

## **BAB IV**

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

#### **4.1. Gambaran Umum Industri tahu X dan Tahu Y**

##### **4.1.1. Gambaran Umum Industri tahu X**

Industri tahu X berdiri pada tahun 1960 yang terletak di kabupaten bantul, kecamatan piyungan. Pemilik dari Industri tahu X adalah bapak Wawan. Industri tahu X mulai memproduksi pada pukul 00.00 WIB sampai 13.00 WIB. Kapasitas produksi rata – rata 150 kg kedelai per hari, namun bisa bertambah menjadi 200 kg kedelai per hari. Hal ini disesuaikan berdasarkan jumlah pesanan yang masuk. Proses produksi menggunakan sistem *batch* (curah). Setiap *batch* menggunakan 9 kg kedelai. Tahu yang dijual memiliki berbagai macam ukuran sesuai dengan permintaan pelanggan. Ukuran yang biasanya digunakan yaitu 5x5x3 cm dengan harga Rp 1000 per tiga tahunya atau Rp 60.000 per ember. Ukuran tahu lainnya yaitu 7x7x3 cm dengan harga Rp. 700.- per tahu, tahu dengan ukuran 5,5x5,5x3 cm dijual dengan harga Rp. 400,- per tahu, dan ukuran 4x3,5x3 dengan harga Rp 200,- per tahu. Tahu yang sudah siap dijual menggunakan drum plastik, dipasarkan ke tetangga – tetangga terdekat dan pasar terdekat yaitu pasar piyungan bantul.

Pekerja pada industri ini terdapat 3 orang termasuk pegawai dan pemilik industri. Pekerja sudah menggunakan alat pelindung diri berupa sepatu boots, celemek anti air, dan sarung tangan. Namun, masih menggunakan baju kaos leengan pendek, celana pendek, dan tidak menggunakan penutup kepala. Hal ini disebabkan karena, tingkat kesadaran dari para pekerja masih kurang akan pentingnya keselamatan dan keamanan produksi. Tata letak peralatan pada ruang produksi sudah cukup baik untuk ruang pergerakan pegawai. Pencahayaan dan sirkulasi udara dalam ruang produksi masih kurang baik. Sehingga, ruang produksi terasa sangat panas, lembab, dan juga sedikit gelap.

Limbah cair dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, penyaringan atau penggumpalan, pencetakan, dan selebihnya berasal dari air yang digunakan untuk membersihkan alat yang digunakan. limbah dari proses penggumpalan ditampung dengan ember besar yang akan digunakan kembali untuk proses penggumpalan. Limbah yang tidak digunakan kembali akan dibuang. Limbah cair lainnya dibuang ke lantai yang akan mengalir ke saluran kecil menuju ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini yang menyebabkan lantai licin dan dapat mengakibatkan pegawai terpeleset. Sedangkan Limbah padat dihasilkan dari proses pencetakan sisa dari tahu dan penggumpalan yaitu ampas tahu. ampas tahu ini dijual untuk pakan ternak, satu ember dijual sebesar Rp 12.500,- per ember.

#### **4.1.2. Gambaran Umum Industri tahu Y**

Industri tahu Y terletak di kabupaten bantul, kecamatan banguntapan. Tahu yang diproduksi terdiri dari empat jenis yaitu tahu kuning dengan harga Rp 8.000,00 per kilogram, tahu pong Rp 250,00 per buah, sedangkan tahu magel dan tahu putih Rp 500,00 per buah. Industri tahu ini berdiri sejak tahun 2002 oleh ibu ning. Sekarang, industri tahu Y dikelola oleh bapak Mundoyo sekaligus pemilik tetap saat ini. Industri tahu Y mulai poses produksi pada pukul 00.00 WIB sampai 13.00 WIB. Kapasitas produksi rata – rata 100 kg kedelai per hari. Proses produksi menggunakan sistem batch (curah). Setiap batch menggunakan 15 kg kedelai. Sehingga, untuk mengolah 100 kg kedelai dibutuhkan 7 batch. Tahu pong, magel, dan tahu putih memiliki ukuran yang sama yaitu 5x5x4 cm. Sedangkan tahu kuning memiliki ukuran lebih tebal yaitu 5x6x4 cm. Tahu yang telah siap dipasarkan ke pasar terdekat yaitu pasar Ngipik, Banguntapan, Bantul menggunakan drum plastik.

Pekerja pada industri ini terdapat 2 orang termasuk pegawai dan pemilik industri. Pekerja sudah menggunakan alat pelindung diri berupa sepatu boots, celemek anti air, dan sarung tangan. Namun, masih menggunakan baju kaos leengan pendek, celana pendek, dan tidak menggunakan penutup kepala. Hal ini disebabkan karena, tingkat kesadaran dari para pekerja masih kurang akan

pentingnya keselamatan dan keamanan produksi. Tata letak peralatan pada ruang produksi masih kurang baik sehingga pergerakan untuk ruang pergerakan pegawai masih sempit. Pencahayaan dan sirkulasi udara dalam ruang produksi sudah cukup baik.

Limbah cair dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, penyaringan atau penggumpalan, pencetakan, dan selebihnya berasal dari air yang digunakan untuk membersihkan alat yang digunakan. Limbah cair proses penggumpalan ditampung dengan ember besar yang akan digunakan kembali untuk proses penggumpalan. Limbah yang tidak digunakan kembali akan dibuang. Limbah cair lainnya dibuang ke lantai yang akan mengalir ke saluran kecil menuju ke sungai tanpa pengolahan terlebih dahulu. Hal ini yang menyebabkan lantai licin dan dapat mengakibatkan pegawai terpeleset. Sedangkan Limbah padat dihasilkan dari proses pencetakan sisa dari tahu dan penggumpalan yaitu ampas tahu. ampas tahu ini dijual untuk pakan ternak, satu ember dijual sebesar Rp. 8.000,- per ember.

#### 4.2. Gambaran Umum Proses Produksi Tahu Industri X dan Y

Proses produksi tahu terdiri dari beberapa tahapan yaitu, perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, penyaringan, penggumpalan, pengepresan, pencetakan, dan pemotongan. Perendaman kedelai dilakukan selama 4 jam hingga kedelai mengembang dan terdapat buih di sisi – sisi wadah. Proses perendaman dapat dilihat pada gambar 4.1.



Gambar 4. 1. Proses Perendaman (A. Tahu X & B. Tahu Y )

Proses pencucian kedua industri memiliki perbedaan. Pada industri tahu bu X, proses pencucian dilakukan dengan mengalirkan air ke kedelai. Sedangkan, industri tahu Y kedelai hasil rendaman ditambahkan air dan didiamkan selama 3 menit. Proses pencucian dapat dilihat pada gambar 4.2.



Gambar 4. 2. Proses Pencucian (A. Tahu X & B. Tahu Y )

Selanjutnya, kedelai digiling menggunakan mesin penggiling. Tenaga mesin yang digunakan industri tahu X yaitu listrik, sedangkan tahu Y masih menggunakan tenaga diesel dengan bahan bakar solar. Pada saat proses penggilingan, ditambahkan air untuk memudahkan bubur kedelai keluar dan mempermudah pada saat ekstraksi. Kedelai yang telah melauai mesin penggiling ditampung dalam ember. Proses penggilingan dapat dilihat pada gambar 4.3.



Gambar 4. 3. Proses Penggilingan (A. Tahu X & B. Tahu Y )

Bubur kedelai yang telah digiling akan dimasak. Proses perebusan pada industri tahu X dilakukan selama 30 menit dengan sistem pemanas uap yang dialirkan melalui pipa baja dari ketel uap dengan bahan bakar kayu. Sedangkan industri tahu Y, dilakukan selama 1 jam dengan sistem pemanas langsung di atas

tungku menggunakan bahan bakar kayu. Proses perebusan dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4. 4. Proses Perebusan (A. Tahu X & B. Tahu Y )

Bubur kedelai yang telah dimasak kemudian dipindahkan ke bak penyaringan. Bubur kedelai kemudian disaring dengan menggunakan kain sifon. Jenis kain yang digunakan pada kedua industri berbeda. Industri tahu Y menggunakan kain teflon berwarna putih dan industri tahu X menggunakan kain sifon berwarna putih. Proses penyaringan ini bertujuan untuk memisahkan antara ampas dan sari kedelai. Pada proses penyaringan diberikan tambahan air hingga sari tahu yang masih menyatu dengan sari kedelai terpisah.



Gambar 4. 5. Proses Filtrasi (A. Tahu X & B. Tahu Y )

Proses penggumpalan sari kedelai didiamkan selama 10 – 15 menit dengan penambahan air biang (whey). whey didapatkan dari air limbah penggumpalan proses sebelumnya yang bertujuan agar sari kedelai menggumpal sehingga mudah dipisahkan dengan air asam. Air asam yang telah terpisah dimasukkan kedalam wadah agar dapat digunakan untuk proses penggumpalan lainnya. Namun, air



asam tidak boleh didiamkan lebih dari 1 hari. jika dibiarkan akan menimbulkan bau yang menyengat.



Gambar 4. 6. Proses Penggumpalan Tahu X dan Tahu Y )

Sari kedelai yang telah menggumpal dimasukkan kedalam cetakan yang dialasi kain sifon, kemudian dilakukan pengepresan untuk mengeluarkan air asam yang masih tersisa dalam gumpalan tahu. setelah dicetak dan dipres, kemudian dipotong sesuai dengan ukuran pesanan.

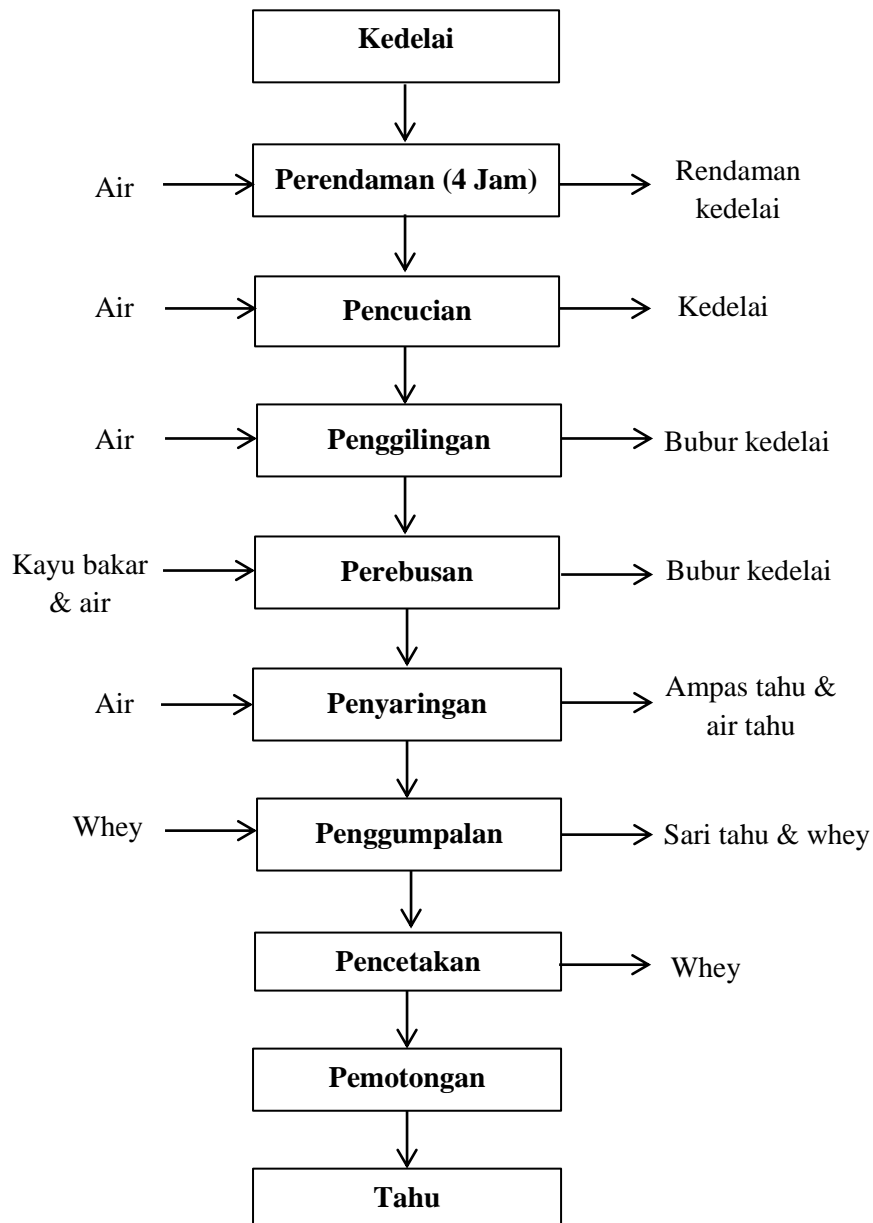


Gambar 4. 7. Proses Pengepresan (A. Tahu X & B. Tahu Y )



Gambar 4. 8. Proses Pencetakan (A. Tahu X & B. Tahu Y )

Tahu yang telah siap cetak ditampung di wadah diberikan air sehingga tidak menyatu dan dipasarkan esok hari. proses produksi pada kedua industri tahu lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.9.

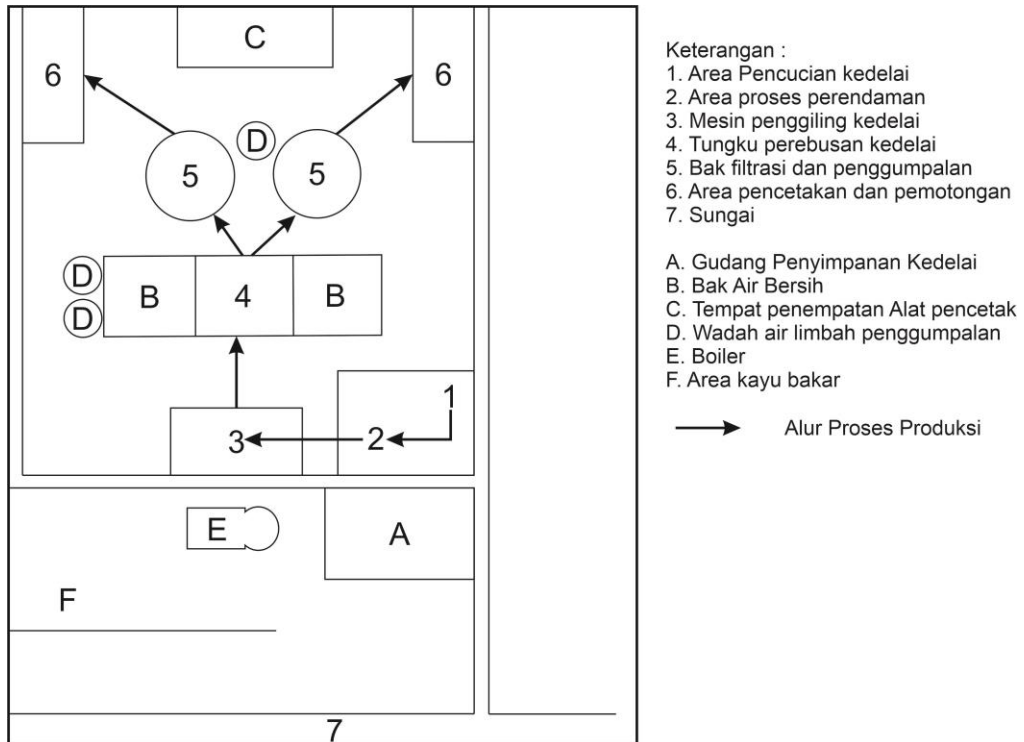


Gambar 4. 9. Diagram Alir Proses Produksi

#### 4.3. Layout Produksi Dan Aliran Limbah Industri tahu X dan Industri tahu Y

Tata letak proses produksi dan menjadi salah satu hal penting dalam proses produksi. Hal ini bertujuan untuk mempermudah proses produksi dan para pekerja bergerak. Luas Area dari kedua industri berbeda, sehingga terdapat perbedaan

