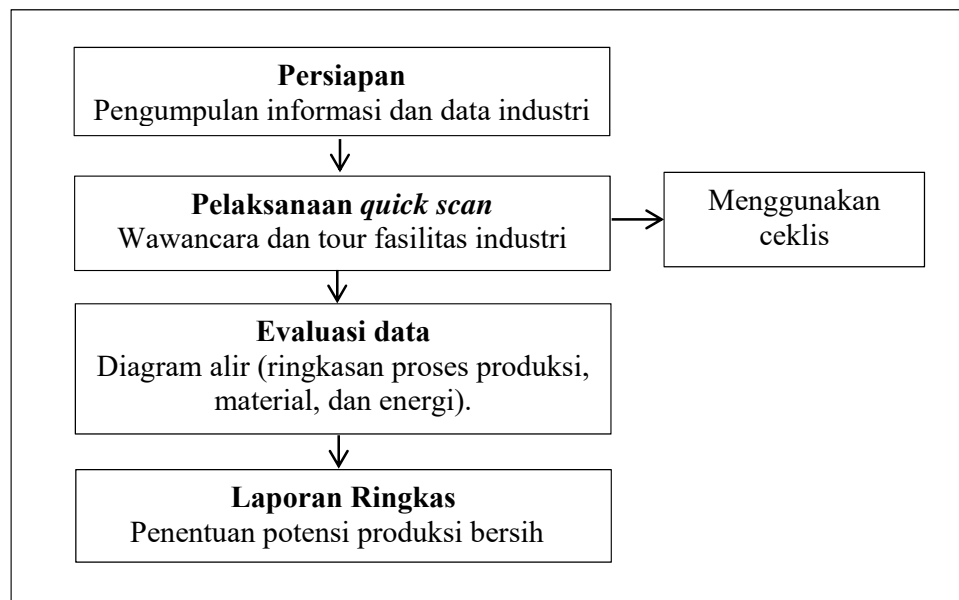
proses produksi, jumlah bahan baku dan energi yang digunakan per hari, penggunaan air, serta karakteristik limbah cair. Selain itu, kondisi lingkungan industri juga diamati untuk digunakan sebagai data pendukung dalam proses identifikasi.

Data yang diperoleh diolah dengan menggunakan metode deskriptif, yaitu dalam bentuk neraca massa dan diagram. Perhitungan data dilakukan secara manual dengan menggunakan software Ms. Excel versi 2010.

3.4. Tahapan Penelitian

3.4.1. Identifikasi Sumber Masalah

Identifikasi sumber permasalahan pada industri dilakukan dengan menggunakan metode analisis *quick scan*. Analisis *quick scan* meliputi pengamatan langsung pada proses produksi: identifikasi aliran bahan dari unit produksi (Indrasti dan Fauzi, 2009). Prosedur pelaksanaan *quick scan* yaitu disajikan pada Gambar 2. berikut ini.



Gambar 2. Prosedur pelaksanaan metode *quick scan* (Indrasti dan Fauzi, 2009).

Ceklis yang dipasangkan digunakan sebagai pencatat efisiensi dari data kunci selama pelaksanaan *quick scan*. Ceklis disajikan sebagai berikut:

Ceklis 1. Informasi umum industri

Ceklis 2. Proses produksi

Ceklis 3. Manajemen energi

Ceklis 4. Manajemen lingkungan

Ceklis 5. Pencegahan kecelakaan dan keselamatan industri

Ceklis 6. Penanganan bahan baku

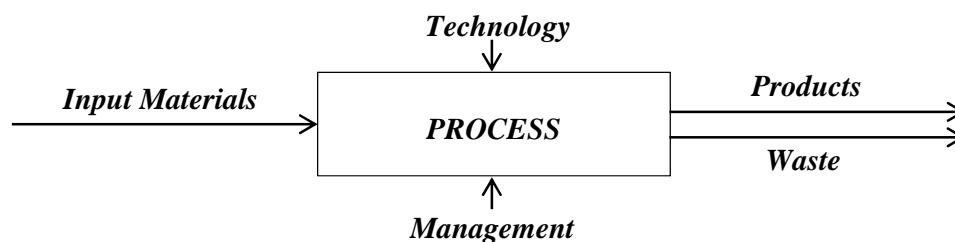
Ceklis 7. Produk

3.4.2. Evaluasi Penyebab Permasalahan pada Industri

Rincian input dan output bahan yang digunakan untuk proses produksi dihitung dan disajikan dalam bentuk neraca massa. Rincian volume dan komposisi dari aliran material perlu dihitung agar dapat dihasilkan keseimbangan massa dari proses produksi sehingga dapat diketahui penyebab timbulnya limbah. Menurut Indrasti dan Fauzi (2009), menyatakan bahwa rumus neraca massa yaitu sebagai berikut:

$$\text{Rumus: } \boxed{\text{Total bahan masuk} = \text{Total bahan keluar} + \text{Produk}}$$

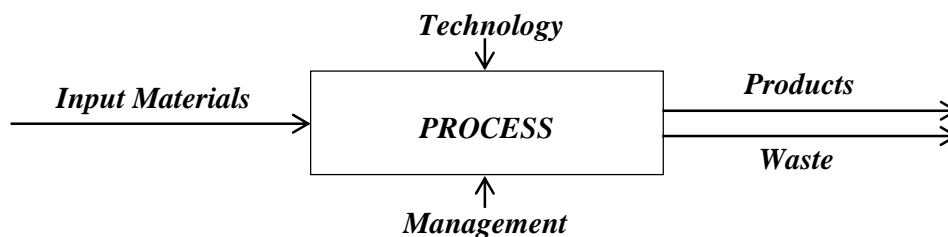
Faktor-faktor yang menyebabkan timbulnya permasalahan pada industri ada 5, diantaranya yaitu bahan masuk (*input materials*), teknologi yang digunakan (*technology*), dan manajemen (*management*), produk (*products*), dan limbah (*waste*) (Bantacut dan Zulaikha, 2019). Evaluasi penyebab timbulnya limbah disajikan pada Gambar 3. berikut ini.



