IPB Press

Produksi Bersih

Strategi pengelolaan lingkungan

- o Bersifat preventif dan terpadu
- o Diterapkan secara terus-menerus
- o Mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan

Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti
Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng

Produksi Bersih

Produksi Bersih

Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti
Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng

IPB Press

Produksi Bersih

Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti
Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng

Editor :
Dr. Ir. Elang Ilik Martawijawa, MM
Dewi Sartika Sardin, SP

Desain Cover dan Lay Out :
Andri Alamsyah

Penerbit IPB Press
Kampus IPB Taman Kencana Bogor

Cetakan Pertama : Juli 2009

Perpustakaan Nasional : Katalog Dalam Terbitan (KDT)

Dicetak oleh Percetakan PT.Gramedia
Isi di luar tanggung jawab Percetakan

ISBN: 978-979-493-185-1

Daftar Isi

Daftar Tabel

Daftar Gambar

Prakata

Produksi bersih berasal dari kata *Cleaner Production* yang dalam bahasa Indonesia tepatnya berarti produksi lebih bersih. Untuk keperluan kepraktisan atau kenyamanan dalam penggunaan diterjemahkan sebagai produksi bersih. Produksi bersih merupakan sebuah strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat *preventif* dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan (UNEP, 2003)

Berdasarkan pengertian yang diberikan UNEP (2003) di atas ada empat kata kunci yang perlu dicermati dalam kaitan pengelolaan lingkungan. Kata kunci yang pertama adalah *preventive* yang berarti pencegahan. Dalam strategi pengelolaan lingkungan melalui pendekatan produksi bersih, segala upaya dilakukan untuk mencegah atau menghindari terbentuknya limbah. Upaya pencegahan ini dinilai akan lebih memudahkan dalam pengelolaan lingkungan dibanding manakala limbah sudah terbentuk, yang berarti perlu ada usaha untuk menanganinya. Kalau limbah dimaknai

sebagai suatu sumberdaya yang hilang, maka tindakan penanganan limbah mengakibatkan dua kali kehilangan, kehilangan sumberdaya dan kehilangan biaya atau ongkos yang harus dikeluarkan untuk menangani limbah tersebut sebelum masuk ke lingkungan dengan aman.

Kata kunci yang kedua adalah terpadu. Keterpaduan dalam konsep produksi bersih dicerminkan dari banyaknya aspek yang terlibat seperti sumber daya manusia, teknik teknologis, finansial, manajerial dan lingkungan. Aspek-aspek tersebut perlu diintegrasikan secara harmonis agar upaya perlindungan fungsi lingkungan dapat berjalan serasi dengan kegiatan pembangunan atau pertumbuhan ekonomi.

Kata kunci yang ketiga adalah terus menerus. Strategi produksi bersih menekankan adanya upaya pengelolaan lingkungan secara terus menerus. Suatu keberhasilan atau pencapaian target pengelolaan lingkungan bukan merupakan akhir suatu upaya melainkan menjadi input bagi siklus upaya pengelolaan lingkungan berikutnya. Singkat kata *no ending activities* menjadi semangat strategi ini.

Kata kunci yang keempat adalah mengurangi resiko. Mengurangi resiko dimaksudkan dalam arti resiko kemanan dan kesehatan manusia dan lingkungan serta hilangnya sumberdaya alam dan biaya perbaikan atau penyembuhan.

Memperhatikan empat kata kunci tersebut, strategi produksi bersih diyakini sebagai upaya pengelolaan lingkungan yang dapat mengatasi permasalahan-permasalahan yang tersisa dari aplikasi pendekatan *end of pipe/EOP*. Pendekatan *end of pipe* yang masih menyisakan berbagai masalah nampaknya sudah *out of date* walaupun untuk beberapa kasus masih tetap diupayakan

untuk mengurangi dampak atau resiko bagi manusia dan lingkungan yang bisa fatal bila tidak ditangani sama sekali.

Aplikasi produksi bersih di industri memerlukan komitmen yang kuat tidak saja dari pihak manajemen puncak tetapi juga dari seluruh karyawan di setiap jenjang/lini industri. Tanpa ada komitmen yang kuat, sulit pendekatan produksi bersih ini bisa mencapai target yang telah ditetapkan. Komitmen perusahaan untuk mengalokasikan sumber daya manusia, waktu dan dukungan finansial menjadi syarat mutlak berhasilnya aplikasi produksi bersih di industri.

Produksi bersih diperlukan sebagai suatu strategi untuk mengharmonisasikan upaya perlindungan lingkungan dengan kegiatan pembangunan atau pertumbuhan ekonomi, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan, memelihara dan memperkuat pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang, mendukung prinsip *environmental equality*, mencegah atau memperlambat terjadinya proses degradasi lingkungan dan pemanfaatan sumberdaya alam melalui penerapan daur ulang limbah, dan memperkuat daya saing produk di pasar internasional.

Buku produksi bersih ini ditulis berdasarkan pengalaman penulis setelah melakukan banyak penelitian yang berhubungan dengan produksi bersih dan *review* beberapa artikel ilmiah terkait. Buku produksi bersih ini berisi bab-bab yang mencakup konsep dasar produksi bersih, tipe dan sumber pembangkit limbah, metodologi dan prosedur audit produksi bersih, integrasi produksi bersih ke dalam EMS ISO 14001, penerapan produksi bersih pada industri dan studi kelayakan finansial penerapan produksi bersih. Struktur isi seperti ini diharapkan mampu membekali pembaca untuk memahami konsep dasar produksi bersih, memiliki pengetahuan mengenai hal-hal penting yang perlu dikaji beserta teknik-teknik

sederhana yang dapat diterapkan untuk mengidentifikasi, mengkaji dan menganalisis aplikasi produksi bersih di industri.

Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada banyak pihak yang telah memungkinkan disusunnya buku ini. Pertama kepada Prof. Dr. Ir. Suprihanto Notodarmodjo yang telah menelaah dan memberikan saran yang konstruktif dalam penyempurnaan buku ajar ini dan akhirnya menghadirkan buku ini kepada sidang pembaca. Penulis juga berterima kasih kepada Saudara Anis Annisa Adnan, S.TP, Angga Yuhistira, S.TP dan Mayi Fatimah atas dedikasi dan ketekunannya sehingga buku ini dapat tersusun dengan baik. Kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi melalui program hibah penulisan buku teks 2007 yang telah memberikan bantuan tak lupa pula penulis ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Penulis berharap buku produksi bersih ini dapat menjadi sumber bacaan baik bagi mahasiswa yang dikemudian hari diharapkan sebagai pelaku industri maupun bagi praktisi di industri yang ingin mendapatkan informasi dan pengetahuan mengenai produksi bersih.

Bogor, Juli 2009

Penulis

Bagian ini memberikan informasi kepada pembaca tentang latar belakang munculnya konsep produksi bersih, definisi dan ruang lingkup produksi bersih itu sendiri. Pembaca akan mengetahui definisi, pelaksanaan produksi bersih di industri, ruang lingkup minimisasi limbah di industri sampai pada penerapan minimisasi limbah di industri. Uraian secara terstruktur tersebut diharapkan dapat mengantarkan pembaca untuk bisa memahami konsepsi produksi bersih, mengidentifikasi dan mengkaji serta menganalisis kemungkinan aplikasi produksi bersih di industri.

1 Konsepsi Produksi dan Minimisasi Limbah

Produksi bersih dapat menjadi suatu alternatif dalam strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat *preventive* (pencegahan) dan terpadu. Produksi bersih diperlukan sebagai cara untuk mengharmonisasikan upaya perlindungan lingkungan. Upaya tersebut dikaitkan dengan kegiatan pembangunan atau pertumbuhan ekonomi, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan, memelihara, dan memperkuat pertumbuhan ekonomi dalam jangka panjang, mendukung prinsip *environmental equality,* mencegah atau memperlambat terjadinya proses degradasi lingkungan dan yang tidak kalah pentingnya adalah pemanfaatan sumberdaya alam melalui penerapan daur ulang limbah. Selain itu, upaya tersebut dapat dijadikan sebagai suatu cara untuk memperkuat daya saing produk di tingkat pasar internasional.

Pada awalnya strategi pengelolaan lingkungan mengacu pada pendekatan kapasitas daya dukung. Namun pada kenyataannya, konsep tersebut tergolong sukar untuk diterapkan. Hal ini, dikarenakan oleh adanya kendala yang ditimbulkan. Misalnya upaya perbaikan kondisi lingkungan yang menjadi tercemar dan rusak, sehingga memerlukan biaya tinggi. Seiring dengan perjalanan waktu, konsep strategi berubah menjadi upaya pemecahan masalah dengan pengolahan limbah yang terbentuk (*end of pipe treatment*/EOP) dengan harapan kualitas lingkungan bisa lebih ditingkatkan. Tetapi pada kenyataannya, masalah pencemaran lingkungan masih tetap terjadi.

Menurut Bapedal (1996) dan Wibowo (1996) kendala yang muncul dalam penerapan *end of pipe treatment* antara lain adalah :

1. Sifat pendekatan adalah reaktif, artinya bereaksi setelah limbah terbentuk.
2. Limbah tetap terbentuk, berkaitan dengan itu memberi peluang pengembangan teknologi pengolahan limbah, sehingga upaya mengurangi limbah pada sumbernya cenderung tidak dilakukan.
3. Tidak efektif memecahkan masalah, karena pada kenyataanya seringkali kegiatan pengelolaan limbah dianggap hanya mengubah bentuk limbah dan memindahkannya dari satu media ke media lain.
4. Upaya ini meningkatkan biaya produksi, tetapi tidak setinggi upaya perbaikan kerusakan dan pencemaran.
5. Peraturan perundang-undangan yang mengatur persyaratan pembuangan limbah umumnya cenderung dilanggar dan upaya penegakan hukum lingkungan belum dapat berjalan sepenuhnya.

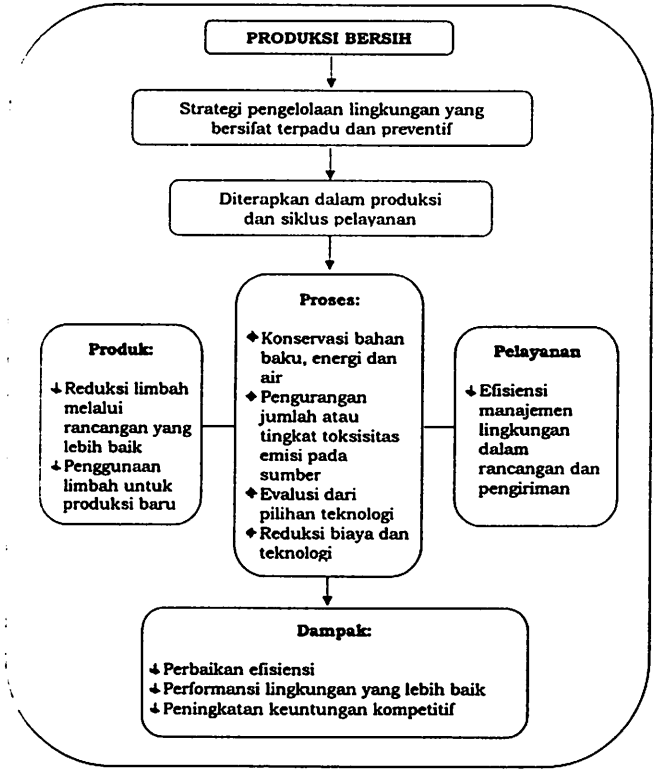
Strategi pengelolaan lingkungan sejak era 90-an mulai mengalami perubahan yang disesuaikan dengan perubahan kondisi lingkungan dewasa ini. Perubahan tersebut cenderung mengarah pada upaya *preventif* atau pencegahan. Kemudian, terus dikembangkan secara berkelanjutan dan pada akhirnya melahirkan sebuah prinsip yang dikenal dengan prinsip produksi bersih sebagai suatu strategi *preventif* yang operasional dan terpadu.

A. Definisi dan Ruang Lingkup Produksi bersih

Istilah produksi bersih mulai diperkenalkan oleh UNEP (*United Nations Environment Program*) pada bulan Mei 1989 dan diajukan secara resmi pada bulan September 1989 pada seminar *The Promotion of Cleaner Production* di Canterbury. Indonesia sepakat untuk mengadopsi definisi yang disampaikan oleh UNEP, bahwa produksi bersih merupakan suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat *preventif* dan terpadu. Oleh karena itu, strategi tersebut perlu untuk diterapkan secara terus-menerus

pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan untuk mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan (UNEP, 2003).

UNIDO (2002) pun menambahkan, bahwa produksi bersih adalah strategi pengelolaan lingkungan yang sifatnya mengarah pada pencegahan dan terpadu agar dapat diterapkan pada seluruh siklus produksi. Hal tersebut, memiliki tujuan untuk meningkatkan produktivitas dengan memberikan tingkat efisiensi yang lebih baik pada penggunaan bahan mentah, energi, dan air, mendorong performansi lingkungan yang lebih baik melalui pengurangan sumber-sumber pembangkit limbah dan emisi serta mereduksi dampak produk terhadap lingkungan dari siklus hidup produk dengan rancangan yang ramah lingkungan, namun efektif dari segi biaya. Gambar 1 menunjukkan definisi dan ruang lingkup produksi bersih.



Gambar 1. Definisi dan Ruang Lingkup Produksi Bersih (UNIDO, 2002)

Prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih adalah:

1. Mengurangi atau meminimumkan penggunaan bahan baku, air, dan energi serta menghindari pemakaian bahan baku beracun dan berbahaya serta mereduksi terbentuknya limbah pada sumbernya, sehingga mencegah dari atau mengurangi timbulnya masalah pencemaran dan kerusakan lingkungan serta risikonya terhadap manusia.
2. Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik terhadap proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk.
3. Upaya produksi bersih ini tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait baik dari pihak pemerintah, masyarakat maupun kalangan dunia (industriawan). Selain itu juga, perlu diterapkan pola manajemen di kalangan industri maupun pemerintah yang telah mempertimbangkan aspek lingkungan.
4. Mengaplikasikan teknologi akrab lingkungan, manajemen dan prosedur standar operasi sesuai dengan persyaratan yang ditetapkan. Kegiatan-kegiatan tersebut tidak selalu membutuhkan biaya investasi yang tinggi, kalaupun terjadi seringkali waktu yang diperlukan untuk pengembalian modal investasi relatif singkat.
5. Pelaksanaan program produksi bersih ini lebih mengarah pada pengaturan sendiri (*self regulation*) dan peraturan yang sifatnya musyawarah mufakat (*negotiated regulatory approach*) dari pada pengaturan secara *command and control*. Jadi, pelaksanaan program produksi bersih ini tidak hanya mengandalkan peraturan pemerintah saja, tetapi lebih didasarkan pada kesadaran untuk merubah sikap dan tingkah laku.

B. Pelaksanaan Produksi Bersih dalam Industri

Teknologi produksi bersih merupakan gabungan antara teknik pengurangan limbah pada sumber pencemar (*source reduction*) dan teknik daur ulang. Dalam produksi bersih, limbah yang

dihasilkan dalam keseluruhan proses produksi merupakan indikator ketidakefisienan proses produksi. Oleh karena itu, apabila dilakukan optimasi proses, limbah yang dihasilkan juga akan berkurang. Secara garis besarnya, pemilihan penerapan produksi bersih dapat dikelompokkan menjadi lima bagian, yaitu:

1. *Good house-keeping*

   Mencakup tindakan prosedural, administratif maupun institusional yang dapat digunakan perusahaan untuk mengurangi terbentuknya limbah dan emisi. Konsep ini telah banyak diterapkan oleh kalangan industri agar dapat meningkatkan efisiensi dengan cara *good operating practice* yang mencakup:

   - Pengembangan program *cleaner production* (*CP*)
   - Pengembangan sumberdaya manusia
   - Tatacara penanganan dan investasi bahan
   - Pencegahan kehilangan bahan/material
   - Pemisahan limbah menurut jenisnya
   - Tatacara perhitungan biaya
   - Penjadwalan produksi

2. Perubahan material *input*

   Bertujuan untuk mengurangi atau menghilangkan bahan berbahaya dan beracun yang masuk atau yang digunakan dalam proses produksi, sehingga dapat juga menghindari terbentuknya limbah B3 dalam proses produksi. Perubahan material *input* termasuk pemurnian bahan dan substitusi bahan.

3. Perubahan teknologis

   Mencakup modifikasi proses dan peralatan yang dilakukan untuk mengurangi limbah dan emisi, perubahan teknologi dapat dimulai dari yang sederhana dalam waktu yang singkat dan biaya murah sampai dengan perubahan yang memerlukan investasi tinggi, seperti perubahan peralatan, tata letak pabrik, penggunaan peralatan otomatis dan perubahan kondisi proses.

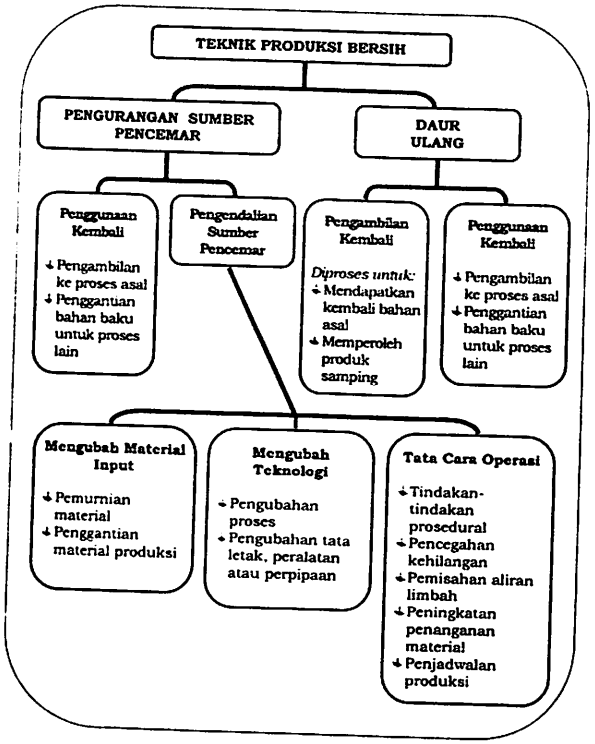
4. Perubahan produk

   Meliputi substitusi produk, konservasi produk, dan perubahan komposisi produk.

5. *On-site Reuse*

   Merupakan upaya penggunaan kembali bahan-bahan yang terkandung dalam limbah, baik untuk digunakan kembali pada proses awal atau sebagai material *input* dalam proses yang lain.

Dari semua teknik tersebut, yang paling penting dan perlu diperhatikan untuk mencapai keberhasilan program produksi bersih adalah mengurangi penyebab timbulnya limbah. Berikut penjelasan yang secara rinci diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Teknik-teknik Produksi Bersih (USAID, 1997)

Aplikasi produksi bersih dalam suatu industri dapat diterapkan pada unsur-unsur sebagai berikut:

1. Proses produksi: 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 jumlah dan toksisitas limbah dan emisi yang dikeluarkan.
2. Produk: produksi bersih memfokuskan pada upaya pengurangan dampak keseluruhan daur hidup produk, mulai dari bahan baku sampai pembuangan akhir setelah produk tidak digunakan.
3. Jasa (*services*): produksi bersih menitikberatkan pada upaya penggunaan proses 3R (*Reduce*, *Reuse*, dan *Recycle*) secara menyeluruh pada setiap kegiatannya, mulai dari penggunaan bahan baku sampai ke pembuangan akhir.

Keuntungan yang diperoleh oleh suatu industri, apabila menerapkan konsep produksi bersih adalah mengurangi biaya produksi, mengurangi limbah yang dihasilkan, meningkatkan produktivitas, mengurangi konsumsi energi, meminimisasi masalah pembuangan limbah (termasuk penanganan limbah), dan memperbaiki nilai produk samping. Keuntungan-keuntungan tersebut, dilihat dari sudut pandang ekonomi dan lingkungan akan dapat terwujud dengan beberapa cara berikut:

1. Meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan baku, sehingga akan mengurangi biaya bahan baku.
2. Meminimisasi limbah, sehingga akan mengurangi biaya penanganan dan pembuangan limbah.
3. Mengurangi atau mengeliminasi kebutuhan akan penanganan dengan konsep EOP (*end of pipe*).
4. Memperbaiki teknologi produksi.
5. Memperbaiki kualitas manajemen.
6. Meningkatkan penghargaan pekerja terhadap perlindungan lingkungan.

7. Memperbaiki kinerja dan meningkatkan produktivitas, meningkatkan citra perusahaan dan menambah keuntungan yang kompetitif di pasar.

Namun selain dari segi keuntungan, ada beberapa kendala yang dihadapi dalam penerapan produksi bersih pada suatu industri. Kendala-kendala tersebut antara lain:

1. Kendala Ekonomi

   Kendala ekonomi timbul, apabila kalangan usaha tidak merasa mendapatkan keuntungan dalam penerapan produksi bersih. Sekecil apa pun penerapan konsep produksi bersih, jika tidak memberikan keuntungan di pihak perusahaan, maka akan sulit bagi manajemen untuk membuat keputusan tentang penerapan konsep produksi bersih. Contoh hambatan:

   - Biaya tambahan peralatan
   - Besarnya modal atau investasi dibanding kontrol pencemaran secara konvensional sekaligus penerapan produksi bersih

2. Kendala teknologi:

   - Kurangnya sosialisasi atau penyebaran informasi tentang konsep produksi bersih
   - Penerapan sistem baru memiliki kemungkinan tidak sesuai dengan yang diharapkan, bahkan berpotensi menyebabkan gangguan atau masalah baru
   - Tidak memungkinkan adanya penambahan peralatan, akibat terbatasnya ruang kerja atau produksi.

3. Kendala sumberdaya manusia:

   - Kurangnya dukungan dari pihak manajemen puncak
   - Keengganan untuk berubah, baik secara individu maupun organisasi
   - Lemahnya komunikasi internal tentang proses produksi yang baik

   - Pelaksanaan manajemen organisasi perusahaan yang kurang fleksibel
   - Birokrasi yang sulit, terutama dalam pengumpulan data primer
   - Kurangnya dokumentasi dan penyebaran informasi

C. Definisi dan Ruang Lingkup Minimisasi Limbah Industri

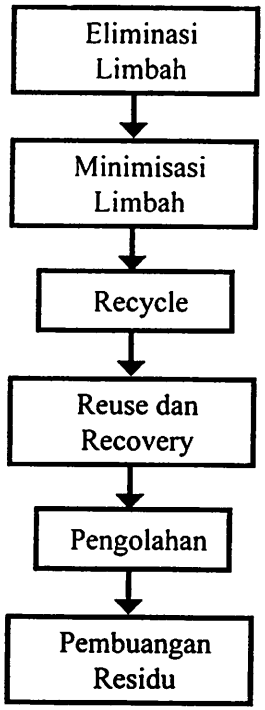
Setiap bahan baku yang diolah senantiasa akan menghasilkan produk dan hasil samping berupa limbah. Limbah yang dibuang secara langsung, tentunya bukan merupakan bagian dari minimisasi limbah, karena hal ini akan menambah volume limbah yang ada di tempat pembuangan. Dalam UNEP dan ISWA (2002), pada konvensi Basel terdapat obligasi untuk menghindari atau meminimasi limbah berbahaya. Konvensi mewajibkan suatu negara untuk melakukan identifikasi dan mengukur karakteristik limbah yang diproduksi serta mengusahakan untuk meminimasi limbah tersebut. Adanya minimisasi limbah, dalam artian limbah yang timbul dapat diolah terlebih dahulu seperti dengan daur ulang, sistem pengolahan limbah tertentu sebelum akhirnya limbah tersebut dibuang, sehingga tidak akan mencemari lingkungan sekitarnya.

Ada beberapa definisi tentang minimisasi limbah. Beberapa negara menyatakan, bahwa minimisasi limbah merupakan suatu gambaran mengenai pengurangan limbah yang dibuang ke tempat pembuangan akhir, dan termasuk pula pengurangan bahan baku serta daur ulang limbah (UNEP dan ISWA, 2002). Menurut OECD (2000), minimisasi limbah merupakan suatu kegiatan pencegahan dan pengurangan pada bahan untuk meningkatkan kualitas dari limbah akhir yang dihasilkan dari berbagai proses yang berlangsung sampai dengan tempat pembuangan akhir.

Pada tingkatan hirarki pengolahan limbah, yang menjadi prioritas utama adalah mengurangi jumlah bahan baku yang akan menimbulkan limbah (Gambar 3). Pengurangan volume akan mengurangi dampak lingkungan, mengurangi biaya operasi, mengurangi kesulitan pengolahan limbah dan mengurangi kemungkinan timbulnya penyakit. Minimisasi limbah merupakan

cara yang tepat dalam meningkatkan *good house-keeping* dan proses kontrol yang baik. Perubahan dalam prosesnya itu sendiri, diharapkan mampu untuk mengurangi jumlah limbah beracun yang dihasilkan. Cara untuk meminimisasi limbah tersebut, antara lain:

1. Mengklasifikasikan limbah berdasarkan kelompok, sehingga dapat diolah dengan cara yang sama
2. Pemisahan limbah, dimana limbah yang tidak berbahaya dapat dibuang dengan cara yang aman
3. Penyimpanan yang aman
4. Pengolahan untuk mengurangi sifat patogen yang terkandung pada limbah



Gambar 3. Hirarki Prioritas Manajemen Limbah (UNEP dan ISWA, 2002)

Peluang dalam mengurangi bahan baku yang akan menimbulkan limbah dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti berikut:

1. Meningkatkan operasional seperti *good house-keeping*, penanganan bahan, perawatan sarana dan prasarana
2. Merubah formulasi produk yang tidak menimbulkan limbah yang berbahaya
3. Penggunaan bahan baku yang aman
4. Penggunaan teknologi proses dan fasilitas yang aman
5. Pengawasan, pengontrolan, dan penghitungan limbah
6. Daur ulang limbah

D. Pelaksanaan Minimisasi Limbah Industri

Penerapan minimisasi limbah dalam industri memang perlu untuk dilakukan. Salah satu contoh penerapan minimisasi limbah yang telah dilakukan adalah pada perusahaan kilang minyak. Dengan metode minimisasi limbah, perusahaan kilang minyak dapat mengurangi biaya yang harus dikeluarkan untuk mengolah *effluent* sebanyak 3,7 billion liter, dapat melenyapkan 10.000 ton polutan air, 140.000 ton *sludge* dan 90.000 ton polutan udara, sehingga didapatkan penghematan sebesar $ 192 juta (UNEP dan ISWA, 2002). Faktor-faktor yang mempengaruhi minimisasi limbah antara lain (UNEP dan ISWA, 2002):

(1) Peraturan dan kebijakan pemerintah

(2) Kelayakan teknologi yang dimiliki

(3) Kelangsungan hidup

(4) Dukungan serta tanggung jawab dari manajemen.

Kebijakan pemerintah memegang peranan penting terhadap penerapan minimisasi limbah baik dalam bentuk peraturan perundang-undangan atau pun penghargaan yang diberikan oleh pihak pemerintah kepada masyarakat atau pelaku industri

pada umumnya. Kebijakan pemerintah dan lembaga masyarakat mengupayakan minimisasi limbah sebagai metode perlindungan lingkungan. Salah satu programnya adalah memberikan insentif secara langsung dengan peningkatan asuransi terhadap manajemen limbah dan peningkatan dana bagi penanganan limbah toksik, tetapi dalam pelaksanaannya masih terlihat beberapa kendala yang mempengaruhi pelaksanaan program tersebut.

Selain itu juga diperlukan teknologi proses dan fasilitas yang tepat untuk mendukung minimisasi limbah seperti penggunaan proses secara berkelanjutan atau terus-menerus. Penerapan minimisasi limbah sendiri, memiliki sisi kendala atau rintangan yang akan dihadapi. Adapun hal yang menjadi rintangan dalam melakukan minimisasi limbah dapat dilihat melalui tiga aspek diantaranya adalah ekonomi, teknik, dan terakhir adalah aspek peraturan.

Minimisasi limbah juga harus dapat memberikan keuntungan secara finansial dengan meminimalkan proses pengolahan limbah dan apabila memungkinkan tidak memerlukan biaya untuk penanganan limbah. Faktor yang paling penting adalah sumberdaya manusia yang mengelola limbah tersebut, sehingga dapat berjalan dengan baik. Hal ini, dapat dilihat dari kesadaran untuk melaksanakan minimisasi limbah. Beberapa alasan yang mendorong untuk dilakukannya minimisasi limbah, bahwa minimisasi limbah dapat:

1. Mengurangi biaya yang dikeluarkan untuk bahan baku, energi, air, proses penyimpanan dan penanganan, pembuangan limbah, kesehatan dan keamanan.
2. Mendorong setiap orang untuk menjalankan peraturan dengan sukarela
3. Meningkatkan efisiensi
4. Meningkatkan bentuk kerjasama antar pihak yang terkait.

Peluang dalam mengaplikasikan minimisasi limbah pada semua operasi dapat dilakukan dengan menggunakan bahan baku yang memiliki kadar kemurnian yang tinggi, menggunakan bahan baku yang tidak mengandung racun, menggunakan bahan

baku yang tidak korosif, mengubah proses dari sistem curah menjadi sistem sinambung, memperbaiki pemeriksaan peralatan dan biaya pemeliharaan, meningkatkan pelatihan operator, meningkatkan pengawasan, meningkatkan *good house-keeping*. Aplikasi minimisasi limbah dalam suatu industri dapat dimulai dari perbaikan sistem pengontrolan persediaan. Perbaikan tersebut meliputi menghindari kelebihan pembelian, pemeriksaan produk sebelum penerimaan, pemeriksaan persediaan secara berkala, pemberian identitas produk atau label, pemberian identitas masa pakai produk (*expired date*), dan penggunaan teknologi informasi untuk pengontrolan persediaan.

Penerapan Minimisasi Limbah

Ada tiga tahapan utama dalam penerapan minimisasi limbah pada perusahaan yaitu (UNEP dan ISWA, 2002): (1) perencanaan dan struktur organisasi, (2) mengidentifikasi limbah, dan (3) penerapan, pengawasan, dan pengontrolan.