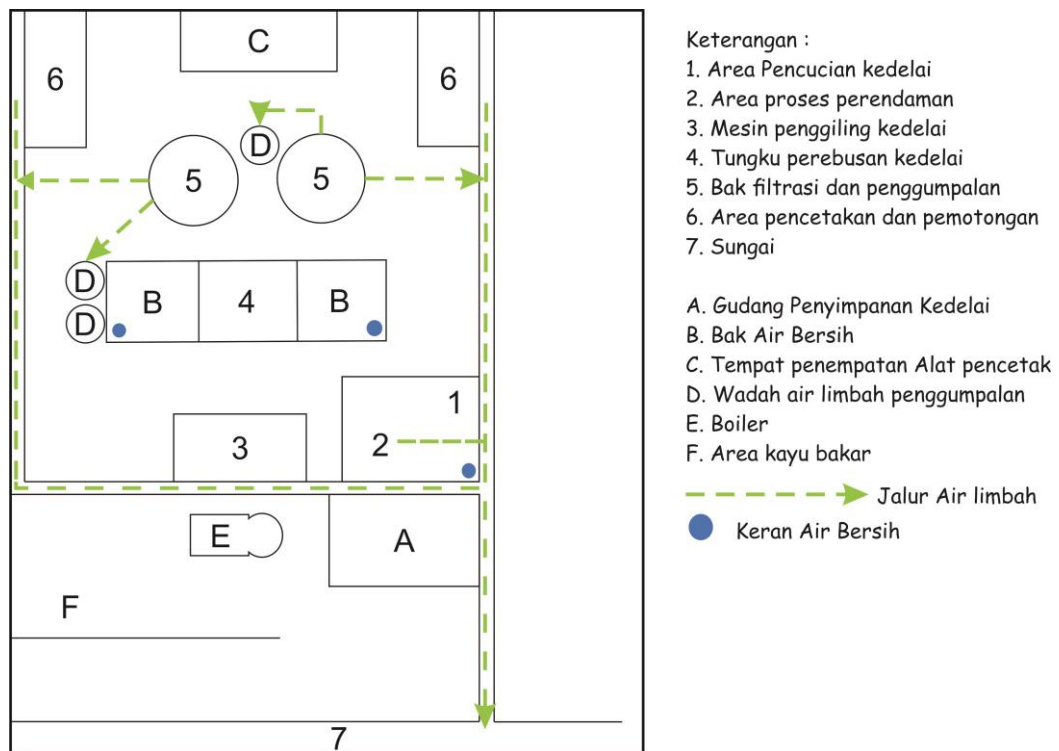
dalam tata letak. Industri tahu X dan industri tahu Y tidak memiliki bak penampung air limbah. Air limbah dari proses produksi langsung mengalir menuju badan air. Tata letak produksi industri X dapat dilihat pada gambar 4.10. dan arah aliran air limbah industri tahu X dapat dilihat pada gambar 4.11.



Gambar 4. 10. Layout Produksi Industri X

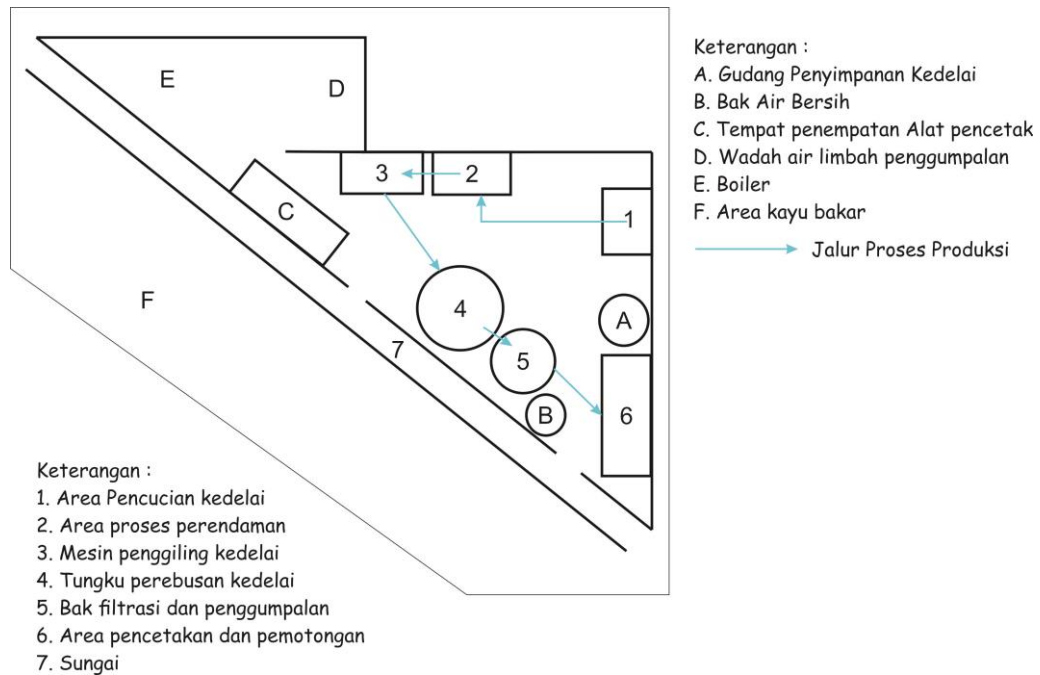
Dari gambar diatas dapat dilihat bahwa, tata letak di industri tahu X sudah teratur dan ruang gerak untuk para pekerja sudah cukup luas. Namun, Pencahayaan dan sirkulasi udara dalam ruang produksi masih kurang baik. Sehingga, ruang produksi terasa sangat panas, lembab, dan juga sedikit gelap. Pada ruang boiler, asap hasil dari pembakaran tidak semuanya masuk kedalam cerobong asap yang mengakibatkan ruangan menjadi bau dan ruangan dipenuhi asap.





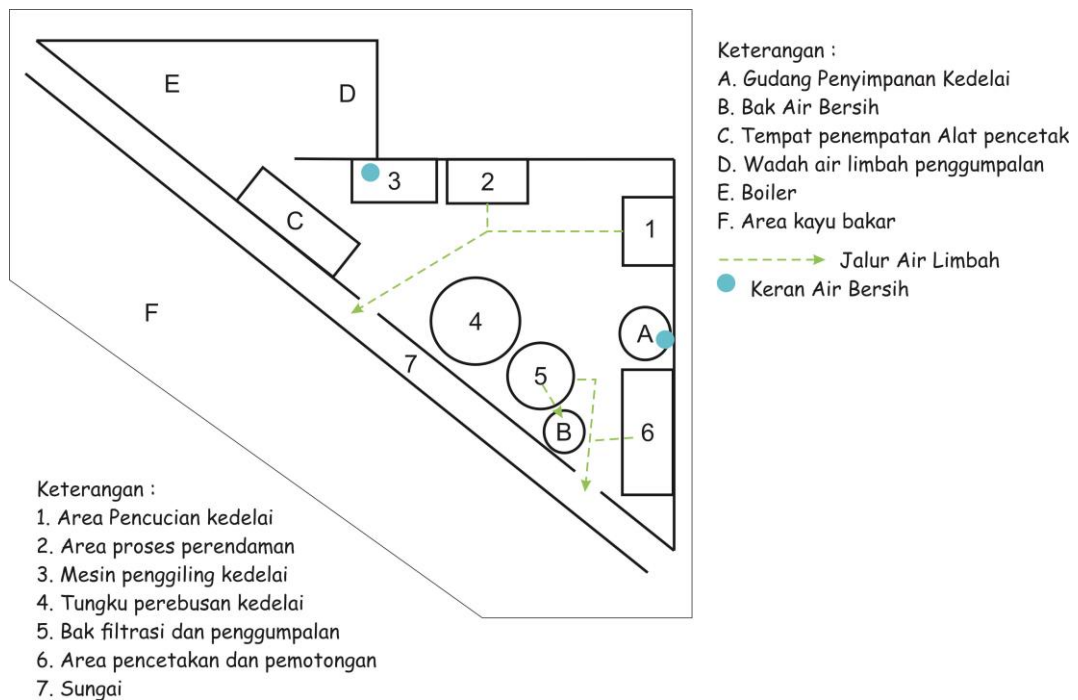
Gambar 4. 11. Aliran Limbah Industri tahu X

Pada industri tahu X limbah hasil proses produksi langsung dibuang ke lantai, kecuali limbah pada proses penggumpalan. Hal ini menyebabkan lantai menjadi licin dan ruangan sedikit berbau. Hasil limbah dari proses penggumpalan ditampung dalam bak penampung limbah, namun tidak boleh disimpan lebih dari sehari. Limbah whey dapat menimbulkan bau yang menyengat. Dari gambar 4.2. dapat dilihat bahwa seluruh aliran air limbah mengalir melalui saluran yang menuju ke badan air.



Gambar 4. 12. Layout Produksi Industri tahu Y

Tata letak ruang produksi di industri tahu Y kurang teratur dan tidak banyak ruang gerak yang tersedia untuk para pekerja. Ruang produksi lebih terbuka yang menyebabkan Pencahayaan dan sirkulasi udara sudah baik. Ruangan produksi tidak berbau dan lembab sangat berbeda dengan industri tahu X. Pada proses memasak menggunakan sistem pemanas langsung dari tungku yang menyebabkan area sekitar menjadi lebih panas.



Gambar 4. 13. Aliran Limbah Industri tahu Y

Sistem pembuangan limbah pada industri tahu X dan industri tahu Y kurang lebih sama. Seluruh limbah hasil proses produksi dibuang kelantai. Hanya saja pada industri tahu Y tidak memiliki saluran air limbah. Air limbah yang terbuang dilantai langsung mengalir ke badan air.

Secara keseluruhan, area kedua industri tahu masih belum memiliki pengelolaan limbah yang baik. Banyak limbah tersisa dilantai yang menyebabkan lantai licin. Area produksi Y mempunyai sirkulasi udara dan pencahayaan yang sudah baik. Sedangkan, ruang proses produksi industri tahu X lebih lembab, gelap, sirkulasi udara yang kurang, dan sedikit bau.

#### 4.4. Analisis Tahapan Produksi Industri tahu X

##### 4.4.1. Penggunaan Bahan Baku Industri tahu X

Bahan baku yang digunakan dalam proses pembuatan tahu yaitu kedelai. Kedelai yang digunakan merupakan kedelai import dari amerika. Kedelai dibeli dari CV. Sari yang terletak di kulon progo. Pembelian kedelai dilakukan tiap 2 minggu sekali dengan berat 1,5 – 2 ton dengan harga Rp. 50.000,- per 50 kg

kedelai. Produksi tahu menggunakan sistem batch. Setiap batch produksi digunakan 9 kg kedelai.

Tabel 4. 1. Penggunaan bahan baku per Kapasitas Produksi Industri X

No	Kapasitas Produksi (Kg/batch)	Jumlah Batch Produksi	Total Penggunaan Kedelai (Kg/hari)
1	9	17	153
2	9	18	162
3	9	16	144

#### 4.4.2. Penggunaan Air Disetiap Tahapan Produksi Industri X

Pada proses produksi tahu, air digunakan dalam proses produksi perendaman, pencucian, perebusan, filtrasi, dan penggumpalan. Penggunaan air pada proses perendaman dapat dilihat dalam tabel 4.3.

Tabel 4. 2. Penggunaan Air Proses Perendaman Industri X

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
1	9	17,5	15
2	9	21,5	15,84
3	9	24,5	18,25
Rata - Rata		21,17	16,36

Pada tahap ini air limbah yang keluar tidak sama dengan air yang digunakan untuk melakukan perendaman kedelai. Hal ini disebabkan karena, pada saat proses perendaman kedelai menyerap air sehingga kedelai berubah bentuk lebih besar dibandingkan dengan ukuran awal kedelai. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu 4,25 L. Berdasarkan tabel 4.3. Kebutuhan rata – rata air bersih yang diperlukan untuk memproduksi kedelai 9 kg adalah 21,17 liter sedangkan air limbah yang terukur yang dihasilkan adalah 16,36 liter.

Tabel 4. 3. Penggunaan Air Proses Pencucian Industri X

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
1	9	29,25	29,25
2	9	35	32,44
3	9	28,5	25
Rata - Rata		30,92	28,90

Proses pencucian kedelai rendaman bertujuan untuk memastikan agar debu atau pasir yang masih ada tidak ikut terbawa ke proses selanjutnya. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu 4,25 L. Kebutuhan rata – rata air bersih yang diperlukan untuk memproduksi kedelai 9 kg adalah 30,92 liter sedangkan air limbah yang terukur yang dihasilkan adalah 28,90 liter. Sisa air pencucian ini tidak semuanya tertampung dalam bak penampung. Banyak sisa air yang tercecer dilantai dan terbawa ke proses selanjutnya.

Tabel 4. 4. Penggunaan Air Proses Penggilingan Industri X

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
1	9	37	-
2	9	35,1	-
3	9	47,96	-
Rata - Rata		40,02	-

Proses penggilingan dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah proses ekstraksi sari tahu dan memperhalus bahan. Selama proses penggilingan air selalu ditambahkan agar memudahkan penggilingan dan memudahkan bubur kedelai keluar (Zannah, 2017). Volume air didapatkan dengan menggunakan perbandingan waktu mengisi botol plastik bervolume 600 ml dengan waktu yang dibutuhkan seluruh kedelai menjadi bubur. Hasil penggilingan kedelai akan

menjadi bubur kedelai. Kebutuhan rata – rata air bersih yang digunakan untuk menggiling 9 kg/hari kedelai adalah 40,02 liter/hari.

Tabel 4. 5. Penggunaan Air Proses Perebusan Industri X

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
1	9	40	-
2	9	40	-
3	9	33	-
Rata - Rata		37,67	-

Bubur kedelai yang telah digiling kemudian dimasak selama 30 menit. Perebusan dilakukan menggunakan sistem pemanas uap dengan bahan bakar kayu. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu 4,25 L dan 10 L. Berdasarkan tabel 4.6. penggunaan air bersih rata – rata untuk memasak 9 kg kedelai adalah 37,67 liter. Sebagian air pada saat proses memasak menguap karena adanya proses pendidihan air sehingga mengurangi air limbah pada proses penggumpalan.

Tabel 4. 6. Penggunaan air proses filtrasi Industri X

Pengamatan hari ke-	Kapasitas produksi	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg/batch	Liter/batch	Liter/batch
1	9	83,25	-
2	9	70	-
3	9	70	-
Rata - rata		74,42	-

Proses filtrasi merupakan tahapan yang membutuhkan air dengan jumlah yang besar dibandingkan dengan proses lainnya. Proses ini berfungsi untuk meluruhkan sari tahu yang masih tercampur dengan ampas tahu. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu dan



10 L. pada tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa kebutuhan air bersih rata – rata pada proses filtrasi adalah 74,42 liter untuk 9 kg kedelai. Air tersebut akan ikut mengalir dengan sari tahu yang sudah tersaring kedalam bak penggumpalan.

Tabel 4. 7. Penggunaan Air Proses Penggumpalan Industri X

Pengamatan hari ke-	Kapasitas produksi	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg/batch	Liter/batch	Liter/batch
1	9	18,75	60
2	9	37,5	37,5
3	9	26	70,5
Rata - rata		27,42	56

Pada proses penggumpalan hasil ekstraksi ditambahkan limbah air tahu hasil dari proses produksi tahu sebelumnya. Hal ini bertujuan agar sari tahu menggumpal menjadi satu agar memudahkan dalam proses pencetakan. Dalam Limbah air tahu terjadi proses fermentasi sehingga bersifat asam dan bau. Limbah air tahu harus segera dibuang ke aliran air agar tidak menimbulkan bau. Dalam mendapatkan volume limbah whey yang dibutuhkan dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu 4,25 L dan 10 L. Kebutuhan air limbah tahu yang dibutuhkan adalah 27,42 liter dan menghasilkan Volume air limbah yaitu 56 liter. Limbah Air tahu akan ditampung untuk digunakan kembali pada proses penggumpalan keesokan harinya.