Gambar 3. Evaluasi penyebab: lima hal penyebab timbulnya limbah (Bantacut dan Zulaikha, 2019)

3.4.3. Identifikasi Peluang Perbaikan

Berdasarkan metode produksi bersih, limbah yang dihasilkan dari suatu proses produksi merupakan indikator efisiensi sumber daya yang digunakan. Oleh karena itu, optimalisasi proses perlu dilakukan untuk mengurangi timbulnya limbah (Bantacut dan Zulaikha, 2019). Beberapa opsi peluang perbaikan proses produksi disajikan pada Gambar 4. berikut ini.



Gambar 4. Opsi perbaikan: penerapan pendekatan produksi bersih (Bantacut dan Zulaikha, 2019)

3.5. Analisis Limbah Cair

Analisis karakteristik limbah cair tahu, tempe, dan tempe gembus yaitu berupa COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biological Oxygen Demand*), pH dan suhu. Sampel limbah cair yang digunakan merupakan hasil produksi tahu, tempe, dan tempe gembus. Pengambilan sampel limbah dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu pada saat kondisi produksi rendah, produksi sedang, dan produksi tinggi. Analisis pada parameter COD, BOD, dan DO dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan (triplo) dengan tujuan untuk memperkecil eror sehingga hasil yang didapatkan lebih akurat. Prosedur analisis COD, BOD, DO, pH dan suhu yaitu sebagai berikut:

3.5.1. Pengambilan Sampel Air Limbah

Berdasarkan SNI 6989.59:2008, pengambilan sampel limbah cair dari industri yang belum memiliki IPAL dan tidak memiliki bak equalisasi serta proses produksi yang masih dilakukan secara *batch*, maka teknik pengambilan limbah

dilakukan pada saluran sebelum masuk ke perairan air limbah dengan cara komposit waktu dan proporsional pada saat pembangunan dilakukan. Selain itu juga dilakukan pengambilan sampel pada kolam penampungan air limbah pada titik yang berturbulensi tinggi serta bagian pinggir dan tengah kolam untuk memastikan sampel yang diambil telah rata. Pengambilan sampel limbah dilakukan dengan bantuan alat berupa wadah yang dikaitkan dengan tongkat panjang sehingga dapat menjangkau area yang sulit dijangkau,

3.5.2. Analisis COD (*Chemical Oxygen Demand*)

A. Pengawetan Contoh Uji

Pengawetan contoh uji dilakukan dengan menambahkan H_2SO_4 pekat sampai pH lebih kecil dari 2 dan disimpan dalam mesin pendingin pada suhu $4\text{ }^\circ\text{C} \pm 2\text{ }^\circ\text{C}$, maksimal waktu simpan yaitu 7 hari.

B. Prosedur Digestion

Metode yang digunakan untuk analisis kandungan COD yaitu Metode Spektrofotometri. Volume limbah cair yang digunakan untuk sampel uji yaitu sebanyak 10 mL. Digestion solution sebanyak 6 mL dan asam sulfat sebanyak 14 mL ditambahkan ke dalam sampel limbah cair yang telah dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Selanjutnya, tabung yang telah terisi larutan dikocok sampai homogen. Larutan dalam tabung yang telah homogen kemudian dipanaskan pada suhu 150°C dan dilakukan refluks selama 2 jam.

C. Pembuatan Kurva Kalibrasi

Kurva kalibrasi menyatakan hubungan antara kadar larutan kerja dengan hasil pembacaan adsorbansi yang merupakan garis lurus. Kurva kalibrasi dibuat dengan tahapan sebagai berikut:

- a) Menghidupkan alat dan mengatur panjang gelombang pada 600 nm (warna yang diserap yaitu jingga, sedangkan warna komplementer yaitu biru kehijauan);
- b) Mengukur serapan pada masing-masing larutan kerja kemudian catat dan plotkan terhadap kadar COD;
- c) Membuat kurva kalibrasi dari data pada poin b di atas, kemudian tentukan persamaan garis lurus nya. Apabila koefisien korelasi regresi linier $r < 0,995$, maka periksa kondisi alat dan ulangi langkah seperti di atas hingga diperoleh nilai koefisien $(r) \geq 0,995$.

D. Pengukuran Contoh Uji

Langkah pertama yang harus dilakukan yaitu mendinginkan contoh uji setelah refluks sampai mencapai suhu ruang. Suspensi dibiarkan mengendap dan memastikan yang diukur merupakan bagian yang jernih. Selanjutnya yaitu mengukur serapan contoh uji pada panjang gelombang 600 nm, setelah itu menghitung kadar COD berdasarkan persamaan linear kurva kalibrasi. Rumus perhitungan COD berdasarkan metode spektrofotometri yaitu sebagai berikut:

$$\text{Kadar COD (mg O}_2\text{/mL)} = C \times f$$

Keterangan:

C = Hasil pembacaan kadar COD contoh uji dari kurva kalibrasi, dinyatakan dalam miligram per Liter (mg/L)

f = Faktor pengenceran

3.5.3. Analisis BOD (*Biochemical Oxygen Demand*)

Metode yang digunakan untuk menganalisis BOD limbah yaitu Metode Volumetri. Botol BOD diisi dengan air sampel sampai batas leher botol, kemudian ditambahkan MnSO_4 50% 2 mL dan reagen 2 mL lalu botol ditutup dan dikocok sampai tercampur, setelah itu H_2SO_4 pekat 2 mL ditambahkan dan dikocok dengan membolak-balikkan botol lalu dibiarkan selama 5 menit.