1. Perencanaan dan Struktur Organisasi

Hal-hal yang dilakukan pada tahap perencanaan dan struktur organisasi adalah membentuk kesepakatan manajemen, membuat program perencanaan, menentukan tujuan dan prioritas serta membentuk tim audit.

2. Mengidentifikasi Limbah

Pada tahap identifikasi limbah terdapat enam tahap yang akan dilakukan yaitu:

(1) Mengidentifikasi proses produksi

(2) Menetapkan *input* proses

(3) Menetapkan *output* proses

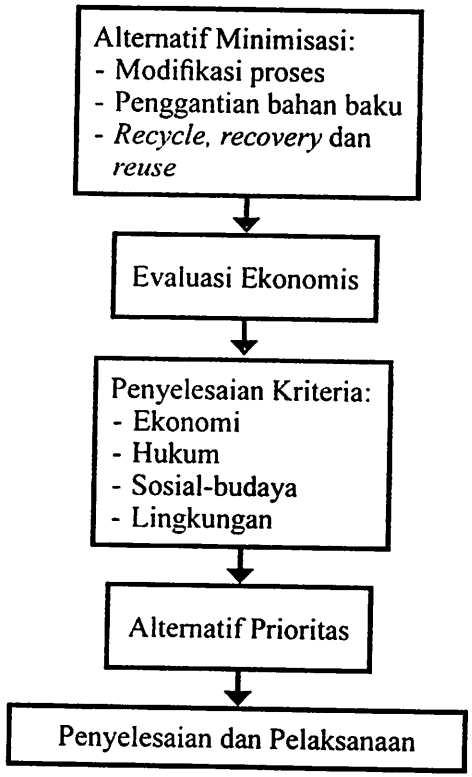
(4) Membuat neraca massa

(5) Mengidentifikasi peluang

(6) Membuat studi kelayakan

2.1 Mengidentifikasi Proses Produksi

Ada beberapa hal yang akan dilakukan pada tahap identifikasi proses produksi. Tahap pertama adalah memeriksa tempat produksi, kedua mengidentifikasi perbedaan proses pada tempat produksi, dan ketiga membuat daftar proses. Terakhir yang tidak kalah pentingnya adalah mencari informasi sebanyak mungkin tentang proses tersebut. Gambar 4 menjelaskan tentang diagram proses produksi yang mendukung minimisasi limbah



Gambar 4. Proses Penyeleksian pada Minimisasi Limbah (UNEP dan ISWA, 2002)

2.2 Menetapkan *Input* Proses

Tahapan dalam menetapkan *input* proses adalah menghitung semua bahan masuk menjadi proses masing-masing seperti bahan baku, energi, dan air. Pastikan semua bahan tersebut masuk dan dihitung satuannya secara detail seperti kilogram (kg) untuk bahan baku, kilowatt (kw) untuk listrik, dan liter (l) untuk air. Pastikan semua bahan tersebut masuk atau tercatat dengan baik dalam bentuk tahunan, bulanan, maupun dalam bentuk mingguan.

Dalam menetapkan *input* dilakukan pula identifikasi bahan dengan melakukan pengelompokan berdasarkan sumber. Seperti halnya sumber, sifat fisik, sifat kimia, dan tingkat toksisitasnya.

1. Klasifikasi berdasarkan sumber (UNEP dan ISWA, 2002)

- Sumber alamiah atau buatan. Klasifikasi ini membedakan bahan berbahaya asli yang berasal dari flora atau fauna, dan kontaminasi organisme dengan berbagai bahan berbahaya yang berasal dari lingkungan seperti bahan baku industri yang berbahaya ataupun buangan bahan sintetis yang berbahaya.
- Sumber berbentuk titik, area dan gerak. Tentunya sumber titik lebih mudah dikendalikan dari sumber area yang lebih besar.
- Sumber domestik, komersial dan industri yang lokasi sumbernya berbeda.

2. Klasifikasi berdasarkan fisik

- Wujud bahan berbahaya dapat berupa padat, cair, dan gas
- Ukuran pencemaran, bentuk dan densitas

3. Klasifikasi berdasarkan sifat kimia

- *Korosif*
- *Radioaktif*
- *Evaporatif*
- *Eksplosif*
- *Reaktif*

4. Klasifikasi berdasarkan tingkat toksisitas

- Sangat toksik
- Toksik
- Berbahaya

2.3 Menetapkan *Output* Proses

Dalam menetapkan *output* proses, ada beberapa hal yang perlu diperhatikan. Proses identifikasi dan pengukuran semua proses serta *output*. Seperti hasil utama, hasil samping, dan limbah untuk digunakan kembali atau daur ulang, serta limbah yang benar-benar siap untuk dibuang.

2.4 Membuat Neraca Massa

Pembuatan neraca massa memiliki tujuan untuk meyakinkan, bahwa semua bahan telah terhitung, dimana:

Total bahan masuk = Total bahan keluar + Produk

2.5 Mengidentifikasi Peluang

Pada tahap identifikasi peluang minimisasi limbah dapat digunakan dengan data yang diperoleh dari audit limbah, membuat evaluasi pendahuluan terhadap potensi minimisasi limbah dan membuat prioritas pilihan untuk penerapan.

2.6 Membuat Analisis Kelayakan

Dalam membuat analisis kelayakan ada beberapa hal yang harus dipertimbangkan yaitu:

1. Pertimbangan teknologi diantaranya ketersediaan teknologi yang dimiliki, keterbatasan fasilitas termasuk kesesuaian operasi yang ada, syarat untuk membuat suatu produk, keamanan operator dan pelatihan, potensi terhadap kesehatan dan dampak lingkungan,
2. Pertimbangan ekonomi yaitu modal dan biaya operasi, serta *pay-back period*.

3. Penerapan, Pengawasan, dan Pengontrolan

Pada tahap akhir ini, ada beberapa hal yang dilakukan pada penerapan, pengawasan, dan pengontrolan diantaranya adalah menyiapkan rencana pelaksanaan, mengidentifikasi sumber, melaksanakan pengukuran, dan mengevaluasi kinerja yang telah dilakukan.

Setelah memahami konsep produksi bersih dan minimisasi limbah di industri, yang telah diuraikan pada bab sebelumnya, maka pada bagian ini pembaca diajak untuk mengenali dan mengkarakterisasi berbagai jenis limbah yang ada di industri. Bab ini menguraikan tentang sumber pembangkit limbah di industri dan karakteristik limbah industri dari berbagai sumber yang berbeda. Pemahaman bab ini diperlukan untuk membekali pembaca dengan kemampuan teknis awal yang diperlukan untuk dapat mengaplikasikan produksi bersih di industri.

2 Tipe dan Sumber Pembangkit Limbah

Industri yang berbeda akan menghasilkan limbah dengan karakteristik yang berbeda pula. Hal ini, berkaitan dengan bahan baku. proses, dan teknologi yang digunakan. Misalnya pada industri tapioka, limbah yang dihasilkan bersifat kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya.

Pada dasarnya yang harus diidentifikasi dari suatu limbah terdiri dari beberapa faktor, yaitu sumber pembangkit limbah, jumlah limbah berbahaya, tipe limbah dan metoda pengolahan dan perawatan limbah yang dilakukan. Sumber limbah yang umum dari industri terdiri dari empat jenis limbah yaitu, limbah yang mudah terbakar, limbah yang bersifat korosif, limbah yang bersifat reaktif dan limbah yang bersifat racun.

A. Sumber Pembangkit Limbah

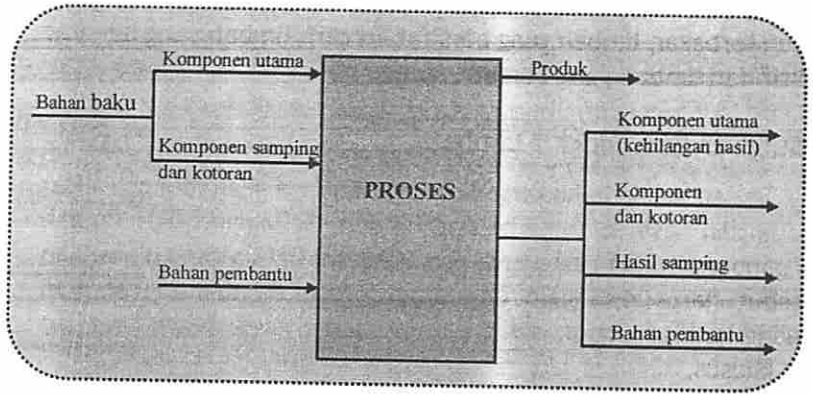
Setiap bahan baku yang diolah senantiasa akan menghasilkan produk dan hasil samping berupa limbah. Sebagian besar limbah mengandung bahan berbahaya dan beracun. Bahan yang dihasilkan tersebut harus ditangani dan diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan, dan tugas ini memerlukan suatu keahlian yang khusus.

Pengelolaan lingkungan secara bijaksana dan seimbang harus dilakukan melalui suatu manajemen yang terkontrol dan sistematis. Teknik pengolahan dan manajemen modern yang diterapkan

dalam minimisasi produksi bahan berbahaya dan beracun dapat menurunkan biaya produksi secara signifikan. Selain itu, kualitas lingkungan juga dapat ditingkatkan.

Pada dasarnya yang harus diidentifikasi dari suatu limbah terdiri dari empat faktor antara lain, sumber pembangkit limbah, jumlah limbah berbahaya, tipe limbah dan metoda pengolahan, dan terakhir yaitu perawatan limbah yang dilakukan. Pengenalan dan implementasi mengenai pengendalian limbah berbahaya sangat dibutuhkan untuk menentukan fasilitas apa yang sesuai, sehingga dapat diperoleh informasi mengenai jumlah dan tipe limbah yang dihasilkan.

Sumber limbah pada dasarnya tidak hanya berasal dari kegiatan industri saja, namun bisa juga berasal dari kegiatan rumah tangga, pasar, perkantoran dan perkotaan. Hasil samping berupa limbah yang dihasilkan dalam kegiatan industri dapat diketahui dengan mengidentifikasi proses transformasi bahan baku menjadi produk, sehingga dapat diketahui sektor yang menjadi sumber pembangkit limbah dalam suatu industri. Berdasarkan proses transformasi bahan baku menjadi produk, terdapat lima tipe sumber pembangkit limbah industri yang dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Proses Transformasi dan Konversi bahan baku Menjadi Produk (Romli *et al.*, 2003)

Berdasarkan ilustrasi dari diagram di atas, maka dapat kita lihat lima tipe sumber pembangkit limbah, yaitu:

1. Tipe I: bahan baku hasil pertanian yang umumnya terdiri dari komponen-komponen utama bahan dan komponen-komponen samping serta kotoran. Komponen utama bahan adalah bagian bahan yang akan ditransformasi dan dikonversi menjadi produk, sedangkan komponen samping dan kotoran akan menjadi residu yang harus dipisahkan dari proses produksi dan dibuang sebagai limbah cair, gas, atau padat.
2. Tipe II : komponen utama bahan yang tidak dapat ditransformasi atau dikonversi menjadi produk, sehingga sebagian komponen utama bahan ini akan ditemukan dalam residu sebagai kehilangan hasil.
3. Tipe III: komponen utama bahan yang tidak diubah menjadi produk melainkan menjadi *by product*. Hal ini, karena proses transformasi tidak berlangsung pada kondisi optimumnya secara tidak sengaja dan tidak dikehendaki telah mengubah komponen utama bahan menjadi *by product* yang sering kali tidak berguna.
4. Tipe IV: bahan pembantu yang dibutuhkan dalam proses transformasi bahan baku menjadi produk seringkali bukan merupakan bagian dari produk. Bahan ini nantinya akan ditemukan sebagai limbah cair, gas, dan padat. Bahan pembantu yang merupakan bagian dari produk maka disebut sebagai kotoran.
5. Tipe V: produk yang dihasilkan dari proses transformasi suatu ketika akan menjadi limbah, misalnya karena sudah berakhir masa pakainya atau sudah hilang nilai manfaatnya, maka desain dan spesifikasi suatu produk hendaknya juga mempertimbangkan kemudahan proses pembuangannya.

Semua industri akan menghasilkan beberapa limbah berbahaya. Jumlah terbesar limbah berbahaya yang dihasilkan dari suatu industri berasal dari lima sektor yaitu:

1. Industri kimia dan industri yang bergerak di bidang farmasi
2. Pemurnian logam
3. Produksi minyak dan batu bara
4. Pembuatan barang-barang dari logam
5. Industri karet dan plastik

Di USA dari lima sektor industri utama yang ada sekitar 90% menghasilkan limbah berbahaya dan 50% diantaranya adalah industri kimia dan industri yang bergerak di bidang farmasi (UNEP dan ISWA, 2002).

Kuantitas dari limbah berbahaya pada dasarnya tidak selalu dijadikan perhatian utama, karena kuantitas dari limbah bahan yang secara kimiawi kompleks mungkin akan jauh lebih berbahaya dari limbah bahan yang secara kimiawi relatif sederhana. Beberapa sumber limbah berbahaya yang lebih kecil meliputi: pabrik mesin-mesin industri, pabrik mesin kendaraan, industri elektronik dan listrik, dan pengawetan kayu. Macam-macam industri seperti ini sangat banyak, baik yang termasuk industri kecil atau industri menengah yang mungkin akan menghasilkan limbah dimana sifat kimiawinya kompleks.

Semua negara, dengan mengabaikan status negaranya dan tingkat kemakmuran ekonominya menghasilkan beberapa sumber limbah berbahaya. Jumlah terbesar dari limbah berbahaya dihasilkan oleh industri kimia, tetapi sektor lain seperti sektor non-industri juga sangat penting. Dimulai dari industri berat sampai perdagangan, pertanian, pelayanan kesehatan sampai pada tingkat rumah tangga.

Menurut UNEP dan ISWA (2002), bahwa sumber limbah yang umum sudah dikenal dan juga limbah industri terdiri dari empat jenis limbah, yaitu:

1. Jenis limbah yang mudah terbakar. Contohnya bahan pelarut dari industri kimia, pelapisan logam, penyamakan kulit dan percetakan.

2. Jenis limbah yang bersifat korosif (menghancurkan). Contohnya asam dan alkali dari pembersihan, perawatan dan perbaikan peralatan, toko karoseri mobil, dan lain-lain.
3. Jenis limbah yang bersifat reaktif. Contohnya bahan pemutih dan pengoksidasi dari bahan industri kimia, laboratorium, dan lain-lain.
4. Jenis limbah yang bersifat racun. Contohnya logam berat, pestisida, sianida dari industri logam, dan lain-lain.

Industri yang menghasilkan sumber limbah berbahaya meliputi sejumlah besar fasilitas dan bisnis yang berbeda berkisar antara industri besar, universitas, rumah sakit, sampai industri kecil dan laboratorium. Jenis fasilitas berbeda ini menghasilkan volume yang berbeda tentang limbah berbahaya sebagai hasil dari proses yang digunakan dan risikonya terhadap lingkungan. Secara umum, ada tiga kategori dari sumber limbah yang berbahaya, walaupun dalam negara yang berbeda akan menghasilkan kategori yang berbeda juga. Berdasarkan jumlah limbah yang dihasilkan, sumber limbah dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu (UNEP dan ISWA, 2002):

1. Sumber limbah skala besar

   Sumber limbah ini akan menghasilkan limbah dalam jumlah yang sangat besar yaitu lebih dari 1000 kg/bulan. Limbah dalam jumlah besar ini umumnya dihasilkan oleh industri kimia, industri yang bergerak di bidang farmasi, perusahaan minyak dan perusahaan petrokimia.

2. Sumber limbah skala menengah

   Limbah yang dihasilkan dari sumber limbah ini berjumlah 100-1000 kg/bulan. Sejumlah limbah ini biasanya dihasilkan oleh laboratorium dan percetakan.

3. Sumber limbah skala kecil

   Limbah yang dihasilkan dari sumber ini relatif kecil yaitu kurang dari 100 kg/bulan. Sejumlah limbah ini biasanya, dihasilkan oleh pengolahan fotografis dan tempat perawatan gigi.

Dalam perkembangan ekonomi saat ini, industri kecil dan menengah sangat mendominasi, termasuk juga di dalamnya industri tradisional yang sering dikenal sebagai industri rakyat dan perusahaan kecil yang tidak resmi. Industri seperti ini, menciptakan suatu subsektor yang terus meningkat dan menjadi penting untuk pengembangan ekonomi nasional dalam kaitannya dengan penciptaaan lapangan pekerjaan dan sumber pendapatan bagi masyarakat. Industri kecil dan menengah memiliki beberapa ciri yang khas, yaitu:

1. Tingkat teknologi yang rendah
2. Manajemen yang sederhana
3. Tidak ada spesialisasi kerja
4. Masih tradisional
5. Miskin dalam pencapaian lingkungan yang sehat

Secara umum dengan penggunaan alat dan teknologi yang tradisional mempengaruhi pencapaian dari industri. Seperti halnya tingkat dari polusi yang dihasilkan. Hal ini yang menyebabkan, industri kecil dan menengah akan berusaha untuk meningkatkan umur pakai dari peralatan dan bahan-bahan yang digunakan, sehingga industri jenis ini akan menghasilkan limbah yang lebih sedikit dibandingkan industri besar. Industri seperti ini meliputi sepertiga dari total limbah berbahaya yang ada.

Industri kecil dan menengah merupakan industri yang menghasilkan limbah paling nyata dalam perkembangan ekonomi. Pada tahun 1990 terdapat beberapa sektor dari industri kecil dan menengah yang paling mendominasi limbah berbahaya di Asia Timur, yaitu (UNEP dan ISWA, 2002):

1. Penyamakan Kulit
2. Tekstil
3. Produsen bahan pencelup tekstil
4. Percetakan

5. Pabrik cat
6. Pengolahan fotografis
7. Pengerjaan logam
8. Industri kimia dan laboratorium
9. Tempat pencucian pakaian
10. Bengkel dan tempat pengisian bahan bakar bensin
11. Penyepuhan
12. Perusahaan baterai

Industri skala kecil yang ada saat ini, menghasilkan jenis dan tipe limbah yang berbeda di tiap negara. Hal ini, tergantung industri skala kecil apa yang banyak terdapat di negara tersebut. Industri skala kecil yang akan dibahas di sini adalah industri yang berada di negara India, Zimbabwe, Meksiko, dan Peru.

Industri yang terdapat di kota Mumbai, India diklasifikasikan menjadi lima kategori, yaitu:

1. Industri sangat kecil

   Industri yang tergolong industri sangat kecil adalah industri yang mempunyai karyawan kurang dari 9 orang.

2. Industri kecil

   Industri yang tergolong industri kecil adalah industri yang mempunyai karyawan 10-20 orang dengan investasi peralatan kurang dari US$ 200.000. Dalam perkembangan ekonomi di India, industri skala kecil yang menghasilkan limbah berbahaya dapat dilihat pada Tabel 1.

1. Tekstil
2. Penyamakan kulit
3. Perusahaan pakaian dan sepatu
4. Percetakan
5. Pembuatan mebel dan pengolahan kayu

Industri ini menyerap 50% pekerja yang secara ekonomi aktif dengan aktivitas utamanya: pembuatan pakaian (10,8% dari industri), pengolahan roti (98,6%), pabrik dari produk logam yang sederhana (5,9%), dan percetakan (5,5%). Selain itu, pengolahan kayu, produksi *meubel*, sepatu, onderdil mobil dan keramik juga sangat penting pada sektor ini meliputi 49% dari industri dan 53% dari populasi pekerja.

Limbah yang biasanya timbul dari pengolahan pakaian atau tekstil adalah limbah cair yang berisi bahan pencelup. Pada umumnya industri langsung membuangnya ke pipa-pipa saluran air, tanpa mengalami pengolahan terlebih dahulu.

Industri peleburan logam skala kecil di kota ini sering beroperasi di rumah-rumah. Mereka menggunakan perunggu dan alumnium sebagai bahan baku. Mereka menggunakan tungku perapian di bawah tanah sebagai tempat peleburan logam. Dan yang dinilai cukup membahayakan lagi mereka biasanya menggunakan pengering berputar. Dalam hal ini menimbulkan kesan, bahwa tidak diperhitungkannya dampak yang akan ditimbulkan bagi kesehatan. Terutama bagi para pekerja dan keluarganya yang menghirup asap dan gas beracun dari tungku perapian itu. Oleh karena itu, pengecoran logam-logam skala kecil yang ada di kota ini seringkali dibubarkan.

Secara garis besar, ada beberapa tipe limbah dari industri yang berbeda terdiri antara lain:

1. Industri kimia: limbah proses kimia, asam dan alkali, padatan, limbah yang bereaksi, produk kimia, bahan kimia komersial
2. Industri konstruksi: limbah pengecatan, padatan, asam kuat

3. Pembelian dan pemeliharaan peralatan: limbah pengecatan, padatan, asam dan alkali, penggunaan minyak
4. Pengolahan kayu dan mebel: padatan dan limbah pengecatan

Sedikit sebagai catatan, bahwa tipe limbah industri tersebut tidak dilihat secara keseluruhan, tetapi hanya dari industri yang paling sering menimbulkan limbah dalam perkembangan ekonomi.

Sebagian besar orang berpendapat, bahwa limbah dinilai sebagai sesuatu yang membawa dampak negatif bagi manusia maupun lingkungan sekitarnya. Limbah yang berbahaya bisa berasal dari industri skala kecil maupun besar. Pada dasarnya limbah mempunyai tingkat risiko yang besar bergantung dari jumlah limbah yang dihasilkan oleh industri. Akan tetapi terlepas dari itu, berapapun jumlah limbah berbahaya yang dihasilkan tetap saja mengandung risiko, karena limbah tersebut terdapat di mana-mana. Seperti halnya pada beberapa contoh berikut: penggunaan minyak motor, penggunaan baterai mobil, pestisida pertanian yang berlebihan dan wadahnya, limbah dari pengobatan dan pelayanan kesehatan.

Limbah dari pengobatan dan pelayanan kesehatan, meliputi limbah dari rumah sakit, klinik, tempat perawatan gigi dan rumah sakit hewan memiliki risiko tertentu. Limbah dari sektor non-industri yang disebutkan, dapat ditemukan di tiap negara walaupun dalam beberapa negara jumlahnya sangat kecil dan dianggap tidak penting. Sumber limbah yang dianggap kecil ini memiliki masalah ke depannya, karena memiliki potensi untuk pencemaran yang lebih luas.

Limbah yang berasal dari pelayanan kesehatan muncul di tiap-tiap negara dari sumber-sumber yang berbeda. Seperti contohnya praktik dokter, rumah sakit, klinik, puskesmas, praktik dokter gigi, dan praktik dokter hewan. Mereka menghasilkan suatu campuran limbah yang berbeda, sehingga menyulitkan untuk pengolahan limbah selanjutnya. Limbah yang berasal dari pelayanan kesehatan dengan cara yang berbeda digambarkan dalam tiap negara yang berbeda, dan sejumlah terminologi digunakan untuk menguraikannya seperti limbah klinis, limbah medis atau limbah yang dapat menular (menyebar).

Sebuah pertanyaan, bagaimana cara yang ditempuh untuk menggambarkan pengaruh jumlah limbah yang dihasilkan termasuk ke dalam kategori apa? Misalnya limbah yang berhubungan dengan cairan badan mungkin digambarkan sebagai limbah yang cepat menyebar (menular) dalam satu negeri (bisa jadi meliputi 25-30% dari total yang dihasilkan pelayanan kesehatan) sementara di negara lainnya limbah yang dikontaminasi dengan cairan badan yang digambarkan sebagai limbah yang cepat menular (menyebar) kurang dari 10%.

Pada tahun 1980 WHO (*World Health Organization*) mengusulkan kategori untuk limbah dari pelayanan kesehatan berdasarkan sumber, komposisi dan syarat menanganinya meliputi:

1. Bahan yang serupa dengan limbah domestik (berasal dari makanan dan prosedur pembersihan yang rutin seperti surat kabar dan bunga mati dari kamar pasien). Limbah seperti ini tidak mengancam dan umumnya dibuang dengan cara yang sama seperti limbah lain yang berasal dari kota.
2. Limbah farmasi (termasuk obat-obatan yang telah habis masa pakainya dan terkontaminasi)
3. Barang-barang yang tajam (termasuk jarum, semprotan, pisau bedah, gergaji, mata pisau)
4. Limbah yang cepat menular (menyebar)
5. Limbah kimia (dapat berupa padatan, cair ataupun bahan kimia yang berupa gas)
6. Limbah radioaktif sebagai hasil *in vivo* bagian organ, *in vitro* analisis jaringan dan prosedur terapi meliputi perawatan dari tumor.
7. Limbah patologis yang terdiri dari jaringan, organ dan bagian tubuh, darah dan cairan badan
8. *Pressurised containers*

Dengan pengenalan praktik kerja yang aman, risiko dari limbah pelayanan kesehatan dapat diminimalkan. Terdapat beberapa panduan prinsip meminimisasi limbah dari pelayanan

kesehatan, dimana satu atau semuanya itu mungkin diobservasi dari negara-negara yang mempunyai pendapatan tinggi. Limbah pelayanan kesehatan dapat diminimisasi dengan cara sebagai berikut:

1. Mengklasifikasikan limbah ke dalam kelompok yang akan mendapatkan perlakuan sama
2. Pemisahan dari limbah dimana limbah yang tidak berbahaya dapat dibuang bersamaan dengan limbah yang berasal dari kota
3. Penyimpanan yang aman
4. Perawatan untuk mengurangi isi patogen dari limbah

Beberapa limbah rumah tangga secara umum dapat menghasilkan unsur limbah berbahaya seperti cat, noda, pembersih domestik, oli motor, baterai atau pestisida. Bahan-bahan ini terjadi dalam jumlah yang relatif kecil dan tidak menjadi prioritas utama dalam mengambil tindakan. Terutama ketika mereka membuangnya ke dalam *landfill* yang luas, maka bahan-bahan tersebut akan menunjukkan bagian yang sangat kecil dalam limbah. Ada beberapa tipe limbah rumah tangga yang berbahaya, yaitu:

1. Pemeliharaan sarana misalnya bahan anti beku, cairan rem
2. Produk pembersih misalnya pembersih saluran, penghapus noda, pembersih *toilet*, pemutih klorin, pembersih *oven*
3. Kosmetik misalnya penghilang dan pembersih cat kuku
4. Pemadam api
5. Produk perawatan hewan misalnya ban leher hewan dan *spray* untuk membasmi kutu
6. Produk perkebunan misalnya herbisida, pestisida, dan bahan kimia
7. Insektisida dan obat pencegah serangga
8. Produk perawatan rumah misalnya cat, bahan pelarut, bahan kimia kolam renang
9. Resep obat-obatan

Rata-rata komposisi limbah rumah tangga berbahaya di USA menghasilkan kira-kira 9 kg dari limbah rumah tangga pada tiap tahunnya. Ini meliputi suatu rata-rata dari 15-30 liter dari bahan-bahan limbah berbahaya yang berasal dari dapur, kamar mandi, garasi dan ruang bawah tanah. Rata-rata komposisi limbah rumah tangga berbahaya di USA dan Norwegia dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Rata-rata Komposisi Limbah Rumah Tangga yang Berbahaya

Tipe limbah rumah tangga	USA (1997) 9 kg/hh/ pa	Norwegia (2000) 10,3 kg/hh/pa
1. Perawatan rumah tangga (cat, bahan pelarut, bahan adesif)	36,6%	63%
2. Baterai rumah tangga	18,6%	*
3. Kosmetik (termasuk pembersih dan penghilang cat kuku)	12,1%	-
4. Pembersih (termasuk pembersih *oven*)	11,6%	3%
5. Otomotif (kebanyakan oli motor)	10,6%	27%
6. Perkebunan (termasuk pestisida, pupuk)	4,1%	0,7%
7. Hobi (bahan kimia kolam)	3,4%	0,8%
8. Farmasi	3,2%	-
9. Lampu, dll	-	5,5%

Sumber : UNEP dan ISWA (2002)

* Baterai dikumpulkan secara terpisah di Norwegia, pada suatu tingkat Semiter 3 kg/hh/pa

Dalam perkembangan ekonomi, sumber yang besar dan melebihi batas pakai dari limbah berbahaya dibuktikan lebih sulit untuk dihadapi. Hal demikian, dikarenakan sumberdaya yang terbatas dan sistem manajemen yang tidak efektif seperti halnya perawatan dan fasilitas pembuangan. Sumber limbah yang besar dan melebihi batas pakai meliputi:

1. Persediaan pestisida yang sudah melewati masa pakainya
2. Lahan yang berasal dari tidak aktifnya dan hancurnya fasilitas yang besar (contohnya pembangkit tenaga listrik dan penyulingan minyak) termasuk limbah asbes dan PCBs.
3. Persediaan militer yang berisi minyak dan bahan pelarut, perlengkapan perang yang tua dan gas beracun. Risiko yang dihasilkan oleh limbah seperti itu mungkin berbeda dengan format lain dari limbah yang berbahaya seperti dari industri. Bagaimanapun juga, arti dari limbah berbahaya dari sumber militer harus diputuskan berdasarkan keadaan yang terjadi.

Secara umum, salah satu masalah utama dari limbah berbahaya yang keberadaannya tersebar luas adalah pestisida yang sudah tidak terpakai, perubahan (*transformer*) PCB, bahan yang merusak ozon dan suku cadang militer.

B. Karakterisrik Limbah Industri dari Sumber-sumber yang Berbeda

Industri Tapioka

Limbah pabrik tepung tapioka bersifat kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstrak serta komponen selain pati yang terlarut dalam air. Hal tersebut, dikarenakan tepung tapioka adalah komponen pati yang hampir murni (Greenfield, 1971).

Limbah dari industri tapioka bisa dibedakan menjadi tiga macam yaitu limbah padat, cair, dan gas (Tjiptadi dan Nasution, 1980). Limbah padat dari industri tapioka adalah kulit ubi kayu, ampas atau onggok, dan lindur. Limbah kulit ubi kayu dihasilkan ketika dilakukan proses pengupasan kulit ubi kayu di ladang, setelah tanaman ubi kayu dicabut. Biasanya, kulit ubi kayu yang telah terkupas, dihamparkan di atas tanah bekas tanaman ubi kayu dan dibiarkan terkena panas dan hujan sampai mengalami penguraian oleh mikroorganisme menjadi pupuk organik bagi tanah.