Tabel 4. 8. Penggunaan Air Proses Pencetakan Industri X

Pengamatan hari ke-	Kapasitas produksi	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg/batch	Liter/batch	Liter/batch
1	9	-	20
2	9	-	84,2
3	9	-	50,57
Rata - rata		-	51,59

Proses ini bertujuan untuk mengeluarkan sisa – sisa air tahu yang masih ada sehingga tahu tidak lembek dan memberi bentuk pada tahu agar mudah di potong.

Volume air limbah yang terukur rata – rata untuk 9 kg kedelai adalah 51,95 liter. Sisa air pada proses ini masih terdapat dalam tahu yang telah dicetak, berceceran dilantai sehingga tidak dapat tertampung dalam bak. Penggunaan air rata – rata dalam sehari dapat dilihat dalam tabel 4.10.

Tabel 4. 9. Penggunaan Air Rata – Rata Per Hari Industri X

Proses	Jumlah Kedelai Rata – Rata	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Hari	Liter/Hari	Liter/Hari
Perendaman	153	358,8	277,4
Pencucian		527,75	493,72
Penggilingan		676,05	-
Perebusan		642,67	-
Filtrasi		1265,08	-
Penggumpalan		469,92	941,00
Pencetakan		-	888,25
Rata – Rata		3940,3	2600,4

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa dalam memproduksi 153 kg kedelai dibutuhkan air sebesar 3940,3 liter/hari dan debit limbah yang dihasilkan yaitu 2600,4 liter/hari. Proses produksi per batch menggunakan 9 kg kedelai dan menghasilkan tahu yaitu 29,7 kg. Diasumsikan 1 kg kedelai menghasilkan 3,3 kg tahu. Penggunaan air untuk kebutuhan 1 kg kedelai dan Volume limbah yang dihasilkan dapat dilihat sebagai 4.10.

Tabel 4. 10. Kebutuhan Air per kg Kedelai pada Industri X

Proses	Jumlah kedelai	kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	kg	Liter	liter
Perendaman	1	2,3	1,8
Pencucian		3,45	3,23
Penggilingan		4,42	-
Perebusan		4,20	-
Filtrasi		8,27	-
Penggumpalan		3,07	6,15
Pencetakan		-	5,81
rata – rata		25,8	17,0
1 kg tahu		7,82	5,12

Dari tabel 4.10. dapat disimpulkan bahwa dalam memproduksi 1 kg kedelai dibutuhkan air sebesar 25,8 liter dan Volume limbah yang dihasilkan yaitu 17,0 liter. Untuk 1 kg tahu yang dihasilkan membutuhkan 7,82 liter/kg tahu air dan menghasilkan 5,12 liter/kg tahu. Berdasarkan baku mutu kualitas limbah tahu menurut Peraturan Gubernur Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 debit limbah yang diperbolehkan yaitu  $20 \text{ m}^3/\text{ton}$  produksi. Apabila dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan limbah yang dihasilkan Industri tahu X sebesar  $5,12 \text{ m}^3/\text{ton}$  masih berada dibawah baku mutu.

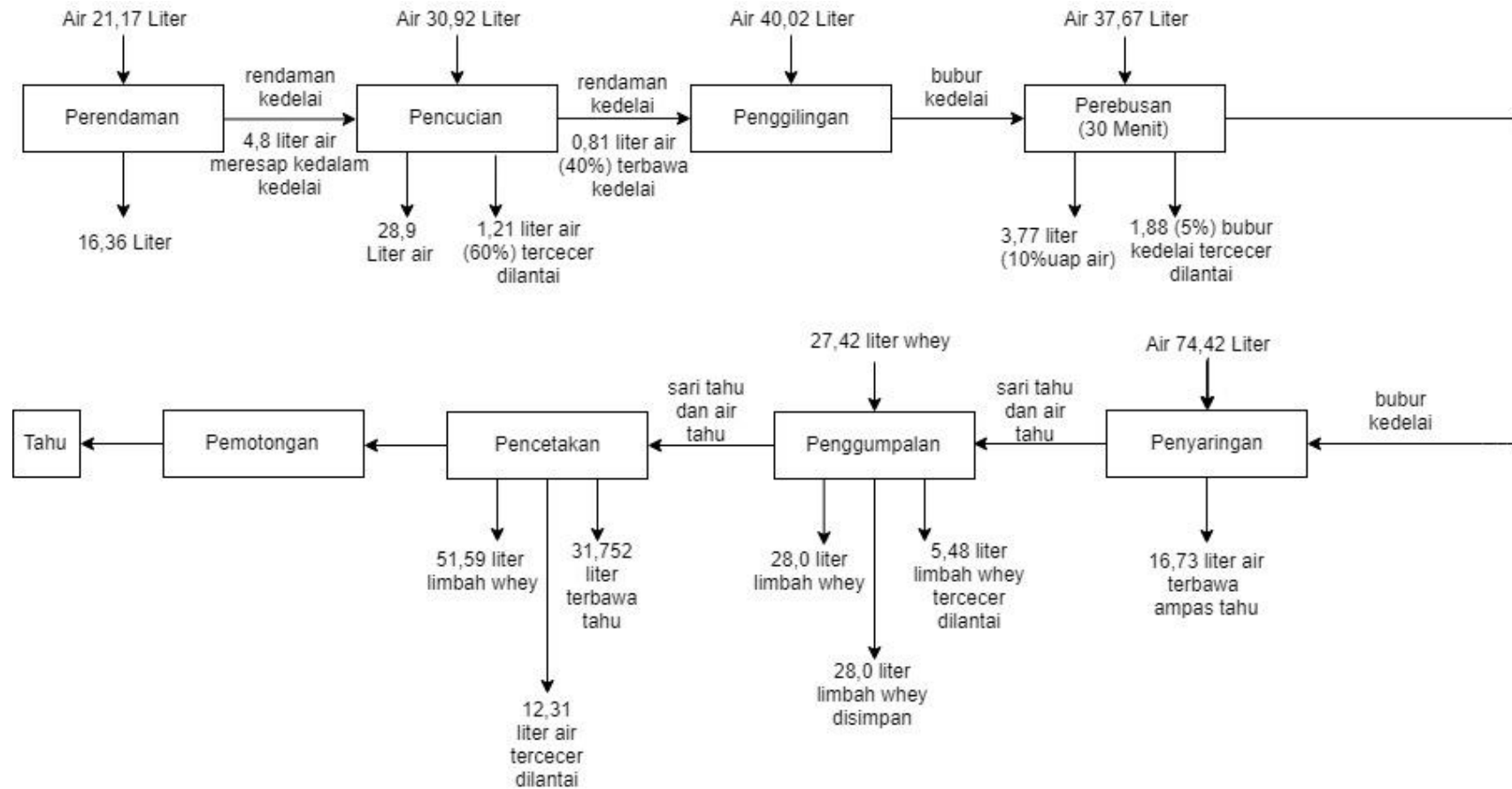
#### **4.4.3. Diagram Alir dan Neraca Air Proses Produksi Industri tahu X**

Pada industri tahu X, seluruh proses produksi membutuhkan air kecuali proses pencetakan. Sumber air untuk proses produksi menggunakan sumur bor. Bak penampung air menggunakan sistem bandul dimana bak penampung akan terisi apabila bandul tidak pada posisi yang telah diatur sebelumnya. Sebaliknya, air akan berhenti mengisi ketika bandul telah berada diposisi semula. Neraca penggunaan air pada industri tahu X dapat dilihat dalam gambar 4.14.

Untuk 9 kg kedelai dibutuhkan air bersih sebesar 231,60 liter dan total limbah cair yang dihasilkan yaitu 152,85 Liter. Proses perendaman dilakukan selama 4 jam dan membutuhkan 20 Liter. Biji kedelai di rendam dalam ember yang berdiameter 39 cm dan tinggi 22 cm. Pada saat perendaman, kedelai berubah bentuk menjadi lebih besar dari sebelumnya dan menjadi lebih lunak. Volume limbah didapatkan dengan menyaring air dari kedelai dalam ember bervolume 25 L. Tidak semua limbah rendaman dapat tertampung. Pada saat penyaringan dilakukan air masih ada yang terbawa kedelai. Penggunaan air pada proses pencucian untuk 9 kg kedelai yaitu 30,92 Liter air dan menghasilkan 28,90 Liter limbah. Untuk mengetahui volume limbah yang dihasilkan menggunakan metode yang sama dengan proses perendaman. Dalam proses penggilingan membutuhkan air sejumlah 40,02 liter. Pada proses ini kedelai berubah menjadi bubur kedelai. Bubur kedelai dimasak selama 30 menit. Selama proses tersebut terdapat beberapa kali penambahan air. Untuk 9 kg kedelai membutuhkan 37,67 liter air. Pada

proses perebusan 10% dari air yang ditambahkan penguap karena proses pemanasan (Darmajana, Afifah, Hanifah, & Taufan, 2013).

Bubur kedelai yang telah masak kemudian disaring dengan kain sifon putih sambil digoyangkan. Penambahan air pada proses filtrasi dilakukan sebanyak 7 kali dengan kapasitas ember 10 liter. Dalam 9 kg kedelai membutuhkan 74,42 liter air bersih. Pada saat penggumpalan limbah whey yang dibutuhkan sebanyak 27,42 liter untuk 9 kg kedelai dan menghasilkan 56 liter limbah whey. Untuk mendapatkan volume limbah air dialirkan kedalam ember berkapasitas 25 Liter dengan pipa air. Tidak semua limbah dari penggumpalan dapat tertampung. Air tersebut tumpah dilantai, akibat saat penyaluran air melalui pipa air meluap. Sebagian Air limbah whey yang tertampung akan di simpan untuk proses penggumpalan selanjutnya. Dan yang lainnya akan dibuang ke saluran air. Air tahu yang masih tersisa akan terbawa ikut ke proses pencetakan dan ada juga yang tercecer dilantai. Untuk menghitung volume limbah dari proses pencetakan dilakukan dengan cara menghitung volume keseluruhan air tahu dan sari tahu yang terdapat dalam bak penggumpalan. Bak penggumpalan mempunyai tinggi 52 cm dan berdiameter 75 cm. Volume total pada proses penggumpalan dikurangi volume limbah whey. Kemudian dikurangi kembali dengan volume tahu yang sudah siap potong. Air tahu dari proses penggumpalan dibagi kedua pencetak. Tahu yang siap dipotong berukuran 70x70x3 cm.



Gambar 4. 14. Diagram alir penggunaan air pada Industri X

Berdasarkan gambar 4.14. dapat dilihat bahwa penggunaan air bersih ada pada proses perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, dan filtrasi. Proses filtrasi menggunakan lebih banyak air dibandingkan proses lainnya. Sedangkan, pada proses perendaman menggunakan air relatif lebih kecil. Pada proses produksi, air limbah yang dibuang ke badan air dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, penggumpalan dan pencetakan. Sedangkan air limbah yang hilang diasumsikan tercecer dilantai atau terbawa ke proses selanjutnya. Dari diagram alir penggunaan air diatas dapat ditentukan neraca air untuk proses produksi tahu. Tabel neraca air dapat dilihat dalam tabel 4.11.

Tabel 4. 11. Neraca Air Industri Tahu X

Proses	Input		Output	
	Bahan	Jumlah	Limbah Cair	Keterangan
		Liter	Liter	Liter
Perendaman	Air	21,17	4,80	Terserap Kedelai
			16,36	Dibuang Ke Badan Air
Pencucian	Air	30,92	1,21	Tercecer Di Lantai
			0,81	Terbawa Ke Proses Selanjutnya
			28,90	Dibuang Ke Badan Air
Penggilingan	Air	40,02	-	-
Perebusan	Air	37,67	1,88	Tercecer Di Lantai
			3,77	Menguap
Filtrasi	Air	74,42	16,73	Terserap Oleh Ampas Tahu
Penggumpalan	Limbah Air Tahu	27,42	5,48	Tercecer Di Lantai
			28,00	Dibuang Ke Badan Air
			28,00	Disimpan Untuk Proses Penggumpalan Kembali
Pencetakan	-	-	12,31	Tercecer Di Lantai
			31,75	Terserap Tahu
			51,59	Dibuang Ke Badan Air
Total		231,60		231,60

Dari tabel 4.11 dapat diketahui bahwa kebutuhan air per 9 kg kedelai produksi untuk proses perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, filtrasi,



dan pencetakan adalah 231,60 Liter/Kg. Debit limbah yang keluar ke badan air sebesar 152,85 m<sup>3</sup>/hari. Produksi dalam sehari menghasilkan limbah sebesar 2,6 m<sup>3</sup>/hari untuk 153 kg kedelai. Losses atau unaccounted water selama proses produksi dapat dihitung yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Losses} &= \left( \frac{\text{Debit limbah cair}}{\text{kebutuhan air bersih}} \times 100\% \right) - 100\% \\ &= \left( \frac{152,85}{230,7} \times 100\% \right) - 100\% = 32,23\% \end{aligned}$$

Losses pada industri tahu X sebesar 32,36%. Kehilangan air ini terjadi pada setiap tahapan produksi, antara lain :

- Pada proses perendaman, air yang hilang sebesar 5,33 liter. Air tersebut hilang dikarenakan menyerap kedalam biji kedelai. Bisa dilihat dari perubahan bentuk dan sifat dari kedelai sebelum dan sesudah di rendam. Kedelai berubah bentuk menjadi lebih lunak. Diasumsikan 100% air yang hilang menyerap dalam biji kedelai.
- Pada proses pencucian, terdapat 2,1 liter air yang hilang. Hal ini bisa disebabkan oleh dua hal yaitu air terbawa bersama kedelai kedalam proses selanjutnya dan air berceceran di lantai. Diasumsikan sebesar 40 % terbawa kedelai dan 60 % berceceran dilantai.
- Dan di proses akhir air yang hilang sebanyak 64,91 liter. Diasumsikan 10% air menguap pada saat proses perebusan dan jatuh tercecer kelantai pada saat proses pemindahan air tahu ke proses selanjutnya dan 5% hilang karena tertinggal pada proses sebelumnya, 20 % tercecer dilantai dan pada saat pemindahan limbah whey kedalam ember tidak tertampung karena ember sudah terlalu penuh.
- Pada Ampas tahu, Menurut (Sulistiani, 2004) kadar air yang terbawa dalam ampas tahu sebesar 84,5%.
- Sedangkan, pada tahu yang telah siap masih terdapat kandungan kadar air sekitar 80,7% ((Romli & Suprihati, 2009)

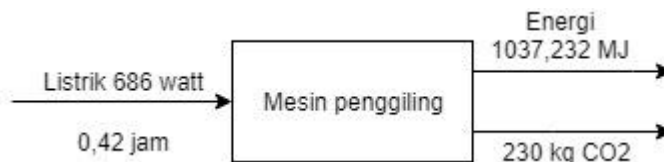
#### 4.4.4. Penggunaan Energi pada Proses Produksi Industri tahu X

Industri tahu X menggunakan 3 jenis energi. Sistem boiler sederhana, listrik, dan diesel. Sistem boiler sederhana digunakan pada saat proses perebusan. Energi listrik digunakan dalam proses penggilingan kedelai. Diesel dengan bahan bakar solar digunakan dalam penggilingan pada saat listrik padam. Pemilihan penggunaan energi listrik dilihat lebih menguntungkan dari segi biaya dan segi lingkungan karena dengan energi listrik tidak menimbulkan kebisingan dan bau. Tenaga listrik yang dibutuhkan oleh mesin penggiling yaitu sebesar 686 watt. Rata – rata waktu yang dibutuhkan oleh mesin untuk menggiling 9 kg kedelai adalah 25 menit atau 0,42 jam. Energi yang dibutuhkan mesin penggiling yaitu :

$$\begin{aligned}\text{Energi listrik} &= 686 \text{ watt} \times 0,42 \text{ jam} \\ &= 288,12 \text{ KWh}\end{aligned}$$

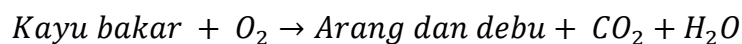
$$\begin{aligned}\text{Energi dibutuhkan} &= 288,12 \text{ KWh} \times \frac{3,6 \text{ MJ}}{\text{KWh}} \\ &= 1037,232 \text{ MJ}\end{aligned}$$

Dari persamaan diatas dapat disimpulkan energi yang dibutuhkan pada proses penggilingan sebesar 1037,22 MJ. Neraca massa energi dapat dilihat pada gambar 4.16.