Kemudian 50 mL larutan botol BOD dimasukkan kedalam erlenmeyer dan ditambahkan 1 tetes indikator amilum sehingga larutan berwarna biru, lalu dititrasi dengan larutan theosulfat 0,025N sampai warna biru pada larutan menjadi hilang. Kemudian dicatat seberapa banyak larutan theosulfat 0,025N yang digunakan untuk titrasi, hasilnya merupakan nilai dari BOD₀. Pengujian nilai BOD₅ dilakukan dengan menggunakan prosedur yang sama. Botol BOD dibungkus dengan bantuan kertas gelap dan diinkubasi selama 5 hari pada suhu 20°C.

$$\text{Nilai DO (mg/L)} = \frac{\text{Vol. Titrasi} \times \text{N Theosulfat} \times 1000 \times \text{BeO}_2 \times \text{P}}{\text{volume sampel}} \dots\dots\dots(2)$$

$$\text{Nilai BOD}_5 = (\text{DO}_0 - \text{DO}_5) \dots\dots\dots(3)$$

3.5.4. Pengamatan Derajat Keasaman (pH)

Langkah awal pengukuran pH limbah cair industri tahu dan tempe yaitu dengan menyesuaikan suhu terlebih dahulu antara pH meter dengan sampel yang akan diamati. Tombol suhu pada saat pengukur pH disesuaikan dengan suhu larutan yang akan diperiksa. pH meter dikalibrasi menggunakan larutan penyangga pH 7,00 dan pH 4,00. Kemudian dimasukkan ke dalam sampel (kurang lebih 25 mL) lalu bilas electrode dengan air bebas ion dan dikeringkan menggunakan tisu sebelum pengukuran setiap sampel/larutan penyangga (SNI 06-6989.11-2004).

3.5.5. Pengamatan DO (*Dissolved Oxygen*)

Pengamatan DO meter dilakukan dengan menggunakan alat DO Meter Mi190. Metode pengamatan DO yang digunakan yaitu berdasarkan SNI 06-2425-1991. Prosedur pengamatan nilai DO limbah dengan melakukan kalibrasi alat DO Meter, selanjutnya contoh uji disiapkan dengan memasukkan ke dalam botol KOB secara duplo sampai terisi penuh dan jangan sampai terjadi turbulensi, kemudian botol ditutup. Langkah selanjutnya yaitu memasukkan magnet ke dalam botol KOB, kemudian elektroda (probe) DO-meter dimasukkan ke dalam botol KOB yang berisi contoh uji, nilai oksigen DO akan tertera pada alat DO-meter.

3.6. Analisis Kelayakan Ekonomi

Prioritas alternatif yang telah ditentukan selanjutnya perlu dilakukan analisis kelayakan teknis berupa analisis ekonomi untuk menyeimbangkan pertimbangan antara *cost*, profit, dan perbaikan lingkungan industri yang akan diperoleh. Metode analisis kelayakan ekonomi yang digunakan yaitu sebagai berikut:

3.6.1. *Net Present Value (NPV)*

Net Present Value merupakan selisih antara *benefit* (penerimaan) dengan *cost* (pengeluaran) (Mardiyah dan Supriyadi, 2018).

Rumus dari NPV pendapatan yaitu sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{i=1} \frac{Bt - Ct}{(1 + i)}$$

Keterangan:

Bt : penerimaan tahun ke t

Ct : pengeluaran tahun ke t

Kriteria NPV :

- 1) NPV > 0, berarti untung
- 2) NPV < 0, berarti rugi
- 3) NPV = 0, berarti Impas (keuntungan sama dengan modal atau hanya balik modal tanpa kelebihan keuntungan).

3.6.2. *Internal Rate of Return (IRR)*

Analisis IRR dilakukan untuk melihat tingkat keuntungan yang akan dihasilkan oleh suatu proyek (I and Playen, 2019). IRR sebagai pedoman tingkat bunga bank (*i*) yang berlaku, walaupun sebetulnya bukan *i*, tetapi IRR akan selalu mendekati besarnya *i* tersebut. Rumus perhitungan IRR yaitu sebagai berikut:

$$IRR = I' \frac{NPV}{NPV' + NPV''} (i' - i'')$$

Keterangan:

I' : tingkat bunga yang menghasilkan NPV positif

I'' : tingkat bunga yang menghasilkan NPV negatif

NPV' : NPV positif

NPV'' : NPV negatif

$NPV' + NPV''$: merupakan penjumlahan mutlak

Kriteria IRR:

$IRR >$ Diskont faktor (df), berarti usaha layak

$IRR <$ Diskont faktor (df), berarti usaha tidak layak

3.6.3. *Net Benefit/Cost Ratio (Net B/C rasio)*

Net B/C merupakan angka perbandingan antara total *net benefit* positif yang telah didiskon dengan total *net benefit* negatif yang telah didiskon (Ekowati, dkk, 2016). Rumus Net B/C ratio yaitu sebagai berikut:

$$Net\ B/C\ Ratio = \frac{\sum_{i=1}^n \overline{NB}_i (+) \sum_{t=0}^n (B_t - C_t) / (1+i)^t (+)}{\sum_{i=1}^n \overline{NB}_i (-) \sum_{t=0}^n (B_t - C_t) / (1+i)^t (-)}$$

Keterangan:

B_t = Pendapatan kotor pada tahun i (Rp/tahun)

C_t = Biaya usaha pada tahun i (Rp/tahun)

i = Tingkat bunga yang berlaku di lokasi

n = Umur usaha

t = Tahun (1,2,3,..)