Dalam jumlah kecil, kulit ubi kayu ini biasanya diberikan kepada ternak kambing. Ampas (onggok) adalah limbah dan industri tapioka yang dihasilkan dari proses pemerasan dan penyaringan. Banyaknya onggok yang dihasilkan dipengaruhi oleh varietas ubi kayu, umur ubi kayu, dan kasar-halusnya parutan yang digunakan. Varietas ubi kayu yang bermutu baik adalah yang dapat menghasilkan pati dengan rendemen tinggi.

Pada musim hujan, banyak industri tapioka yang membuang onggok bersama dengan limbah cairnya, sehingga airnya keruh dan pekat. Hal ini, sangat mengganggu kesehatan dan bahkan dapat mematikan biota air. Komposisi ampas tapioka dapat dilihat pada Tabel 3. Di Industri tapioka seringkali terjadi tumpahan, ceceran-ceceran yang sebenarnya tidak perlu terjadi. Kondisi ini dapat dilihat pada proses produksi yang tidak dilakukan dengan benar dan hati-hati. Pada industri tapioka, tumpahan atau ceceran dapat terjadi pada tahap pengangkutan dan penampungan onggok, penggilingan, pengayakan, dan pengemasan.

Tabel 3. Komposisi Ampas Tapioka

Komponen	Persen (%)
Lemak	0,22 - 0,30
Protein	1,45 - 1,70
Serat Kasar	9,42 - 0,54
Air	19,70 - 20,30
Karbohidrat	67,93 - 68,30

Sumber: Retnani (1999)

Limbah cair industri tapioka berasal dari proses pencucian bahan baku, penyaringan bubur ubi kayu (ekstraksi) dan pengendapan pati. Kualitas limbah cair industri tapioka dapat ditentukan dengan beberapa parameter uji. Parameter uji yang pokok dalam limbah cair industri tapioka antara lain nilai BOD_5, COD, padatan terlarut, padatan tersuspensi, sianida, dan pH serta beberapa parameter yang sangat sensitif dipandang dan segi visual seperti warna. Karakteristik limbah dari industri tapioka dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Rata-rata Karakteristik Limbah Cair pada Berbagai Industri Tapioka

Karakteristik	Satuan	Industri		
		Kecil	Menengah	Besar
Bahan baku	ton/hari	5,00	20,00	200 - 600
Debit	m^3/hari	22,00	80,00	1200,00
BOD_5	ppm	5055,82	5439,45	3075,84
COD	ppm	16202,30	25123,33	5158,78
MPT	ppm	3415,45	3422,00	1342,00
PH	--	5,50	4,50	500
Sianida (CN)	ppm	0,1265	0,117	0,200

Sumber: Retnani (1999)

Industri Tahu

Limbah tahu adalah limbah yang dihasilkan dalam proses pembuatan tahu maupun pada saat pencucian kedelai. Limbah yang dihasilkan bisa berupa limbah padat dan cair. Sejauh ini, limbah padat belum dirasakan dampaknya terhadap lingkungan, karena masih dapat dimanfaatkan untuk makanan ternak. Lain halnya dengan limbah cair yang dapat menimbulkan polusi udara melalui bau busuk yang cukup menyengat. Apabila limbah cair tersebut dibuang secara langsung ke sungai, maka dapat dipastikan akan mencemari sungai. Setiap satuan kuintal kedelai akan menghasilkan limbah 1,5 - 2 m^3 air limbah yang berasal dari proses pembuatan tahu. Jenis limbah tahu secara umum dibedakan menjadi dua jenis yaitu limbah cair dan limbah semi padat/padat.

Limbah cair:

- Sisa air tahu yang tidak menggumpal
- Sisa air pencucian dan perendaman
- Potongan tahu yang hancur pada saat proses karena kurang sempurnanya proses penggumpalan atau saat penyaringan
- Limbah tahu keruh dan berwarna kuning muda keabu-abuan dan bila dibiarkan akan berwarna hitam dan berbau busuk

Limbah semi padat/padat:

- *Whey* tahu

  Whey diperoleh dari hasil sisa air tahu yang tidak menggumpal. *Whey* masih memiliki kandungan total N yang cukup tinggi, sehingga dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *nata de soya*. Karakterisasi dari *whey* tahu dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik Limbah Cair Tahu (*whey*)

Parameter	Penggumpal $CaSO_4$ (ppm)	Penggumpal asam (ppm)
Total N	434,780	226
Glukosa	92,00	37
Pb	0,24	0,036
Ca	34,03	2,490
Cu	0,178	0,107
Na	0,591	0,537

- Ampas tahu

  Ampas tahu diperoleh dari hasil pemisahan bubur kedelai. Ampas tahu ini masih mengandung protein yang cukup tinggi, sehingga bisa digunakan sebagai pakan ternak dan ikan. Karakteristik ampas tahu dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Karakteristik Ampas Tahu

Unsur	Nilai
Kalori (kal)	414
Protein (g)	26,6
Lemak (g)	18,3
Karbohidrat (g)	41,3
Kalsium (mg)	19
Fosfor (mg)	29
Besi (mg)	4
Vit B (mg)	0,2
Air (g)	9,0

Sumber: Sarwono (1994)

Industri Kulit

Pada industri kulit, limbah yang paling banyak adalah limbah krom yang berasal dari proses penyamakan kulit. Dalam proses penyamakan kulit, hanya 60% bahan samak krom yang diserap oleh kulit sedangkan 40% sisanya merupakan limbah yang menyebabkan pencemaran lingkungan.

Menurut Bapedal (1996), limbah cair industri penyamakan kulit terlihat paling menonjol dibandingkan limbah padat maupun gas. Karakteristik limbah krom dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Karakteristik Limbah Krom

Unsur	Nilai
pH	2,6-3,2
TS	2400-12000 mg/l
SS	300-1000 mg/l
Cr Total	0,007-20,55 mg/l

Cr total merupakan limbah B3 yang memerlukan pengolahan terpadu agar tidak mencemari lingkungan. Penangggulangan pada limbah krom yang terdapat di industri kulit berdasarkan produksi bersih dapat dilakukan dengan mengambil kembali sisa krom dari limbah krom dengan teknik daur ulang.

Industri Kelapa (Industri Minyak Goreng)

Pada saat ini, hasil utama kelapa yang banyak dimanfaatkan adalah daging buahnya untuk dijadikan minyak. Dari hasil buah kelapa tersebut, dihasilkan limbah yang berupa sabut, tempurung, dan air kelapa. Limbah ini semakin lama akan semakin banyak jumlahnya, sehingga akan mengganggu lingkungan.

Air kelapa dapat dimanfaatkan untuk pembuatan *nata de coco* dan kecap. Tempurung kelapa memiliki kandungan terbesar unsur karbon yang dapat dimanfaatkan lebih lanjut untuk pembuatan arang aktif. Sabut kelapa dan tempurung kelapa digolongkan menjadi limbah *lignoselulosa*. Sabut kelapa dapat dijadikan sebagai bahan untuk pembuatan matras, *coir fibre*, tambang/tali

dan barang-barang kerajinan lain seperti sikat. Selain itu sabut juga dapat digunakan sebagai pelapis untuk mempertahankan kelembaban dan abunya dapat merupakan sumber pupuk kalium. Karakteristik dari air kelapa, sabut kelapa dan tempurung kelapa dapat dilihat pada Tabel 8, 9 dan 10.

Tabel 8. Karakteristik Air Kelapa

Sumber air (dalam 100 g)	Kelapa muda	Kelapa tua
Kalori (kal)	17,0	-
Protein (g)	0,2	0,14
Lemak (g)	1	1,5
Karbohidrat (g)	3,8	4,6
Kalsium (mg)	15	-
Fosfor (mg)	8	0,5
Besi (mg)	0,2	-
Aktivitas Vitamin A (IU)	0	-
Asam Askorbat (mg)	1	-
Air (g)	95,5	91,5
Bagian yang dapat dimakan (g)	100	-

Sumber: Palungkun (1999)

Tabel 9. Karakteristik Tempurung Kelapa

Negara / Komponen	Filipina	Srilanka
Kadar abu (%)	0,28	0,61
Lignin serat (%)	33,3	36,51
Selulosa (%)	44,98	53,06
Pentosan (%)	17,67	20,54
Methoxyl (%)	5,39	-

Sumber: Palungkun (1999)

Tabel 10. Karakteristik Sabut Kelapa

Komponen	Kandungan (% bobot kering)
Zat organik	95,5
Zat mineral	5,0
Pektin	14,2
Hemiselulosa	8,5
Lignin	29,2
Selulosa	23,9

Sumber: Palungkun (1999)

Industri Cuka Apel

- Limbah Cair Sisa Pencucian Bahan

  Karakteristik fisik limbah cair sisa pencucian bahan adalah berupa air yang sedikit mengalami kekeruhan. Hal ini lebih disebabkan, karena kotoran yang menempel di buah apel yang berupa tanah atau batang kecil-kecil dan kotoran lainnya. Limbah cair ini tidak berbau, sehingga masih memungkinkan untuk dilakukan penggunaan lebih lanjut.

- Limbah Cair Sisa Penyaringan Proses Fermentasi Alkohol

  Karakteristik fisik limbah cair dari sisa penyaringan fermentasi alkohol yang dihasilkan dari produksi cuka apel adalah cairan yang berwarna keruh, kekeruhan tersebut terjadi karena adanya zat-zat koloid yaitu zat yang terapung serta terurai secara halus sekali dalam limbah cair tersebut. Warna coklat terjadi karena bahan baku apel yang mengalami reaksi pencoklatan (*browning*) pada saat pemrosesan. Pada limbah cair ini, terdapat endapan berwarna coklat tua apabila dibiarkan dalam kurun waktu yang lama.

  Endapan yang terbentuk disebabkan karena di dalam limbah tersebut mengandung padatan yang terdiri dari bahan padat organik maupun anorganik yang larut, kemudian terbentuk suspensi dan akhirnya mengendap. Bau tajam dihasilkan dari etanol yang terbentuk karena aktivitas mikroorganisme pada saat fermentasi alkohol.

- Limbah Cair Sisa Penyaringan Fermentasi Asetat

Hasil dari fermentasi asetat menghasilkan *film* atau lendir sebagai produk samping yang tidak diperlukan dalam menghasilkan produk akhir. *Film* ini terbentuk, karena aktivitas bakteri asam asetat yang disebut sebagai induk asam asetat. Dengan demikian *film* ini dihasilkan dari pemisahan dari produknya saat dilakukan penyaringan.

Bau masam yang dihasilkan dari limbah ini berasal dari aktivitas bakteri asam asetat yang menguraikan zat organik menghasilkan asam asetat yang memiliki pH rendah dalam proses fermentasi asam asetat. Sedangkan, karakteristik kimia dari limbah cair hasil penyaringan fermentasi asetat adalah pH yang sangat rendah, yaitu berkisar antara 2,5. Hal ini disebabkan, karena aktivitas mikroorganisme, khususnya *Acetobacter acetii* yang mengubah produk alkohol menjadi produk asam asetat, dimana produk asam selalu memiliki pH rendah. Karena limbah cair ini berasal dari sisa penyaringan produk dari hasil fermentasi asetat, maka otomatis pH nya juga rendah.

- Limbah Cair Hasil Pengendapan Produk Akhir

Limbah ini berupa lumpur yang sebenarnya masih mengandung senyawa-senyawa koloid yang masih dapat digunakan.

- Limbah Padat

Limbah padat yang berupa tangkai, biji, dan ujung-ujung apel merupakan limbah organik yang mudah terurai oleh mikroba atau biasa disebut dengan *garbage*. Demikian halnya dengan limbah yang berupa ampas apel, juga merupakan limbah semi basah, yang terdiri dari bahan-bahan organik dan mempunyai ciri mudah terurai oleh mikroorganisme dan mudah membusuk. Menurut Murtadho dan Gumbira Sa'id (1987), mudahnya limbah organik terurai disebabkan rantai kimia yang dimilikinya relatif pendek.

Limbah padat yang berupa sisa karton dan sisa bahan pengemas yang lain seperti sisa label dan pecahan botol,

merupakan limbah organik tak membusuk (*rubbish*). Artinya limbah padat organik ini cukup kering dan sulit terurai oleh mikroorganisme, sehingga sulit membusuk. Menurut Murtadho dan Gumbira Sa'id (1987), contoh *rubbish* adalah selulosa, kertas, plastik, dan kaca yang sulit membusuk karena memiliki rantai kimia yang panjang dan kompleks.

Bab ini merupakan bab terpenting yang perlu dicermati oleh pembaca. Pemahaman yang benar tentang metodologi dan prosedur audit produksi bersih akan menentukan keberhasilan implementasi produksi bersih di industri.

Bab ini memaparkan secara detail sekaligus menuntun pembaca agar dapat melakukan kegiatan audit produksi bersih di industri.

3 Metodologi dan Prosedur Audit Produksi Bersih (Neraca Massa, Energi, dan Limbah)

Metodologi dan prosedur audit pada pelaksanaan produksi bersih diperlukan untuk menerapkan produksi bersih tersebut di suatu industri. Salah satu metodologi yang sudah cukup dikenal diterapkan adalah *Cleaner Production Assessment* (CP-*Assessment*). Metodologi ini memiliki tujuan untuk menerapkan pengukuran pada pengoptimalan produksi dan meningkatkan eko-efisiensi industri. Ada beberapa metodologi pada pengkajian produksi bersih antara lain adalah ***perencanaan dan pengorganisasian, fase pra pengkajian, fase pengkajian, analisis studi kelayakan, implementasi dan kesinambungan serta hasil pengkajian.***

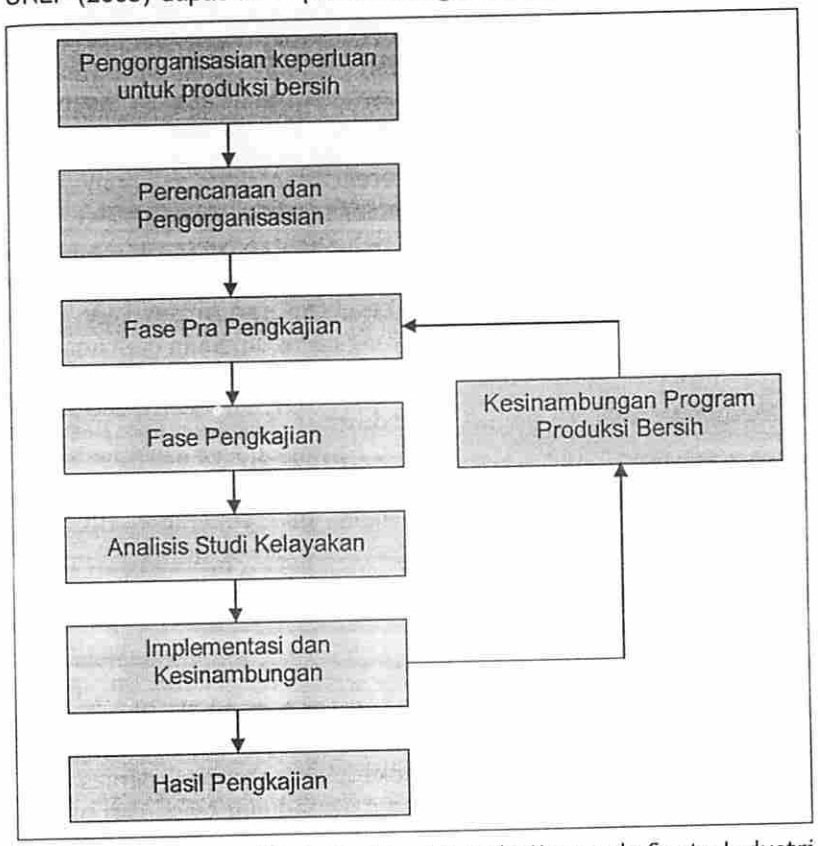
A. Metodologi Audit Produksi Bersih

Hal utama dalam konsep penerapan produksi bersih adalah upaya untuk meningkatkan efisiensi produksi dan mengurangi limbah yang dihasilkan. Oleh karena itu, untuk menerapkan produksi bersih di suatu industri tentunya memerlukan metodologi dan prosedur untuk mengaturnya. Banyak organisasi yang mengeluarkan manual metodologi pengkajian produksi bersih dengan berbagai macam keragaman dan kelengkapannya. Namun, dari manual-manual tersebut pada dasarnya mempunyai prinsip yang sama yaitu memusatkan pada ulasan suatu industri mengenai proses produksinya, mengidentifikasi pemakaian sumberdaya, mengurangi bahan-bahan beracun, dan potensi munculnya limbah. Pada Tabel 11 disajikan beberapa organisasi yang mengeluarkan dokumen *assessment* produksi bersih.

Tabel 11. Organisasi-organisasi yang Mengeluarkan Dokumen *Assessment* Produksi Bersih

Organisasi	Dokumen	Metodologi
UNEP, 1996	Petunjuk bahan-bahan untuk UNIDO/UNERP. Pusat Studi Produksi Bersih Nasional	1. Perencanaan dan pengorganisasian 2. Pra *assessment* 3. *Assessment* 4. Evaluasi dan studi kelayakan implementasi dan kesinambungan
UNEP, 1991	Audit dan Reduksi, Manual untuk Emisi dan Limbah Industri. Seri Laporan Teknik No.7	1. *Pra assessment* 2. Kesetimbangan massa 3. Sintesis
Dutch Ministry Affairs, 1991	Persiapan: Manual untuk pencegahan limbah dan emisi	1. Perencanaan dan pengorganisasian 2. *Assessment* 3. Studi kelayakan 4. Implementasi
USEPA, 1992	Petunjuk, Fasilitas, Pencegahan, Polusi	1. Perkembangan program pencegahan polusi 2. Pra *assessment*

Secara skematis metodologi *assessment* yang dikeluarkan UNEP (2003) dapat ditampilkan sebagai berikut:



Gambar 6. Diagram Alir Metodologi Pengkajian pada Suatu Industri

Perencanaan dan Pengorganisasian

Perencanaan dan pengorganisasian merupakan tahap awal yang harus dilakukan dalam audit produksi bersih. Tahapan dari proses ini meliputi komitmen manajemen, pembentukan tim program penerapan produksi bersih, penetapan tujuan dan lingkup program serta mengidentifikasi sumber pencemar.

Komitmen Manajemen

Komitmen manajemen sangat penting pada tahap perencanaan dan pengorganisasian. Komitmen ini sangat diperlukan dalam menetapkan kebijaksanaan dalam minimisasi limbah.

Pembentukan Tim Penerapan Produksi Bersih

Langkah kedua dalam tahap perencanaan dan pengorganisasian adalah pembentukan tim penerapan produksi bersih. Tim yang dibentuk bertugas untuk mencari peluang dan bertanggung jawab dalam penerapan produksi bersih. Jumlah orang dalam satu tim tergantung pada kebutuhan dan kesulitan dari proses yang akan dilakukan. Beberapa persyaratan yang harus dipenuhi oleh anggota tim antara lain:

- Berpengalaman dalam proses industri
- Mengetahui kualifikasi proses dalam industri
- Berpengalaman dalam pelaksanaan dan penerapan produksi bersih
- Mengetahui perkembangan produksi dan limbahnya
- Mengenal anggota lainnya dalam satu tim

Kualifikasi anggota tim dapat diambil dari beberapa bagian dari perusahaan yaitu: manajemen puncak, pemeliharaan, proses produksi, lingkungan hidup, inspeksi, laboratorium, pemasaran, penggudangan, hukum, pengolahan data, administrasi, dan bagian lain dari perusahaan.

Penetapan Tujuan dan Lingkup Program Penerapan Produksi Bersih

Tujuan dan lingkup program penerapan produksi bersih harus ditetapkan, sehingga keberhasilan dari penerapan produksi bersih dapat diukur. Syarat bagi keberhasilan penetapan tujuan dan lingkup penerapan produksi bersih antara lain:

- Disetujui oleh semua pihak yang terlibat dalam penerapan produksi bersih

- Fleksibel terhadap perubahan yang mungkin terjadi
- Dapat diukur dengan waktu
- Program yang dibuat terarah, terstruktur dan mudah dimengerti
- Sesuai dengan komitmen awal perusahaan
- Dapat dilaksanakan dengan metode yang ada.

Mengidentifikasi Sumber Pencemar

Tujuan dari identifikasi sumber pencemar atau masalah dalam penerapan produksi bersih adalah mengkaji tentang sebab terjadinya limbah. Kegiatan yang dilakukan dalam tahap ini adalah :

- Mencatat semua masalah yang ada berkenaan dengan limbah (sebab-akibat)
- Mengidentifikasi penyebab pencemar/masalah
- Menentukan penyebab utama pencemar

Fase pengkajian

Pada tahap ini, tim akan mengkaji kegiatan yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya. Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini, antara lain mengkaji tentang pengumpulan informasi yang terperinci mengenai sumber pencemar, mengidentifikasi dan mengevaluasi peluang untuk mengurangi pencemaran tersebut.

Assessment produksi bersih yang baik akan mencakup hal-hal sebagai berikut:

1. Menyajikan semua informasi yang tersedia pada unit operasi, bahan baku, produk, air dan penggunaan energi
2. Menjelaskan sumber, kuantitas dan jenis limbah yang timbul
3. Mengidentifikasi dimana terjadi proses inefisiensi dan wilayah yang terdapat kesalahan dalam hal manajemen
4. Mengidentifikasi efektivitas kerusakan lingkungan
5. Mengidentifikasi dimana opsi produksi bersih dapat diterapkan dan menghitung jumlah biaya dan manfaat dari implementasi opsi tersebut

6. Menentukan prioritas opsi produksi bersih yang telah diidentifikasi. Prioritas diukur dari biaya yang rendah atau tidak memerlukan biaya dan yang memberikan *pay back period* dalam jangka pendek.

Pengukuran kelayakan proyek berdasarkan pada waktu pengembalian modal (*pay-back period*), yaitu waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal (Newman, 1990).

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai investasi}}{\text{Keuntungan}}$$

Analisis kelayakan

Kelayakan teknis

Kriteria evaluasi teknis antara lain:

- Proses:
  - kesesuaian prosedur operasi dengan kondisi yang ada
  - peningkatan efisiensi proses
  - kesesuaian produksi dengan kondisi yang ada
- Bahan:
  - kualitas produk dapat dipertahankan
  - kapasitas utilitas tersedia
  - efisien dalam penggunaan bahan
- Peralatan:
  - ketersediaan tempat
  - perawatan mesin
- Tenaga kerja:
  - sistemnya aman bagi pekerja
  - tersedia sumber daya manusia

Kelayakan Ekonomi

Kelayakan ekonomi digunakan untuk menentukan apakah penerapan program produksi bersih dapat terus dilanjutkan atau tidak. Analisis ekonomi, biasanya menggunakan metode standar yang sudah biasa digunakan dalam perhitungan keuangan. Pada umumnya metode analisis yang biasa digunakan antara lain:

- *Net Present Value* (NPV)

  Menurut Gray *et al.*, (1992) NPV merupakan perbedaan nilai investasi sekarang dari keuntungan dan biaya di masa yang akan datang. Formulasi yang digunakan untuk menghitung NPV adalah:

$$NPV = \sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

Dimana : B_t = *gross benefit* (penerimaan kotor) pada tahun ke-t.
C_t = *gross cost* (total biaya) sehubungan dengan proyek tahun ke - t.
i = tingkat suku bunga (persen).
n = umur ekonomis proyek.

- *Internal rate of return* (IRR)

  IRR adalah tingkat suku bunga yang apabila dipergunakan untuk mendiskonto seluruh kas masuk pada tahun-tahun operasi proyek akan menghasilkan jumlah kas *present value* yang sama dengan jumlah keseluruhan investasi proyek. *Internal rate of return* dengan kata lain merupakan tingkat keuntungan senyatanya yang akan diperoleh investor dari investasi proyek mereka. Formulasi IRR adalah sebagai berikut (Gray *et al.*, 1992):

$$i^* = i + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2}(i_2 - i_1)$$

Dimana : i^* = tingkat suku bunga yang dicari (IRR, %)
i = tingkat suku bunga yang berlaku
NPV = total nilai sekarang

Kriteria IRR yaitu:

- Jika nilai IRR ≥ tingkat suku bunga yang berlaku menunjukkan proyek layak untuk dilaksanakan
- Jika nilai IRR ≤ tingkat suku bunga yang berlaku menunjukkan proyek tidak layak untuk dilaksanakan

- *Net Benefit Cost Ratio* (*Net* B/C)

Net B/C merupakan nilai perbandingan antara jumlah *present value* (nilai sekarang) yang positif dengan jumlah *present value* yang negatif. Secara umum *Net* B/C dirumuskan sebagai berikut (Gray *et al.*, 1992):

$$Net.B/C = \frac{\sum_{t=0}^{n} \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \text{.....} untuk.B_t - C_t > 0}{\sum_{t=0}^{n} \frac{C_t - B_t}{(1+i)^t} \text{.....} untuk.B_t - C_t < 0}$$

Kriteria *Net Benefit Cost Ratio (Net B/C)*, yaitu :

- Jika nilai *Net* B/C > 1, maka proyek dinyatakan layak secara finansial sehingga dapat dilanjutkan
- Jika nilai *Net* B/C < 1, maka proyek dinyatakan tidak layak secara finansial sehingga dapat dilanjutkan
- Jika nilai *Net* B/C = 1, maka proyek boleh dilaksanakan atau tidak (Husnan dan Suwarsono, 2000)

- *Pay Back Period* (PBP)

PBP merupakan waktu yang diperlukan untuk mengembalikan investasi awal (Newman, 1990). BEP diartikan sebagai jangka waktu pada saaat NPV sama dengan nol. Nilai NPV berbanding terbalik dengan PBP. Jika nilai NPV semakin besar, maka nilai PBP semakin mengecil dan demikian pula sebaliknya. PBP dirumuskan sebagai berikut :

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi Awal}}{\text{Kas Bersih}} \times 1 \text{ Tahun}$$

atau

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi Awal}}{\text{Keuntungan}}$$

- *Break Even Point* (BEP)

Break Even Point (BEP) adalah jumlah hasil penjualan dimana proyek tidak menderita kerugian, tetapi juga tidak memperoleh keuntungan. Keuntungan diperoleh dengan perencanaan hasil produksi dan pemasaran yang lebih besar dari jumlah *Break Even Point* (Sutojo, 1996).

$$Q_{BEP} = \frac{BT}{P - BV}$$

Dimana Q_{BEP} = Jumlah penjualan *break even* yang dicari
BV = Biaya variabel per tahun (Rp)
BT = Biaya tetap per tahun (Rp)
P = Harga jual produk (Rp/unit)

Implementasi

Kegiatan yang dilakukan pada tahap implementasi ini meliputi justifikasi proyek, melaksanakan produksi bersih, evaluasi kerja, dan pengulangan proses.

Justifikasi Proyek dan mendapatkan dana

Kegiatan ini meliputi justifikasi proyek sesuai dengan sistem yang diterapkan dalam perusahaan. Beberapa peluang penerapan produksi bersih yang dipilih dalam implementasinya membutuhkan desain, pengadaan peralatan, dana, dan memerlukan waktu yang lama. Penerapan produski bersih khususnya di dalam area *housekeeping* lebih banyak dipilih oleh perusahaan dengan pertimbangan, bahwa dana yang digunakan dinilai masih terjangkau dan didukung juga pengoperasiannya yang bersifat relatif sederhana.

Pelaksanaan Produksi Bersih

Pelaksanaan produksi bersih mengenai modifikasi teknologi atau penggantian alat memerlukan modal besar, dilakukan melalui tahapan pelaksanaan proyek yang meliputi perencanaan, desain, pengadaan, instalasi, *comissioning*, dan operasi. Pelaksanaan produksi bersih mengenai perbaikan *in house-keeping*, penggantian bahan dapat dilakukan sesegera mungkin agar hasilnya dapat segera diketahui.

Evaluasi Kerja

Produksi bersih yang sudah diterapkan kinerjanya harus terus dipantau, dievaluasi dan dikaji, sehingga dapat terjadi efektivitas penerapan produksi bersih yang dapat dilihat dari *cash-flow* dan bila ada penghematan dalam biaya, maka secara otomatis penerapan produksi bersih ini akan terbiayai (*self-financing*). Cara yang paling mudah untuk evaluasi penerapan produksi bersih adalah dengan membandingkan penghematan biaya sebelum dilakukan penerapan produksi bersih dengan biaya yang dikeluarkan setelah penerapan produksi bersih.

Pengulangan Proses

Pelaksanaan produksi bersih dapat menghasilkan kondisi yang optimal dan memberikan peningkatan manfaat dalam berbagai aspek, dengan dilakukannya penanganan yang berulang-ulang secara teratur. Suatu evaluasi ulang terhadap proses dapat meningkatkan wawasan baru yang akan memberikan manfaat untuk keseluruhan sistem (Bapedal, 1996 dan USAID, 1997). Dengan dilakukannya penanganan berulang akan membuka peluang perusahaan untuk menerapkan rencana yang diperoleh terhadap fasilitas-fasilitas lain, yang kemudian harus dilanjutkan dan ditingkatkan setelah melalui proses evaluasi. Jika proses evaluasi telah dilakukan, maka proses harus kembali pada tahap analisis untuk proses yang lain. Hal ini, berkaitan dengan pengertian produksi bersih yang merupakan suatu proses dari perbaikan dan penilaian yang tidak dapat dianggap selesai sebelum semua limbah dapat dihilangkan dari pabrik.