Gambar 4.16. Neraca Massa Energi Listrik di Industri X

Sistem boiler sederhana menggunakan bahan bakar berupa kayu. Proses perebusan dibutuhkan sekitar 17 kg kayu bakar per *batch* untuk memanaskan air dalam menghasilkan uap air. Penggunaan sistem boiler sederhana dapat menghemat bahan bakar hingga 50 – 70% dibanding dengan pemanas langsung (Romli & Suprihati, 2009). Berikut persamaan reaksi pembakaran pada kayu untuk proses perebusan bubur kedelai :



Energi yang dibutuhkan pada saat perebusan bubur kedelai dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

### 1. Perebusan

$$\text{Rata – rata suhu air awal (ta)} = 26^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Rata – rata suhu bubur kedelai awal (tob)} = 30^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Rata – rata suhu perebusan (ta)} = 100^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Massa Bubur Kedelai} = 69,3 \text{ Kg}$$

$$\text{Massa air (ma)} = 37,67 \text{ Kg}$$

$$\text{Massa air yang diuapkan (mu)} = 3,77 \text{ kg}$$

$$\text{Panes laten penguapan (h)} = 2260 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Kapasitas panas air (ca)} = 4,2 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Kapasitas panas bubur kedelai (cp)} = 3,364 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi pemanasan air} &= m \times C_p \times \Delta t \\ &= 37,67 \text{ kg} \times 4,2 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C} \times (100-26)^{\circ}\text{C} \\ &= 11707,836 \text{ KJ} \\ &= 11,71 \text{ MJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Penguapan air} &= m \times h \\ &= 3,77 \text{ kg} \times 2260 \text{ KJ/Kg} \\ &= 8502,2 \text{ KJ} \\ &= 8,502 \text{ MJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Energi Perebusan Bubur Kedelai} &= m \times C_p \times \Delta t \\ &= 69,3 \text{ Kg} \times 3,364 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C} \times (100-26)^{\circ}\text{C} \\ &= 17251,265 \text{ KJ} \\ &= 17,251 \text{ MJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Total energi perebusan} &= 11,71 \text{ MJ} + 8,502 \text{ MJ} + 17,251 \text{ MJ} \\ &= 37,723 \text{ MJ} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{2. Energi kayu bakar} &= \text{massa kayu bakar} \times \text{nilai kalor kayu bakar} \\ &= 17 \text{ kg} \times 14,7 \text{ MJ} \\ &= 249,9 \text{ MJ} \end{aligned}$$

### 3. Efisiensi Energi

Efisiensi penggunaan energi pada saat proses perebusan kedelai dihitung berdasarkan perbandingan energi output dan energi input, sehingga didapatkan energi yang terakumulasi pada saat perebusan. Dimana energi output berasal

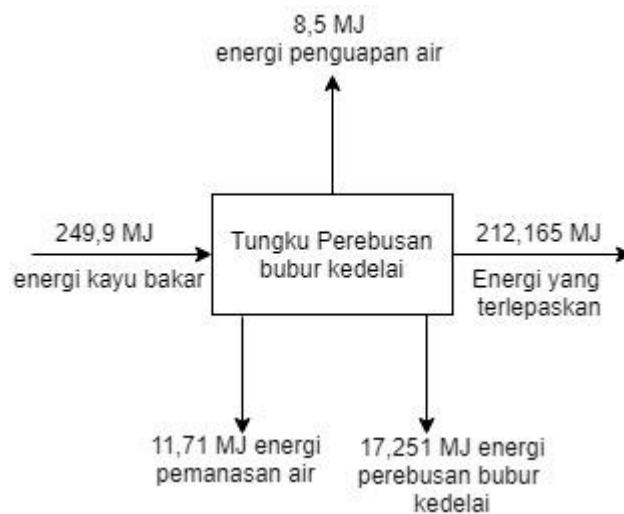
dari total energi perebusan dan energi input berasal dari kayu bakar. Sisa energi yang tidak terakumulasi dilepaskan ke udara dalam bentuk emisi.

$$\begin{aligned} \text{Efisiensi energi sistem} &= \frac{\text{Energi Input}}{\text{Energi Output}} \times 100\% \\ &= \frac{37,723 \text{ MJ}}{249,9 \text{ MJ}} \times 100\% \\ &= 15,1 \% \end{aligned}$$

Dari persamaan diatas, energi yang terlepaskan selama proses perebusan adalah 84,9% dari energi input. Sehingga didapatkan energi yang terlepaskan sebesar 212,165 MJ

$$\begin{aligned} \text{Energi kayu bakar} &= \text{massa kayu bakar} \times \text{nilai kalor kayu bakar} \\ &= 17 \text{ kg} \times 14,7 \text{ MJ} \\ &= 249,9 \text{ MJ} = 0,0002499 \text{ TJ} \end{aligned}$$

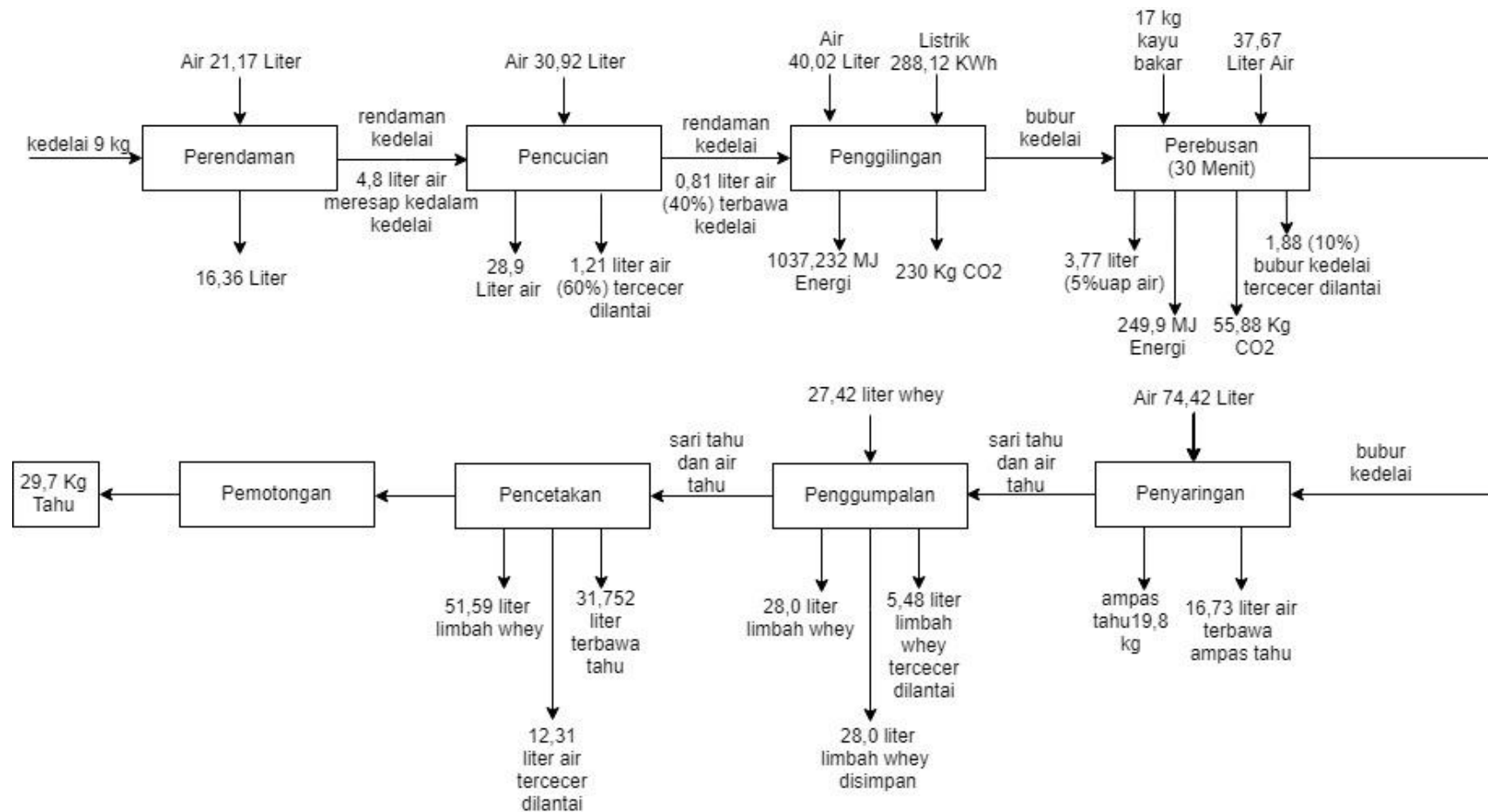
Dari persamaan diatas dapat disimpulkan energi yang dibutuhkan untuk perebusan bubur kedelai dapat dilihat pada gambar 4.15.



Gambar 4. 15. Neraca energi perebusan bubur kedelai di Industri X

#### 4.4.5. Diagram Alir dan Neraca Massa Proses Produksi Industri tahu X

Analisa diagram alir dan neraca masa pada industri tahu X dilakukan pada proses produksi tahu yang meliputi, perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, penyaringan, penggmpalan, pengepresan, pencetakan, dan pemotongan.



Gambar 4. 16. Diagram Alir Massa Proses Produksi Industri Tahu X

Berdasarkan gambar 4.16. dapat ditentukan neraca penggunaan air, energi dan massa. Neraca penggunaan air, energi, dan neraca massa dapat dilihat dalam tabel 4.12.

Tabel 4. 12. Neraca Air, Neraca Massa, dan Neraca Energi Industri X

Proses	Input			Output			
	Bahan	Jumlah	Satuan	Limbah cair	Keterangan	Produk	Keterangan
				(liter)			
Perendaman	Kedelai	9,00	Kg	-		29,7 kg	Tahu
	Air	21,17	Liter	4,80	Terserap kedelai	-	-
				16,36	Dibuang ke badan air		
Pencucian	Air	30,92	Liter	1,21	Tercecer di lantai	-	-
				0,81	Terbawa ke proses selanjutnya		
				28,90	Dibuang ke badan air		
Penggilingan	Air	40,02	Liter	-	-	-	-
	Listrik	288,12	Kwh			1037,232 MJ	Energi
						230 kg CO2	Emisi CO2
Pemasakan	Air	37,67	Liter	1,88	Tercecer di lantai	-	-
				3,77	Menguap		
	Kayu bakar	17,00	Kg	-		249,9 MJ	Energi
						55,88 KG	Emisi CO2
Filtrasi	Air	74,42	Liter	25,82	Terserap oleh ampas tahu	19,8 kg	Ampas tahu
Penggumpalan	Limbah air tahu	27,42	Liter	1,37	Tercecer di lantai	-	-
				28,00	Dibuang ke badan air		
				28,00	Disimpan untuk proses penggumpalan kembali		
Pencetakan	-	-	-	7,34	Tercecer di lantai	-	-
				31,75	Terserap tahu		
				51,59	Dibuang ke badan air		



Total	231,60			
-------	--------	--	--	--

Berdasarkan tabel 4.12 pada proses filtrasi menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu. Ampas tahu diperoleh dari bubur kedelai yang telah tersaring dan sudah tidak digunakan lagi dalam pembuatan tahu (Sulistiani, 2004). Ampas tahu yang dihasilkan di tampung di 1 wadah berukuran 25L, dengan berat total 19,8 kg per 9 kg kedelai. Ampas tahu rata – rata yang dihasilkan selama satu dengan 153 kg kedelai adalah 336 kg ampas tahu.

Pencetakan tahu dibagi menjadi dua. 1 pencetak tahu dengan ukuran tahu yang dipasarkan didapatkan sebanyak 210 tahu. Dari hasil proses produksi 9 kg kedelai menghasilkan 29,7 kg tahu. Rata – rata berat tahu yang dihasilkan oleh 153 kg kedelai adalah 504,9 kg tahu.

Pada proses penggilingan, penggunaan energi listrik memiliki hasil samping adalah berupa emisi. Emisi yang dihasilkan oleh energi listrik yaitu CO<sub>2</sub>. Penggunaan listrik termasuk pada emisi CO<sub>2</sub> Sekunder. Untuk menghitung emisi CO<sub>2</sub> menggunakan metode rumus perhitungan IPCC (Sasmita, Asmura, & Andesgur, 2018). Dimana Emisi faktor CO<sub>2</sub> konsumsi energi sebesar 0,000794 ton CO<sub>2</sub>/KWh dikali dengan konsumsi energi listrik. Berikut perhitungan emisi CO<sub>2</sub> yang dihasilkan :

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= 0,000794 \text{ ton CO}_2/\text{KWh} \times 288,12 \text{ KWh} \\ &= 0,23 \text{ ton CO}_2 = 230 \text{ kg CO}_2 \end{aligned}$$

Pada proses perebusan kedelai, penggunaan kayu bakar menghasilkan hasil samping yang berupa emisi CO<sub>2</sub> dan arang. Perhitungan untuk emisi CO<sub>2</sub> dari kayu bakar menggunakan metode standar IPCC (BAPPENAS, 2014).

$$\begin{aligned} \text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi} \times \text{faktor emisi} \\ &= 0,0002499 \text{ TJ} \times 112 \text{ ton CO}_2/\text{TJ} \\ &= 0,0279888 \text{ ton CO}_2 \\ &= 27,988 \text{ kg CO}_2 \end{aligned}$$

#### 4.4.6. Usaha Minimisasi Limbah yang Telah Dilakukan Di Industri Tahu X

Industri X dalam hal meminimasi limbah dianggap masih kurang. Namun, Ada beberapa Usaha minimisasi limbah yang telah dilakukan oleh Industri tahu X. usaha minimisasi yang telah dilaksanakan oleh industri X yaitu :

1. Menggunakan ampas tahu sebagai pakan ternak.  
Ampas tahu hasil dari limbah pada proses filtrasi dijual kepada peternak seharga Rp. 10.000,00 per satu ember. Para peternak biasanya datang ke industri untuk membeli ampas tahu. Hewan ternak yang biasa diberi pakan antara lain kambing, domba, dan sapi.
2. Menggunakan kembali air limbah whey yang dihasilkan.  
Air limbah whey digunakan kembali untuk proses penggumpalan kembali. Namun, tidak semua limbah whey yang dihasilkan di gunakan kembali. Dikarenakan wadah yang dimiliki tidak cukup menampung seluruh limbah.

#### 4.4.7. Identifikasi Permasalahan pada Berbagai Aspek Kegiatan Produksi

Identifikasi permasalahan di industri X tidak hanya pada limbah yang dihasilkan, tetapi juga pada keseluruhan aspek proses produksi yaitu bahan baku, teknologi, tata laksana, produk dan limbah yang dihasilkan. Permasalahan yang teridentifikasi dapat dilihat dalam tabel 4.13.

Tabel 4. 13. Identifikasi Permasalahan di Industri Tahu X

No	Aspek	Rincian kegiatan	Permasalahan/limbah	Dampak
1	Bahan Baku	Kedelai	Tidak ada dilakukan pemilihan kedelai yang akan digunakan dan pembuangan kotoran seperti kayu sehingga kotoran masuk kedalam proses produksi.	Kerusakan pada mesin penggiling dan kualitas tahu menjadi rendah

No	Aspek	Rincian kegiatan	Permasalahan/limbah	Dampak
2	Tata laksana	Perendaman, pencucian, filtrasi, penggumpalan. Pencetakan, penggilingan.	Terjadi inefisiensi dalam penggunaan air dikarenakan air yang digunakan banyak tumpah ke lantai. Kelengkapan APD dari para pekerja kurang.	Banyaknya kebutuhan air dan lantai ruang produksi menjadi licin dan bau. Para pekerja harus lebih berhati – hati dalam bergerak.
3	Limbah	Perendaman, pencucian, penggumpalan, filtrasi, pencetakan	Belum ada pengolahan limbah yang dilakukan. Limbah yang dihasilkan di buang kelantai kemudian mengalir ke badan air.	Terjadi pencemaran di lingkungan industri dan timbulnya bau akibat air limbah.
4	Teknologi	-	-	-

Pada aspek bahan baku, kedelai yang akan direndam tidak dilakukan penyortiran terlebih dahulu pada kedelai dari kotoran seperti biji kedelai yang rusak, batu, kerikil, dan kayu. Penyortiran harus dilakukan untuk mencegah kerusakan pada mesin penggiling dan menjaga kualitas dari tahu (Djayanti, 2015).