Kriteria Net B/C Ratio, yaitu:

1) Net B/C Rasio $>$ 1, berarti usaha menguntungkan

- 2) Net B/C Rasio < 1 , berarti usaha tidak menguntungkan
- 3) Net B/C Rasio $= 1$, berarti usaha pada kondisi impas (penerimaan sama dengan pengeluaran), atau terjadinya *Break Event Point* (BEP)

3.6.4. *Gross Benefit Cost Ratio* (Goss B/C Rasio)

Goss B/C Rasio (*Gross Benefit Cost Ratio*) merupakan rasio antara jumlah present value benefit (PVB) dengan *present value cost* (PVC). Menurut Ekowati, dkk (2016), rumus dari Goss B/C Rasio yaitu sebagai berikut:

$$\text{Gross B/C} = \frac{\sum \text{Present value benefit}}{\sum \text{Present value cost}}$$

Keterangan:

Present value benefit (PVB)= keuntungan pada waktu tertentu

Present value cost (PVC)= biaya pada waktu tertentu

Kriteria:

Gross B/C bernilai > 1 maka usaha dinyatakan layak

Gross B/C bernilai < 1 maka usaha dinyatakan tidak layak

3.6.5. *Revenue Cost Ratio* (R/C Rasio)

R/C Rasio (*Revenue Cost Ratio*) adalah besaran nilai menunjukkan perbandingan antara penerimaan usaha dengan total biaya (Nugroho dan Mas'ud, 2021). Adapun rumus dari R/C Rasio (*Revenue Cost Ratio*) yaitu sebagai berikut:

$$R/C = \frac{TR}{TC}$$

Keterangan:

R/C= Total *Revenue Cost Ratio*

TR= Total *revenue* (total penerimaan)

TC= Total *cost* (total biaya)

Kriteria kelayakan:

R/C Rasio < 1, berarti tidak layak

R/C Rasio = 1, BEP

R/C Rasio > 1, berarti usaha layak

3.6.6. *Payback Period (PP)*

Payback period dapat diartikan dengan lamanya waktu yang dibutuhkan untuk mengembalikan biaya investasi, *payback period* adalah suatu metode dalam penentuan jangka waktu yang dibutuhkan dalam menutupi initial investment dari suatu proyek dengan menggunakan *cashflow* yang dihasilkan dari suatu proyek tersebut. Menurut Ekowati dkk (2016), rumus perhitungan PP yaitu sebagai berikut:

$$\mathbf{Payback\ Period = n + \frac{a - b}{c - b} \times 1\ tahun}$$

Keterangan:

n = Tahun terakhir *cashflow* belum bisa menutupi nilai investasi

a = \sum nilai investasi

b = \sum kumulatif *cashflow* pada tahun ke-n

c = \sum kumulatif *cashflow* pada tahun ke n+1

3.6.7. *Break Even Point (BEP)*

Analisis *Break Even Point* adalah suatu metode yang mempelajari hubungan antara biaya, keuntungan, dan volume penjualan atau produksi. BEP digunakan untuk mengetahui tingkat kegiatan minimal yang harus dicapai, dimana pada tingkat tersebut perusahaan tidak mengalami keuntungan maupun kerugian (Utami dan Adita, 2019). Ada dua jenis perhitungan BEP, yaitu BEP volume dan BEP harga produksi yang dirumuskan sebagai berikut:

$$\text{a. BEP Unit} = \frac{\text{Total biaya tetap}}{(\text{harga jual} - \text{variabel per unit})} \times 1 \text{ kg}$$

$$\text{b. BEP Rupiah} = \frac{\text{Total biaya tetap}}{1 - (\text{variabel per unit} - \text{harga jual})} \times 1 \text{ Rp}$$

3.6.8. Analisis Sensitivitas

Analisis sensitivitas dilakukan untuk menganalisis dampak dari perubahan nilai parameter yang meliputi nilai variabel dan kendala. Kondisi perubahan yang akan diprediksikan yaitu kenaikan harga bahan baku kedelai serta penurunan harga tahu dan tempe (Adtiria dkk., 2020).

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil evaluasi menunjukkan bahwa masih terdapat beberapa permasalahan pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam, diantaranya yaitu inefisiensi penggunaan air, peralatan produksi kurang higienis, SOP belum dilakukan dengan baik, dan pemanfaatan limbah belum optimal.
2. Alternatif perbaikan efisiensi penggunaan air dapat menurunkan konsumsi air sebanyak 789,5 L dengan persentase penurunan sebesar 35% dari total penggunaan air pada kondisi sebelum penelitian. Produksi limbah cair berkurang sebanyak 816,50 L dengan persentase penurunan sebesar 39%, sehingga total limbah yang dihasilkan yaitu menjadi 1.303,39 L. Saran perbaikan lainnya yaitu pemanfaatan abu hasil pembakaran kayu sebagai tambahan pupuk, limbah cair diolah menjadi pupuk cair organik (POC), serta pemanfaatan air rebusan kedelai untuk tambahan nutrisi ternak.
3. Tingkat kelayakan ekonomi pada skenario perbaikan produksi bersih lebih tinggi dibandingkan dengan kondisi sebelum penelitian. Nilai kriteria kelayakan investasi berupa NPV yaitu sebesar Rp27.174.385,84, IRR sebesar 59%, Net B/C sebesar 1,17, Gross B/C sebesar 1,23, dan BEP Unit (kg/tahun) sebesar 1.701 serta BEP Rupiah/tahun sebesar Rp58.036.460. Selain itu, peningkatan efisiensi penggunaan air serta penggantian alat pemasakan pada produksi tahu dapat mengurangi biaya produksi sebesar 32% per tahun.