B. *Quick Scan* Produksi Bersih

Latar Belakang

Proses dalam menerapkan suatu integrasi sistem perlindungan lingkungan dalam suatu operasi perusahaan dilakukan menurut suatu metodologi yang dikenal sebagai *Cleaner-Production Assessment* (*CP-Assessment*). Tujuan dari *CP-Assessment* adalah untuk menerapkan pengukuran pada pengoptimalan produksi dan karenanya akan meningkatkan *eco-efficiency* yang menyangkut perusahaan itu. Untuk mencapai tujuan ini, UNEP/UNIDO

mengusulkan suatu prosedur yang terdiri dari 3 tahap. Tahap awal meliputi persiapan dari *CP-Assessment* yang menerapkan kerangka untuk penyelidikan lebih jauh (fokus audit). Proses operasi diuji untuk menentukan potensi dari produksi bersih dan suatu pemilihan dibuat dari area proses dimana peningkatan finansial dan ekologi terbesar yang diharapkan. Literatur yang ada tidak menguraikan prosedur untuk diikuti untuk memperkirakan potensi dari CP dengan cukup detail. Hal inilah yang menjadi alasan dari Institut Teknologi Lingkungan dari *Fachhochschule Basel* (*University of Applied sciences Basel*) untuk mengembangkan suatu metoda yang sederhana dan efisien untuk pelaksanaan suatu analisis yang ringkas (*quick-scan*) dalam perusahaan dalam rangka mengidentifikasi potensi CP yang terbesar.

Tahap Penilaian CP dan Hubungannya dengan *Quick-scan*

Suatu penilaian CP terdiri dari 3 tahap berikut:

Tahap 1. Persiapan

Quick-scan menguji kualitas dari proses untuk potensi CP dan menggambarkan parameter dari penilaian CP.

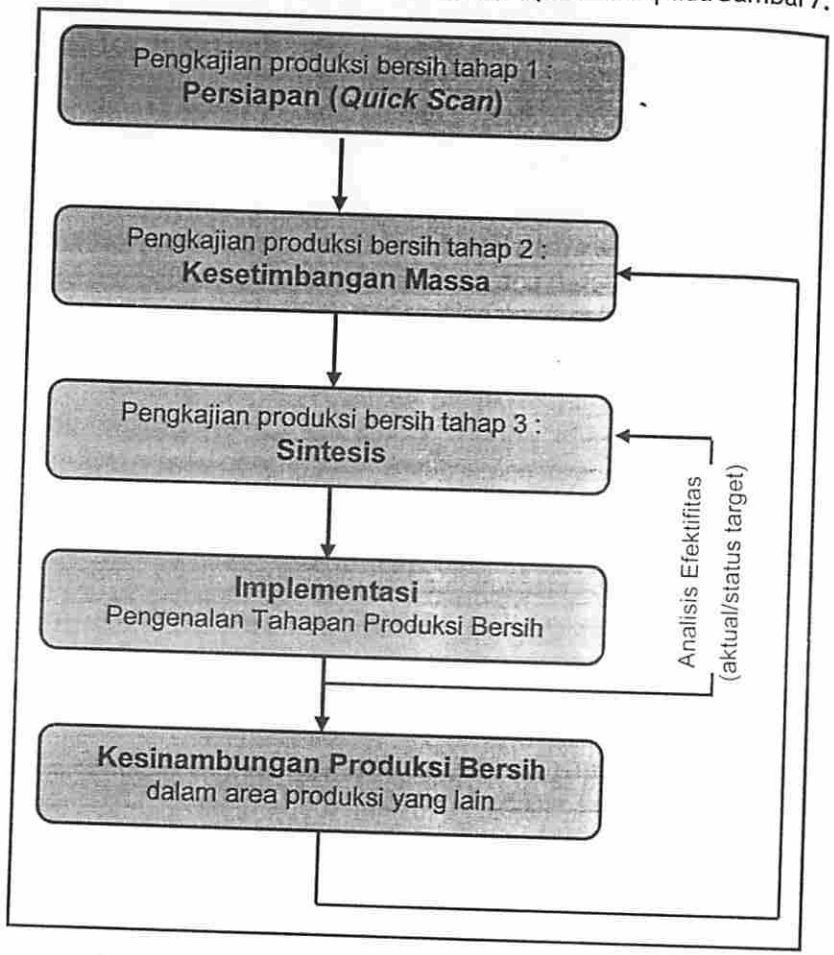
Tahap 2. Keseimbangan material

Proses produksi yang dipilih dianalisis dan diidentifikasi aspek lingkungan yang relevan. Tahap ini meliputi penyajian langkah-langkah proses termasuk semua arus energi dan bahan di dalam suatu diagram aliran blok (analisis sistem) dan kumpulan dari keseimbangan bahan dan energi (status nyata).

Tahap 3. Sintesis

Pengukuran secara optimal dapat diperkirakan menurut empat kriteria, yaitu kriteria ekonomi, teknis, ekologi, dan organisasi (status target). Pengukuran ini digunakan sebagai suatu basis untuk mengatur prioritas agar penerapannya sesuai. Apabila sintesis telah diselesaikan, maka pengukuran yang dihasilkan kemudian diimplementasikan dalam proses produksi dan proses bisnis, sehingga hasil penghematannya dapat diukur atau dengan kata lain dihitung (nyata *vs* perbandingan status target).

Tahap penilaian CP (*Cleaner Production*) dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Tahap Penilaian CP (*Cleaner Production*)
(Buser, C dan Walder, J, 2002)

Pelaksanaan *Quick-scan*

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. Tujuan utama dari *quick-scan* adalah untuk menjawab pertanyaan-pertanyaan sebagai berikut:

- Apa yang merupakan biaya produksi dan pengaruh lingkungan yang utama? volume yang relatif besar dari masalah material atau pemanfaatan energi? Apakah permasalahan limbah, aliran limbah cair atau sumber energi? Apakah aplikasi teknologi yang bisa diterapkan secara relatif sebagai patokan?
- Apakah ada potensi pengukuran produksi untuk mengoptimisasi proses dan dengan demikian dapat meningkatkan *eco-eficiency* dan efisiensi biaya?
- Apakah prasyarat internal sudah pada tempatnya untuk pelaksanaan penilaian CP dan ukuran yang diterapkan?

Suatu *quick-scan* secara umum mengambil waktu setengah hari untuk melengkapi pengumpulan data dalam suatu perusahaan. Diskusi awal dan *tour* perusahaan yang dibuat selama proses operasional direkam dan kemudian menilai dengan bantuan *checklist*. Ketika *quick-scan* diselesaikan, potensi CP yang dihasilkan digunakan sebagai dasar untuk memutuskan apakah dan di area produksi mana suatu penilaian penuh dari CP harus dilaksanakan. Jika penilaian seperti itu dibutuhkan, *quick-scan* akan menyediakan basis data.

Prosedur

Suatu *quick-scan* harus menyediakan berupa ringkasan umum yang menyangkut perusahaan dan prosesnya. Langkah-langkah yang direkomendasikan adalah sebagai berikut:

1. Persiapan

   Pengadaan informasi dari sektor industri dan pengumpulan data dari pengalaman sektor spesifik CP.

2. Pelaksanaan *Quick-scan* perusahaan

   Wawancara dan *tour* fasilitas dengan para manajer produksi atau yang bertanggung jawab untuk menentukan informasi operasi penting yang menggunakan *checklist*.

3. Evaluasi data

Ringkasan dari proses operasi, material dan energi yang menggunakan diagram alir. Analisis dari area proses untuk menentukan potensi CP yang didasarkan pada program kalkulasi *Eco Inspector* 2.0. Pemilihan proses berdasarkan pertimbangan penilaian yang pantas untuk CP.

4. Laporan ringkas

Penilaian dari potensi CP dan diskusi pada jasa penilaian CP. Proposal dari area yang akan diuji di bawah penilaian CP dan tindakan selanjutnya.

Checklist dari Pelaksanaan *Quick-scan*

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

Checklist 1. Informasi dari perusahaan

Checklist 2. Kebijakan lingkungan

Checklist 3. Penilaian area produksi untuk peningkatan oleh perusahaan

Checklist 4. Manajemen energi

Checklist 5. Perlindungan bahaya atau risiko kerusakan

Checklist 6. Pencegahan kecelakaan dan keselamatan industri

Checklist 7. Penanganan Material

Checklist 8. Pengangkutan

Checklist 9. Statistik Produksi dan Konsumsi

Checklist 10. Proses

Checklist 11. Manajemen persediaan dan penyimpanan

Checklist 12. Penyediaan energi untuk proses pemanasan

Checklist 13. Penyediaan energi untuk *compressed* udara

Checklist 14. Penyediaan energi untuk sistem pendinginan

Checklist 1 sampai dengan 8 berisi pertanyaan umum mengenai operasi, kebijakan perusahaan dan kebijakan lingkungan, keselamatan industri, penanganan material, pengangkutan dan lain-lain. Direkomendasikan, bahwa pertanyaan-pertanyaan ini diajukan sebelum *tour* fasilitas dalam bentuk wawancara dengan wakil perusahaan. Pengamatan aspek ini dapat juga dimasukkan pada lembar data selama atau setelah *tour*.

Checklist 9 adalah statistik produksi, rata-rata konsumsi bahan mentah dan pelengkap, volume limbah utama dan kaitannya dengan jumlah material, biaya atau *eco toxicity*. Hal ini, berdasarkan pada perkiraan faktur perusahaan. Data yang disediakan merupakan indikator penting untuk perbandingan dengan perusahaan lain atau sektor spesifik statistik (perbandingan). *Checklist* ini dapat juga dilengkapi oleh wakil perusahaan untuk mengunjungi perusahaan.

Checklist yang lain (10-14) berhubungan dengan proses produksi, penyimpanan dan penyediaan energi. Secara normal *checklist* ini diselesaikan setelah *tour* fasilitas. *Checklist* 10 digunakan untuk menyusun data dalam proses produksi. Di dalam konteks ini pengemasan produk dengan limbah pengemasan yang sesuai atau sistem *end-of-pipe* yang meliputi sistem perawatan limbah cair dan limbah udara yang juga dianggap seperti "area proses". Sub proses individu atau sketsa unit operasi (contoh di dalam bentuk diagram alir proses) atau penguraiannya. Hal ini, penting (menurut kualitas) untuk pencatatan *input* dan *output* material atau energi dan penilaian dari teknologi. Bagian yang ditandai abu-abu di dalam *checklist* harus dilengkapi mengikuti *tour* fasilitas dalam rangka memperkirakan potensi CP. Untuk kepentingan kejelasan, direkomendasikan suatu *worksheet* terpisah yang akan diisi untuk masing-masing sub proses atau unit proses.

Checklist meliputi pertanyaan wajib yang ditandai abu-abu dan pertanyaan operasional yang tidak ditandai. Jawaban dari pertanyaan wajib, menyediakan data umum yang lain di dalam operasi (*checklist* 1 sampai 3) atau secara langsung berhubungan dengan *Eco inspector* 2.0. Program untuk evaluasi dari potensi CP, yaitu meliputi pengamatan atau perkiraan yang harus dijawab setelah pelaksanaan *quick-scan* dan bertindak sebagai suatu basis untuk memperkirakan potensi menggunakan *Eco Inspector* 2.0.

Pertanyaan operasional yang tidak ditandai mungkin dapat dijawab tergantung pada situasi (contohnya tergantung pada waktu yang tersedia atau ukuran dari operasi). Mereka menyediakan informasi tambahan dalam operasi atau indikasi tambahan dari potensi CP.

Evaluasi Data

Data yang dievaluasi menurut *Eco Inspector* 2.0 digunakan untuk memperkirakan potensi CP. Evaluasi tersebut dalam bentuk semi-kuantitatif berdasarkan pada orang-orang yang melaksanakan *quick-scan*. Untuk membuat perkiraan menurut keperluan di dalam *Eco Inspector* 2.0, hal yang perlu diperhatikan adalah perkiraan tersebut sebaiknya lebih dapat dimengerti, sehingga dapat direkomendasikan untuk menambahkan komentar dalam *worksheet* di dalam program.

Penilaian Proses

Potensi CP yang dikalkulasikan di dalam *Eco Inspector* 2.0 adalah sebagai berikut:

1. Analisis proses menurut kriteria dan klasifikasi dari potensi

   Potensi CP dari langkah proses individu, meliputi manajemen penyediaan energi dan penyimpanan diuji sesuai dengan kriteria dan klasifikasi yang digolongkan menurut skala di Tabel 12. Kriteria yang digunakan adalah sebagai berikut:

   Input:

   - Adakah masalah material yang membahayakan bagi kesehatan lingkungan?
   - Adakah volume yang besar dari bahan baku, pelengkap (bantu) dan operasi yang digunakan?
   - Apakah tingkatan dari konsumsi energinya tinggi?
   - Apakah biaya utama terjadi pada sisi *input* (bahan/energi)?

   Output:

   - Apakah terjadi persiapan internal atau eksternal dan biaya pembuangan yang tinggi?

   - Adakah volume yang besar (problematik) dari limbah, limbah khusus, limbah cair, komponen limbah cair atau sumber emisi?

   Teknologi:

   - Adakah patokan dari teknologi yang diterapkan?
   - Apa yang menjadi tingkatan dari automatisasi?
   - Adakah kerugian yang terjadi karena beberapa atau sisa yang cacat?
   - Bagaimana sistem diservis atau dibersihkan?
   - Apakah terjadi biaya tinggi untuk perawatan, pembersihan, dan kemacetan?

Tabel 12. Penilaian *Point* Potensial dari Tingkatan Potensial untuk Masing-masing Kriteria

Kriteria tidak dapat digunakan untuk area proses atau tidak ada potensi CP	0 *point*
Mengantisipasi potensi CP moderat	1 *point*
Mengantisipasi potensi CP signifikan	2 *point*

2. Penilaian untuk level optimasi dari proses yang sedang berjalan (definisi dari faktor bobot)

   Langkah berikutnya adalah menguji tiap sub proses sebagai suatu kesatuan di dalam skala pada Tabel 13 untuk menentukan tingkat optimisasi yang nyata yang telah dicapai. Contohnya <u>ya</u> atau <u>tidak</u> potensi CP telah digunakan. Setelah keterkaitan tentang potensi dikenali, barulah diuraikan dan kemudian menggambarkan *weighting factor*. Hal ini adalah suatu perkiraan kualitatif dan menggambarkan pengalaman dari orang yang melaksanakan *quick-scan* (pendapat ahli).

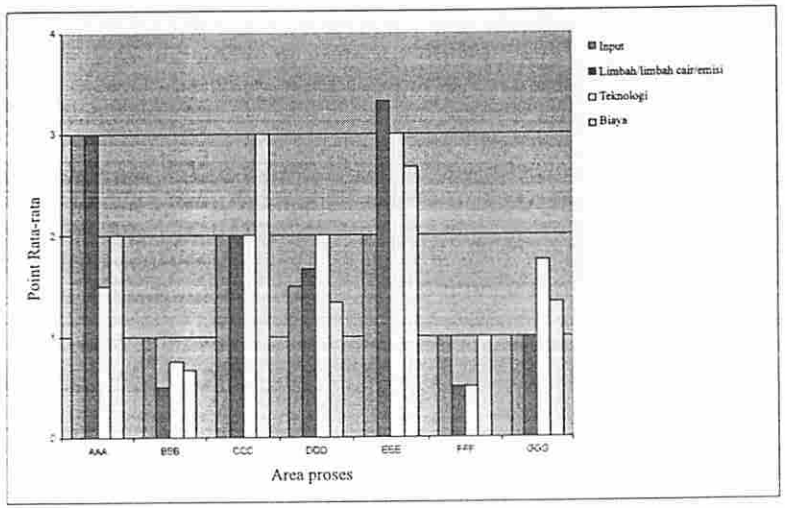
Tabel 13. Skala untuk Memperkirakan Tingkat Optimasi dari Proses yang Sedang Berjalan (pendapat ahli)

Level optimisasi 'tinggi'	Optimisasi potensi yang secara besar dicapai	0 *point*
Level optimisasi 'tinggi ke medium'		0,5 *point*
Level optimisasi 'medium'	Optimisasi potensi yang tidak tercapai secara penuh	1 *point*
Level optimisasi 'medium ke rendah'		1,5 *point*
Level optimisasi 'rendah'	Tahap proses tidak optimal	2 *point*

3. Perbandingan dan kalkulasi dari potensi proses CP

Eco Inspector 2.0 menggunakan produk dari *point* potensi dan *weighting factor* untuk mengkalkulasikan potensi CP yang sekarang untuk tiap kriteria dari tiap sub proses. Rata-rata *point* untuk kategori individu memberikan suatu perbandingan untuk potensi CP dari langkah proses individu. Program yang dibedakan menghubungkan antara kriteria proses dan ekonomi dan memberikan hasil di dalam matriks dengan mengurangi "potensi CP lingkungan" dan "potensi CP ekonomi". Hal ini, dapat memungkinkan untuk perbandingan yang lebih cepat dari sub proses dan fasilitas terpilih dari proses untuk analisis yang lebih detail.

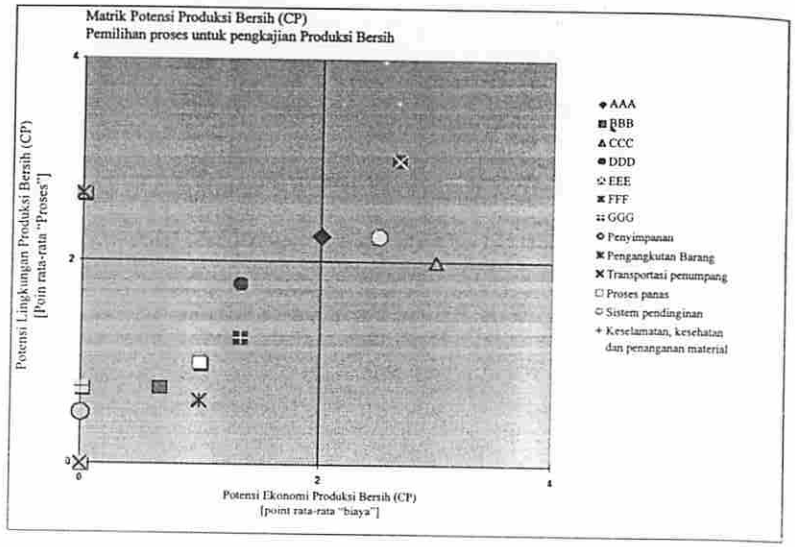
Grafik batang di dalam diagram 1 di *eco inspector* 2.0 memperlihatkan sub proses dan membandingkan lingkup masalah antar diri mereka mengenai 'input', 'limbah', 'limbah cair dan emisi', 'teknologi' seperti halnya 'biaya' (lihat Gambar 8). Grafik ini dapat digunakan untuk diskusi mengenai pemilihan proses untuk analisis lebih lanjut.



Gambar 8. Contoh Perbandingan Sub-proses
(Buser, C dan Walder, J, 2002)

Penilaian yang menyangkut keselamatan, kesehatan, penanganan material, pengangkutan, dan manajemen aspek energi

Prinsip prosedural untuk proses juga dimasukkan ketika mengevaluasi aspek keselamatan, kesehatan, manajemen energi, penanganan material, pengangkutan, dan penyimpanan. *Point* rata-rata memberikan suatu perbandingan untuk tingkatan dari potensi CP dan digunakan sebagai dasar untuk keputusan untuk menentukan ya atau tidak-nya aspek relevan untuk disatukan di dalam suatu analisis yang lebih terperinci. Ketika optimisasi yang menyangkut aspek keselamatan, kesehatan, pengangkutan atau penyimpanan sering tidak menghasilkan keuntungan finansial langsung, maka *point* di dalam matriks potensi dimasukkan hanya pada poros "keuntungan lingkungan". Contohnya dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Contoh Matriks Potensial CP (Buser, C dan Walder, J, 2002)

Pemilihan Proses untuk Analisis Lebih Lanjut

Suatu rekomendasi pada proses yang akan dipilih untuk analisis lebih lanjut (penilaian CP) dibuat berdasarkan opini ahli dari orang yang melaksanakan *quick-scan*. Disini, matriks potensi menawarkan suatu basis untuk keputusan yang baik. Analisis lebih lanjut dengan pasti direkomendasikan untuk langkah-langkah proses dengan potensi CP (*point data*) di dalam kuadran kanan atas dari matriks. Pada bagian ini, optimisasi dapat diharapkan untuk menghasilkan perbaikan utama di dalam keuntungan lingkungan dan penghematan tingkat tinggi. Hal yang sama, berlaku untuk langkah proses dengan data *point* di kiri atas atau kanan bawah matriks. Pada bagian ini, bagaimanapun potensi jadi lebih dibiaskan ke arah keuntungan lingkungan atau manfaat ekonomi.

Bagaimanapun juga, faktor selain matriks potensi sebaiknya turut diperhitungkan di dalam proses pengambilan keputusan. Penilaian CP harus selalu dilaksanakan hanya di dalam keseluruhan area produksi (bukan di dalam langkah proses individu atau unit operasi), dalam rangka mengidentifikasi hubungan antara

prosedur, alat penghubung, dan produksi logistik. Selain dari itu, hal yang paling penting adalah minat dan prioritas perusahaan harus dipertimbangkan dengan seksama ketika membuat pemilihan tersebut.

Isi dari Suatu Laporan Ringkas

Jika analisis dilaksanakan oleh suatu tenaga ahli, laporan ringkas harus dikumpulkan untuk perusahaan. Laporan seperti ini secara umum mempunyai struktur dan berisi informasi sebagai berikut:

1. *Introduction* (pengenalan)

   Uraian singkat mengenai status proyek, informasi umum dan tujuan dari *quick-scan*.

2. Prosedur

   Tempat dan tanggal dari *quick-scan*, orang yang melaksanakan, prosedur yang diikuti selama *quick-scan*.

3. Deskripsi dari Perusahaan

   Informasi dari perusahaan, nama, jumlah karyawan, departemen, figur pendapatan dan produk.

4. Deskripsi dari Proses

   Uraian singkat dari langkah proses individu termasuk bahan baku, limbah, cara aliran limbah, emisi dan atau konsumsi energi yang relevan (yang mungkin terdapat dalam bentuk diagram alir proses).

5. Evaluasi Data

   Uraian dari prosedur untuk evaluasi data dan referensi ke matriks potensi untuk memastikan ketransparanan yang menyangkut hasil untuk perusahaan, direkomendasikan bahwa lembar kerja dari *Eco Inspector* 2.0 dimasukkan dalam laporan ringkas.

6. Diskusi Hasil

   Meringkas diskusi dari area proses yang paling penting dengan potensi CP terbesar. Setelah itu rekomendasikan proses yang telah dipilih dan kemudian barulah dianalisis secara lebih detail.

Bab ini menguraikan secara lebih jauh tentang integrasi produksi bersih dalam *Environment Management System* (EMS)/ ISO 14001 dan *Life Cycle Assessment* (LCA). Pada sub bab integrasi produksi bersih dalam EMS dijelaskan perbedaan dan kaitan antara keduanya. Sedangkan, pada sub bab LCA dijelaskan mengenai pengertian secara umum LCA, prosedur LCA, dan manfaat LCA.

4 Integrasi Produksi Bersih Dalam EMS/ISO 14001

EMS/ISO 14001 telah dikenal sebagai Sistem Manajemen Lingkungan yang merupakan penerapan standar baku dengan memperbaiki atau mengintegrasikan program-program lingkungan. Suatu perusahaan yang telah menerapkan produksi bersih, selama melakukan kegiatan produksinya akan senantiasa mempertimbangkan dari aspek lingkungan. Dengan melakukan produksi bersih, berarti perusahaan telah melakukan langkah awal menuju sertifikasi ISO 14001. Suatu perusahaan yang mempunyai Sistem Manajemen Lingkungan yang baik, maka akan memiliki kinerja yang baik pula.

Metode yang dapat digunakan untuk penerapan prinsip lingkungan ke dalam praktik bisnis dikenal dengan istilah LCA (*Life Cycle Assessment*). LCA menciptakan dasar untuk sistem informasi lingkungan yang operasional dan sekaligus operasi bisnis yang berwawasan lingkungan.

A. Integrasi Produksi Bersih dalam EMS/ISO 14001

ISO (*International Organization for Standardization*) adalah federasi dari organisasi standar-standar nasional yang berpusat di Jenewa, Swiss. ISO bertujuan untuk mengembangkan standar dari kegiatan tertentu dengan maksud untuk memfasilitasi kegiatan produk dan jasa tertentu. Hal ini, dikarenakan industri-industri yang berorientasi ekspor memerlukan suatu standar internasional yang dapat diakui oleh setiap negara dalam proses perdagangan, sehingga terjadi suatu standarisasi dalam bidang industri dimana

produk dan jasa sesuai dengan standar yang diakui bersama antara pelaku-pelaku ekonomi, pemasok, pengguna, dan pemerintah.

ISO 14000 pertama kali dicetuskan sebagai hasil putaran Uruguay (negosiasi GATT) dan Konferensi Tingkat Tinggi Bumi di Rio de Janeiro pada tahun 1992 yang bertujuan untuk mengembangkan standar bidang manajemen lingkungan. ISO seri 14000 terdiri dari beberapa seri yaitu:

1. ISO Seri 14001 - 14009 tentang *Enviromental Management System* (EMS) atau Sistem Manajemen Lingkungan.
2. ISO Seri 14010 - 14019 tentang *Enviromental Auditing* (EA) atau Audit Lingkungan.
3. ISO Seri 14020 - 14029 tentang *Enviromental Labelling* (EL) atau Ekolabel.
4. ISO Seri 14030 - 14039 tentang *Enviromental Performance Evaluation* (EPE) atau Evaluasi Kinerja Lingkungan.
5. ISO Seri 14040 - 14049 tentang *Life Cycle Assesment* (LCA) atau Analisis Daur Hidup Produk.
6. ISO Seri 14050 tentang *Term and Definition*.

ISO 14000 hanya diberikan untuk Sistem Manajemen Lingkungan. Penerapan ISO 14001 dilakukan dengan pendekatan sistem, dimana dengan menerapkan standar tersebut berarti kita berupaya untuk memperbaiki sistem. Perbaikan manajemen sebaiknya dilakukan secara berkesinambungan (*continual improvement*). Penerapan Sistem Manajemen Lingkungan dapat dilakukan dengan memperbaiki dan mengintegrasikan program-program lingkungan yang sudah ada. Perusahaan yang akan menerapkan EMS perlu mempersiapkan hal-hal sebagai berikut:

- Identifikasi dan evaluasi seluruh aspek dan dampak lingkungan,
- Kebijakan lingkungan suatu perusahaan,
- Tujuan dan sasaran lingkungan,
- Program-program lingkungan, dan
- Audit dan evaluasi program.

Sistem manajemen lingkungan pada suatu perusahaan meliputi pengelolaan seluruh aspek kegiatan perusahaan tersebut. Mulai dari masuknya bahan baku sampai kepada penanganan limbah. Salah satu aspek yang harus ditangani adalah proses produksi yang berlangsung di perusahaan tersebut. Hal ini, dimaksudkan untuk mencegah pencemaran dan mengurangi dampak terhadap lingkungan. Upaya pencegahan pencemaran, terutama pencemaran oleh industri dapat dilakukan dengan menerapkan konsep produksi bersih baik pada proses produksi maupun pada produk yang dihasilkan.

Terdapat perbedaan antara produksi bersih dengan Sistem Manajemen Lingkungan. Produksi bersih merupakan suatu konsep yang dinamis dan fleksibel untuk selalu mencari alternatif yang lebih efisien. Sedangkan, Sistem Manajemen Lingkungan merupakan penerapan sistem atau standar yang baku dan pengukuran keberhasilannya pada sistem tersebut.

B. *Life Cycle Assessment* (LCA)

LCA adalah suatu istilah umum untuk suatu metode instrumen dalam penerapan prinsip lingkungan ke dalam praktik bisnis. Karakteristik utama dari metode LCA adalah kalkulasi dari aliran energi dan bahan (masuk dan keluar). Dalam prinsipnya, LCA secara keseluruhan berada dalam suatu sistem dan evaluasinya bertentangan dengan kriteria lingkungan. LCA merupakan metode kuantitatif untuk penilaian dari dampak aktivitas manusia terhadap lingkungan. Tahap pertama dari LCA ini melibatkan aliran *goods*, *substance* dan *energy*, dimana efek terhadap lingkungan dijadikan sebagai indikator dasar. Penilaian dampak terhadap lingkungan dapat dilakukan dengan metode yang sesuai.

LCA adalah suatu alat yang bermanfaat untuk menyediakan informasi pada dampak produk, proses, operasi dan pengukuran terhadap lingkungan. Berdasarkan dari sudut pandang perusahaan, LCA mengikuti pembukuan tradisional yang praktiknya diperluas meliputi komponen lingkungan di dalam segitiga yaitu ekonomi, sosial, dan tanggungjawab lingkungan. Hal itu sama sekali tidak membebaskan pembuat keputusan dari tanggungjawab, tetapi

dengan adanya informasi dan argumen sebagai pemandu merupakan suatu cara untuk bertanggung jawab terhadap lingkungan.

Satu dari metode ini diadaptasi dalam penentuan dari dampak emisi yang dikenal sebagai *eco-toxiçology* (toksikologi lingkungan), yang diutamakan terhadap dampak dari zat di dalam lingkungan yang alami. Tujuan dari toksikologi lingkungan adalah untuk memperkirakan perilaku dan dampak dari zat yang masuk ke dalam lingkungan, untuk kepentingan:

1. Mengidentifikasi potensi dampak yang sifatnya merusak dalam rangka menerapkan alat perhitungan yang sesuai dan pengukuran yang *preventif* (prinsip pencegahan)
2. Menganalisis dan menilai efek yang berbahaya pada lingkungan dari unsur yang telah ada sebelumnya (dan zat campuran). Seperti halnya, merekomendasikan alat perhitungan yang sesuai dan memperkirakan efektivitas mereka (prinsip remediasi).

Dalam penilaian zat terhadap lingkungan terdapat dua pertanyaan yang dikemukaan yaitu:

1. Apakah penggunaan dari zat mendorong ke arah produk resultan mereka yang masuk dalam lingkungan?
2. Apakah kehadiran mereka di dalam lingkungan mendorong ke arah efek berbahaya atau jika tidak berdampak pada lingkungan?