Permasalahan pada aspek tata laksana terjadi pada tercecernya air dan bahan baku diruang produksi sehingga menyebabkan lantai menjadi licin. Dan pembuangan air limbah ke lantai juga menjadi penyebab lantai menjadi licin dan menimbulkan bau yang tidak enak. Selain itu, para pekerja tidak menggunakan APD yang lengkap pada saat bekerja dengan alasan repot dan tidak nyaman. Penerapan *Good Housekeeping* dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi tumpahan air, dan mencegah hilangnya bahan. Aktivitas tersebut terdiri dari yaitu pelaksanaan proses produksi yang baik, pemantauan pekerja, dan pemantauan pekerja. Dalam penerapan *Good Housekeeping* ini diperlukan penyuluhan atau mengikuti pelatihan *Good Manufacturing Practices* (GMP) sehingga pengetahuan dan kesadaran para pelaku industri meningkat menjadi lebih baik (Fauzi et al., 2010).

Permasalahan selanjutnya yaitu limbah. Di industri X, limbah cair yang dihasilkan tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang. selama

ini, limbah yang dihasilkan dari proses produksi dialirkan menuju badan air terdekat. Hal ini dapat berdampak buruk bagi lingkungan sekitar. Sementara itu, tidak ditemukannya permasalahan yang timbul pada teknologi yang digunakan

#### 4.5. Analisis Tahapan Produksi Industri tahu Y

##### 4.5.1. Penggunaan Bahan Baku Industri tahu Y

Bahan baku yang digunakan untuk proses produksi sama halnya dengan industri X yaitu kedelai import dari amerika. Pembelian kedelai dilakukan setiap 10 hari sekali dengan total 500 kg. Kedelai dibeli dari pedagang yang berada di daerah piyungan dengan harga RP. 50.000,00 per karungnya. Produksi tahu menggunakan sistem batch, dimana setiap batch berisi 15 kg kedelai. Kedelai yang digunakan tiap hari dapat berbeda tergantung dari jumlah pesanan yang diterima. Penggunaan bahan baku produksi dapat dilihat dalam tabel 4.14.

Tabel 4. 14. Penggunaan bahan baku produksi Industri Y

No	Tanggal Sampling	Kapasitas Produksi (Kg)	Jumlah Batch Produksi	Total Penggunaan Kedelai (Kg)
1	03-Jul-19	15	7	105
2	10-Jul-19	15	9	135
3	20-Jul-19	15	8	120

##### 4.5.2. Penggunaan Air Disetiap Tahapan Produksi Industri tahu Y

Pada proses produksi tahu, air digunakan dalam proses produksi perendaman, pencucian, perebusan, filtrasi, dan penggumpalan. Penggunaan air pada proses perendaman dapat dilihat dalam tabel 4.15.

Tabel 4. 15. Penggunaan Air Proses Perendaman Industri Y

Pengamatan hari ke-	Kapasitas produksi	Total jumlah batch	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg/batch	Batch	Liter/batch	Liter/batch
1	15	7	30	25
2	15	9	30	19,81
3	15	8	30	24,12
Rata - rata		8	30,00	22,98

Pada tahap ini air limbah yang keluar tidak sama dengan air yang digunakan untuk melakukan perendaman kedelai. Hal ini disebabkan karena, pada saat proses perendaman kedelai menyerap air sehingga kedelai berubah bentuk lebih besar dibandingkan dengan ukuran awal kedelai. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu 7,5 L. Berdasarkan tabel 4.3. Kebutuhan rata – rata air bersih yang diperlukan untuk memproduksi kedelai 15 kg adalah 30 liter sedangkan air limbah yang terukur yang dihasilkan adalah 22,98 liter.

Tabel 4. 16. Penggunaan Air Proses Pencucian Industri Y

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Total Jumlah Batch	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
1	15	7	37,5	35
2	15	9	37,5	35,00
3	15	8	37,5	30,72
Rata - Rata		8	37,50	33,57

Proses pencucian kedelai rendaman bertujuan untuk memastikan agar debu atau pasir yang masih ada tidak ikut terbawa ke proses selanjutnya. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu 7,5 L. Kebutuhan rata – rata air bersih yang diperlukan untuk memproduksi kedelai 15 kg adalah 37,5 liter sedangkan air limbah yang terukur yang dihasilkan adalah 33,57 liter. Sisa air pencucian ini tidak semuanya tertampung dalam bak penampung. Banyak sisa air yang tercecer dilantai dan terbawa ke proses selanjutnya.

Tabel 4. 17. Penggunaan Air Proses Penggilingan Industri Y

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Total Jumlah Batch	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
1	15	7	33,13	-

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Total Jumlah Batch	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
2	15	9	54,94	-
3	15	8	37,57	-
Rata - Rata		8	41,88	-

Proses penggilingan dilakukan dengan tujuan untuk mempermudah proses ekstraksi sari tahu dan memperhalus bahan. Selama proses penggilingan air selalu ditambahkan agar memudahkan penggilingan dan memudahkan bubur kedelai keluar (Zannah, 2017). Volume air didapatkan dengan menggunakan perbandingan waktu mengisi botol plastik bervolume 1000 ml dengan waktu yang dibutuhkan seluruh kedelai menjadi bubur. Hasil penggilingan kedelai akan menjadi bubur kedelai. Kebutuhan rata – rata air bersih yang digunakan untuk menggiling 15 kg/hari kedelai adalah 41,88 liter/hari.

Tabel 4. 18. Penggunaan Air Proses Perebusan Industri Y

Pengamatan Hari Ke-	Kapasitas Produksi	Total Jumlah Batch	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Batch	Batch	Liter/Batch	Liter/Batch
1	15	7	125	-
2	15	9	125	-
3	15	8	120	-
Rata - Rata		17	123,33	-

Bubur kedelai yang telah digiling kemudian dimasak selama 30 menit. Perebusan dilakukan menggunakan sistem pemanas uap dengan bahan bakar kayu. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu 4,5 L, 7,5 L, dan 25 L. Penambahan air dilakukan secara bertahap. Penambahan awal dilakukan dengan ember 25L, dan ditengah proses perebusan menggunakan ember 7,5 dan 4,5. Berdasarkan tabel 4.6. penggunaan air bersih rata – rata untuk memasak 15 kg kedelai adalah 123,33 liter. Sebagian air pada

saat proses memasak menguap karena adanya proses pendidihan air sehingga mengurangi air limbah pada proses penggumpalan.

Tabel 4. 19. Penggunaan Air Proses Filtrasi Industri Y

Pengamatan hari ke-	Kapasitas produksi	Total jumlah batch	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg/batch	Batch	Liter/batch	Liter/batch
1	15	7	250	-
2	15	9	250	-
3	15	8	250	-
Rata - rata		8	250,00	-

Proses filtrasi merupakan tahapan yang membutuhkan air dengan jumlah yang besar dibandingkan dengan proses lainnya. Proses ini berfungsi untuk meluruhkan sari tahu yang masih tercampur dengan ampas tahu. Dalam mendapatkan volume penggunaan air dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air bersih. Volume ember yang digunakan yaitu dan 25 L. pada tabel 4.7 dapat disimpulkan bahwa kebutuhan air bersih rata – rata pada proses filtrasi adalah 250 liter untuk 15 kg kedelai. Air tersebut akan ikut mengalir dengan sari tahu yang sudah tersaring kedalam bak penggumpalan.

Tabel 4. 20. Penggunaan Air Proses Penggumpalan Industri Y

Pengamatan hari ke-	Kapasitas produksi	Total jumlah batch	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg/batch	Batch	Liter/batch	Liter/batch
1	15	7	75	225
2	15	9	79,5	275
3	15	8	75	250
Rata - rata		8	76,50	250

Pada proses penggumpalan hasil ekstraksi ditambahkan limbah air tahu hasil dari proses produksi tahu sebelumnya. Hal ini bertujuan agar sari tahu menggumpal menjadi satu agar memudahkan dalam proses pencetakan. Dalam Limbah air tahu terjadi proses fermentasi sehingga bersifat asam dan bau. Limbah air tahu harus segera dibuang ke aliran air agar tidak menimbulkan bau. Dalam

mendapatkan volume limbah whey yang dibutuhkan dengan menghitung jumlah ember yang digunakan untuk mengambil air. Volume ember yang digunakan yaitu 25L. Kebutuhan air limbah tahu yang dibutuhkan adalah 76,5 liter dan menghasilkan Volume air limbah yaitu 250 liter. Limbah Air tahu akan ditampung untuk digunakan kembali pada proses penggumpalan keesokan harinya.

Tabel 4. 21. Penggunaan Air Proses Pencetakan Industri Y

Pengamatan hari ke-	Kapasitas produksi	Total jumlah batch	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg/batch	Batch	Liter/batch	Liter/batch
1	15	7	-	108,52
2	15	9	-	83,52
3	15	8	-	83,52
Rata - rata		8	-	91,85

Proses ini bertujuan untuk mengeluarkan sisa – sisa air tahu yang masih ada sehingga tahu tidak lembek dan memberi bentuk pada tahu agar mudah di potong. Volume air limbah yang terukur rata – rata untuk 15 kg kedelai adalah 91,85 liter. Sisa air pada proses ini masih terdapat dalam tahu yang telah dicetak, berceceran dilantai sehingga tidak dapat tertampung dalam bak. Penggunaan air rata – rata dalam sehari dapat dilihat dalam tabel 4.21.

Tabel 4. 22. Penggunaan Air Rata - Rata Per Hari Industri Y

Proses	Jumlah Kedelai Rata - Rata	Kebutuhan Air	Volume Air Limbah Terukur
	Kg/Hari	Liter/Hari	Liter/Hari
Perendaman	120	240,0	182,1
Pencucian		300,00	268,59
Penggilingan		342,31	-
Perebusan		986,67	-
Filtrasi		2000,00	-
Penggumpalan		613,50	2016,67
Pencetakan		-	726,49
Rata - Rata		4482,5	3193,8



Dari tabel dapat disimpulkan bahwa dalam memproduksi 120 kg kedelai dibutuhkan air sebesar 4482,5 liter/hari dan Volume limbah yang dihasilkan yaitu 3193,8 liter/hari. Proses produksi per batch menggunakan 9 kg kedelai dan menghasilkan tahu yaitu 67,7 kg. Diasumsikan 1 kg kedelai menghasilkan 4,52 kg tahu. Penggunaan air untuk kebutuhan 1 kg kedelai dan Volume limbah yang dihasilkan dapat dilihat dalam tabel 4.23.

Tabel 4. 23 Penggunaan Air Rata - Rata Untuk 1 Kg Kedelai Industri Y

Proses	Jumlah kedelai rata - rata	Kebutuhan air	Volume air limbah terukur
	Kg	Liter	Liter
Perendaman	1	2,00	1,53
Pencucian		2,50	2,24
Penggilingan		2,79	-
Perebusan		8,22	-
Filtrasi		16,67	-
Penggumpalan		5,10	16,67
Pencetakan		-	6,12
Rata - rata		37,28	26,56
1 kg tahu	8,25	5,88	

Dari tabel dapat disimpulkan bahwa dalam memproduksi 1 kg kedelai dibutuhkan air sebesar 37,8 liter dan Volume limbah yang dihasilkan yaitu 26,56 liter. Untuk 1 kg tahu yang dihasilkan membutuhkan 8,25 liter/kg tahu air dan menghasilkan 5,88 liter/kg tahu. Berdasarkan baku mutu kualitas limbah tahu menurut Peraturan Gubernur Yogyakarta No. 7 Tahun 2016 debit limbah yang diperbolehkan yaitu 20 m<sup>3</sup>/ton produksi. Apabila dibandingkan dengan baku mutu yang telah ditetapkan limbah yang dihasilkan Industri tahu X sebesar 5,88 m<sup>3</sup>/ton produk masih berada dibawah baku mutu.

#### 4.5.3. Diagram Alir dan Neraca Air Proses Produksi Industri tahu Y

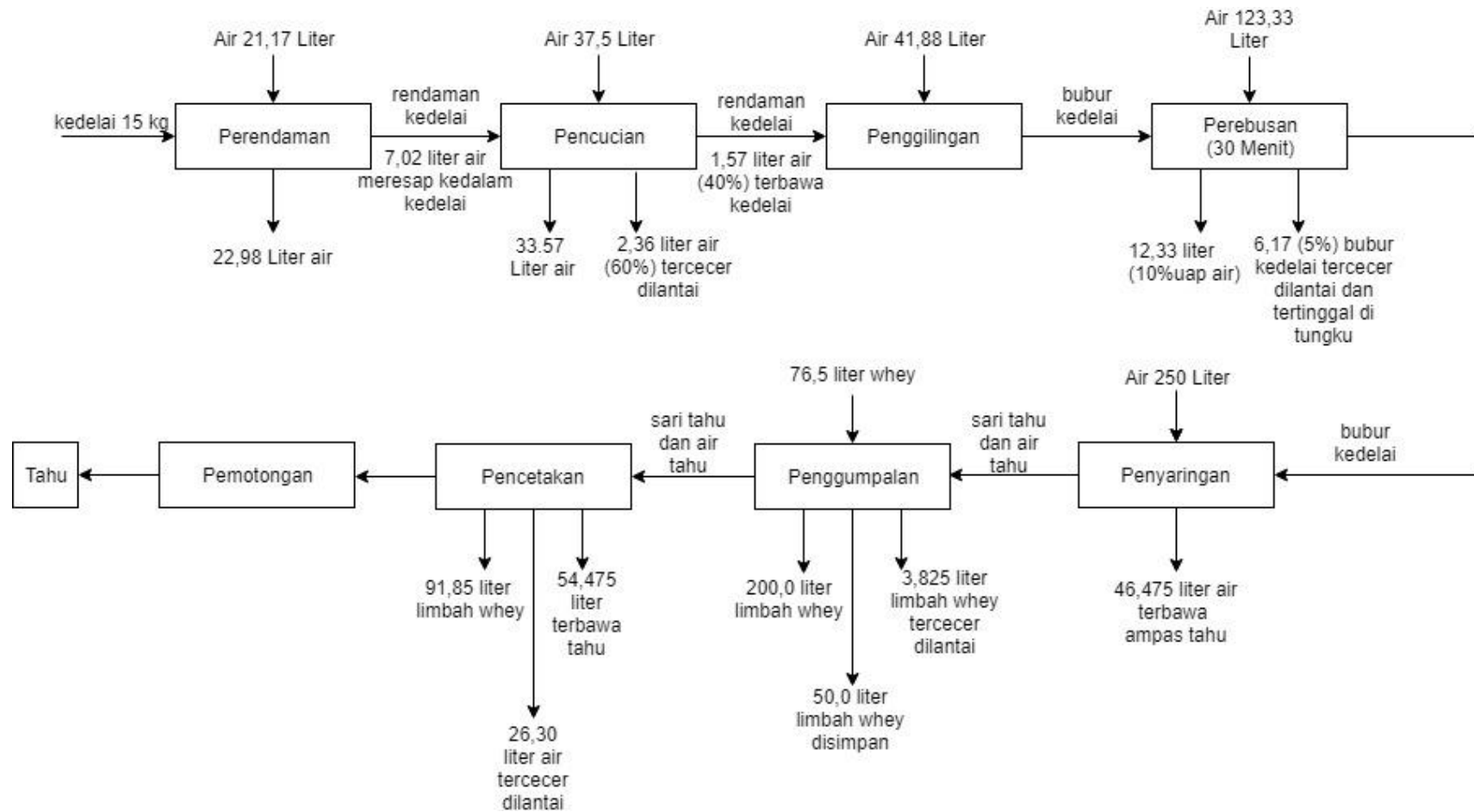
Proses produksi tahu pada Industri Y membutuhkan air pada saat perendaman, pencucian, perebusan, filtrasi, dan penggumpalan. Sumber air yang digunakan untuk proses produksi berasalh dari sumur bor. Sistem bak penampung menggunakan sistem manual. Air akan terisi terus menerus di bak penampung dan

harus segera dimatikan. Hal ini, terkadang membuat lantai licin akibat air tumpah karena air yang tidak dimatikan. Neraca penggunaan air pada industri tahu Y dapat dilihat dalam gambar 4.17.