5.2. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang produksi biogas untuk mengetahui potensi energi dari limbah cair yang dihasilkan pada industri tahu dan tempe milik Pak Imam.

DAFTAR PUSTAKA

DAFTAR PUSTAKA

- Adtiria, K.V., Kamid, dan Rarasati, N. 2020. Analisis Sensitivitas dalam Optimalisasi Produk Makaroni IKO Menggunakan *Linear Programming*. *Jurnal Matematika dan Pendidikan Matematika*. 3(2): 174-182.
- Aji, P.B., Sunarto, W., dan Susatyo, E.B. 2016. Penurunan Nilai COD Air Limbah Pabrik Tahu Menggunakan *Reagen Fenton Secara Batch*. *Journal of Chemical Science*. 5(2): 115-118.
- Ameliya, N. K., dan Falakh, F. 2020. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Pembuatan Tempe, di Desa Jubang, Kec. Bulakamba, Kab. Brebes, Jawa Tengah. *Jurnal of Enviromental Sustainability*. 1(2): 19-24.
- Artini, N. B., Almi, M., dan Umrah. 2014. Pemanfaatan Limbah Cair Tempe dan Limbah Cair Tahu dengan Menggunakan Inokulum yang Berbeda untuk Produksi Biogas. *Jurnal Biocelebes*. 8(1): 60-64.
- Aryanti, N., Kurniawati, D., Maharani, A., dan Whardani, D. H. 2016. Karakteristik dan Analisis Sensosrik Produk Tahu dengan Koagulan Alami. *Jurnal Ilmiah Teknosains*. 2(2): 73-81.
- Azmita, N., Vonny, I., M., dan Rian, H. 2019. Analisis Nilai Tambah dan Profitabilitas Usaha Tahu Alami di Kecamatan Koto Tengah Kota Padang. *Journal of Socio Economic on Tropical Agriculture*. 1(3): 30-39.
- Badan Penjaminan Mutu . 2019. *Pedoman Pembuatan Standar Operasional Prosedur (SOP)*.
- Badan Pusat Statistik. 2023. Istilah dan klasifikasi industri. BPS Jakarta. 53.
- Badan Pusat Statistik. 2021. *Konsumsi dan Pengeluaran Per Kapita*. BPS Jakarta. 1-4.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Perkembangan Industri Mikro*. BPS Jakarta. 1-78.
- Badan Standarisasi Nasional. 2012. *Tempe: Persembahan Indonesia untuk Dunia*. PUSIDO Badan Standarisasi Nasional. Jakarta. 1-17.
- Bantacut, T., and Zulaikha, S. K. 2019. *Study on Possibility of Cleaner Production Application at Small Scale Bakery Industry in Pekalongan Indonesia*. *Chemical and Process Engineering Research*. 59: 1-12.
- Berkel, R. V. 1995. *Introduction To Cleaner Production Assesments with Aplications in the Food Processing Industry*. *United Nations Industrial*

Development Organization. 8-15. Diambil dari: <https://p2infohouse.org/ref/01/00435.pdf>. Diakses pada: 14 Mei 2022.

- Bomantoro, S. S. 2016. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Tahu di Kutai Kartanegara Kalimantan Timur. *Jurnal Ekosains.* 7(4): 52-60.
- Chia, X. K., and Hadibarata, T. 2021. *Cleaner Production: A Brief Review on Definitions, Trends and the Importance in Environment Protection.* *Journal Environmental and Toxicology Management.* 1(2): 23-27.
- Darmajana, D. A., Afifah, N., Novrinaldi, Hanifah, U., dan Taufan, A. 2013. Efisiensi Penggunaan Air dan Energi Berbasis Produksi Bersih pada Industri Kecil Tahu: Studi Kasus IKM Tahu “Sari Rasa” Subang. *Jurnal Pangan.* 22(4): 373-384.
- Ekowati, T., Prasetyo, E., Sumarjono, D., dan Setiadi, A. 2016. *Studi Kelayakan dan Evaluasi Proyek.* Inspirasi Semesta. Semarang. 1-170.
- Elisabeth, D. A. A., Ginting, E., dan Yulifianti, R. 2017. Respon Pengrajin Tempe Terhadap Introduksi Varietas Unggul Kedelai untuk Produksi Tempe. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.* 20(3): 183-196.
- Endrasari, Retno, Budisetyaningrum, Suhendrata, T. 2017. Karakteristik Kimia Tempe dari Berbagai Varietas Kedelai. *Prosiding Seminar Nasional.* 1(1): 767-774.
- Faisal, H. D., dan Susanto, A. D. 2017. Peran Masker/Respirator dalam Pencegahan Dampak Kesehatan Paru Akibat Polusi Udara. *Jurnal Respirasi.* 3(1): 18-25.
- Fawaid, A., dan Fatmala, E. 2020. *Home Industry* Sebagai Strategi Pemberdayaan Usaha Mikro dalam Meningkatkan *Financial Revenues* Masyarakat. *Jurnal Ilmiah Keagamaan dan Kemasyarakatan.* 4(1): 109-127.
- Gazali, S., Budianto, Y. P., Hakim, M. W. K., dan Kiyat, W. I. 2019. Potensi Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Menjadi Biogas untuk Skala Industri Rumah Tangga di Provinsi Banten. *Jurnal Agrotek.* 13(1): 43-53.
- Ginting, E., Antarlina, SS., Widowati, S. 2009. Varietas Kedelai untuk Bahan Baku Industri Pangan. *Jurnal Litbang Pertanian.* 28(3): 79-87.
- Grau, F., Choo. H., Hu, J. W., and Jung, J. *Engineering Behavior and Characteristics of Wood Ash and Sugarcane Bagasse Ash.* *Journal Materials.* 8(10): 6962-6977.
- GTZ-P3U. 2006. *GHK-Profitable Environmental Management.* GTZ-P3U and PREMANet. Germany. 1-6.
- Hidayah, N., Adiandri, RS., Astuti, M., 2012. Evaluasi Sifat Fisikokimiawi dan Organoleptik Tempe dari Berbagai Varietas Kedelai. *Jurnal Widyariset.* 15(2): 357-364.
- I, H. K. M. W. L., and Playen, K. 2019. *The Benefits of Cassava in Fulfilling Community Forest Farmer’S.* 136–147.