Pemaparan dan analisis dampak adalah dua hal penting yang digunakan dalam penilaian. Oleh karena itu tidaklah mengherankan, bahwa salah satu lembaga ilmiah terkemuka yang terkait dengan LCA, yaitu SETAC berasal dari bidang ilmu toksikologi lingkungan. Bagaimanapun juga untuk menilai apa yang mungkin terjadi perlu suatu jumlah tertentu dari suatu zat untuk menjangkau lingkungan alami. LCA tidak menjumlahkan dampak dari zat secara bersama-sama, tetapi lebih hanya pada "dampak potensial". Suatu zat mempunyai kapasitas untuk efek tertentu dinilai sudah cukup bagi LCA. Dalam banyak kasus diperlukan evaluasi untuk dampak zat terhadap lingkungan, untuk memperluas tempat LCA dengan analisis pemaparan.

Tipe *Life Cycle Assessment*

Operasionalisasi kesetimbangan lingkungan

Dokumen dan penilaian operasionalisasi kesetimbangan lingkungan untuk suatu periode waktu ditetapkan:

- Jumlah zat dan energi yang masuk dalam operasi (*input*)
- Jumlah zat dan energi yang meninggalkan operasi (*output*)
- Inventori hak milik, aset dan material (kemungkinan termasuk personil) dan perubahan inventori

LCA telah menemukan aplikasi operasional sebagai alat informasi dan pendukung pengambilan keputusan. Hal ini, memungkinkan suatu bisnis untuk memperkirakan kewajiban dan dampak lingkungannya. Kemudian, digunakan sebagai suatu instrumen strategi dalam pengendalian internal. Pada dasarnya instrumen ini digunakan untuk pemaparan yang tersusun secara sistematis dari *point* lemah ekonomi dan lingkungan, dan penghematan potensi. Instrumen ini menyediakan informasi berkaitan dengan manajemen lingkungan berikut kriterianya dan pengambilan keputusan rasional untuk optimisasi dari prosedur bisnis, berperan penting dalam hal perencanaan, implementasi, kontrol dan pencapaian verifikasi dari program lingkungan perusahaan. Oleh karena itu, metode LCA menciptakan dasar untuk sistem informasi lingkungan yang operasional dan operasi bisnis yang berwawasan lingkungan.

Selain itu sebagai tambahan dalam fungsi internalnya, berfungsi sebagai instrumen administrasi dan manajemen serta memotivasi staf. LCA dapat digunakan sebagai basis untuk komunikasi antara perusahaan dan berbagai lembaga eksternal, dimana perusahaan dapat mengakses suatu sasaran penilaian lingkungan. Aplikasi dari akuntansi operasional lingkungan dapat dilihat pada Tabel 14.

Tabel 14. Aplikasi Akuntansi Operasional

Fungsi Internal	Fungsi Eksternal
• Penilaian terhadap dampak lingkungan dari proses dan perusahaan • Identifikasi lebih awal dan reduksi dari perkiraan yang salah • Instrumen strategis dari pengendalian internal mengenai informasi yang didapat, informasi mengenai jumlah penilaian yang relevan, definisi objektif dan analisis, perencanaan dan kontrol • Menghasilkan verifikasi dari penerapan pengukuran • Desentralisasi tanggung jawab lingkungan antara lapangan dan staf • Motivasi dan sensitivasi anggota staf sebagai hasil peningkatan tanggung jawab (pengembangan pribadi)	• Basis komunikasi dalam penilaian dari dampak lingkungan dari suatu perusahaan dengan lembaga luar • Menciptakan kepercayaan, kredibilitas dan profesionalitas di mata publik • Argumentasi pemasaran • Mendapatkan argumen untuk pengadaan dan pengeluaran dari pesanan sebagai dasar kriteria lingkungan

Sumber: Hopfenbeck *et al*,. (1993)

Akuntansi Proses

Dokumen dan penilaian akuntansi proses:

- Jumlah zat dan energi yang memasuki proses (*input*)
- Jumlah zat dan energi yang meninggalkan proses (*output*)

Proses akuntansi ini digunakan untuk mengoptimalkan proses, contohnya melalui perubahan bagaimana proses diarahkan dan penilaian yang menyangkut berbagai alternatif.

Akuntansi Produk (LCA *Life-Cycle Analysis*)

Dokumen dan penilaian akuntansi produk:

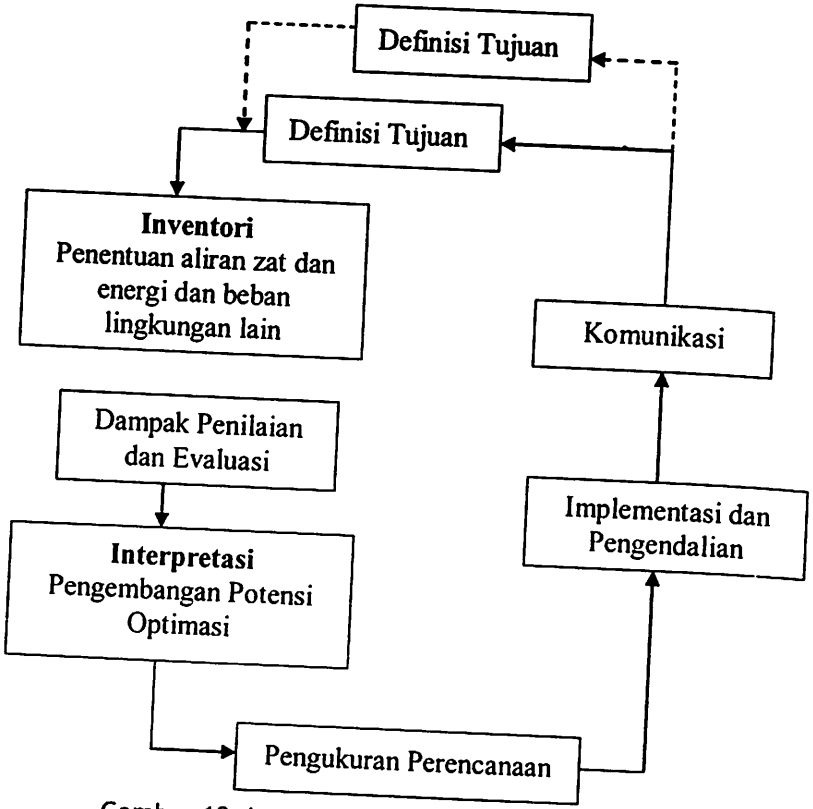
- Jumlah zat dan energi yang diperkenalkan ke dalam *Life-Cycle* dari suatu proses sebagai *input*
- Jumlah zat dan energi yang dipindahkan dalam *Life-Cycle* dari suatu proses sebagai *output*

Akuntansi produk ini digunakan untuk membandingkan produk dengan karakteristik yang serupa, contohnya sebagai dasar dari pembuatan keputusan untuk pengadaan atau komunikasi dan PR. Sebagai tambahan, produk akuntansi ini digunakan untuk mengidentifikasi *point* lemah lingkungan di dalam *Life-Cycle* dan dari ini akan menimbulkan peluang untuk peningkatan.

Prosedur di dalam LCA

SETAC (1993) dan ISO 14040 menetapkan langkah-langkah mengenai *Life-Cycle* yang meliputi beberapa langkah sebagai berikut yang dapat dilihat pada Gambar 10.

- Spesifikasi yang menyangkut sistem objektif (*goal and scope definition*)
- Penentuan dari zat yang relevan dan aliran energi dan beban lain terhadap lingkungan (*Impact assessment)*
- Evaluasi dari dampak lingkungan atas dasar spesifikasi target (*Interpretation*)
- Pengembangan dan pengukuran (*Optimation*) dan dimana penyesuaian perlu dibuat kepada target dan hasil



Gambar 10. Langkah-langkah *dalam* LCA (Dinkel, 2000)

Definisi dan Ruang Lingkup Tujuan

Definisi dan ruang lingkup tujuan harus dibuat sedemikian rupa, sehingga menjadi suatu neraca yang transparan. Dengan begitu akan lebih mudah untuk dimengerti, objektif, dan kondisi-kondisi kerangka harus jelas dari awalnya. Objektif yang sifatnya lebih memungkinkan, bisa meliputi:

- Optimasi proses
- Optimasi produk
- Informasi operasi internal
- Informasi operasi eksternal

Kondisi-kondisi dari kerangka dikenakan dengan cara yang berbeda, tergantung dari objektif. Hal yang penting adalah pilihan dan dokumentasi unit fungsional dan sistem batasan yang jelas.

Pilihan Unit Fungsional

Evaluasi dari suatu proses produk harus selalu dilaksanakan sehubungan dengan alternatif yang mempunyai ciri khas serupa atau sama, sehingga tidak seperti membandingkan apel dan pir. Perbandingan dari produk dan jasa, harus dan hanya dilaksanakan dimana produk dan jasa yang sedang dibandingkan mempunyai hal yang sama seperti mempunyai penggunaan yang sama atau memenuhi fungsi yang sama. Jumlah yang diperbandingkan harus mengacu pada sesuatu yang dikenal sebagai "unit fungsional". Hal ini, tergantung pada tipe akuntansi dari unit fungsional yang dapat dipilih, sebagai contoh:

- *Operation accounting*

  Contoh: untuk suatu perusahaan percetakan (tiap area cetak: m^2); untuk perusahaan pengangkutan (tiap pengangkutan: ton dan kilometer (km))

- *Process accounting*

  Per kg *output*: untuk industri penyulingan (per kg *gasolin*); untuk suatu sintesis (per kg produk akhir)

- *Product accounting*

  Untuk pengemasan, per liter bahan yang digunakan; untuk isolasi material, per m^2 panas isolasi material dengan karakteristik panas isolasi yang sama.

Pemilihan Batasan Sistem

Batasan sistem menggambarkan proses dan *pre-process* mana yang harus dimasukkan dalam perhitungan. Sebagai tambahan, kerangka geografis dan data sementara yang digunakan dan perbedaan konsekuensi terhadap lingkungan yang berbeda perlu diselidiki untuk penentuannya.

Semua proses yang relevan dengan lingkungan harus dimasukkan sejauh mungkin. Prosedur proses produksi yang

tidak dengan seketika dihubungkan dengan dampak lingkungan yang relevan dapat diperkirakan atau ditentukan, contohnya seperti dampak dari perusahaan dengan jumlah bebas dari bahan pelengkap (anti oksidan, katalisator, bahan pengisi, dan lainnya) atau pengemas. Dampak yang dihasilkan pabrik dan instalasi dari fasilitas produksi dan infrastruktur (bangunan, mesin, jalan) di dalam kasus proses industri secara umum tidak muncul sebagai penyokong yang kuat, karena sejak beberapa tahun dari kegunaan dan kemampuan pengisian kapasitas yang tinggi mengizinkan dampak masing-masing dilemahkan oleh total kualitas produksi. Pada sisi lain, produksi peralatan sebagai contoh, dapat menjadi relevan dimana jarang digunakan atau pabrik mereka dihubungkan dengan dampak lingkungan yang tinggi misalnya peralatan elektronik.

Operasionalisasi Ecobalance

Dokumen operasional dan evaluasi *ecobalance* untuk suatu periode waktu (yang ideal untuk bisnis tahunan) ditetapkan:

- Semua jumlah zat dan energi yang masuk ke dalam operasi (*input*)
- Semua jumlah zat dan energi yang keluar dari operasi (*output*)
- Semua inventori yang tersedia untuk properti, aset dan material (yang mungkin mencakup personil) dan perubahan apapun untuk menginventarisasikan.

Objektif dari operasionalisasi *ecobalance* adalah untuk memperolah suatu gambaran yang luas mengenai dampak lingkungan yang signifikan dari suatu aktivitas atau suatu operasi. Pada umumnya hanya mengarahkan dampak dari suatu operasi dan kemudian diperhitungkan. Pada kaitannya dengan keadaan yang relevan, dalam LCA dampak lingkungan dari syarat energi dan pembuangan harus juga dimasukkan.

Pada akuntansi operasional, ISO 14000 menyediakan basis yang paling tepat dalam hal mengumpulkan data yang sistematis untuk menentukan dampak lingkungan yang relevan dari suatu operasi.

Process Ecobalance (Proses Kesetimbangan Lingkungan)

Dokumen dan evaluasi proses kesetimbangan lingkungan:

- Semua jumlah energi dan zat yang masuk dalam proses (*input*)
- Semua jumlah energi dan zat yang keluar dalam proses (*output*)
- Ketetapan infrastruktur, jika dapat diaplikasikan.

Proses akuntansi dipusatkan pada suatu proses unit tunggal dan jumlah produk yang diproduksi oleh mereka dalam suatu periode waktu spesifik. Sub-divisi dari lembar operasional proses kesetimbangan lingkungan ke dalam proses operasional internal individu dan prosedur (contohnya langkah-langkah teknis di dalam suatu proses produksi), harus dianalisis secara detil (proses rantai analisis).

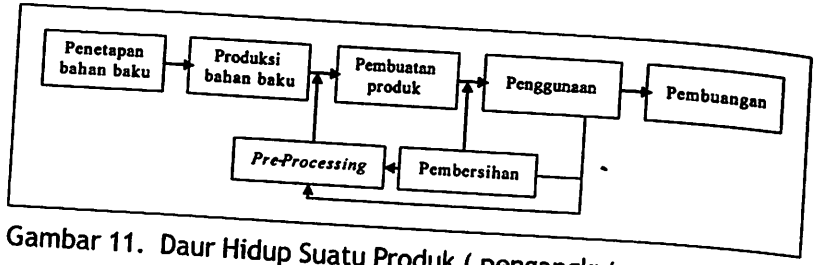
Tujuan dari proses akuntansi ini adalah untuk memperoleh suatu ikhtisar menyangkut lingkungan yang signifikan dari proses operasional internal dan prosedur dimana jumlah energi dan zat yang dikonversi. Efek lingkungan dari ketetapan energi dan pembuangan harus dimasukkan pada lembar perhitungan.

Akuntansi Produk

Dokumen dan evaluasi akuntansi produk:

- Semua jumlah zat dan energi yang masuk bagian manapun dari LCA
- Semua jumlah zat dan energi yang digunakan di dalam memproduksi produk

Ketika dampak dari suatu produk dipertanyakan yang tersusun mulai dari bahan baku dan ketetapan energi, semua tahapan produksi, sampai ke pembuangan dipelajari dalam LCA yang dipercayakan sepenuhnya pada perolehan data. Daur hidup suatu produk dapat dilihat pada Gambar 11.



Gambar 11. Daur Hidup Suatu Produk (pengangkutan yang terjadi pada setiap kasus dialokasikan pada langkah persiapan) (Dinkel, 2000)

Batasan Sistem Geografi

Batasan-batasan sistem global yang secara umum dipilih oleh LCA yaitu material yang diimpor dialokasikan berhubungan dengan emisi yang didapatnya. Secara umum nilai rata-rata diambil untuk ketetapan energi dan pengangkutan (misalnya Persatuan tenaga listrik Eropa UCPTE (*Union for the Co-ordination of Electric Power*), rata-rata dari dampak lingkungan dari jumlah pabrik plastik. Batasan-batasan sistem geografis yang lebih terbatas dapat dipilih di dalam operasional dan akuntansi proses.

Batasan Sistem Sementara

Tergantung pada ketahanan produk, perubahan yang mungkin, misalnya daur ulang, pembuangan atau pemeliharaan harus diperhitungkan untuk produk yang berumur pendek atau akuntansi operasional tahunan, penggunaan dan proses pembuangan dapat disatukan dengan rata-rata rasio perbandingan yang nyata. Harus dicatat, bahwa dalam banyak kasus, data yang terbaik adalah data yang sudah berusia beberapa tahun.

Dampak yang Relevan

Dalam kaitannya dengan kompleksitas dari sistem alami, tidaklah mungkin untuk mengembangkan suatu metodologi yang menguraikan semua faktor dan efek perusahaan pada lingkungan alami sebagai hasil aktivitas manusia (misalnya produksi barang, hasil jasa seperti transportasi dan penjualan). Suatu reduksi pada faktor utama harus dipenuhi. Efek yang dipandang sebagai masalah utama juga sangat tergantung pada pemahaman dari sudut sosial

dan prioritas pribadi, dan tenaga ahli yang sering berselisih seperti bagaimana mereka harus dievaluasi. Berikut adalah faktor-faktor yang relevan:

- Bahan baku
- Sumber daya energi
- Limbah
- Potensi pemanasan global
- Penciptaan *photochemical ozon*
- Racun dalam air dan udara
- Potensi pengasaman
- *Eutrofikasi*
- Salinasi
- Tanah
- Biodiversitas

Akuntansi Material

Alokasi

Produk di bawah ini dilibatkan pada kebanyakan proses:

- Produk utama (*main product*)

  Produk perantara atau produk yang diinginkan untuk LCA.

- Yang berhubungan dengan produk (*linked product*)

  Produk dengan suatu nilai ekonomi yang dapat dibandingkan dengan produk utama, tetapi tidak digunakan di dalam LCA (misalnya *propylene* di dalam produksi gas etilen)

- Hasil samping (*by-product*)

  Hasil samping suatu produk dengan suatu nilai ekonomi yang lebih rendah dibanding dengan produk utama. Walaupun demikian, hasil samping memiliki nilai ekonomi yang lebih besar dari nol (misalnya "onggokan" dari proses produksi tapioka).

- Limbah (*waste*)

  Produk yang memberi kenaikan biaya di dalam pembuangannya.

  Limbah diperhitungkan di dalam LCA, untuk dampak lingkungan (emisi dan tempat *landfill* yang diperlukan) ditentukan berdasarkan praktik pembuangan sekarang.

Secara normal, tidaklah mungkin atau berguna untuk perhitungan LCA dengan penambahan *by-product* dan *linked product*. Produk-produk tersebut digunakan untuk nilai ekonomi perusahaan yang hanya dialokasikan kepada perusahaan bagian efek lingkungan yang timbul dari langkah proses. Divisi dampak lingkungan dikenal dengan alokasi. Terdapat beberapa alokasi yang berbeda yang mendekati dan tersedia:

- Prinsip penggantian

  Total dampak lingkungan dikurangi dari proses yang akan terjadi, jika kuantitas sama dari *by-product* dan *linked product* harus diproduksi dengan menggunakan teknik yang berbeda. Format alokasi ini telah ditunjukkan untuk menjadi sesuai di dalam banyak aplikasi. Bagaimanapun, hal ini merupakan masalah di dalam pemilihan yang sangat banyak tergantung pada alternatif teknologi produksi yang dipilih. Jika ada alternatif berbeda yang tersedia untuk hasil yang berhubungan dengan produk yang sangat berbeda, pilihan dari teknologi produksi ini bersifat sangat menentukan hasilnya.

- Divisi oleh dampak lingkungan

  Dampak lingkungan dari proses dapat juga dialokasikan atas dasar nilai dari *main product*, *linked product* dan *by-product*. Alokasi ini dapat dibuat oleh aplikasi dan produk contohnya yang sesuai dengan nilai ekonomi perusahaan, jumlah energi, berat atau volume. Alokasi jenis ini harus digunakan ketika melibatkan masalah umum dari teknologi produksi untuk hasil yang berhubungan dengan produk (misalnya NaOH dan Cl_2 dari garam batu) atau ketika prinsip penggantian tidak bisa diterapkan. Tipe alokasi seperti ini digunakan misalnya dalam penyulingan dari minyak mentah ke gasolin, diesel, aspal, dan lainnya.

Alokasi ini dapat mempunyai suatu pengaruh kuat pada hasil. Tabel 15 menunjukkan emisi dari tiga polutan dalam produksi polietilen dari dua studi yang berbeda. Perbedaan yang cenderung besar adalah hasil yang sebagian besar menyangkut alokasi yang berbeda untuk hasil yang berhubungan dengan produk.

Tabel 15. Emisi dari Pembuatan 1 kg LDPE (*Low Density Polyethylene*) dengan Teknik Alokasi dan Penggunaan Data untuk *Carrier Energy*

Emisi Udara	Alokasi yang sesuai dengan prinsip subtitusi (FOEFL, 1991)	Alokasi oleh divisi data dan energi dari ESU (1994)
NO_x	1,3 g	4,4 g
SO_2	1,7 g	5,1 g
Partikulat	0,11 g	1,4 g

Sumber : Dinkel (2000)

Akuntansi Dampak

Adalah sesuatu hal yang penting untuk menggolongkan, kemudian meringkas emisi zat menurut dampak mereka terhadap lingkungan (karakteristik). Metode yang digunakan untuk kalkulasi dampak didasarkan pada penilaian orientasi dampak yang di kembangkan di dalam *Leiden University Holland* (Heijungs, 1992). Unsur individu dalam metode ini dinilai sesuai dengan potensinya untuk merugikan lingkungan dan kemudian dihitung dampak potensinya dari masing-masing indikator. Tambahan di dalam dampak yang berbeda dibuat berdasarkan kriteria ilmiah. Faktor atau dampak yang secara khusus diperhitungkan adalah:

- Potensi pemanasan global

  Peningkatan rata-rata temperatur bumi sebagai hasil dari pelepasan gas seperti CO_2, metana, dan nitrooksida.

- Sumberdaya energi

  Mengacu pada kandungan energi bahan bakar produk utama yang diperlukan untuk memproduksi atau menghasilkan kuantitas yang dapat dipakai atau energi akhir. Hal ini, biasanya dibagi

menjadi sumberdaya yang bisa diperbaharui dan yang tidak bisa diperbaharui.

- Potensi sumber ozon

  Termasuk di dalam tingkatan ozon (*summer smog*) sebagai hasil dari emisi zat seperti bahan pelarut organik dan nitrogen dan nitrogen oksida (NO_x).

- Potensi pengasaman

  Pengasaman dari tanah dan yang berhubungan dengan kerusakan pada tanaman melalui emisi dari zat yang meliputi nitrogen oksida (NO_x) dan sulfur dioksida (SO_2).

- Udara yang beracun

  Dampak pada kesehatan manusia dan hewan melalui unsur beracun dalam udara yang akan terhirup meliputi campuran organik dan nitrogen oksida (NO_x).

- Air yang beracun

  Kerusakan pada tanaman dan hewan di dalam air melalui unsur beracun seperti nitrit dan minyak.

- Eutrofikasi

  Gangguan pada kandungan nutrisi dari badan air dan tanah dengan unsur yang merupakan sumber dari nutrisi tanaman yang meliputi nitrat, fosfat, amonium, dan lainnya.

Selain itu, terdapat juga dampak yang sampai pada taraf tertentu akan diperhitungkan, yaitu:

- *Landfilled waste*

  Limbah diklasifikasikan sebagai unsur yang lambat terdegradasi, tetapi limbah tersebut akan terakumulasi dan termasuk limbah berbahaya.

- Efek pada tanaman

  Diperkirakan berpengaruh pada biodiversitas, jumlah total biomasa, spesies langka dan tahapan dari pengambangan.

Total dari unsur dilakukan dengan masing-masing potensi kerusakan relatif yang berdampak pada individu yang dihitung dengan mengalikan jumlah emisi dengan bobot dari masing-masing faktor.

$$W = \sum_i GWF_i \bullet \textit{quantity emitted}$$

W	=	dampak individu
i	=	indeks polutan
GWF_i	=	faktor bobot polutan
quantity emitted	=	jumlah emisi dari polutan

Faktor bobot dari dampak individu diperoleh kurang atau lebih dari model menurut angka tertentu dan dengan demikian mencerminkan ketidakpastian dari status riset hari ini. Efek balik yang menyangkut berbagai dampak tidak termasuk dalam model ini.

Uraian singkat dari beberapa dampak potensial

GWP (*Global Warming Potential*)

Potensi pemanasan global dari suatu zat yang diberikan sehubungan dengan gas karbondioksida (CO_2) di dalam bentuk padanan CO_2, mengacu pada jumlah CO_2 yang terintegrasikan dari waktu ke waktu, akan membuat kontribusi yang sama ke pemanasan global seperti 1 kg dari zat masing-masing. Dalam Heijungs (1992) faktor klasifikasi untuk CO_2 dihitung untuk horison waktu 20 tahun, 100 tahun, dan 500 tahun. Waktu pertama horison adalah suatu ekspresi yang menyangkut dampak jangka pendek dari emisi, sementara dua lainnya mengambil dalam jumlah efek kumulatif. Bobot faktor tertentu lebih sedikit dari pilihan yang lebih panjang dari waktu horison.

Stratospheric ODP (*Ozone Depleting Potential*): Potensi penghabisan ozon

Sejumlah pembawa komponen reaktan, polutan yang tidak pecah dalam *troposphere*, sejauh jangkauan *stratosphere* dan di sana beraksi dengan sifat yang merusak dalam lapisan ozon.

Potensi penghabisan ozon dari suatu unsur digambarkan sebagai perbandingan dari perubahan lapisan ozon dalam keseimbangan yang disebabkan oleh zat dalam yang dipermasalahkan, pengukuran tiap tahun, yang dibagi oleh perubahan lapisan ozon yang dapat disebabkan oleh suatu jumlah padanan dari CFC-11. Ungkapan ini, berstandar pada model kompleks menurut angka tertentu, yang pada hari ini sudah tidak mampu lagi menjelaskan secara penuh mengenai pengamatan penghabisan ozon *stratospheric*.

Tabel 16. Contoh dari Faktor Klasifikasi untuk Potensi Pemanasan Global (waktu horison 20, 100 dan 500 tahun)

Formula campuran	Nama	GWP_{20} [kg CO2 equiv.]	GWP_{100} [kg CO2 equiv.]	GWP_{500} [kg CO2 equiv.]
CO_2	Karbondioksida	1	1	1
CH_4	Metana	35	11	4
N_2O	Gas tidur	260	270	170
$CFCl_3$	CFC-11	4500	3400	1400
CF_3Br	Halon-1301	2300	4900	2300

Sumber: Heijungs (1992)

POCP (*Photochemical Ozone Creation Potential*): Potensi Penciptaan *Photochemical* Ozon

Musim panas campur kabut asap (*summer smog*) mungkin merupakan suatu kondisi pada musim panas yang dikenal sebagai masalah lingkungan. Zat organik dan nitrogen oksida bereaksi dengan cahaya untuk membentuk *photo-oxidant* seperti ozon. Dalam suatu cara yang serupa pada potensi pemanasan global, kontribusi dari berbagai unsur pada penciptaan ozon dinyatakan dalam kaitannya dengan padanan yang bersesuaian dengan jumlah etana (C_2H_4). Kontribusi dari penciptaan ozon akan terlihat dalam unit kg ethana.

Toksisitas

Toksisitas manusia dihitung dalam model ini, dimana emisi dinyatakan sebagai nilai dari TDI (*Tolerable Daily intake*), ADI

(*Acceptable Daily Intake*), TCI (*Tolerable Concentration in Air*), atau alternatif dari petunjuk masing-masing nilai untuk udara, air, dan tanah. Unit untuk efek ini dijelaskan dalam bentuk satuan kilogram (kg), yang merupakan proporsi berat badan dari konsumen yang diperlakukan ke batas-batas toksikologi yang masih bisa diterima.

Toksisitas Lingkungan (*Eco Toxicology*)

Penilaian unsur terhadap dampak beracun yang ditimbulkannya bagi lingkungan. Penilaian tersebut lebih didasarkan pada konsentrasi maksimum yang dapat diterima dan dihitung oleh suatu metode yang digunakan oleh *American Environmental Protection Authority* (EPA). Suatu pembedaan dibuat antara terestrial akuatik dan lingkungan

Potensi Pengasaman

Potensi pengasaman mengacu pada kontribusi dari emisi pada sumber asam di dalam atmosfir. Asam ini dapat menjangkau tanah melalui perantara medium. Sebagai contoh menaikkan daya larut dari racun logam berat dan mempunyai dampak negatif pada tanaman melalui kerusakan pada sistem akar. Potensi pengasaman dari unsur dinyatakan seperti banyaknya ion H^+ yang dapat dilepaskan setiap kg. Potensi yang normal berlawanan dengan jumlah ion yang dilepaskan oleh 1 kg SO_2, oleh karena itu hasilnya nampak seperti kg SO_2.

Potensi *Eutrofikasi* (*Nutrifikasi*)

Input dapat melalui udara atau secara langsung melalui air atau tanah. Terlalu banyak memasukkan Nitrogen (N) atau Fosfor (P) menyebabkan suatu kelimpahan yang tidak sebanding dengan pengurangan di dalam biodiversitas. Nitrogen mempunyai sedikit efek pada hutan *moorland*, padang rumput, dan tanah lapang yang kaya spesies. Pada ekosistem lain, bagaimanapun kondisi baru dari tanaman dengan kandungan nitrogen tinggi menuntut pengorbanan habitat asli dari tumbuhan atau bunga yang ada. Hal ini akan dapat menyebabkan pertumbuhan alga yang tinggi dalam badan air. Persediaan yang berlebihan dari bahan organik menyebabkan

peningkatan permintaan oksigen di dalam air (pengukuran seperti COD), yang akan merugikan ikan. Pada satu sisi lain, persediaan nutrisi menyebabkan pengembangan dari sistem dekomposisi yang hanya terdiri di beberapa mikroorganisme.

Dalam rangka menguraikan dampak unsur yang berbeda pada pertumbuhan dan dekomposisi, titik awal adalah rata-rata perbandingan dari unsur-unsur N, P dan O dalam semua format hidup serupa dengan potensi pengasaman, unsur mempunyai suatu penciptaan biomas (N dan P) atau potensi penghabisan (oksigen). Hasil yang normal pada PO_4^{3-} dan dinyatakan sebagai kg fosfat.

Evaluasi dari Dampak Lingkungan

Sementara itu, akuntansi dampak yang dilaksanakan secara berurutan dengan mengikuti kriteria objektif dan evaluasi pada dasarnya hanya bersifat subjektif. Evaluasi secara keseluruhan dari dampak lingkungan yang berbeda harus dipertimbangkan dengan kondisi lain yang dihadapi. Dalam hal ini, dampak lokal harus diperhitungkan untuk dampak yang berbeda. Biasanya, suatu evaluasi yang dapat terima adalah evaluasi yang lebih diorientasikan ke arah penilaian sosial. Menurut Dinkel (2000), bahwa dua metode evaluasi yang diperkenalkan adalah sebagai berikut:

- *Polutan Burden method*
- *Eco-Indicator* '95 *method*

Kelangkaan Ekologis (*Eco Point Method*)

Metode ini (*Polutan Burden method*) dikembangkan dengan tujuan mereduksi semua indikator pada indikator tunggal (*Eco points*). Hal ini, akan melibatkan suatu metode aliran unsur yang telah bersama dengan dampak yang ada, dan mengambil dalam jumlah politis objektif lingkungan dari Swiss. Mereka ditangani disini, karena gagasan dasar dapat juga digunakan untuk metode evaluasi lain. Semakin besar dampak lingkungan dari suatu produk, maka akan semakin tinggi pula *point* dampak lingkungan yang dialokasikan dalam evaluasinya.