Untuk 15 kg kedelai dibutuhkan air bersih sebesar 559,213 liter dan total limbah cair yang dihasilkan yaitu 398,403 Liter. Proses perendaman dilakukan selama 4 jam dan membutuhkan 30 Liter. Biji kedelai di rendam dalam ember yang berdiameter 39 cm dan tinggi 22 cm. Pada saat perendaman, kedelai berubah bentuk menjadi lebih besar dari sebelumnya dan menjadi lebih lunak. Volume limbah didapatkan dengan menyaring air dari kedelai dalam ember bervolume 25 L. Tidak semua limbah rendaman dapat tertampung. Pada saat penyaringan dilakukan air masih ada yang terbawa kedelai. Penggunaan air pada proses pencucian untuk 15 kg kedelai yaitu 37,50 Liter air dan menghasilkan 33,57 Liter limbah. Untuk mengetahui volume limbah yang dihasilkan menggunakan metode yang sama dengan proses perendaman. Dalam proses penggilingan membutuhkan air sejumlah 41,88 liter. Pada proses ini kedelai berubah menjadi bubur kedelai. Bubur kedelai dimasak selama 1 jam. Selama proses tersebut terdapat beberapa kali penambahan air. Untuk 15 kg kedelai membutuhkan 123,33 liter air. Pada proses perebusan 10% dari air yang ditambahkan penguap karena proses pemanasan (Darmajana et al., 2013).

Bubur kedelai yang telah masak kemudian disaring dengan kain sifon putih sambil digoyangkan. Penambahan air pada proses filtrasi dilakukan sebanyak 10 kali dengan kapasitas ember 25 liter. Dalam 15 kg kedelai membutuhkan 74,42 liter air bersih. Pada saat penggumpalan limbah whey yang dibutuhkan sebanyak 76,50 liter untuk 15 kg kedelai dan menghasilkan 250 liter limbah whey. Untuk mendapatkan volume limbah air dialirkan kedalam ember berkapasitas 25 Liter dengan selang. Tidak semua limbah dari penggumpalan dapat tertampung. Air tersebut tumpah dilantai, akibat saat penyaluran air melalui pipa air meluap. Sebagian Air limbah whey yang tertampung akan di simpan untuk proses penggumpalan selanjutnya. Dan yang lainnya akan dibuang ke saluran air. Air tahu yang masih tersisa akan terbawa ikut ke proses pencetakan dan ada juga yang tercecer dilantai. Untuk menghitung volume limbah dari proses

pencetakan dilakukan dengan cara menghitung volume keseluruhan air tahu dan sari tahu yang terdapat dalam bak penggumpalan. Bak penggumpalan mempunyai tinggi 84 cm dan berdiameter 78 cm. Volume total pada proses penggumpalan dikurangi volume limbah whey. Kemudian dikurangi kembali dengan volume tahu yang sudah siap potong. Air tahu dari proses penggumpalan dibagi kedua pencetak. Tahu yang siap dipotong berukuran 65x65x4 cm.



Gambar 4. 17. Diagram Alir Kebutuhan Air dan Limbah Cair di Industri Y

Berdasarkan gambar 4.17. dapat dilihat bahwa penggunaan air bersih ada pada proses perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, dan filtrasi. Proses filtrasi menggunakan lebih banyak air dibandingkan proses lainnya. Sedangkan, pada proses perendaman menggunakan air relatif lebih kecil. Pada proses produksi, air limbah yang dibuang ke badan air dihasilkan dari proses pencucian, perendaman, penggumpalan dan pencetakan. Sedangkan air limbah yang hilang diasumsikan tercecer dilantai atau terbawa ke proses selanjutnya. Dari diagram alir penggunaan air diatas dapat ditentukan neraca air untuk proses produksi tahu. Tabel neraca air dapat dilihat dalam tabel 4.24.

Tabel 4. 24. Neraca Air Industri Y

Proses	Input		Output	
	Bahan	Jumlah	Limbah cair	Keterangan
		Liter	Liter	Liter
Perendaman	Air	30,00	7,02	Terserap kedelai
			22,98	Dibuang ke badan air
Pencucian	Air	37,50	2,36	Tercecer di lantai
			1,57	Terbawa ke proses selanjutnya
			33,57	Dibuang ke badan air
Penggilingan	Air	41,88	-	-
Perebusan	Air	123,33	6,17	Tercecer di lantai dan tertinggal tungku perebusan
			12,33	Menguap
Filtrasi	Air	250,00	46,48	Terserap oleh ampas tahu
Penggumpalan	Limbah air tahu	76,50	3,83	Tercecer di lantai
			200,00	Dibuang ke badan air
			50,00	Disimpan untuk proses penggumpalan kembali
Pencetakan	-	-	26,30	Tercecer di lantai
			54,76	Terserap tahu
			91,85	Dibuang ke badan air
Total		559,21		559,21

Dari tabel 4.11 dapat diketahui bahwa kebutuhan air per 15 kg kedelai produksi untuk proses perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, filtrasi,

dan pencetakan adalah 559,21 Liter/Kg. Debit limbah yang keluar ke badan air sebesar 398,403 m<sup>3</sup>/hari. Produksi dalam sehari menghasilkan limbah sebesar 3,2 m<sup>3</sup>/hari untuk 120 kg kedelai. Losses atau unaccounted water selama proses produksi dapat dihitung yaitu sebesar :

$$\begin{aligned} \text{Losses} &= \left( \frac{\text{Debit limbah cair}}{\text{kebutuhan air bersih}} \times 100\% \right) - 100\% \\ &= \left( \frac{559,21}{398,403} \times 100\% \right) - 100\% = 32,23\% \end{aligned}$$

Losses pada industri tahu X sebesar 28,76%. Kehilangan air ini terjadi pada setiap tahapan produksi, antara lain :

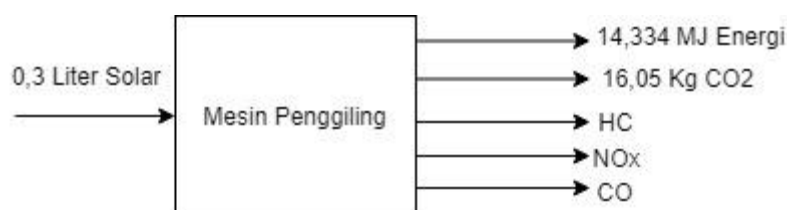
- Pada proses perendaman, air yang hilang sebesar 7,02 liter. Air tersebut hilang dikarenakan menyerap kedalam biji kedelai. bisa dilihat dari perubahan bentuk dan sifat dari kedelai sebelum dan sesudah di rendam. Diasumsikan 100% air yang hilang menyerap dalam biji kedelai.
- Pada proses pencucian, terdapat 3,93 liter air yang hilang. Hal ini bisa disebabkan oleh dua hal yaitu air terbawa bersama kedelai kedalam proses selanjutnya dan air berceceran di lantai. Diasumsikan sebesar 40 % terbawa kedelai dan 60 % berceceran dilantai.
- Dan di proses akhir air yang hilang sebanyak 160,81 liter. Diasumsikan 10% air menguap pada saat proses perebusan dan jatuh tercecer kelantai pada saat proses pemindahan air tahu ke proses selanjutnya dan 5% hilang karena tertinggal pada proses sebelumnya, 10 % tercecer dilantai dan pada saat pemindahan limbah whey kedalam ember tidak tertampung karena ember sudah terlalu penuh.
- Pada Ampas tahu, Menurut (Sulistiani, 2004) kadar air yang terbawa dalam ampas tahu sebesar 84,5%.
- Sedangkan, pada tahu yang telah siap masih terdapat kandungan kadar air sekitar 80,7% ((Romli & Suprihati, 2009)

### 4.5.3. Penggunaan Energi Pada Proses Produksi Industri tahu Y

Sumber energi yang digunakan di industri Y terdiri dari 2 sumber yaitu kayu bakar dan diesel bertenaga solar. Diesel bertenaga solar digunakan pada saat proses penggilingan. Sistem ini menimbulkan bau akibat solar dan kebisingan yang dapat berpengaruh pada para pekerja. dibandingkan dengan sistem diesel bertenaga listrik, sistem ini lebih cepat dalam hal penggilingan. Dalam setiap produksi 15 kg kedelai dibutuhkan 0,3 liter solar. Energi yang dibutuhkan pada proses penggilingan yaitu :

$$\begin{aligned}\text{Konsumsi Energi Diesel} &= \text{Solar (liter)} \times \text{nilai kalor diesel} \\ &= 0,3 \text{ liter} \times 47,78 \text{ MJ/liter} \\ &= 14,334 \text{ MJ}\end{aligned}$$

Neraca energi dari mesin penggilingan hasil konsumsi energi dapat dilihat dalam gambar 4.18.



Gambar 4.18. Neraca Energi Mesin Penggiling Kedelai di Industri Y

Pada proses perebusan menggunakan sistem pemanas langsung di atas tungku dengan bahan bakar kayu. Penggunaan sistem pemanas langsung kurang efisien dalam hal lamanya perebusan dan dalam penggunaan jumlah kayu bakar. Kayu bakar yang digunakan selama satu batch produksi sebanyak 33 kg. Energi yang dibutuhkan pada saat perebusan bubur kedelai dapat dilihat pada persamaan dibawah ini :

#### Perebusan

Rata – rata suhu air awal ( $t_a$ )	= 26°C
Rata – rata suhu bubur kedelai awal ( $t_{ob}$ )	= 30°C
Rata – rata suhu perebusan ( $t_a$ )	= 100°C
Massa Bubur Kedelai	= 115,5 Kg
Massa air ( $m_a$ )	= 123,3 Kg

Massa air yang diuapkan (mu)	= 12,3 kg
Panas laten penguapan (h)	= 2260 KJ/Kg <sup>o</sup> C
Kapasitas panas air (ca)	= 4,2 KJ/Kg <sup>o</sup> C
Kapasitas panas bubur kedelai (cp)	= 3,364 KJ/Kg <sup>o</sup> C (Wahyuni, 2006)

$$\begin{aligned}
 \text{Energi pemanasan air} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= 123,3 \text{ kg} \times 4,2 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C} \times (100-26)^{\circ}\text{C} \\
 &= 38321,64 \text{ KJ} \\
 &= 38,32 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energi Penguapan air} &= m \times h \\
 &= 12,3 \text{ kg} \times 2260 \text{ KJ/Kg} \\
 &= 27798 \text{ KJ} \\
 &= 27,8 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energi Pemasakan Bubur Kedelai} &= m \times C_p \times \Delta t \\
 &= 115,5 \text{ Kg} \times 3,364 \text{ KJ/Kg}^{\circ}\text{C} \times (100-26)^{\circ}\text{C} \\
 &= 28752,108 \text{ KJ} \\
 &= 28,752 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Total energi perebusan} &= 38,32 \text{ MJ} + 27,8 \text{ MJ} + 28,752 \text{ MJ} \\
 &= 94,872 \text{ MJ}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Energi kayu bakar} &= \text{massa kayu bakar} \times \text{nilai kalor kayu bakar} \\
 &= 33 \text{ kg} \times 14,7 \text{ MJ} \\
 &= 485,1 \text{ MJ} \\
 &= 0,000485,1 \text{ TJ}
 \end{aligned}$$

### Efisiensi Energi

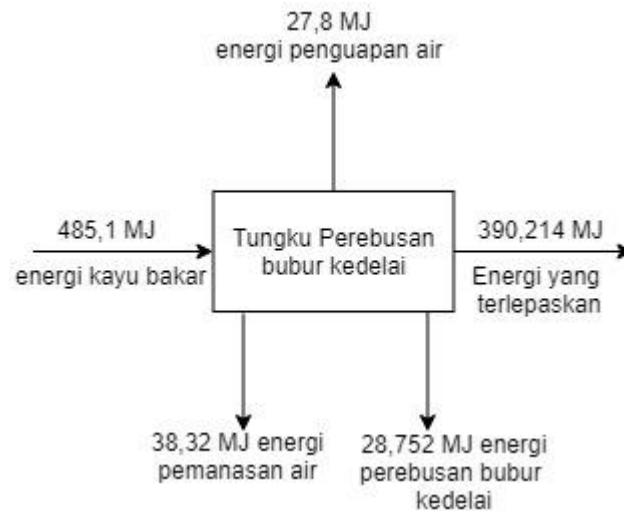
Efisiensi penggunaan energi pada saat proses perebusan kedelai dihitung berdasarkan perbandingan energi output dan energi input, sehingga didapatkan energi yang terakumulasi pada saat perebusan. Dimana energi output berasal dari total energi perebusan dan energi input berasal dari kayu bakar. Sisa energi yang tidak terakumulasi dilepaskan ke udara dalam bentuk emisi.

$$\begin{aligned}
 \text{Efisiensi energi sistem} &= \frac{\text{Energi Input}}{\text{Energi Output}} \times 100\% \\
 &= \frac{94,872 \text{ MJ}}{485,1 \text{ MJ}} \times 100\%
 \end{aligned}$$



$$= 19,56 \%$$

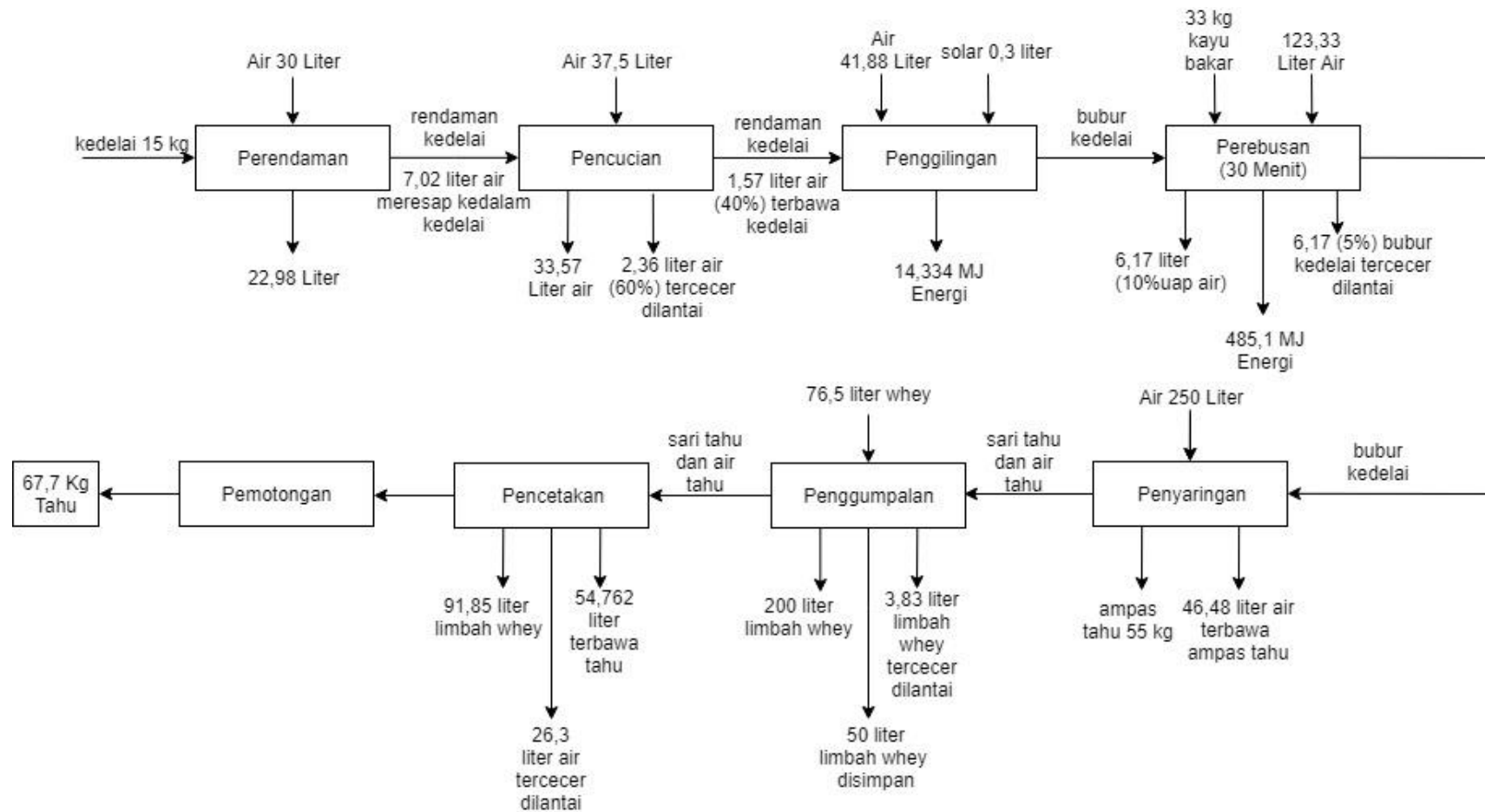
Dari persamaan diatas, energi yang terlepaskan selama proses perebusan adalah 80,44% dari energi input. Sehingga didapatkan energi yang terlepaskan sebesar 390,214 MJ. Neraca energi dari proses perebusan bubur kedelai dapat dilihat dalam gambar 4.19.