- Idrus, H. A., dan Fuadiyah, S. 2021. Uji Coba Imbibisi pada Kacang Kedelai (*Glycine max*) dan Kacang Hijau (*Vigna radiata*). *Procciding SEMNAS BIO*. 1: 710-716.
- Indrasti, N. S., dan Fauzi, A. M. 2009. *Produksi Bersih*. IPB Press. Bogor. 1-340.
- Isnaini, S. A., Dan Purnomo, Y. S. 2020. Pemanfaatan Kulit Ari Kedelai Dan Sampah Organik (Pasar) Sebagai Bahan Dalam Pembuatan Biogas Dengan Starter EM-16. *Seminar Nasional (ESEC)*. 1(1): 63-68.
- Jaya, J. D., Ariyani, L, dan Hadijah. 2018. Perencanaan Produksi Bersih Industri Pengolahan Tahu di UD. Sumber Urip Pelaihari. *Jurnal Agroindustri*. 8(2): 105-112.
- Julianto, F. T., dan Suparno. 2016. Analisis Pengaruh Jumlah Industri Besar dan Upah Minimum Terhadap Pertumbuhan Ekonomi di Kota Surabaya. *Jurnal Ekonomi dan Bisnis*. 1(2): 229-256.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2009. *Panduan Penerapan Produksi Bersih Industri Kecil dan Menengah Sektor Tahu*. Jakarta.
- Kementerian Lingkungan Hidup. 2012. *Pedoman Penyelenggaraan Inventaris Gas Rumah Kaca Nasional*. 1-106.
- Kepel, B. J., Bodhi, W., dan Fatimawali. 2020. Pengaruh pH dan Suhu Terhadap Aktivitas Pereduksi Merkuri Bakteri Resisten Merkuri Tinggi *Bacillus Cerrus* yang Diisolasi dari Urin Pasien dengan Amalgam Gigi. *Jurnal e-GiGi*. 8(1): 15-21.
- Khedkar, R., and Singh, K. 2015. *New Approaches for Food Industry Waste Utilization*. *Research Gate*. 51–65.
- Khuriyati, N., Wagiman, and Kumalasari, D. 2015. *Cleaner Production Strategy for Improving Environmental Performance of Small Scale Cracker Industry*. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*. 3: 102-107.
- Kusumaningtyas, R. D., Hartanto, D., Prasetiawan, H., Triwibowo, B., Maksiola, M., Kusuma, A. D. H., Fidyawati, F., Mezaki, N. M., Mutaqin, A. M., and Loveyanto, R. O. 2020. *The Processing of Industrial Tofu Dreg Waste Into Animal Feed in Sumurrejo Village, Semarang*. *Jurnal Penerapan Teknologi dan Pembelajaran*. 18(2): 36-41.
- Maitimu, N. E., dan Tonapa, A. 2019. Analisis Perancangan Bahan Baku Berbasis Listrik Berdasarkan Metode *Material Requirement Planning* (MRP) pada PT. PLN (Persero) Pusat Listrik Masohi. *ARIKA*. 13(1): 1-15.
- Manesa, Y. A. 2020. Analisis Nilai Tambah Home Industri Industri Tahu dan Tempe di Kecamatan Purwodadi Kabupaten Grobogan. *Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah*. 18(2): 16-180.
- Mardiyah, A., dan Supriyadi. 2018. Kelayakan Finansial Usaha Pengolahan Ubi Kayu Menjadi Tiwul Instan di Desa Wonosari Kecamatan Pekalongan Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 18(1): 1–6.