Dasar dalam Lembar Perhitungan

Kekurangan lingkungan digunakan sebagai faktor untuk pengukuran unsur individu sebagai kekurangan lingkungan adalah hubungan antara beban maksimun yang dapat ditolerir (arus kritis, I_k) ke beban yang nyata menyangkut polutan yang dipertanyakan dan kemudian digambarkan untuk suatu area tertentu (misalnya Swiss). Dari dua jumlah faktor *Eco point* dari unsur masing-masing yang dihitung berdasarkan formula berikut :

$$\textit{Eco Point}\ \text{Factor} = 10^{12} \bullet F/F_k^2$$

Dari perkalian jumlah polutan (dalam udara dan air), konsumsi energi, dan pernyataan volume yang bersesuaian berdampak pada faktor, dampak itu (*Eco Point* EP) dari polutan individu dapat dihitung. Suatu tambahan dari dimensi EPs yang kurang memberikan dampak pada produk.

Contohnya, faktor EP untuk SO_2 di udara adalah 53 per g. Faktor EP untuk energi adalah 1 per MJ. Produksi dari suatu pengemasan mengakibatkan suatu emisi 2 g SO_2 per kg dan memerlukan energi 30 MJ. Hal ini sesuai dengan 106+30 = 136 poin dampak lingkungan.

Eco-Indicator '95

Eco-indicator '95 dikembangkan dengan tujuan untuk mendapatkan jumlah tunggal pada dampak lingkungan. Metode ini, berdasarkan pada prinsip dari SETAC untuk LCA. Pertama adalah suatu neraca keseimbangan dampak yang diciptakan (karakterisasi) dari neraca keseimbangan material. Dampak ini diukur berhubungan antara satu dan yang lainnya. Hal ini, kemudian digunakan untuk menjumlahkan *eco-indicator points*. Metode ini meliputi area lingkungan sebagai berikut :

- Potensi pemanasan global
- Potensi penghabisan ozon
- Potensi pengasaman
- Potensi eutrofikasi
- Logam berat

- Karsinogen (risiko kanker)
- *Summer smog*
- *Winter smog*
- Pestisida

Faktor yang berdampak sama digunakan dalam evaluasi yang berorientasi pada dampak di dalam Heijungs. Pengukuran yang menyangkut dampak dihitung sebagai berikut:

1. Normalisasi

   Divisi yang menyangkut dampak masing-masing oleh total dampak dalam norma Eropa.

   $$\textit{Norm. factor} = \sum_{\textit{emit. substances}} \text{charact. factor}_{\textit{emit. substances}} * \textit{annually emitted quantity in Europe}_{\textit{emit. substances}}$$

2. *Weighting*: Perkalian dari faktor pengurangan

   Faktor pengurangan menandai berapa banyak emisi dan dampak masing-masing akan menjadi pengurangan dari pencapaian tingkatan yang akan menjamin pengambangan yang bisa menahan dampak terhadap lingkungan. Kalkulasi dari faktor pengurangan dibuat berdasarkan laporan *The Environment in Europe* oleh Institut Belanda untuk Perlindungan Kesehatan Lingkungan. Di dalam laporan ini, pengembangan masa depan dari arus unsur *anthropogenic* eropa telah dikalkulasikan. Satu dari skenario ini didasarkan pada tingkatan emisi yang dipercaya untuk pengembangan yang mungkin bisa menahan dampak lingkungan. Arus unsur ini pada umumnya lebih rendah dari tingkatan yang sekarang (Dinkel, 2000).

Tabel 17. Faktor Reduksi dan Normalisasi dengan *Eco-Indicator*'95

	Faktor reduksi	Faktor normalisasi
GWP	2,5	$6{,}51 \times 10^{12}$
ODP	100	$4{,}6 \times 10^{8}$
AP	10	$5{,}6 \times 10^{10}$
NP	5	$1{,}9 \times 10^{10}$
Logam Berat	5	$2{,}7 \times 10^{7}$
Karsinogenik	10	$5{,}4 \times 10^{6}$
Winter smog	5	$4{,}7 \times 10^{10}$
Summer smog	2,5	$8{,}9 \times 10^{9}$
Pestisida	25	$4{,}8 \times 10^{8}$

Sumber: Dinkel (2000)

3. Perkalian untuk suatu faktor (= $4{,}97*10^{8}$) untuk memperoleh suatu kuantitas yang dapat lebih dikendalikan.

   Hasil persamaan adalah sebagai berikut:

   *Eco-indicator points = weighting factor * quantity emitted*

   *Weighting factor = charact. Factor * reduction factor*F/norm.factor*

Metode ini merupakan metode terbaik yang digunakan sebagai *back-up* informasi untuk proses pembuatan keputusan. Bagaimanapun juga, mereka tidak memindahkan tanggungjawab dari pembuat keputusan untuk menggambarkan objektif dan target pada tiap situasi yang diberikan dan untuk membuat keputusan dalam korespondensi pada dampak lingkungan dan kondisi tertentu yang ada. Evaluasi ini perlu sampai pada kesimpulan yang sama, metode ini cocok untuk komunikasi dari hasil dalam kaitannya dengan penggunaan tambahan dari dampak individu

Contoh:

Eco-indicator untuk 1,1,1-*trichloroethane*:

Potensi pemanasan global : 0,015384615 • 2,5 = 0,0385

Potensi penghabisan ozon : 26,1

Potensi penciptaan ozon : 0,0059

Total nilai *eco-indicator* : 26,14

Interpretasi

Dampak lingkungan dari 1,1,1-*Trichloroethane* secara jelas adalah potensi penghabisan ozon. Potensi pemanasan global dan potensi penciptaan ozon membuat suatu kontribusi yang kecil dari dampak total lingkungan.

Gambaran Ringkas: Metode Penilaian Lebih Lanjut

Suatu ringkasan yang baik dan perbandingan dari metode yang berbeda dapat ditemukan dalam Sage (1993). Contoh berikut telah digambarkan dari perbandingan proses sebagai berikut (Sage, 1993)

- Proses A, dimana menghasilkan *sludge* untuk disimpan dan sejumlah besar polutan air
- Proses B, dimana untuk produk yang sama (kuantitas dan mutu) menyelamatkan bahan baku melalui daur ulang operasi internal, produksi yang tidak menghasilkan *sludge*, tetapi memerlukan energi lebih dan suatu bahan pelarut yang beracun.

Variasi proses yang mana yang lebih baik? Apakah ada kriteria pembuat keputusan yang absolut?

Metode yang berbeda telah dikembangkan untuk menilai dampak lingkungan dari barang-barang yang komparatif. Model digunakan, dalam kaitannya dengan struktur meliputi cakupan model yang sekarang ini sedang didiskusikan dan yang mana dapat diterapkan di dalam penilaian proses distribusi dan produksi, yang diuraikan secara singkat sebagai berikut (Sage, 1993):

- Penilaian ahli: suatu tenaga ahli atau regu tenaga ahli yang memberi suatu penilaian *verbal-argumentatif* dari alternatif proses
- Analisis nilai kegunaan: untuk tiap-tiap kriteria target dan pengertian suatu skala penilaian dan memasukkan nilai objektif, dimana suatu nilai kegunaan dihitung. Penjumlahan dari nilai-nilai kegunaan adalah ukuran untuk penilaian dari proses.
- Model nilai ambang batas dari volume kritis: volume dari suatu medium (air, tanah dan udara) dikalkulasikan dari nilai ambang

batas emisi. Hal yang diperlukan untuk memastikan, bahwa suatu polutan dipancarkan menipiskan nilai ambang batas itu. Jumlah dari volume kritis menciptakan dasar ukuran untuk penilaian.

- Derajat dari tingkat ketahanan: servis model ini bermanfaat bagi instrumen analisis seperti halnya volume kritis untuk kriteria dari bahan baku, air, udara, tanah, area permukaan agrikultur, dan *landfills* serta ukuran dari penilaian diperoleh dari suatu tingkat ketahanan yang digunakan
- Metode aliran unsur (zat): model ini melibatkan penggunaan dari kekurangan lingkungan. Untuk setiap unsur, suatu faktor spesifik dapat dikalkulasikan dari suatu titik kritis yaitu toleransi maksimum dan aliran unsur aktual untuk alokasi dari *point* lingkungan. Jumlah dari *point* lingkungan membentuk basis ukuran untuk penilaian.
- SPI (*Sustainable Proces Index*): SPI dimaksudkan untuk mengenali ketahanan dari proses. Suatu pembanding untuk ini adalah perbandingan yang menyangkut nilai-nilai area sejenisnya.
- MIPS (*Material Intensity Per Unit Services*): MIPS adalah suatu indeks *mass-based* yang digunakan sebagai basis dari pengukuran pengerahan material untuk masing-masing layanan atau jasa yang diberikan.
- Penilaian *toxicological*: model ini menghasilkan suatu unsur lingkungan faktor *toxicological* yang spesifik dari jumlah yang besar dari data *toxicological*. Dalam pengertian ini, pengetahuan jumlah emisi polutan, jumlah kerusakan biomass membentuk suatu basis pengukuran.
- *Mixed model* (*entrope approach*): model ini didasarkan pada asumsi di dalam suatu campuran unsur ada suatu pengingkatan dalam entropi atau *separability* minimum yang dihitung adalah suatu basis pengukuran untuk barang-barang di dalam suatu proses.

Bagian ini memberikan gambaran kepada pembaca tentang beberapa studi kasus yang berkaitan dengan penerapan produksi bersih dalam suatu industri. Uraian yang ada diharapkan dapat menjadi sebuah pelajaran berharga yang bisa dimanfaatkan bagi industri yang akan menerapkan konsep produksi bersih.

5 Penerapan Produksi Bersih pada Industri (Studi Kasus)

Seperti yang pernah disinggung sebelumnya, bahwa penerapan produksi bersih pada suatu perusahaan meliputi pengelolaan seluruh aspek kegiatan perusahaan tersebut. Dimulai dari masuknya bahan baku sampai pada penanganan limbah. Industri yang berbeda menghasilkan limbah dengan penanganan yang berbeda pula.

Pada bab ini dibahas beberapa kasus kajian penerapan produksi bersih agroindustri seperti industri tapioka, industri tahu, industri roti, industri *nata de coco*, industri cuka apel, industri gula, industri *plywood*, industri CPO, dan industri kerupuk ikan. Dilihat dari aspek ekonomi dan lingkungan, pada dasarnya produksi bersih mempunyai peluang yang cukup besar untuk bisa diterapkan di industri tersebut. Studi kasus yang diuraikan dalam bab ini merupakan ringkasan dari hasil penelitian penulis dan tugas mahasiswa dibawah bimbingan penulis.

A. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Tapioka (Eris, 2005)

Pengantar

Industri tapioka merupakan salah satu jenis industri hasil pertanian yang cukup banyak tersebar di Indonesia. Banyaknya industri tapioka ini didorong oleh keadaan produksi ubi kayu di Indonesia khususnya di Jawa Barat yang mencapai 2.005.726 ton pada tahun 2005 dengan luas panen mencapai 116.402 hektar.

Kondisi industri tapioka yang ada saat ini sering menimbulkan masalah lingkungan yang diakibatkan oleh kegiatan industri tersebut, sehingga sudah selayaknya untuk lebih diperhatikan dan dikendalikan. Jika hal tersebut tidak ditangani secara seksama, maka limbah tapioka yang terdiri dari limbah padat, limbah cair, dan gas, akan berpotensi mencemari lingkungan. Apalagi sebagian besar industri tapioka lokasinya dekat pemukiman yang padat penduduk dan di tepi sungai, sehingga sering terdengar keluhan dan kritikan dari masyarakat sekitar areal pabrik. Apabila permasalahan tersebut tidak ditanggapi dengan serius, maka akan menimbulkan kerusakan yang tidak diinginkan terutama kerusakan lingkungan.

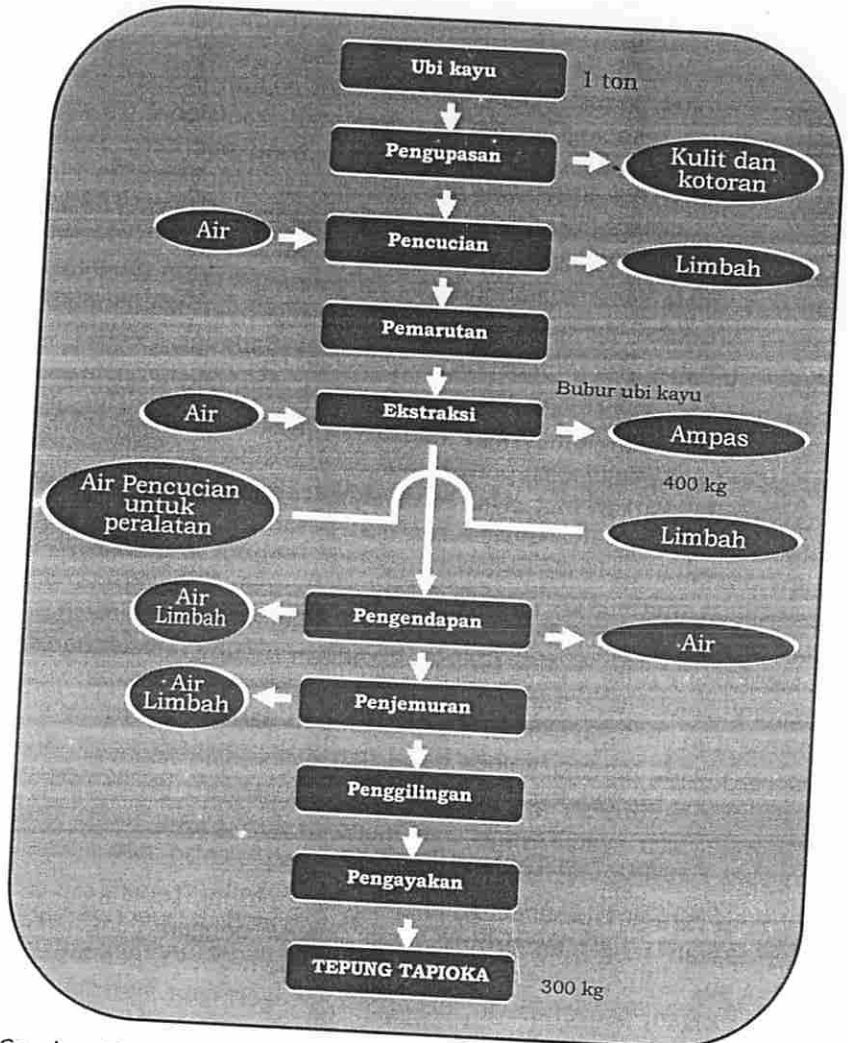
Dampak lingkungan yang terjadi, karena kegiatan industri tapioka yang tumbuh dengan pesat, maka diperlukan tindakan yang cepat pula untuk dikendalikan. Upaya-upaya nyata sebagai pelaksanaan prinsip pengembangan industri yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan harus diperhatikan dalam melakukan kegiatan industri. Pengendalian tersebut sudah harus dimulai dari tahap pemilihan bahan baku sampai ke akhir proses produksi, selain pengendalian dampak dari proses produksi. Sehubungan dengan itu, dibutuhkan informasi pemilihan bahan baku yang bersih dari bahan pencemar, teknologi proses yang bersih dan mampu menghasilkan limbah yang sedikit, efisiensi proses yang tinggi, serta didukung teknologi daur ulang bahan buangan dan penanganan limbah yang baik dengan berbasis lingkungan.

Industri tapioka di Indonesia terbagi menjadi industri berkapasitas kecil, menengah, dan besar yang beroperasi secara nasional. Industri tapioka skala kecil adalah industri yang menggunakan teknologi proses dan peralatan tradisional dengan kemampuan produksi sekitar 5 ton bahan baku per hari. Skala menengah adalah industri yang menggunakan teknologi proses dan peralatan yang lebih sederhana dibandingkan industri skala besar serta mempunyai kemampuan produksi sampai 20 ton bahan baku per hari. Skala besar adalah industri yang menggunakan teknologi proses produksi mekanis penuh dan mempunyai kemampuan produksi di atas 200 ton bahan baku per hari (Bapedal, 1996).

Industri kecil mendapatkan bahan baku dari petani ubi kayu. Tapioka yang dihasilkan industri ini masih kasar dan hanya dijual kepada pengecer tepung tapioka untuk diproses lebih lanjut guna meningkatkan mutunya. Jenis industri menengah dan besar ini, bahan mentahnya didapatkan dari petani dan hanya sedikit yang memiliki areal pertanamanan sendiri. Produksi tapioka yang dihasilkan merupakan produk akhir yang sudah siap dipasarkan kepada konsumen tepung tapioka. Tepung tapioka dibedakan menjadi dua macam, yaitu tepung tapioka kasar dan tepung tapioka halus. Tepung tapioka kasar adalah tepung tapioka yang diperoleh dari hasil pemarutan ubi kayu sampai didapatkan pati dan sudah mengalami pengeringan. Tepung tapioka halus merupakan proses kelanjutan dari tepung tapioka kasar dengan mengalami proses penggilingan.

Proses Pembuatan Tepung Tapioka

Secara garis besar pengolahan ubi kayu menjadi tepung tapioka merupakan rangkaian proses yang diawali dengan pengupasan umbi ubi kayu, pencucian umbi kupasan, pemarutan, pemerasan, penyaringan, pengendapan, dekantasi, pengeringan, dan terakhir adalah penggilingan. Proses produksi pembuatan tepung tapioka meliputi pemilihan bahan baku, pencucian yang dilakukan dengan cara pengadukan dalam air dengan bantuan "gelbegan" atau sistem baling-baling, kemudian penyemprotan air, pemarutan, pemerasan dengan "gelbegan" atau saringan goyang, pengendapan, dan pengeringan pati (Bapedal, 1996), seperti terlihat pada Gambar 12.



Gambar 12. Skema Proses Produksi Industri Tapioka (Bapedal, 1996)

Deskripsi Peralatan dan Bahan Baku

Bahan Baku Utama

Bahan baku yang digunakan pengrajin tapioka berasal dari semua jenis ubi kayu. Bahan baku ubi kayu, dipasok petani di sekitar Sentra Industri Tepung Tapioka dengan harga beli per pikulnya sekitar Rp 35000,- (1 pikul = ±72 kg). Ubi kayu yang digunakan biasanya mempunyai umur panen antara 9 sampai 12 bulan dengan rendemen sekitar 15-30 %.

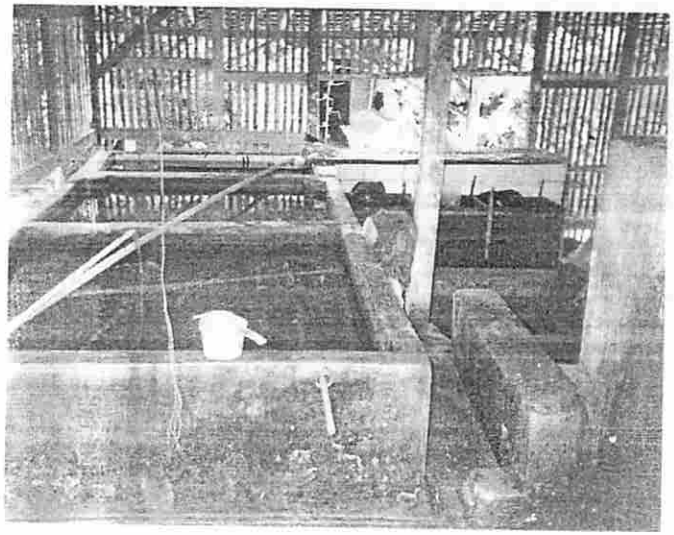
Ubi kayu jenis pahit juga sering digunakan untuk bahan baku. Pemakaian ubi kayu yang banyak mengandung HCN dalam pembuatan tapioka tidak menjadi masalah. Pada proses pembuatan tapioka tersebut, ubinya diparut dan sel-selnya akan pecah. Saat itu enzim linase di dalam ubi dapat memecah glukosida sianogenetik, dan HCN akan terlepas.

Persediaan bahan mentah yang diterima Industri Tepung Tapioka sering mengalami fluktuasi. Hal ini, disebabkan karena pengaruh musim. Persediaan mencapai titik terendah pada musim kemarau yakni sekitar bulan April sampai bulan Agustus. Pada saat itu, produksi tapioka tidak berkelanjutan setiap hari. Biasanya produksi dilakukan setelah terkumpul bahan baku yang mencukupi. Bahan baku yang digunakan oleh Perusahaan Tepung Tapioka adalah tepung tapioka kasar yang diperoleh dari pengrajin tapioka.

Bahan Pembantu

Bahan pembantu merupakan bahan pelengkap dalam proses pengolahan untuk mencapai produk yang diinginkan. Air merupakan bahan pembantu utama pada pembuatan tapioka. Pada setiap tahap dari proses produksi tapioka hampir pasti memerlukan air.

Air yang digunakan diperoleh dari sumur bor yang ada di sekitar pabrik, dan pengambilannya dilakukan dengan menggunakan motor pompa. Kemudian air tersebut, dialirkan ke tiga buah bak penampung dengan ukuran panjang 2 m, lebar 2 m, dan kedalaman 1 m (Gambar 13).



Gambar 13. Penampung Air di Industri Pengrajin Tapioka

Peralatan dan Mesin Produksi

Adapun peralatan dan mesin pengolahan tersebut diurutkan berdasarkan rangkaian urutan proses produksi yang ada. Alat dan mesin yang digunakan disajikan pada Tabel 18 dan 19.

Tabel 18. Daftar Peralatan dan Mesin yang Digunakan dalam Proses Pembuatan Tepung Tapioka Kasar

Alat/Mesin	Spesifikasi	Fungsi
Golok		Mengupas ubi kayu
Ember	Plastik	Tempat penampungan ubi kayu yang sudah bersih
Saringan	Kain kasa	Menyaring bubur ubi kayu
Saringan	Bambu	Menyaring bubur ubi kayu

Alat/Mesin	Spesifikasi	Fungsi
Mesin Pemarut	Digerakkan oleh diesel	Memarut ubi kayu.
Serok	Alumunium	Untuk mengumpulkan pati pada bak pengendapan
Bak plastik		Penampungan sementara pati dari bak penampungan.
Tampah	Bambu	Menjemur tapioka
Karung	Plastik	Mengemas sementara tepung tapioka kasar

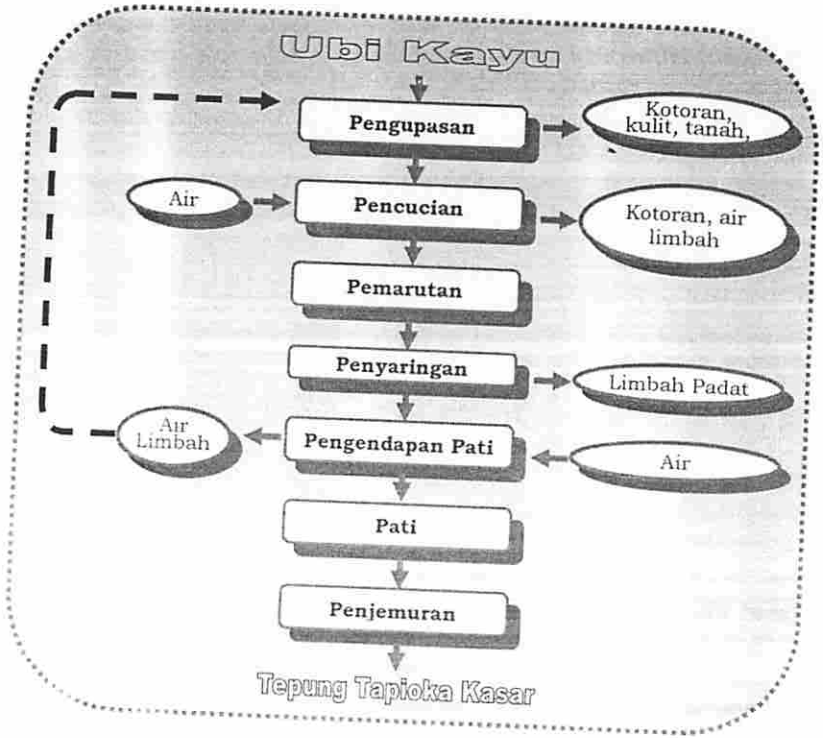
Tabel 19. Daftar Peralatan dan Mesin yang Digunakan dalam Proses Penghalusan Tepung Tapioka

Alat/Mesin	Spesifikasi	Fungsi
Mesin Penggiling		Menghaluskan tepung tapioka kasa
Saringan 100 *mesh*		Mengayak tepung tapioka halus
Karung	Plastik	Pengemasan
Mesin jahit tangan		Menutup kemasan karung

Deskripsi Proses Produksi Bersih

Proses pada Sentra Industri Tepung Tapioka

Urutan proses pembuatan tepung tapioka kasar pada sentra Industri Tepung Tapioka dapat dilihat pada Gambar 14.

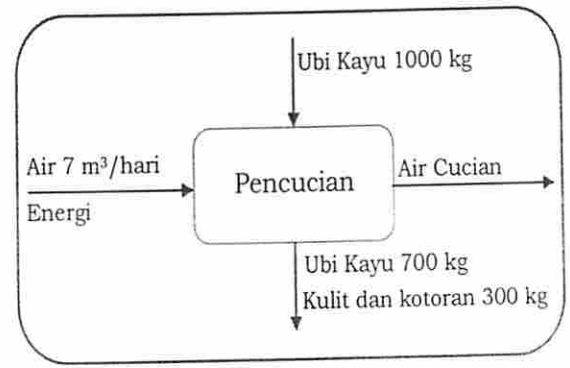


Gambar 14. Diagram Alir Pembuatan Tapioka Kasar pada Sentra Industri Tepung Tapioka

1. Pengupasan dan Pencucian Ubi Kayu

Deskripsi Proses: Ubi kayu dari petani dikupas secara manual dengan menggunakan pisau atau golok. Ubi kayu yang sudah dikupas kemudian dicuci dengan air mengalir yang berasal dari bak-bak penampungan air. Ubi kayu yang sudah bersih kemudian ditampung dalam ember-ember plastik dan siap untuk diparut. Tahapan ini merupakan tahapan proses yang menggunakan air dalam jumlah paling besar dibandingkan tahapan lain.

Input dan output: Sistem kesetimbangan massa pada proses pencucian disajikan pada Gambar 15.



Gambar 15. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pencucian

Indentifikasi Munculnya Limbah: Pada tahap ini muncul produk lain selain produk utamanya yaitu berupa kulit ubi kayu dan kotoran berupa tanah dan batu-batuan, yang kesemuanya berupa bahan padat. Sisa air cucian pada proses ini mengandung tanah dan serpihan kulit kayu.

Opsi Produksi Bersih:

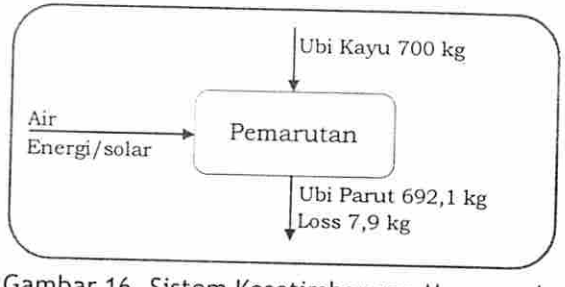
1. Untuk menyiasati penggunaan air, sebaiknya pencucian tidak dilakukan dengan air mengalir akan lebih baik dengan menggunakan dua tahap pencucian yang dilakukan dalam wadah. Pencucian tahap pertama untuk mencuci ubi kayu yang relatif kotor dengan menggunakan air sisa dari tahapan proses pengendapan dan pencucian kedua untuk ubi kayu dari wadah pertama yang relatif agak bersih dengan menggunakan air bersih, dengan demikian penggunaan air dapat dibatasi.
3. Memanfaatkan kulit dan bonggol sebagai pupuk.

4. Memanfaatkan air sisa cucian untuk kepentingan lain seperti pembuatan gasbio.

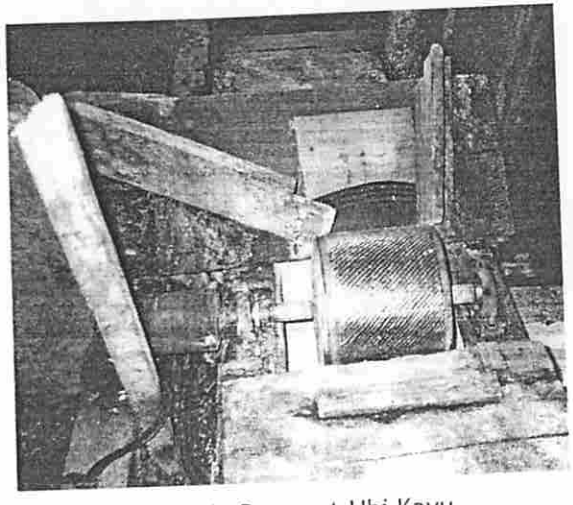
1. Pemarutan

Deskripsi Proses: Setelah ubi kayu terkupas dan dicuci, masuk ke mesin pemotong kemudian masuk ke dalam parutan (Gambar 17). Dalam proses ini ditambahkan air, sehingga menjadi bubur. Benda-benda lain yang ikut masuk ke dalam pemarut seperti batu dapat merusak mata pisau. Hal ini, dapat dihindari dengan sortasi yang ketat, namun apabila masih terjadi mesin pemarut harus segera dihentikan untuk mengeluarkan batu.

Input dan output: Sistem kesetimbangan massa pada proses pemarutan disajikan pada Gambar 16.