Gambar 4. 19. Neraca Energi Proses Perebusan di Industri Y

#### 4.5.4. Diagram Alir dan Neraca Massa Proses Produksi Industri tahu Y

Analisa diagram alir dan neraca masa pada industri tahu Y dilakukan pada proses produksi tahu yang meliputi, perendaman, pencucian, penggilingan, perebusan, penyaringan, penggmpalan, pengepresan, pencetakan, dan pemotongan.



Gambar 4.20. Diagram Alir dan Neraca Massa Proses Produksi Industri Y

Berdasarkan gambar 4.20 dapat ditentukan neraca penggunaan air, energi dan massa. Neraca penggunaan air, energi, dan neraca massa dapat dilihat dalam tabel 4.25.

Tabel 4. 25. Neraca Air, Neraca Massa dan Neraca Energi Industri Y

Proses	Input			Output			
	Bahan	Jumlah	Satuan	Limbah cair (liter)	Keterangan	Produk	Keterangan
Perendaman	Kedelai	15,00	Kg	-		67,77 kg	Tahu
	Air	30,00	Liter	7,02	Tersekap kedelai	-	-
22,98				Dibuang ke badan air			
Pencucian	Air	37,50	Liter	2,36	Tersekap di lantai	-	-
				1,57	Terbawa ke proses selanjutnya		
				33,57	Dibuang ke badan air		
Penggilingan	Air	41,88	Liter	-	-	-	-
	Solar	0,30	Liter			14,334 MJ	Energi
						16,05 KG	CO2
Perebusan	Air	123,33	Liter	6,17	Tersekap di lantai dan tertinggal tungku perebusan	-	-
				12,33	Menguap		
	Kayu bakar	33,00	Kg	-		485,1 MJ	Energi
						51,13 KG	CO2
Filtrasi	Air	250,00	Liter	46,48	Tersekap oleh ampas tahu	55 kg	Ampas tahu
Penggumpala n	Limbah air tahu	76,50	Liter	3,83	Tersekap di lantai	-	-
				200,00	Dibuang ke badan air		
				50,00	Disimpan untuk proses penggumpala n kembali		
Pencetakan	-	-	-	26,30	Tersekap di lantai	-	-
				54,76	Tersekap tahu		

Proses	Input			Output			
	Bahan	Jumlah	Satuan	Limbah cair (liter)	Keterangan	Produk	Keterangan
				91,85	Dibuang ke badan air		
Total				559,21			

Berdasarkan tabel 4.23 pada proses filtrasi menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu. Ampas tahu diperoleh dari bubur kedelai yang telah tersaring dan sudah tidak digunakan lagi dalam pembuatan tahu (Sulistiani, 2004). Ampas tahu yang dihasilkan di tampung di 2 wadah berukuran 25L, dengan berat total 55 kg per 15 kg kedelai. Ampas tahu rata – rata yang dihasilkan selama satu dengan 120 kg kedelai adalah 440 kg ampas tahu.

Pencetakan tahu dibagi menjadi empat. Satu pencetak tahu dengan ukuran tahu yang dipasarkan didapatkan sebanyak 144 tahu. Dari hasil proses produksi 15 kg kedelai menghasilkan 67,7 kg tahu. Rata – rata berat tahu yang dihasilkan oleh 120 kg kedelai adalah 541,6 kg tahu.

Pada proses penggilingan, mesin diesel menghasilkan emisi yang berupa gas buang. Emisi yang dikeluarkan diantaranya yaitu senyawa hidrokarbo (HC) tidak terbakar, karbon dioksida (CO<sub>2</sub>), karbon monoksida (CO), senyawa nitrogen (NO<sub>x</sub>), dan asap (Sumarsono, 2016). Berikut emisi CO<sub>2</sub> yang dikeluarkan mesin diesel dengan bahan bakar 0,3 liter solar :

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 &= \text{Konsumsi energi x faktor emisi} \\
 &= 0,00014334 \text{ TJ x } 112 \text{ ton CO}_2/\text{TJ} \\
 &= 0,01605408 \text{ ton CO}_2 \\
 &= 16,05 \text{ kg CO}_2
 \end{aligned}$$

Pada proses perebusan kedelai, penggunaan kayu bakar menghasilkan hasil samping yang berupa emisi CO<sub>2</sub> dan arang. Perhitungan untuk emisi CO<sub>2</sub> dari kayu bakar menggunakan metode standar IPCC (BAPPENAS, 2014)

$$\begin{aligned}
 \text{Emisi CO}_2 \text{ kayu bakar} &= \text{Konsumsi energi x faktor emisi} \\
 &= 0,0004581 \text{ TJ x } 112 \text{ ton CO}_2/\text{TJ} \\
 &= 0,0513072 \text{ ton CO}_2
 \end{aligned}$$

$$= 51,13 \text{ kg CO}_2$$

#### 4.5.5. Usaha Minimisasi Limbah yang Telah Dilakukan Di Industri Tahu Y

Sama halnya dengan industri X, Industri Y dalam hal meminimasi limbah dianggap masih kurang. Namun, Ada beberapa Usaha minimisasi limbah yang telah dilakukan oleh Industri tahu Y. Usaha minimisasi yang telah dilaksanakan oleh industri Y yaitu :

1. Menggunakan ampas tahu sebagai pakan ternak.

Ampas tahu hasil dari limbah pada proses filtrasi dijual kepada peternak seharga Rp. 8.000,00 per satu ember. Para peternak biasanya datang ke industri untuk membeli ampas tahu. Hewan ternak yang biasa diberi pakan antara lain kambing, domba, dan sapi.

2. Menggunakan kembali air limbah whey yang dihasilkan.

Air limbah whey digunakan kembali untuk proses penggumpalan kembali. Namun, tidak semua limbah whey yang dihasilkan di gunakan kembali. Dikarenakan wadah yang dimiliki tidak cukup menampung seluruh limbah.

#### 4.5.6. Identifikasi Permasalahan pada Berbagai Aspek Kegiatan Produksi

Identifikasi permasalahan di industri Y tidak hanya pada limbah yang dihasilkan, tetapi juga pada keseluruhan aspek proses produksi yaitu bahan baku, teknologi, tata laksana, produk dan limbah yang dihasilkan. Permasalahan yang teridentifikasi dapat dilihat dalam tabel 4.26.

Tabel 4. 26. Identifikasi Permasalahan di Industri Tahu Y

No	Aspek	Rincian kegiatan	Permasalahan/limbah	Dampak
1	Bahan Baku	Kedelai	Tidak ada dilakukan pemilihan kedelai yang akan digunakan dan pembuangan kotoran seperti kayu sehingga kotoran masuk kedalam proses produksi	Kerusakan pada mesin penggiling dan kualitas tahu menjadi rendah

No	Aspek	Rincian kegiatan	Permasalahan/limbah	Dampak
2	Tata laksana	Perendaman, pencucian, filtrasi, penggumpalan. Pencetakan, penggilingan.	Terjadi inefisiensi dalam penggunaan air dikarenakan air yang digunakan banyak tumpah ke lantai sehingga menyebabkan lantai basah dan licin. Kelengkapan APD dari para pekerja kurang.	Banyaknya kebutuhan air dan lantai ruang produksi menjadi licin dan bau. Para pekerja harus lebih berhati – hati dalam bergerak.
3	Limbah	Perendaman, pencucian, penggumpalan, filtrasi, pencetakan	Belum ada pengolahan limbah yang dilakukan. Limbah yang dihasilkan di buang kelantai kemudian mengalir ke badan air.	Terjadi pencemaran di lingkungan industri dan timbulnya bau akibat air limbah
4	Teknologi	Penggunaan sistem langsung masak di tungku pada proses perebusan	Adanya kerak kerang kedelai gosong pada tungku masak, panas ruangan meningkat ketika proses perebusan, terdapat abu atau arang yang terbawa oleh bubur kedelai	Kualitas dari tahu dapat menurun, banyaknya kedelai yang terbuang atau mengendap menjadi kerak.
		Penggunaan solar untuk mesin penggiling	Meningkatnya kebisingan pada ruang produksi dan timbulnya asap akibat proses pembakaran	Sulitnya komunikasi antar pekerja sehingga para pekerja harus menaikkan volume suara. Asap menimbulkan bau yang tidak enak.

Pada aspek bahan baku, kedelai yang akan direndam tidak dilakukan penyortiran terlebih dahulu pada kedelai dari kotoran seperti biji kedelai yang rusak, batu, kerikil, dan kayu. Penyortiran harus dilakukan untuk mencegah kerusakan pada mesin penggiling dan menjaga kualitas dari tahu (Djayanti, 2015).

Permasalahan pada aspek tata laksana terjadi pada tercecernya air dan bahan baku diruang produksi sehingga menyebabkan lantai menjadi licin. Dan pembuangan air limbah ke lantai juga menjadi penyebab lantai menjadi licin dan menimbulkan bau yang tidak enak. Selain itu, para pekerja tidak menggunakan

APD yang lengkap pada saat bekerja dengan alasan repot dan tidak nyaman. Penerapan *Good Housekeeping* dimaksudkan untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi tumpahan air, dan mencegah hilangnya bahan. Aktivitas tersebut terdiri dari yaitu pelaksanaan proses produksi yang baik, pemantauan pekerja, dan pemantauan pekerja. Dalam penerapan *Good Housekeeping* ini diperlukan penyuluhan atau mengikuti pelatihan *Good Manufacturing Practices* (GMP) sehingga pengetahuan dan kesadaran para pelaku industri meningkat menjadi lebih baik (Fauzi et al., 2010). Permasalahan selanjutnya yaitu limbah. Di industri X, limbah cair yang dihasilkan tidak dilakukan pengolahan terlebih dahulu sebelum dibuang. selama ini, limbah yang dihasilkan dari proses produksi dialirkan menuju badan air terdekat. Hal ini dapat berdampak buruk bagi lingkungan sekitar.

Permasalahan pada aspek teknologi di industri Y, penggunaan energi solar pada proses penggilingan menimbulkan kebisingan yang menyebabkan timbulnya kesalahpahaman dalam hal komunikasi akibat suara dari mesin penggiling. Dan juga, mesin penggiling mengeluarkan asap yang bau. Proses perebusan kedelai industri Y menggunakan sistem tungku pemanas langsung. Sistem ini membutuhkan lebih banyak bahan bakar dibandingkan dengan sistem *boiler*. Menurut (Romli & Suprihati, 2009) penggunaan sistem boiler dapat menghemat kayu bakar sampai dengan 50 – 70 % dibandingkan dengan sistem pemanas langsung. Apabila dibandingkan dengan industri X, kebutuhan air untuk perebusan, ekstraksi, dan penggumpalan lebih sedikit dibandingkan dengan industri Y. Sehingga, dapat menghemat kebutuhan air dari yang seharusnya. Dalam penerapannya pun sistem boiler tersebut tidak terlalu sulit dan tidak membutuhkan biaya yang terlalu tinggi.

#### **4.6. Alternatif Produksi Bersih yang Ditawarkan**

Alternatif produksi bersih yang direkomendasikan untuk meminimisasi limbah cair dari permasalahan kedua Industri Tahu X dan Y dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4. 27. Ringkasan Alternatif Produksi Bersih yang Ditawarkan

Tahapan Proses Produksi	Alternatif minimisasi	Rincian minimisasi	Referensi	Pertimbangan		* <i>Compability</i> (kesesuaian)
				Keuntungan	Kerugian	
Perendaman, pencucian, penggumpalan, Pencetakan.	<i>Recycle</i> limbah cair tahu	Membuat suatu pengolahan limbah (ipal) yang bertujuan untuk mengurangi beban pencemar yang diterima oleh badan air, lingkungan. Dan dapat dimanfaatkan kembali dalam proses produksi.	(Pamungkas & Slamet, 2017)	Mengurangi polutan yang dibuang ke lingkungan, dan dapat menghemat penggunaan air dikarenakan adanya sumber air bersih baru	Menyediakan lahan kosong untuk instalasi pengolahan air limbah dan juga membutuhkan biaya dalam perawatan	***
Pencucian, perendaman	<i>Recycle</i> dan <i>Reuse</i> untuk proses pencucian	Limbah hasil pencucian dan perendaman disaring kembali menggunakan lapisan bahan berpori atau media seperti pasir, kerikil, ijuk, arang, batu bata. Media pasir mengurangi kandungan lumpur dan bahan padatan atau tss pada limbah cair tahu	(Dewi & Buchori, 2016)	Pengolahan air menggunakan media tersebut tidak membutuhkan biaya yang tinggi, dan mudah didapatkan	Industri membutuhkan biaya investasi untuk membuat alat ini dan juga membutuhkan biaya dalam perawatan	***



Tahapan Proses Produksi	Alternatif minimisasi	Rincian minimisasi	Referensi	Pertimbangan		* <i>Compability</i> (kesesuaian)
				Keuntungan	Kerugian	
Pencucian	<i>Reuse</i> untuk pencucian kedelai	Pencucian kedelai dilakukan secara bertaha. Dimana kedelai dicuci sebanyak 4 kali. Dan air pencuciam ketiga dan ke empat dapat digunakan kembali untuk pencucian kedelai pertama	(Djayanti, 2015)	Pencucian secara bertahap dapat menghemat air yang digunakan dan menghindari terjadinya tumpahan pada lantai	Industri membutuhkan biaya inventasi untuk pembelian wadah sebanyak 4, dan membutuhkan tambahan sdm	**
Pencucian	<i>Reuse</i> untuk pencucian kedelai	Menggunakan air cucian kedelai tanpa harus diolah untuk proses yang sama	-	Dapat meminimisasi penggunaan air sehingga dapat mengurangi limbah yang dihasilkan, dapat mengurangi penggunaan air, dan mudah dalam pengaplikasiannya	Hanya bisa digunakan untuk satu kali proses saja	***