- Margareta, M., dan Maryani. 2021. Pengaruh Lama Perendaman Biji Kedelai (*Glycine Max L. Merr*) Terhadap Karakteristik Organoleptik Susu Kedelai. *Journal of Agriculture and Human Resource Development Studies*. 2(1): 9-14.
- Martha, J. 2017. Isu Kelangkaan Air dan Ancamannya Terhadap Keamanan Global. *Jurnal Ilmu Politik dan Komunikasi*. 7(2): 147-158.
- Meyza, M. I., Nawansih, O., dan Nurainy, F. 2013. Penyusunan Draft Standard Operating Procedure Proses Pengolahan Tahu-Studi Kasus di Sentra Produksi Tahu Gunung Sulah Bandar Lampung. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 18(1): 62-77.
- Munu, N., Kigozi, Z., Azziwa., Kambugu., Wasswa, A., dan Tumtegyereize, P. 2016. *Effect of Ambient-Soaking Time on Soybean Characteristics for Traditional Soymilk Extraction*. *JAFSAT*. 3(3): 119-128.
- Nazarena, Y., Malahayati, N, dan Priyanto, G. 2021. Pengaruh Perendaman Kedelai Terhadap Mutu Sari Kedelai. *Jurnal Sains dan Teknologi Pangan*. 6(2): 3866-3877.
- Nugroho, A. Y., dan Mas'ud. A. A. 2021. Proyeksi BEP, RC Ratio dan R/L Ratio Terhadap Kelayakan Usaha (Studi Kasus Pada Usaha Taoge di Desa Wonoagung Tirtoyudo Kabupaten Malang). *Jurnal Koperasi dan Manajemen*. 2(1): 1-12.
- Pagoray, P., Sulistyawati, dan Fitriyani. 2021. Limbah Cair Industri Tahu dan Dampaknya Terhadap Kualitas Air dan Biota Perairan. *Jurnal Pertanian Terpadu*. 9(1): 53-65.
- Pakpahan, M. R. R. B., Ruhayat, R., dan Hendrawan, D. I. 2021. Karakteristik Air Limbah Industri Tempe (Studi Kasus: Industri Tempe Semanan, Jakarta Barat). *Jurnal Bhuwana*. 1(2): 164-172.
- Pambudi, Y. S., Sudaryantiningih, C., dan Geraldita, G. 2021. Analisis Karakteristik Air Limbah Industri Tahu dan Alternatif Proses Pengolahannya Berdasarkan Prinsip-Prinsip Teknologika Tepat Guna. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. 6(8): 4.180-4.191.
- Pamungkas, M. T. O. A. 2016. Studi Pencemaran Limbah Cair dengan Parameter BOD5 dan pH di Pasar Ikan Tradisional dan Pasar Modern di Kota Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 4(2): 166-175.
- Pandapotan, C. D., Mukhlis, dan Marbun. P. 2017. Pemanfaatan Limbah Lumpur Padat (Sludge) Pabrik Pengolahan Kelapa Sawit Sebagai Alternatif Penyediaan Unsur Hara di Tanah Ultisol. *Jurnal Agroekoteknologi*. 5(2): 271-276.
- Pertiwi, F., Saron, Hasanudi, U., dan Utomo, T. P. 2014. Efisiensi Energi Produksi Biogas Air Limbah Pabrik Kelapa Sawit pada Suhu Termofilik. *Jurnal Teknologi Industri dan Hasil Pertanian*. 19(1): 42-53.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah*. 1-85.

- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 2 Tahun 2001 Tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air.*
- Prasetio, J., dan Widyastuti, S. 2020. Pupuk Organik Cair dari Limbah Industri Tempe. *Jurnal Teknik WAKTU*. 18(02): 22-32.
- Pradipta B, D. M., Sylvia, N., dan Tiyama, I. A. 2018. Relasi Pemilihan Warna, Fungsi dan Jenis Material pada Perkakas Dapur Berbahan *Stainless Steel*. *Jurnal Narada*. 6(1): 145-172.
- Pragita, T. E., Rahayuningsih, M., dan Muslich. 2015. Evaluasi Penyimpangan dan Perbaikan Mutu Tempe Sesuai SNI 3144:2015 di UMKM. *Jurnal Standardisasi*. 19(2): 113-126.
- Radiati, A., dan Sumarto. 2016. Analisis Sifat Fisik, Sifat Organoleptik, dan Kandungan Gizi pada Produk Tempe dari Kacang Non Kedelai. *Jurnal Aplikasi Teknologi Pangan*. 5(1): 16-22.
- Rahmadyanti, E., and Andre, D. W. 2016. Implementing Cleaner Production As An Environmental Management Efforts in Small Cassava Chips. *Bali Nternational Seminar on Science and Technology (Bisstech)*. 58(4): 1-6.
- Risalatuzain, E., Yosephin, B., dan Okfrianti, Y. 2018. Identifikasi Cemar Logam Berat pada Tempe di Pengrajin Tempe X dan Y Kota Bengkulu. *Jurnal Media Kesehatan*. 11(2): 009-016.
- Rozhina E, Ishmukhametov, I., Nigamatzyanova, L., Akhatova, F., Batasheva, S., Taskaev, S., Montes, C., Lvov, Y and Fakhrullin, R. 2021. *Comparative Toxicity of Fly Ash: An In Vitro Study*. *Journal Molecules*. 26(7): 1-21.
- Saenab, S., Muhdar, M. H . I. A., Rohman, F., dan Novia, A. 2018. Pemanfaatan Limbah Cair Tahu Sebagai Pupuk Cair Organik (POC) Guna Mendukung Program Lorong Garden (Longgar) Kota Makassar. *Prosiding Seminar Nasional Mengabiodiversitas Indonesia*. 4(1): 31-38.
- Sahirman, S., dan Ardiansyah. 2014. Assesment of Tof Carbon Footprint in Banyumas, Indonesia-Towards Greener' Tofu. *Proceeding of International Conference on Research Implementation and Education of Mathematics and Sciences*. 5(1): 344-348.
- Sari, D., dan Rahmawati, A. 2020. Analisa Kandungan Limbah Cair Tempe Air Rebusan dan Air Rendaman Kedelai. *Jurnal Ilmiah Media Husada*. 9(1): 36-41.
- Sepadawati, H., Nazech, E. K. M, dan Suwartha, N. 2013. Analisis Potensi *Resource Efficiency and Cleaner Production* pada Usaha Kecil dan Menengah Tahu dan Tempe. *Jurnal FT UI*. 1-19.
- Sekarmurti, P. P., Prastiwi, W. D., dan Roessali, W. 2018. Preferensi Penggunaan Kedelai pada Industri Tempe dan Tahu di Kabupaten Pati. *Jurnal Sungkai*. 6(1): 97-109.
- Simanjuntak, N. A. M. B., Zahra, N. L., and Suryawan, I. W. K. 2021. *Tofu Wastewater Treatment Planning with Anaerobic Baffled Reactor (ABR)*

and Activated Sludge Application. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 12(1): 21-27.