Gambar 16. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pemarutan



Gambar 17. Mesin Pemarut Ubi Kayu

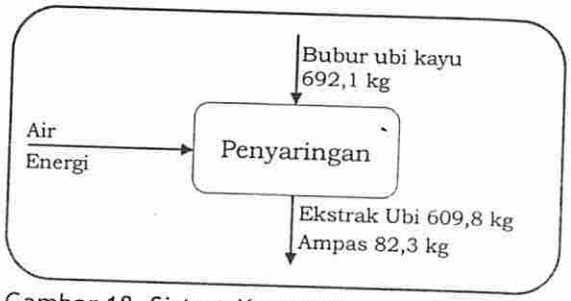
Identifikasi Munculnya limbah: Pada tahap ini limbah yang timbulkan akibat *loss product*, dimana hasil pemarutan akan tercecer di sekitar mesin pemarut

Opsi Produksi Bersih: Mengumpulkan hasil parutan yang tercecer.

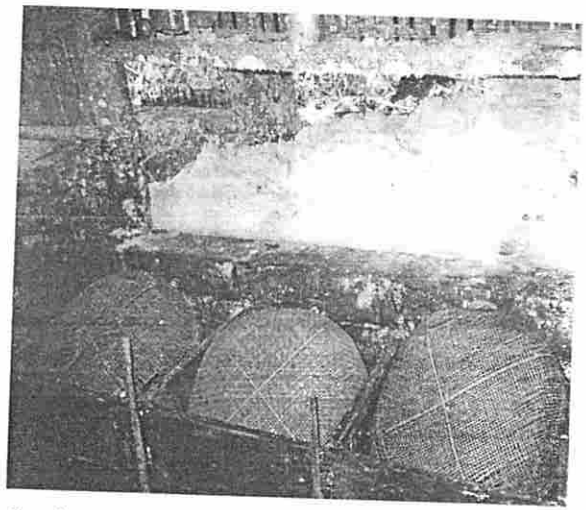
2. Penyaringan

Deskripsi Proses: Bubur yang berasal dari parutan masuk kemudian disaring dengan menggunakan kain kasa yang dialiri air. Setelah itu, barulah ditampung oleh saringan bambu di bawahnya. Air yang mengandung pati, kemudian ditampung dalam bak-bak pengendapan berukuran 3 x 1 x 0,5 meter untuk diendapkan. Ampas/onggok yang dihasilkan dalam penyaringan ini ditampung dalam suatu bak penampungan onggok (Gambar 19).

Input dan output: Sistem kesetimbangan massa pada proses penyaringan disajikan pada Gambar 18.



Gambar 18. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan



Gambar 19. Ampas/Onggok Ubi Kayu dan Alat Penyaring Bambu

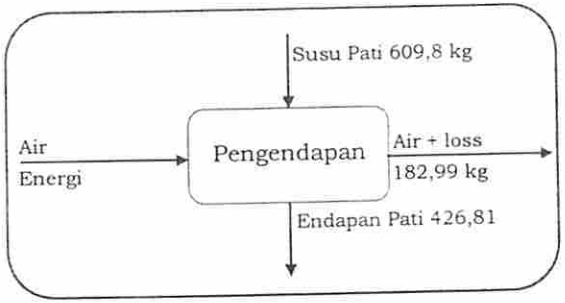
Identifikasi Munculnya limbah: Pada tahap ini muncul produk lain selain produk utamanya yaitu berupa limbah padat berupa ampas basah dan ampas cair.

Opsi Produksi Bersih: Ampas sisa penyaringan sebaiknya dimanfaatkan kembali untuk kepentingan lain, seperti ampas basah dapat digunakan untuk membuat saus dan ampas kering sebagai bahan pembuatan obat nyamuk bakar.

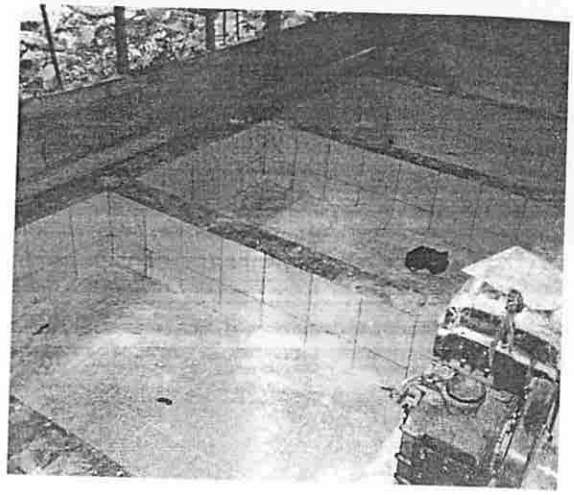
3. Pengendapan Pati

Deskripsi Proses: Air yang mengandung pati hasil penyaringan kemudian diendapkan dalam bak pengendapan sekitar 7 - 8 jam (Gambar 21). Setelah diendapkan, terjadi pemisahan antar pati yang mengendap dengan air yang berada di bawahnya. Kemudian, endapan dan air dipisahkan dengan mengeluarkan air dari bak perendaman. Setelah airnya habis, endapan pati diangkat dengan menggunakan serok dan disimpan dalam bak penampungan sementara.

Input dan output: Sistem kesetimbangan massa pada proses pengendapan disajikan pada Gambar 20.



Gambar 20. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pengendapan



Gambar 21. Bak-bak Pengendapan Pati

Identifikasi Munculnya limbah: Pada tahap ini dihasilkan limbah cair yang banyak mengandung bahan organik dan terdapat *loss* akibat pengendapan berupa tepung tapioka kasar.

Opsi Produksi Bersih:

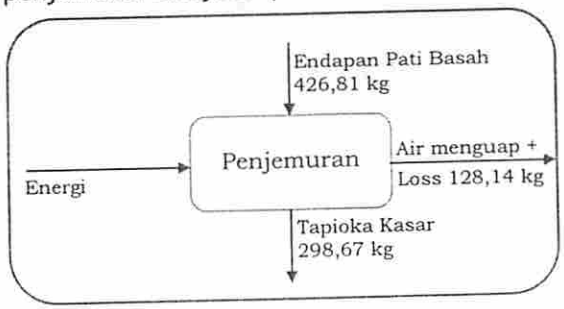
1. Pemanfaatan kembali air dari bak penampungan untuk tahapan proses pencucian.
2. Memanfaatkan air sisa cucian untuk kepentingan lain seperti pembuatan gasbio.
3. Mengumpulkan sisa-sisa pati pada bak pengendapan.

5. Penjemuran

Deskripsi Proses: Endapan pati yang dihasilkan dari proses pengendapan, kemudian dikeringkan (selama 3-4 jam) dengan menggunakan tampah di bawah sinar matahari sampai kadar airnya berkurang (Gambar 23). Pati yang telah kering ini disebut juga tepung tapioka kasar. Tepung

tapioka ini dikemas dalam bentuk kemasan sementara dan kemudian siap untuk dijual ke industri penghalus tepung tapioka.

Input dan output: Sistem kesetimbangan massa pada proses penjemuran disajikan pada Gambar 22.



Gambar 22. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penjemuran

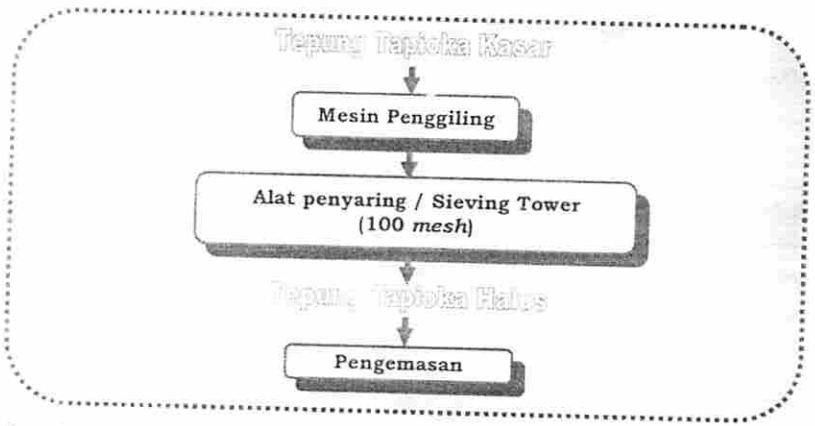
Gambar 23. Proses Penjemuran Pati di Bawah Sinar Matahari

Identifikasi Munculnya limbah: Pada tahap ini limbah yang dihasilkan berupa tepung tapioka kasar yang banyak diterbangkan oleh angin

Opsi Produksi Bersih: Mengumpulkan kembali tepung tapioka yang berserakan akibat diterbangkan oleh angin.

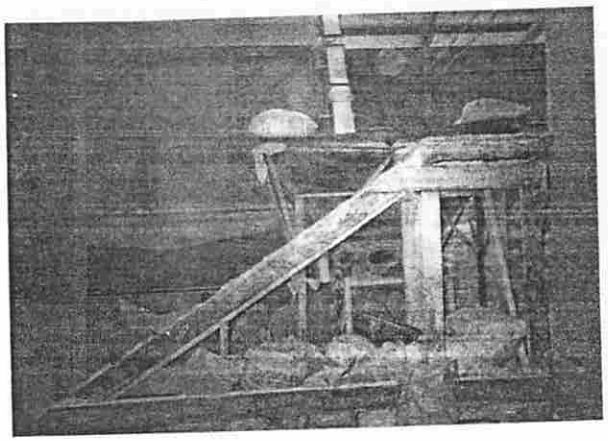
Proses pada Perusahaan Tepung Tapioka

Secara umum urutan proses penghalusan tepung tapioka kasar pada Perusahaan Tepung Tapioka dapat dilihat pada Gambar 24.

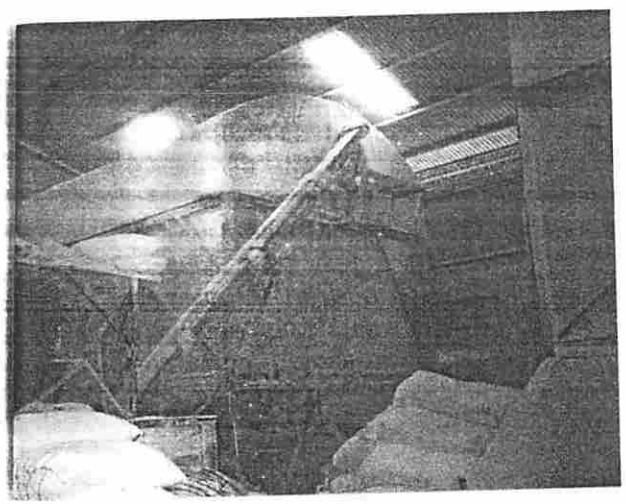


Gambar 24. Diagram Alir Proses Penghalusan Tapioka Kasar pada Perusahaan Tepung Tapioka

Deskripsi Proses: Tepung tapioka dari pengrajin tapioka diterima oleh seorang ahli yang telah berpengalaman, kemudian sang ahli akan menentukan kualitas tepung tapioka yang diterimanya. Setelah ditentukan kualitasnya, barulah tepung tapioka kasar dimasukkan ke dalam mesin penggiling untuk dihaluskan (Gambar 25). Tepung tapioka yang telah digiling dialirkan ke alat penyaring dengan menggunakan *conveyor* (Gambar 26).

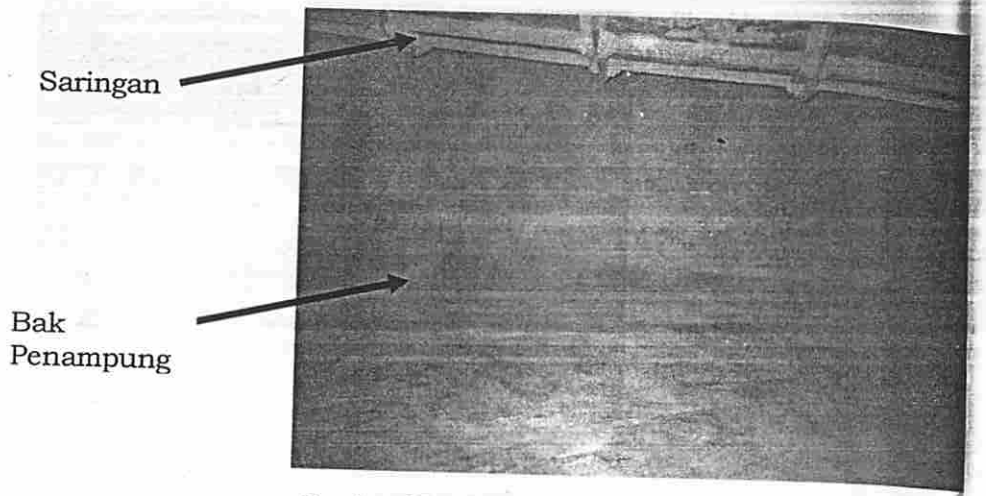


Gambar 25. Mesin Penggiling



Gambar 26. *Conveyor* dan Bak Penampung

Hasil penyaringan ditampung dalam bak penampungan dan siap untuk dimasukkan ke dalam karung untuk dikemas (Gambar 27 dan 28). Proses pengemasan dilakukan secara manual yaitu dengan menyendok tepung tapioka dari bak dan dimasukkan ke dalam karung dan kemudian dijahit.



Gambar 27. Saringan dan Bak Penampung

Gambar 28. Proses Penjahitan Tapioka Halus yang Siap Dipasarkan

Identifikasi Munculnya limbah: Pada tahap ini limbah yang dihasilkan berupa tepung tapioka yang banyak diterbangkan oleh angin.

Opsi Produksi Bersih:

1. Mengumpulkan kembali tepung tapioka yang berserakan di dalam pabrik akibat diterbangkan oleh angin.
2. *Good House-keeping* berupa pemakaian masker bagi para pekerja.

B. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Tahu (Riansoni, 2005)

Pengantar

Industri pengolahan hasil pertanian berupa umbi-umbian dan kacang-kacangan mempunyai karakteristik tersendiri. Kedua jenis tanaman tersebut membutuhkan penggunaan air yang banyak, menghasilkan cairan (*effluent*) yang berwarna dan berbau. Selain itu, apabila limbah tersebut dibuang ke sungai, maka dapat dipastikan memberikan dampak pencemaran pada air sungai (*ambient*). Salah satu contohnya adalah industri pengolahan tahu. Penggunaan air dalam proses pengolahannya mencapai 1 : 10. Dalam proses tersebut terdapat berbagai limbah yang dihasilkan tergantung dari jenis kacang-kacangan, teknik pengolahan, manajemen, ukuran pabrik, tata letak (*lay out*), penggunaan air, lamanya limbah padat kontak dengan limbah cair, sehingga indikasi BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), COD (*Chemichal Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), OM (*Organic Material*) menjadi sangat penting.

Limbah industri pada pengolahan tahu dapat menimbulkan masalah. Limbah tersebut mengandung sejumlah besar protein, lemak, karbohidrat, mineral, dan sisa-sisa bahan kimia yang digunakan saat pembersihan maupun pengolahan. Adanya kadar bahan organik yang tinggi pada buangan air serta bahan yang terikut dalam air pada pengolahan industri pangan akan menyebabkan gangguan pada ekologi lingkungan. Adapun dampak lainnya adalah

dapat menyebabkan gangguan penyakit pada manusia yang tinggal di sekitarnya. Hal tersebut dapat terus berkelanjutan, apabila tidak ada penanganan dan penanggulangan yang baik. Dampak yang paling nyata adanya limbah organik ini adalah timbulnya bau yang menyengat serta air yang keruh.

Munculnya limbah pada aktivitas industri sulit untuk dihindari dan membutuhkan biaya yang cukup besar bagi perusahaan untuk menanggulanginya. Besarnya jumlah dan intensitas limbah yang terjadi bisa dikurangi dengan cara melakukan tindakan-tindakan pencegahan dari setiap proses bukan hanya setelah limbah terbentuk (*end of pipe*). Hal ini, berlaku juga pada industri pengolahan pangan termasuk industri pengolahan tahu. Salah satu metode yang dikembangkan adalah produksi bersih (*Cleaner Production*). Produksi bersih merupakan strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang diterapkan secara terus-menerus pada proses produksi, produk dan jasa untuk meminimalkan terjadinya risiko terhadap manusia dan lingkungan (UNEP,2003)

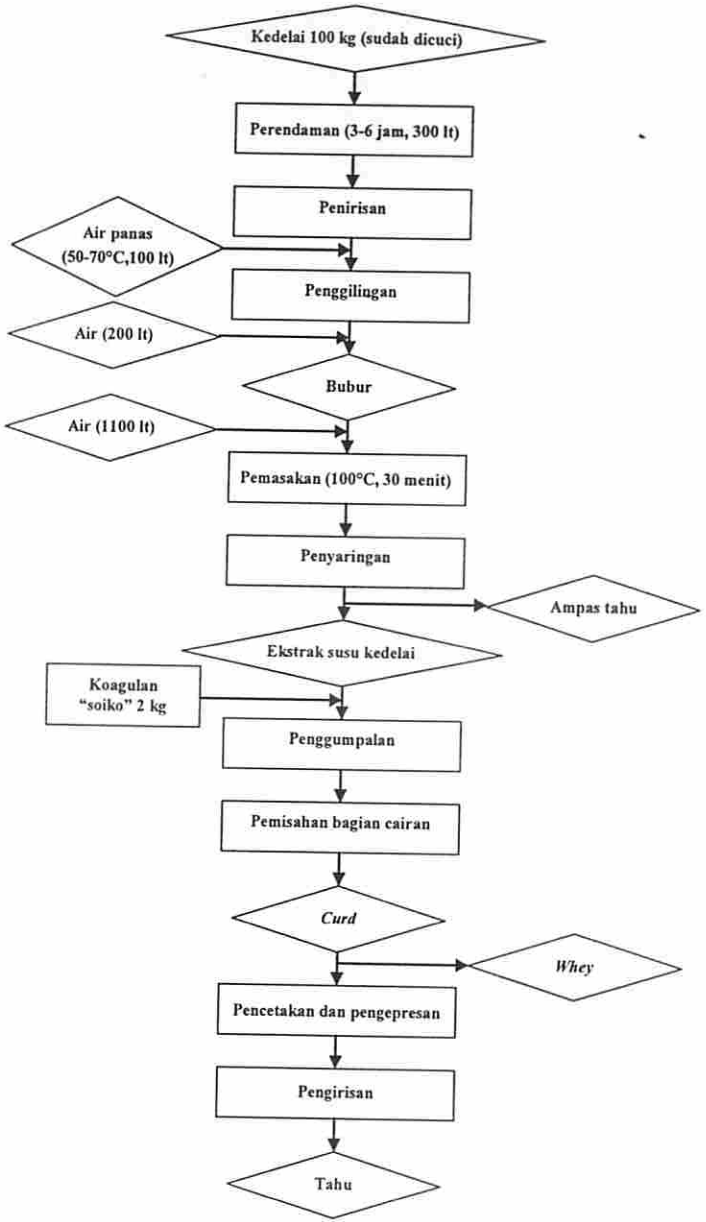
Penerapan produksi bersih dalam industri memungkinkan adanya penghematan secara ekonomis dan pengurangan dampak sosial, kesehatan, keamanan, serta lingkungan yang merugikan. Aplikasi produksi bersih bisa diterapkan pada setiap skala industri baik itu kecil, menengah, maupun skala besar. Tentu saja dengan karakteristik yang berbeda. Penerapannya juga memungkinkan digunakannya teknik daur ulang dan pakai ulang. Salah satu industri pengolahan pangan yang dapat menerapkan produksi bersih ini adalah industri pengolahan tahu.

Deskripsi Proses Produksi

Proses Produksi tahu pada prinsipnya adalah mengekstrak protein kedelai dengan air dan menggumpalkannya dengan asam atau garam-garam tertentu. Penggumpal yang biasanya digunakan oleh para produsen tahu adalah *Whey* dari proses sebelumnya yang sudah asam. Penggumpal ini digunakan, karena selain mudah dan murah juga menghasilkan tekstur tahu yang sesuai dengan keinginan konsumen. Diagram alir proses pengolahan tahu dapat dilihat pada Gambar 29.

Industri tahu yang dikelola pada umumnya adalah industri kecil, yang berskala rumah tangga. Cara pembuatan tahu oleh industri kecil tersebut agak berlainan, namun pada prinsipnya sama, yaitu mengekstrak protein kedelai dengan air, kemudian menggumpalkannya dengan menggunakan asam atau garam-garam tertentu. Secara garis besar pembuatan tahu terdiri dari dua tahap yaitu tahap persiapan (pembuatan susu kedelai) dan tahap koagulasi (penggumpalan) susu kedelai sampai terbentuk tahu cetak.

Tahap-tahap pada proses pembuatan tahu adalah pencucian dan perendaman, penggilingan, pemasakan, ekstraksi susu kedelai, penggumpalan, pengendapan, dan pencetakan serta pengepresan. Kedelai yang akan diolah, dicuci sampai bersih sebelum direndam. Cara tersebut bertujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran. Waktu perendaman tergantung pada suhu air perendaman, untuk tempat dengan suhu udara yang lebih dingin, maka waktu perendamannya pun akan semakin lama. Perendaman yang kurang sempurna menghasilkan jumlah dan rasa tahu yang kurang baik. Indikasi selesainya, waktu perendaman ditandai jika berat kedelai sudah mencapai 2,2 kali berat kedelai kering dan telah mengembang menjadi 2,4 kali kedelai kering. Lama perendaman berkisar antara 8-12 jam atau satu malam. Untuk mempercepat waktu perendaman dapat digunakan air dengan suhu 55^{0}C dengan lama perendaman 1-2 jam.



Gambar 29. Diagram Alir Proses Pembuatan Tahu Secara Sederhana

Langkah pembuatan tahu secara sederhana:

1. Pencucian

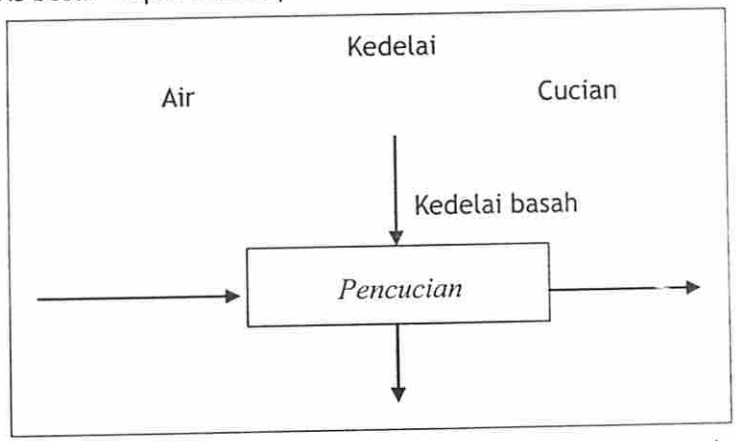
Deskripsi Proses:

Pencucian dilakukan dengan cara mencuci kedelai dengan air sampai bersih, sehingga kotoran-kotorannya hilang baik itu pasir, tanah dan lain-lain (Gambar 30).

Gambar 30. Proses Pencucian

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada saat proses pencucian secara garis besar dapat dilihat pada Gambar 31.



Gambar 31. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pencucian

Tabel 20. *Input* dan *Output* Massa pada Proses Pencucian

INPUT	OUTPUT
Kedelai (100 kg)	Kedelai basah(100 kg)
Air 1000 liter	Air cucian + Kotoran yang terbawa air cucian (1000 liter)

Identifikasi terbentuknya limbah:

Pada tahap ini, sisa air cucian masih mengandung sisa bahan kedelai, akan tetapi *loss* yang terjadi dianggap tidak signifikan, kotoran yang terbawa dalam air berisi komponen zat organik, yang dapat menyebabkan air menjadi hitam dan berbau busuk bila dibiarkan.

Opsi Produksi Bersih:

Untuk menyiasati penggunaan air sebaiknya pencucian tidak dilakukan dengan air yang mengalir, pencucian bisa dilakukan dalam wadah dengan beberapa tahap, sehingga air wadah pertama langsung dibuang. Sementara yang berikutnya masih bisa dipakai lagi.

2. Perendaman

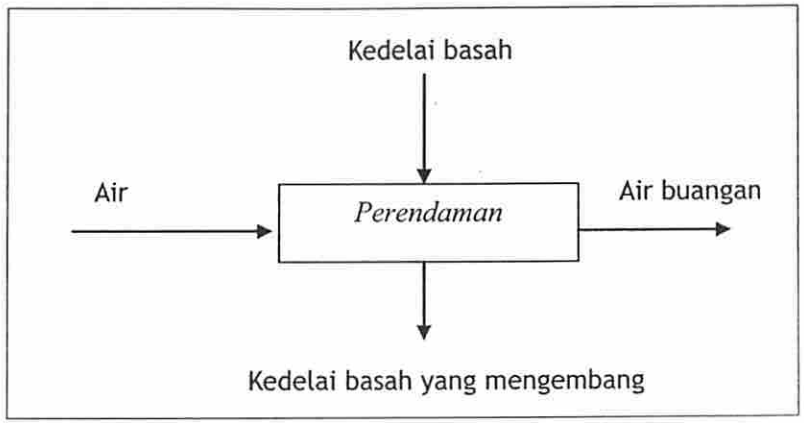
Deskripsi Proses:

Prosesperendaman dilakukan dengan memerlukan waktu berkisar 3 jam dan di tambahkan air sebanyak 300 liter, pada akhir perendaman juga kedelai dibersihkan dari pasir, ranting, daun, kulit dan lain-lain (Gambar 32).

Gambar 32. Proses Perendaman

Kesetimbangan massa:

Perbandingan air dengan bahan saat perendaman adalah 1:3, secara garis besar sistem kesetimbangan massa pada tahapan ini dapat dilihat pada Gambar 33.



Gambar 33. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Perendaman

Tabel 21. *Input* dan *Output* Massa pada proses Perendaman

INPUT	OUTPUT
Kedelai (100 kg)	Kedelai basah (300 kg)
Air 300 liter	Buangan air rendaman 100 liter

Identifikasi terbentuknya limbah:

Pada tahap perendaman ini, air sisa rendaman dibuang. Seperti yang sudah dijelaskan pada tahap pencucian, bahwa apabila air masih mengandung zat -zat organik seperti protein, lemak, dan suspensi padat serta adanya kemungkinan mengandung phospat dan nitrat yang tercampur dengan kotoran, maka lama kelamaan akan berbau busuk yang menyengat. Hal tersebut, apabila terus-menerus dibiarkan atau dibuang ke sungai, maka akan mengganggu kenyaman di lingkungan sekitarnya. Selain itu, kedelai yang kotor akan meghasilkan tahu dengan *flavour* yang kurang disenangi, warna gelap dan mempunyai umur simpan yang pendek.

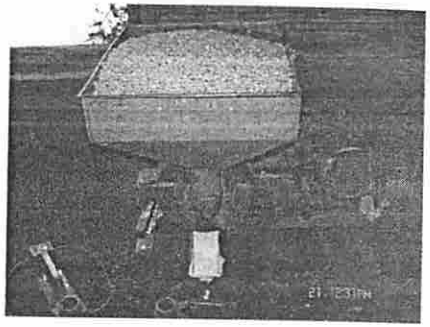
Opsi Produksi Bersih:

1. Melakukan penyaringan kembali pada saat sisa air rendaman di buang, sehingga potongan-potongan kedelai dapat diambil.
2. Memanfaatkan kembali hasil penyaringan tersebut untuk di proses kembali atau untuk makanan ternak.

3. Penirisan dan Penggilingan

Deskripsi Proses:

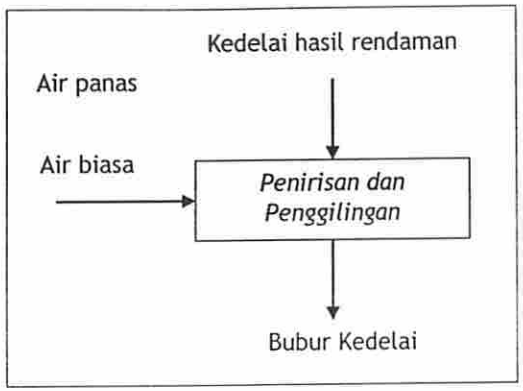
Kedelai basah yang sudah direndam ditiriskan dan digiling dengan mesin penggiling. Selama proses penirisan ditambahkan air panas dengan suhu 50°-70°C, sebanyak 100 liter, kemudian selama proses penggilingan ditambahkan air lagi sebanyak 200 liter yang dilakukan secara terus-menerus, sehingga memudahkan ketika proses penggilingan (Gambar 34). Hasil gilingan berupa bubur kedelai di tampung dalam wadah kayu yang bersih. Tujuan dari penggilingan adalah untuk memperkecil ukuran partikel, sehingga dapat mengurangi waktu pemasakan dan mempermudah ekstraksi susu kedelai.



Gambar 34. Proses Penirisan dan Penggilingan

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses penirisan dan penggilingan dapat dilihat pada Gambar 35 dan Tabel 22.



Gambar 35. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penirisan dan Penggilingan

Tabel 22. *Input* dan *Output* serta Massa pada Proses Penirisan dan Penggilingan

INPUT	OUTPUT
Kedelai Basah (300 kg)	Bubur kedelai (600 kg)
Air panas 100 liter+ air biasa 200 liter (300 liter)	

Identifikasi terbentuknya limbah:

Pada tahap penggilingan ini ada kedelai yang tercecer, karena corong mesin penggiling yang kelebihan beban kedelai.

Opsi Produksi bersih:

Modifikasi mesin penggiling pada bagian corong, sehingga lebih banyak menampung kedelai. Hal ini, dilakukan untuk mengurangi bahan baku kedelai yang terbuang serta meningkatkan rendemen.