Tahapan Proses Produksi	Alternatif minimisasi	Rincian minimisasi	Referensi	Pertimbangan		* <i>Compability</i> (kesesuaian)
				Keuntungan	Kerugian	
Pencucian	<i>Reduce</i> untuk pencucian kedelai	Mengurangi penggunaan air untuk pencucian kedelai sebanyak 50% dan merubah sistem pencucian dengan air mengalir.	-	Dapat mengurangi kebutuhan penggunaan air dari yang seharusnya dan mengurangi limbah yang akan dibuang, dapat mengurangi penggunaan air, dan mudah dalam pengaplikasiannya	Membutuhkan tambahan waktu produksi untuk mencuci kedelai yang telah direndam	***
Penggumpalan dan pencetakan	<i>Recycle</i> limbah menjadi bahan makanan	Pemanfaatan limbah whey tahu untuk pembuatan <i>Nata De Soya</i> dengan menambahkan air rebusan kacang tanah dan starter bakteri <i>Acetobacter xylinum</i>	(Azhari, Sunarto, & Wiryanto, 2015)	Pembuatan <i>nata de soya</i> menguntungkan bagi industri dalam segi aspek ekonomis	Industri harus menambah sdm, membutuhkan tambahan ruang untuk pembuatan <i>nata de soya</i> , menghasilkan limbah yang banyak, dan biaya investasi dari pembuatan nata de soya cukup tinggi.	*

Tahapan Proses Produksi	Alternatif minimisasi	Rincian minimisasi	Referensi	Pertimbangan		* <i>Compability</i> (kesesuaian)
				Keuntungan	Kerugian	
Penggumpalan dan pencetakan	<i>Recycle</i> limbah menjadi pupuk cair	Pemanfaatan limbah cair industri tahu sebagai pupuk organik cair (poc) dengan penambahan cairan aktivator (em4) dan gula merah	(Saenab, Henie, Al, Rohman, & Arifin, 2018)	Pembuatan pupuk organik membutuhkan biaya yang rendah dan dapat menambah keuntungan bagi industri	Industri mengadakan alat dan bahan untuk pembuatan pupuk cair organik	***
Penggumpalan dan pencetakan	<i>Recycle</i> limbah penggumpalan dan pencetakan	Pemanfaatan Biji Asam Jawa ( <i>Tamarindusindica</i> ) sebagai koagulan alternatif dalam penurunan BOD, COD, dan TSS	Ramadhani & Moesriati (2013)	Dengan penambahan asam jawa, dapat menurunkan kadar BOD sebesar 82,62 %, COD sebesar 81,72%, dan TSS sebesar 76,47 %. Sehingga air limbah dapat digunakan kembali hingga 50% untuk proses ekstraksi dan biji asam jawa dapat didapatkan dengan mudah dan harga yang terjangkau	Industri perlu membuat suatu alat atau teknologi untuk pengadukan atau proses flokulasi dan koagulasi untuk mempercepat proses penurunan kadar BOD, COD, dan TSS	*

Tahapan Proses Produksi	Alternatif minimisasi	Rincian minimisasi	Referensi	Pertimbangan		* <i>Compability</i> (kesesuaian)
				Keuntungan	Kerugian	
Penggumpalan dan pencetakan	<i>Recycle</i> penggumpalan dan pencetakan	Penambahan serbuk biji kelor sebagai koagulan alternatif dalam penurunan COD, dan TSS	Bangun, Aminah, Hutahaean, & Ritonga (2013)	Penambahan serbuk biji kelor dengan waku pengendapan 60 menit dapat menurunkan kadar TSS sebesar 90,32 % dan COD 63,26 %. Selain itu serbu biji kelor mudah didapatkan dan biaya yang dibutuhkan rendah	Industri perlu membuat suatu alat atau teknologi untuk pengadukan atau proses flokulasi dan koagulasi untuk mempercepat proses penurunan kadar COD, dan TSS	***

Dalam menentukan compatibility (kesesuaian) alternatif produksi bersih yang direkomendasikan diperlukan kriteria penilaian yang menjadi dasar alternatif tersebut bisa digunakan dan dapat diterapkan pada industri tahu X dan Y. Berikut kriteria alternatif produksi bersih :

Tabel 4. 28 Kriteria Penilaian Alternatif yang Ditawarkan

Skala	Kriteria
*	Alternatif yang direkomendasikan bisa diterapkan dan memiliki keuntungan, tetapi pemilik harus mengeluarkan biaya yang tinggi dan teknologi belum dapat digunakan.
**	Alternatif yang direkomendasikan cocok untuk diterapkan, tidak memiliki masalah dengan biaya yang dikeluarkan tetapi memiliki keuntungan yang lebih sedikit dibanding kerugian.
***	Alternatif yang direkomendasikan bisa, cocok, dan dapat diterapkan pada industri tahu karena tidak memiliki kerugian yang dapat ditimbulkan setelah penerapan.

Proses perendaman, pencucian, penggumpalan, pencetakan, menghasilkan limbah yang sangat banyak. Limbah tersebut dapat digunakan kembali untuk proses produksi, apabila baku mutu dari air limbah tersebut terpenuhi atau tidak melebihi batas. Karakteristik limbah cair dari industri x dan y dapat dilihat dalam tabel 4.29.

Tabel 4. 29. Karakteristik limbah COD dan BOD pada industri X dan Y

Parameter	Proses	Industri Tahu X (mg/L)	Industri Tahu Y (mg/L)	Baku Mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016
BOD	Perendaman	242,4	339,7	150 mg/L
	Pencucian	484,3	484,3	
	Penggumpalan	2903,5	2419,7	
	Pencetakan	1935,8	1452,0	
	Outlet	1693,9	1210,1	
COD	Perendaman	695	437,5	300 mg/L
	Pencucian	1168	875	
	Penggumpalan	4081	4450	
	Pencetakan	4348	3125	
	Outlet	1808	1325	
TSS	Perendaman	196	134	200 mg/L
	Pencucian	143	129	
	Penggumpalan	1046	942	
	Pencetakan	696	524	

Parameter	Proses	Industri Tahu X (mg/L)	Industri Tahu Y (mg/L)	Baku Mutu Perda DIY No. 7 Tahun 2016
	Outlet	378	252	
TDS	Perendaman	361	213,5	2000 mg/L
	Pencucian	187	111,1	
	Penggumpalan	2070	1065,5	
	Pencetakan	1459,5	522	
	Outlet	1530	707	
Suhu	Perendaman	29,4	29,0	3°C terhadap suhu udara
	Pencucian	30,1	30,5	
	Penggumpalan	55	51,6	
	Pencetakan	46	43,4	
	Outlet	31,6	32,3	
pH	Perendaman	6	6	-
	Pencucian	7	7	
	Penggumpalan	4	6	
	Pencetakan	5	5	
	Outlet	5,5	6	

Dari tabel 4.29 parameter BOD dan COD melebihi baku mutu yang telah ditetapkan. Limbah cair untuk proses penggumpalan dan proses pencetakan memiliki kadar BOD dan COD yang tinggi. Dalam proses produksi sehari – hari limbah ini disimpan sebagian kemudian digunakan untuk proses penggumpalan selanjutnya dan sebagian limbah tersebut dibuang ke badan air. Dimana hal tersebut akan mencemari lingkungan sekitar. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan suatu instalasi pengolahan air limbah (IPAL). Alternatif yang direkomendasikan menggunakan IPAL dengan proses degradasi anaerobik. Proses anaerobik dalam penerapannya seperti biaya operasi dan perawatan tidak membutuhkan biaya yang tinggi. Contoh alternatif ipal dengan proses anaerobik filter (AF), wetland, atau aerobik biofilter (Pamungkas & Slamet, 2017).

Alternatif untuk meminimisasi limbah dari proses pencucian dengan melakukan pencucian kedelai secara bertahap. Alternatif ini dapat digunakan, dikarenakan dalam penerapannya tidak membutuhkan waktu dan alat yang banyak. Menurut (Djayanti, 2015), seharusnya pencucian kedelai dilakukan 4 tahap. Dimana air pencucian kedelai pada tahap ketiga dan empat dapat digunakan untuk pencucian kedelai kembali pada tahap pertama dan kedua. Hal ini dapat mengurangi penggunaan air bersih dan tidak banyak terpengaruh pada

kualitas produk tahu yang dihasilkan. Namun, hal ini kurang efektif dikarenakan membutuhkan wadah yang banyak dan membutuhkan waktu yang cukup banyak.

Limbah cair dapat digunakan kembali untuk proses lainnya dengan cara melakukan pengolahan terlebih dahulu. Salah satu caranya yaitu menambah koagulan berupa serbuk biji kelor yang diendapkan selama 60 menit. Menurut (Bangun et al., 2013), dengan serbuk biji kelor dapat menurunkan kadar TSS hingga 90,32% dan COD 63,26%. Penerapan alternatif ini tidak membutuhkan biaya yang tinggi dan serbuk biji kelor dapat ditemukan dengan mudah. Namun, alternatif ini tidak dapat digunakan karena air limbah masih melebihi baku mutu. Sehingga alternatif ini disarankan untuk dilakukan penerapan pada industri tahu.

Limbah cair dari proses penggumpalan dan pencetakan dapat dimanfaatkan menjadi *nata de soya*. Limbah cair tahu (whey) masih mengandung protein, karbohidrat dan lemak (Azhari, Sunarto, & Wiryanto, 2015). Kandungan lain dari whey yaitu lemak tak jenuh, Vitamin E, vitamin B 12, vitamin B kompleks, fosfor, Kalium, dan kalsium. Kandungan lemak tak jenuh tidak banyak mengandung kolesterol, sehingga sangat aman untuk dikonsumsi. *Nata de soya* dapat menambah keuntungan dan juga mengurangi limbah yang dihasilkan. Namun, dalam penerapannya *nata de soya* membutuhkan biaya produksi yang tinggi dan membutuhkan waktu yang cukup lama. Oleh karena itu alternatif pengurangan limbah cair dengan teknologi ini tidak disarankan.

Selain menghasilkan limbah cair proses produksi tahu juga menghasilkan limbah padat berupa ampas tahu. Ampas tahu dihasilkan dari proses produksi filtrasi yang dimana dapat digunakan sebagai bahan pembuat tepung tinggi serat dan protein. Pembuatan tepung ampas tahu dapat menambah keuntungan yang dihasilkan dan dapat mengurangi limbah ampas tahu yang dihasilkan. Selain itu, dalam pembuatan tepung ini tergolong mudah dan alat bahan yang dibutuhkan membutuhkan biaya yang rendah. Pembuatan tepung ampas tahu memerlukan ruang dalam proses produksinya sendiri dan industri juga membutuhkan tambahan pekerja.

#### **4.7. Alternatif Minimisasi Limbah yang Direkomendasikan**

Dari tabel 4.27, terdapat beberapa alternatif minimisasi yang dapat digunakan pada industri tahu x dan y. Dari beberapa alternatif tersebut, dipilih berdasarkan kesesuaian dengan industri atau dari beberapa aspek seperti tidak menimbulkan kerugian dan biaya yang rendah. Berikut beberapa alternatif minimisasi terpilih yang dapat diterapkan pada industri tahu x dan y:

- Limbah hasil pencucian dan perendaman disaring kembali menggunakan lapisan bahan berpori atau media seperti pasir, kerikil, ijuk, arang, batu bata. Media pasir mengurangi

kandungan lumpur dan bahan padatan atau tss pada limbah cair tahu pada proses pencucian dan perendaman (Dewi & Buchori, 2016). Pada teknik ini diperkirakan 65% limbah yang telah diolah dapat digunakan kembali untuk proses pencucian. Dalam penerapannya, media saring tidak membutuhkan biaya operasi dan perawatan yang tinggi. Berdasarkan referensi, proses tersebut dapat menurunkan kadar TSS sebesar 65,23% dan kadar COD hingga 60,59% dan dapat menghilangkan kekeruhan dari limbah sehingga dapat digunakan kembali untuk proses pencucian dan perendaman. Penurunan volume limbah dapat dilihat dalam tabel 4.30. Sedangkan penurunan kadar COD dapat dilihat dalam tabel 4.31 dan TSS dapat dilihat dalam tabel 4.32.

Tabel 4. 30. Perbandingan Volume limbah setelah dan sebelum *Recycle*

Tahapan kegiatan	Volume limbah yang dihasilkan (m3/batch)	Persentase penghematan %	Volume limbah setelah <i>recycle</i> (m3/batch)
Perendaman	16,36	65	5,73
Pencucian	28,90	65	10,11

Tabel 4. 31. Perbandingan Kadar COD setelah dan sebelum *Recycle*

Tahapan kegiatan	Kadar COD pada limbah yang dihasilkan (mg/L)	Persentase penurunan %	Kadar COD setelah <i>recycle</i> (mg/L)
Perendaman	695,00	65	243,25
Pencucian	1168,00	65	408,80

Tabel 4. 32. Perbandingan Kadar TSS setelah dan sebelum *Recycle*

Tahapan kegiatan	Kadar TSS pada limbah yang dihasilkan (mg/L)	Persentase penurunan %	Kadar TSS setelah <i>recycle</i> (mg/L)
<b>Perendaman</b>	<b>196,00</b>	<b>65</b>	<b>68,60</b>
Pencucian	143,00	65	50,05

- Menggunakan air cucian kedelai tanpa harus diolah digunakan untuk proses pencucian selanjutnya. Hal ini dapat mengurangi kebutuhan air pencucian dan juga mengurangi limbah yang dibuang. Alternatif ini dapat mengurangi kebutuhan air sebanyak 70 %. Perbandingan kebutuhan air sebelum dan setelah *reuse* dapat dilihat dalam tabel 4.33.

Tabel 4. 33. Perbandingan Penggunaan Air Sebelum dan Setelah *Reuse*



Tahapan kegiatan	Volume limbah pencucian (m <sup>3</sup> /batch)	Persentase penghematan %	Volume limbah pencucian setelah <i>reuse</i> (m <sup>3</sup> /batch)
Pencucian	30,92	70	9,28

- Mengurangi penggunaan air pada pencucian sebanyak 50 % dengan menggunakan sistem pencucian pada air mengalir. Pada industri Y, pencucian dilakukan dengan merendam kedelai selama 3 menit, kemudian dimasukan ke dalam mesin penggiling. Sedangkan industri X, sudah menerapkan pencucian dengan sistem air mengalir yaitu penyiraman kedelai sebanyak 2kali. Namun, penggunaan air ini dianggap terlalu boros sehingga menciptakan limbah yang banyak. Penghematan penggunaan air sebanyak 50% atau menyiram kedelai hanya dengan sekali siram diharapkan mengurangi limbah yang dihasilkan dari proses pencucian. Pengurangan penggunaan air dapat dilihat dalam tabel 4. 34.

Tabel 4. 34. Perbandingan Volume Limbah Sebelum dan Sesudah *Recycle*

Tahapan kegiatan	Volume penggunaan air (m <sup>3</sup> /batch)	Persentase penghematan %	Volume penggunaan air setelah <i>reduce</i> (m <sup>3</sup> /batch)
Pencucian	30,92	50	15,46

- Pemanfaatan limbah cair industri tahu sebagai pupuk organik cair (poc) dengan penambahan cairan aktivator (em4) dan gula merah. Menurut (Saenab, Henie, Al, Rohman, & Arifin, 2018), limbah tahu memiliki ketersediaan nutrisi (kandungan unsur hara) yang dibutuhkan oleh tanaman sehingga limbah ini dapat dikembangkan menjadi limbah cair tahu.
- Pemanfaatan Biji Asam Jawa (*Tamarindu sindica*) sebagai koagulan alternatif dalam penurunan BOD, COD, dan TSS. Selain itu dengan penambahan biji asam jawa dapat menurunkan kadar BOD sebesar 82,62 %, COD sebesar 81,72%, dan TSS sebesar 76,47 %. Penurunan volume limbah dapat dilihat dalam tabel 4.31. Sedangkan penurunan kadar BOD, COD, dan TSS dapat dilihat dalam tabel 4.35.

Tabel 4. 35. Perbandingan Bahan Organik Setelah dan Sebelum *Recycle*

<b>Bahan organik pada proses Pengumpulan</b>	<b>Kadar Bahan Organik pada limbah yang dihasilkan (mg/L)</b>	<b>Persentase penurunan %</b>	<b>Kadar Bahan Organik setelah <i>recycle</i> (mg/L)</b>
BOD	2903,50	82,62	504,63
COD	4081,00	81,72	746,01
TSS	1046	76,47	246,12