- Sina, I., Harwanto, U. N, dan Mubarak, Z. R. 2021. Analisis Pengolahan Limbah Padat Tahu Terhadap Alternatif Industri Pangan Sosis (*Grade B*). *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*. 5(1): 52-60.
- Subandi, Indarto, Lazwardi, D. Apriyadi, M. M., dan Kholidian, S. 2021. Pendampingan Ekonomi Melalui Pemanfaatan Limbah Industri Tempe/Tahu Sebagai Pakan Suplemen pada Komunitas Peternakan Sapi di Sekincau Lampung Barat Provinsi Lampung. *Wisanggeni: Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 1(2): 24-35.
- Suknia, S. L., dan Rahmani, T. P. D. 2020. Proses Pembuatan Tempe *Home Industry* Berbahan Dasar Kedelai (*Glycine Max (L.) Merr*) dan Kacang Merah (*Phaseolus Vulgaris L.*) di Candiwesi, Salatiga. *Journal of Islamic Education*. 3(1): 59-76.
- Sumadi dan Hermanuadi, D. 2017. Penerapan Teknologi Produksi Bersih (Cleaner Production) untuk Peningkatan Produktivitas dan Kualitas Kacang Oven pada Agroindustri “UD. Rajawali” Kabupaten Jember. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 2(1): 52-58.
- Sunartaty, R., dan Nurman, S. 2021. Peningkatan Nilai Tambah Limbah Padat Menadi Tepung Ampas Tahu pada Industri Tahu di Desa Lamteumen Kecamatan Jaya Baru Kota Banda Aceh. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 4(1): 47-50.
- Supriatna, D., Hasrini, R. F., Syah, D., dan Karsono, Y. 2020. Pengaruh Maasa Simpan Whey dan Suhu Penggumpalan Terhadap Kadar Protein dan Parameter Tekstur pada Produk Tahu. *Journal of Agro-Based Industry*. 37(2): 187-193.
- United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and United Nations Environment Programme (UNEP). 2008. *Cleaner Production Programme*. Vienna. <https://www.unido.org/sites/default/files/>. Tanggal akses: 5 Desember 2022.
- Utami, N. S., dan Adita, M. D. 2019. Pengenalan Analisis Break Even Point (BEP) Sebagai Bekal Bagi Mahasiswa Ilmu dan Teknologi Pangan Dalam Menumbuhkan Jiwa Wirausaha. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 2(1): 54–60.
- Wahyudi, J. 2017. Penerapan Life Cycle Assesment untuk Menakar Emisi Gas Rumah Kaca yang Dihasilkan dari Aktivitas Produksi Tahu. *Proceeding 6th University Research Colloquium*. 475-479.
- Wahyuni, H., dan Suranto, S. 2021. Dampak Defortasi Hutan Skala Besar Terhadap Pemanasan Global di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Ilmu Pemerintahan*. (1): 148-162.
- Wattanasilp, C., Ongprakorp, R., Nopharatana, A., and Khompatraporn, C. 2021. *Techno-Cost-Benefit Analysis of Biogas Production from Industrial*

Cassava Starch Wastewater in Thailand for Optimal Utilization with Energy Storage. Journal Energies. 14(2): 1-22.

Weyerheuser. 2022. *Wood Ash*. Weerheurse Company.

Wijaya, T. I., Listiawati, A., dan Susana, R. 2016. Pengaruh Abu Kayu dan Pupuk Phonska Terhadap Hasil Tanaman Mentimun di Tanah Gambut. *Jurnal Sains Pertanian Equator. 2(2): 1-13.*

Yang, W., Liu, C., Xu, X., Kang, F., Chen., C, Zhou, M., Wang, S., and Li, B. 2016. *Components Analysis and Flour Preparation of Tofu Whey. Journal of Food Science and Technology. 12(10): 574-578.*

Yanti, H., Hermawati., dan Tang. M. 2021. Pemanfaatan Limbah Padat Tahu Sebagai Bahan Baku Pembuatan Tisu dengan Metode Acetosolv. *Jurnal SAINTIS. 2(1): 28-33.*

Yudiono, K. 2020. Peningkatan Daya Saing Kedelai Lokal Terhadap Kedelai Impor Sebagai Bahan Baku Tempe Melalui Pemetaan Fisiko-Kimia. *Jurnal Teknologi Industri Pertanian. 14(1): 57-66.*

Yuliantika, H., dan Effendi, M. 2021. Pemanfaatan Limbah Ampas Tahu Sebagai Nutrisi Tambahan Makanan Sapi di Desa Nambak Kecamatan Bungkal. *PISCES: Proceesding of Integrative Science Education Seminar. 1(1): 78-87.*

Zulmi, A., Meldayanoor, dan Lestari, E. 2018. Analisis Kelayakan Penerapan Produksi Bersih pada Industri Tahu UD. Sugih Arsa Desa Atu-Atu Kecamatan Pelaihari. *Jurnal Agro-Industri. 5(1): 1-9.*