4. Pemasakan

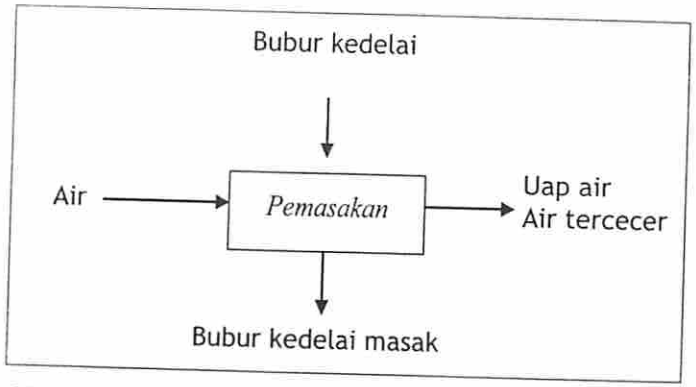
Deskripsi Proses:

Gambar 36. Proses Pemasakan

Bubur kedelai, kemudian dimasukkan ke dalam tangki pemasakan dan ditambahkan air bersih sebanyak total 1100 liter yang dilakukan secara terus-menerus dengan suhu 100 °C dalam waktu ≤ 30menit. Pemasakansecara terus-menerus bertujuan untuk memperoleh ekstrak protein yang optimum, mencegah kegosongan dan meluapnya buih akibat naiknya suhu pemasakan. Selama pemasakan bubur, sebaiknya diaduk untuk meratakan panas dan menghindarkan gosong di bagian bawah (Gambar 36).

Kesetimbangan Massa:

Menurut pengalaman dari produsen perbandingan berat kacang awal (kering) dan air yang ditambahkan saat pemasakan adalah sekitar 1:10. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 37 dan *input* serta *output*-nya pada Tabel 23.



Gambar 37. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pemasakan

Tabel 23. *Input* dan *Output* Massa pada Proses Pemasakan

INPUT	OUTPUT
Bubur kedelai (600 kg)	Bubur kedelai masak (1697,5 kg)
Air 1100 liter	Uap air 1,5 liter Air tercecer 1 liter

Identifikasi terbentuknya limbah:

1. Pembakaran kayu dapat menyebabkan terjadinya jelaga pada langit atau genteng rumah
2. Air tercecer saat pengadukan

Opsi Produksi bersih:

1. Menghindari air yang tumpah saat pengadukan dengan pengadukan yang lebih hati-hati serta bahan yang tidak melebihi kapasitas tangki pemasakan
2. Meletakkan tungku di dalam ruang produksi, sehingga arah api tidak ke samping
3. Mendesain tungku yang hemat energi yang mempunyai cerobong asap ke atas agar asap yang dihasilkan tidak mengotori ruang produksi dan rumah di sekitarnya
4. Memanfaatkan batok dan sabut kelapa untuk pengganti kayu bakar dalam pemanasan awal

5. Penyaringan dan Pengepresan Ampas

Deskripsi Proses:

Ekstraksi dilakukan dengan menyaring bubur kedelai menggunakan kain blancu berwarna putih, dalam penyaringan diperoleh susu kedelai. Ampas yang tertinggal pada kain kemudian dipres. Perhatikan pada Gambar 38.

Gambar 38. Proses Penyaringan dan Pengepresan

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses penyaringan dan pengepresan ampas dapat dilihat pada Gambar 39 dan Tabel 24.

Gambar 39. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan dan Pengepresan Ampas

Tabel 24. *Input* dan *Output* Massa pada Proses Penyaringan dan Pengepresan Ampas

INPUT	OUTPUT
Bubur kedelai masak (1697,5 kg)	Sari (susu) kedelai (1557, 5 kg)
	Ampas tahu (140 kg)

Identifikasi terbentuknya limbah:
Terbentuknya ampas tahu yang apabila dibiarkan akan menimbulkan bau yang tidak enak, serta menjadi limbah semi padat yang mencemari lingkungan.

Opsi Produksi Bersih:

1. Pengepresan ampas tahu sampai terbentuk tahu cetak. Menurut Shurtleff dan Aoyagi (1975) pengepresan yang baik akan menghasilkan ampas tahu dengan kandungan air 76-78% dan masih mengandung protein sebesar 23,6% serta lemak 8,1% dalam bahan kering.
2. Ampas tahu yang terbentuk bisa juga digunakan untuk makanan ternak. Biasanya dengan dikeringkan atau dicampur dengan bahan pakan ternak lainnya setelah di-*press*.

6. Penggumpalan

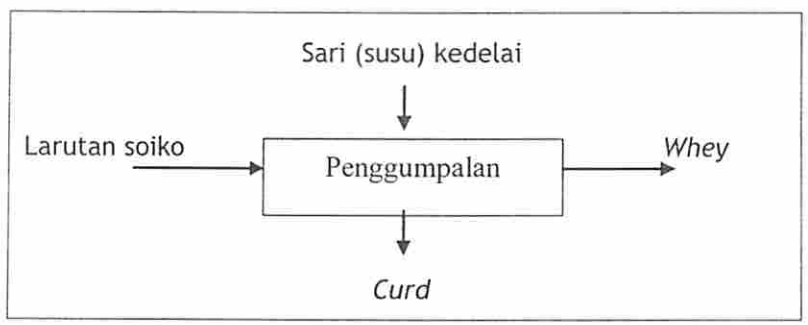
Deskrispsi proses:

Protein dalam susu kedelai selanjutnya diendapkan dengan menambahkan koagulan (bahan penggumpal). Penambahan penggumpal (soiko) sebanyak 2 kg soiko dalam 50 liter air (Gambar 40).

Gambar 40. Proses Penggumpalan

Keseimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses penggumpalan dapat dilihat pada Gambar 41 dan Tabel 25.



Gambar 41. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penggumpalan

Tabel 25. *Input* dan *Output* Massa pada Proses Penggumpalan

INPUT	OUTPUT
Sari susu kedelai (1557,5 kg)	*Whey* (1397, 5 kg)
	Curd (160 kg)

Identifikasi terbentuknya limbah:

1. Terbentuknya *Whey* yang merupakan cairan basi bisa menimbulkan pencemaran bau dan lahan apabila *Whey* dibiarkan atau dibuang ke sungai sekitarnya.

2. Limbah organik bisa menimbulkan berbagai penyakit kulit, apabila sungai tercemar dan digunakan oleh masyarakat untuk kebutuhan sehari-hari.

Opsi Produksi Bersih:

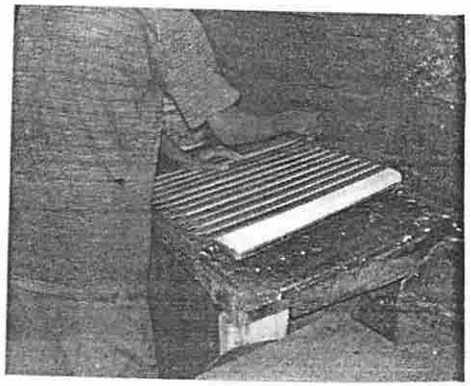
1. *Whey* bisa dimanfaatkan menjadi *Nata de Soya* dengan perlakuan penambahan *starter* bakteri *Acetobacter xylinum*
2. *Whey* bisa digunakan untuk pembuatan membran semi konduktor

7. Pencetakan, pengepresan, dan pemotongan

Gambar 42. Proses Pencetakan dan Pengepresan

Deskripsi Proses:

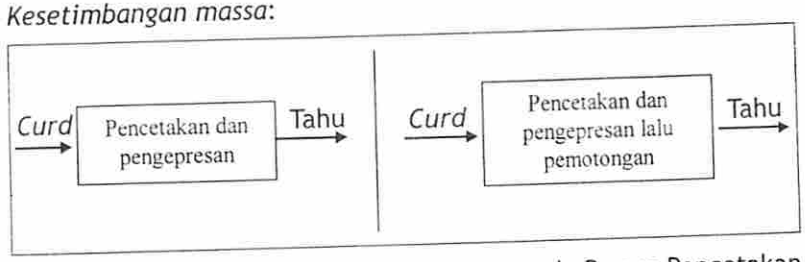
Gumpalan (*Curd*) yang terbentuk dimasukkan kedalam cetakan yang telah dialasi kain blancu berwarna putih, kemudian di-*press* sampai terbentuk tahu cetak. *Curd* juga dibentuk dengan dimasukkan dalam kain blancu ukuran kecil kemudian dibungkus dan dibiarkan beberapa lama, tahu yang terbentuk lebih unik, agak cembung dan teksturnya mengikuti kain blancu. Untuk memberi warna kuning dan rasa asin, maka tahu direndam dalam garam dan kunyit. Tahu akan tahan lebih lama, karena ada anti mikroba dari garam dan kunyit.



Gambar 43. Proses Pemotongan

Sistem lain yaitu pembungkusan dengan kain blancu yang besar lalu di-*press* oleh cetakan kira-kira 1x 2 meter kemudian dilakukan pemotongan. Sistem ini biasanya lebih cepat selesai tetapi ada sisa potongan yang banyak. Sistem ini biasanya dibuat untuk tahu putih dan harganya lebih murah.

Kesetimbangan massa:



Gambar 44. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pencetakan dan Pengepresan

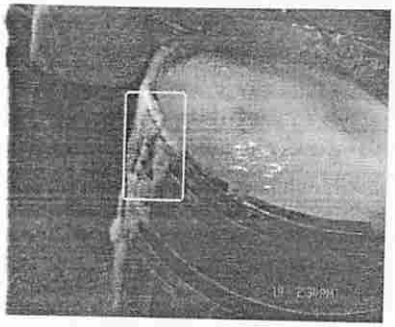
Tabel 26. *Input* dan *Output* Massa pada Proses Pencetakan dan Pengepresan

INPUT	OUTPUT
Curd (160 kg)	Tahu (160 kg)

Penerapan *Good House-keeping*

1. Masih tercecernya kedelai saat dimasukkan ke dalam mesin penggiling, sehingga alternatif produksi bersih yang ditawarkan selain modifikasi alat (corong) yang lebih tinggi juga sikap pekerja yang lebih hati-hati dalam menuangkan kedelai ke dalam mesin

(Gambar 45) (1)



(2)

2. Masih tercecernya biang tahu pada saat pengambilan pada proses penggumpalan, sehingga disarankan untuk lebih teratur dan hati-hati dalam proses ini

(3)

3. Penumpukan alat yang tidak perlu serta ruang produksi yang tidak terpakai, disarankan untuk mempergunakan ruangan produksi secara lebih maksimal

(4)

4. Pengepresan yang lebih higienis serta baik, sehingga tidak merusak alat ataupun tidak menambah kotor

5. Pemakaian kacamata tahan cahaya api/kacamata las untuk menanggulangi asap dan bara api pada saat pemasakan.

Tindakan Efisiensi

Usaha Daur ulang Air

Sistem penggunaan air yang diterapkan perusahaan memiliki kelemahan yaitu pemborosan dalam penggunaan air. Jumlah limbah cair yang dihasilkan dalam proses produksi tahu dapat dilihat pada Tabel 27.

Tabel 27. Jumlah Limbah Air yang Dihasilkan dalam Proses Produksi Tahu

TAHAPAN	JUMLAH AIR (Liter)
Pencucian	1000
Sisa Perendaman	100
Sanitasi	2000
TOTAL	3100

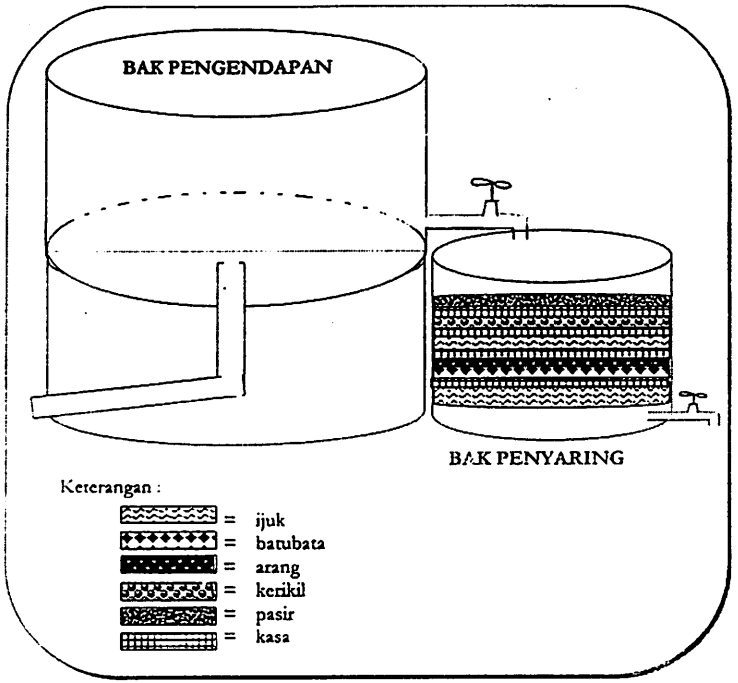
Tindakan perbaikan dapat dilakukan untuk menghemat air pada tahap pencucian, perendaman, dan sanitasi adalah dengan mendaur ulang limbah cair dengan cara filtrasi. Cara ini menggunakan 2 bak penampung yaitu bak pengendapan dan bak penyaringan. Pengendapan dilakukan pada bak yang berdiameter 110 cm dengan tinggi 50 cm. Pada tahap pengendapan ini ditambahkan tawas (untuk penggumpalan) dan kaporit (untuk membunuh bakteri) ke dalam bak . Kemudian, diaduk selama 5 menit agar bahan penjernih bercampur secara merata. Setelah itu barulah diendapkan selama 6 jam. Mengingat kapasitas dari bak pengendapan 6,34 x 10^5 cm^3, maka air buangan sebanyak 3100 liter tidak dapat langsung diendapkan. Dengan demikian, air yang mampu diendapkan hanya 634 liter. Air buangan yang belum dikenai proses pengendapan, untuk sementara ditampung pada bak penampungan yang telah ada di industri ini. Setelah 634 liter air buangan itu terendapkan, air siap dialirkan ke dalam bak penyaring. Proses pengendapan untuk 634 liter air buangan berikutnya dilakukan setelah air buangan pertama yang telah dikenai proses pengendapan tersebut masuk ke dalam bak penyaring. Bak penyaring yang digunakan berdiameter 60 cm

dengan tinggi 55 cm. Dalam bak penyaring ini, air buangan akan mengalami 5 tahapan penyaringan yang terdiri pasir, kerikil, arang, batu bata, dan ijuk.

Pasir berfungsi untuk menyaring partikel-partikel koloid yang tersisa dan kotoran lain. Kerikil berfungsi sebagai penahan kotoran yang lolos dari penyaringan pertama. Ijuk untuk penyerap kotoran yang lepas dari saringan kerikil. Arang digunakan, karena dapat menyerap partikel yang lembut dan zat yang bersifat toksik. Batu bata mempunyai fungsi yang sama dengan arang. Setelah proses penyaringan selesai, akan dihasilkan 3090 liter air bersih dari bak penyaring dan siap digunakan kembali untuk tahap pencucian, dan sanitasi ruang produksi. Limbah cair sebanyak 3100 liter setelah dikenai proses filtrasi berkurang menjadi 3090 liter. Hal ini disebabkan adanya bahan-bahan pengotor, seperti kulit kedelai dan ampas tahu yang mengendap atau tersaring, sehingga air bersih yang dihasilkan berkurang 10 liter dari jumlah limbah cair yang dikenai proses daur ulang. Sedangkan endapan dibuang sebagai limbah padat yang dapat dimanfaatkan sebagai pupuk tanaman. Tindakan efisiensi yang dilakukan terhadap limbah cair ini memerlukan pembuatan instalasi daur ulang air, sehingga air yang dibuang dapat digunakan kembali, untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 46.

Usaha Pemanfaatan Whey

- Limbah cair *Whey* selama ini hanya dimanfaatkan sebesar 40% sebagai biang penggumpalan tahu pada hari berikutnya, sementara 60% lainnya tidak digunakan dan biasanya langsung dibuang ke sungai. Tindakan tersebut tentu saja bisa menyebabkan pencemaran lingkungan sekitar. Oleh karena itu, *Whey* yang dibuang tersebut perlu dimodifikasi agar bisa bermanfaat. Salah satunya adalah dengan pembuatan *nata de soya*. *Whey* yang dihasilkan dari produksi tahu dengan basis 100 kg kedelai adalah 1397,5 kg. *Whey* yang dimanfaatkan sebagai *nata de soya* adalah 60% x 1397,5 kg = 838,5 kg yang akan menghasilkan 836, 5 kg *nata de soya*.



Gambar 46. Instalasi Daur Ulang Air

Proses Pembuatan Nata De Soya

Fermentasi *nata* dilakukan melalui tahap-tahap berikut:

- Pemeliharaan biakan murni *Acetobacter xylinum*.

Fermentasi *nata* memerlukan biakan murni *Acetobacter xylinum*. Biakan murni ini harus dipelihara, sehingga dapat digunakan kapan pun saat diperlukan. Pemeliharaan tersebut meliputi:

- Proses penyimpanan, sehingga dalam jangka waktu yang cukup lama viabilitas (kemampuan hidup) mikroba tetap dapat dipertahankan
- Penyegaran kembali mikroba yang telah disimpan, sehingga terjadi pemulihan viabilitas dan mikroba dapat disiapkan sebagai inokulum fermentasi.

- Penyimpanan. *A.xylinum* biasanya disimpan pada agar miring yang terbuat dari Hassid dan Barker yang dimodifikasi dengan komposisi sebagai berikut : Glukosa (100 gram), ekstrak khamir (2,5 gram), K_2HPO_4 (5 gram), $(NH_4)_2SO_4$ (0,6 gram), $MgSO_4$ (0,2 gram), agar (18 gram) dan air kelapa (1 liter). Dengan suhu penyimpanan 4°-7°C, mikroba ini dapat disimpan selama 3-4 minggu. Penyegaran setiap 3 atau 4 minggu, biakan *A. xylinum* harus dipindahkan kembali pada agar miring baru. Setelah 3 kali penyegaran, kemurnian biakan harus diuji dengan melakukan isolasi biakan pada agar cawan. Adanya koloni asing pada permukaan cawan menunjukkan, bahwa kontaminasi telah terjadi. Biakan pada agar miring yang telah terkontaminasi, harus diisolasi dan dimurnikan kembali sebelum disegarkan.
- Pembuatan *starter*

  Starter adalah populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi. Mikroba pada *starter* tumbuh dengan cepat dan fermentasi segera terjadi. Media *starter* biasanya identik dengan media fermentasi. Media ini diinokulasi dengan biakan murni dari agar miring yang masih segar (umur 6 hari). *Starter* baru dapat digunakan 6 hari setelah diinokulasi dengan biakan murni. Pada permukaan *starter* akan tumbuh mikroba membentuk lapisan tipis berwarna putih. Lapisan ini disebut dengan ***nata***. Semakin lama lapisan ini akan semakin tebal, sehingga ketebalannya mencapai 1,5 cm. *Starter* yang telah berumur 9 hari (dihitung setelah diinokulasi dengan biakan murni) tidak dianjurkan digunakan lagi, karena kondisi fisiologis mikroba tidak optimum bagi fermentasi, dan tingkat kontaminasi mungkin sudah cukup tinggi. Volume *starter* disesuaikan dengan volume media fermentasi yang akan disiapkan. Dianjurkan volume *starter* tidak kurang dari 5% volume media yang akan difermentasi menjadi *nata*. Pemakaian *starter* yang terlalu banyak tidak dianjurkan karena tidak ekonomis.
- Fermentasi. Fermentasi dilakukan pada media cair yang telah diinokulasi dengan *starter*. Fermentasi berlangsung pada kondisi *aerob* (membutuhkan oksigen). Mikroba tumbuh terutama pada permukaan media. Fermentasi dilangsungkan sampai *nata* yang

terbentuk cukup tebal (1,0 - 1,5 cm). Biasanya ukuran tersebut tercapai setelah 10 hari (semenjak diinokulasi dengan *starter*), dan fermentasi diakhiri pada hari ke 15. Jika fermentasi tetap diteruskan , kemungkinan permukaan *nata* mengalami kerusakan oleh mikroba pencemar. *Nata* berupa lapisan putih seperti agar. Lapisan ini adalah massa mikroba berkapsul dari selulosa. Lapisan *nata* mengandung sisa media yang sangat masam. Rasa dan bau masam tersebut dapat dihilangkan dengan perendaman dan perebusan dengan air bersih.

Bahan

- Penyiapan biakan murni.

  Biakan murni *A.xylinum*

  Glukosa (100 gram)

  Ekstrak khamir (5 gram)

  K_2HPO_4 (5gram)

  $(NH_4)_2SO_4$ (0,6 gram)

  $MgSO_4$ (0,2 gram)

  Agar (18 gram)

  Air kelapa (1 liter)

  Asam Asetat 25% untuk mengatur pH menjadi 3-4
- Pembuatan *Starter*

  Biakan murni *A.xylinum*

  Glukosa 100 gram

  Urea 5 gram

  Air kelapa 1 liter

  Asam Asetat 25% untuk mengatur pH menjadi 3-4
- Fermentasi *Nata*.

  Starter

  Glukosa

Urea

Limbah cair tahu (*Whey* tahu)

Asam Asetat 25% untuk mengatur pH menjadi asam

Usaha Penjualan ampas tahu dan ampas kunyit menjadi makanan ternak atau substitusi makanan lain

Gambar 47. Ampas Tahu

Usaha ini dilakukan dengan menampung ampas tahu yang dihasilkan yaitu sekitar 1 kg dari 10 kg bahan baku dalam karung. Pengepresan bisa saja dilakukan sesuai dengan permintaan, sehingga dihasilkan ampas yang lebih ringan. Ampas kunyit dihasilkan sekitar 1 kg/hari, biasanya dijual beserta ampas tahu sebagai bonus.

Usaha Penjualan sisa potongan tahu

Gambar 48. Sisa Potongan Tahu

Sisa potongan tahu yang dihasilkan dikumpulkan dalam satu wadah atau di-*input* kedalam kantung plastik kemudian dijual. Dalam satu hari bisa menghasilkan sekitar 1-1,5 kg sisa dan biasanya dijual dengan harga Rp 1000/kg

Pemakaian Blender untuk menghaluskan kunyit

Pemakaian *blender* dilakukan untuk penghematan bahan baku, akan tetapi biaya yang dibutuhkan serta operasional biaya listrik dibanding dengan penghematannya masih tergolong kecil pengaruhnya.

Substitusi kayu bakar dengan batok kelapa

Substitusi yang dilakukan sangat bermanfaat, karena arang yang dihasilkan batok kelapa bisa dijual kembali dan lebih laku dibandingkan dengan arang sisa pembakaran kayu bakar. Kendala substitusi ini adalah ketersediaan batok kelapa yang sulit dicari di pasaran.

Gambar 49. Arang Batok Kelapa

Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi sumber biogas dan penjernih air

Pemanfaatannya dirasakan sangat membantu masyarakat di sekitar tempat produksi. Bau dan limbah dapat dieliminir dan dihasilkan panas dan air jenih. Kendala yang dirasakan adalah biaya pembangunannya yang tinggi mencapai Rp 5 juta - 15 juta serta operasionalnya harus selalu diaktifkan agar tidak timbul bau. Perlu penelitian lebih lanjut, sehingga diperoleh hasil yang maksimal.

Gambar 50. Sistem Penanganan Limbah Cair Tahu

Ukuran dari sistem penanganan limbah ini adalah 8x4x6 meter (Gambar 50). Panas yang dihasilkan sampai saat ini belum termanfaatkan, sehingga disarankan untuk dibuat pemanasan sistem konduksi agar panas yang dihasilkan bisa dimanfaatkan untuk proses produksi yaitu pemasakan atau perebusan.

C. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Roti (Nurhasanah, 2005)

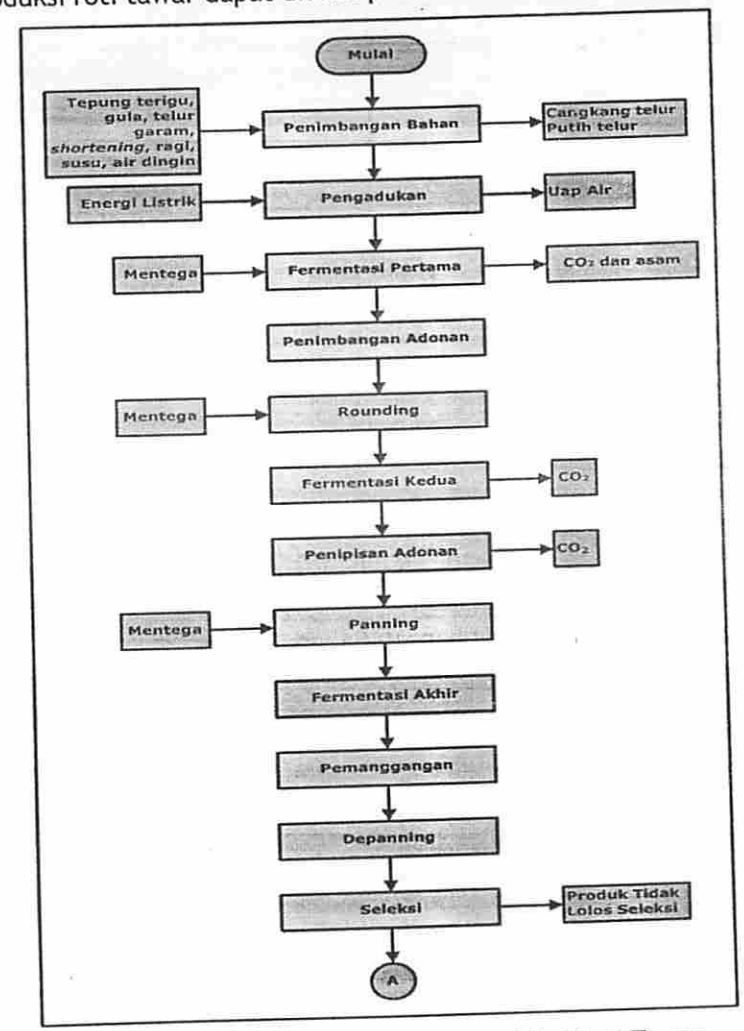
Pengantar

Berkembang pesatnya industri-industri pangan di Indonesia telah memberikan pengaruhnya terhadap peningkatan pendapatan devisa Negara khususnya sektor non migas, di samping menambah kesempatan kerja bagi masyarakat, khususnya di sekitar kawasan industri. Dampak positif ini sangat penting untuk memacu bangkitnya perekonomian Indonesia. Tetapi di sisi lain, terdapat suatu hal yang sama pentingnya untuk diperhatikan. Hal tersebut adalah pengaruh pendirian industri terhadap lingkungan, terutama jika industri belum menerapkan teknologi proses dan metode penanganan limbah industri yang memadai. Terhadap isu lingkungan tersebut, beberapa tahun terakhir telah diperkenalkan suatu pendekatan pemecahan masalah yang dapat menguntungkan perusahaan selain mengurangi beban pencemaran terhadap lingkungan, yaitu pendekatan produksi bersih.

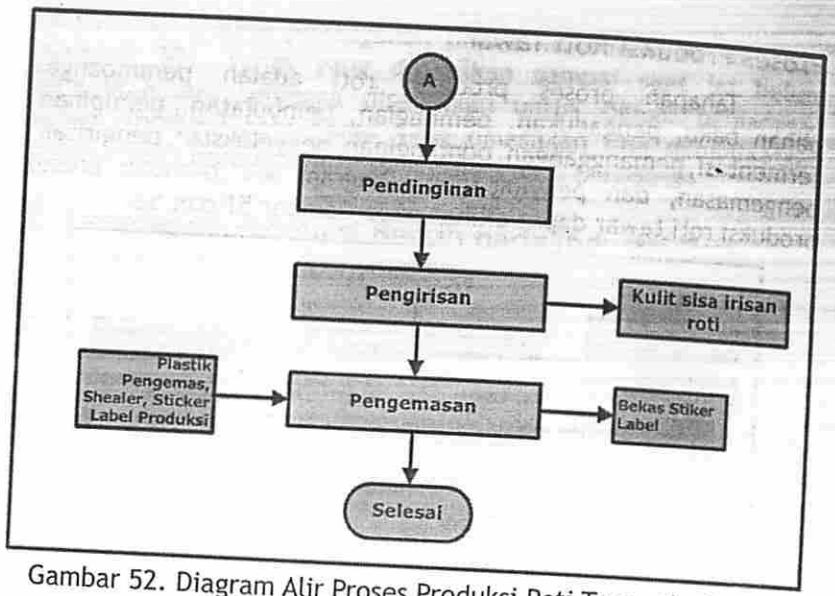
Dipandang dari sudut konsumennya, roti tidak hanya dikonsumsi masyarakat pekerja. Tetapi juga, anak-anak sampai pada orangtua. Sehingga tampak, bahwa penjualan produk ini memiliki segmen pasar yang sangat luas. Oleh sebab itu, sangatlah penting jika penerapan produksi dilakukan pada industri roti. Roti adalah makanan mengandung karbohidrat pengganti nasi yang dikonsumsi sebagian besar masyarakat Indonesia. Terutama, bagi masyarakat perkotaan yang dituntut untuk hidup serba cepat, sehingga roti dirasa cocok untuk dinikmati sebagai sarapan pagi sebagai pengganti nasi. Selain itu, kombinasi rasa yang dihasilkan dari roti dirasa lebih bervariasi. Mulai dari roti tawar ditambah selai, coklat, keju, telur, sosis hingga daging giling.

Proses Produksi Roti Tawar

Tahapan proses produksi roti adalah penimbangan bahan baku, pengadukan, pembagian, pembulatan, pemipihan, fermentasi, pemanggangan, pendinginan, penyeleksian, pengirisan, pengemasan, dan penyimpanan. Diagram alir tahapan proses produksi roti tawar dapat dilihat pada Gambar 51 dan 52.



Gambar 51. Diagram Alir Proses Produksi Roti Tawar



Gambar 52. Diagram Alir Proses Produksi Roti Tawar (lanjutan)

1. Penimbangan Bahan

Deskripsi Proses

Dalam pembuatan adonan roti, ditetapkan urutan tertentu dalam penimbangan bahan. Penimbangan dibagi menjadi empat kelompok seperti pada Tabel 28.

Tabel 28. Kelompok Penimbangan Bahan

Kelompok	Bahan
I	Tepung terigu, gula, susu, telur dan *shortening*
II	Garam
III	Ragi atau *yeast*
IV	Campuran air dan es

Air yang digunakan untuk pembuatan adonan adalah air yang telah dicampur dengan es, sehingga diperoleh hasil air dingin. Karena dianggap dengan air dingin, hasil pembentukan adonan

yang diperoleh lebih baik. Air yang telah dicampur es ditempatkan dalam wadah penampungan air yang diletakkan di samping *mixer*.

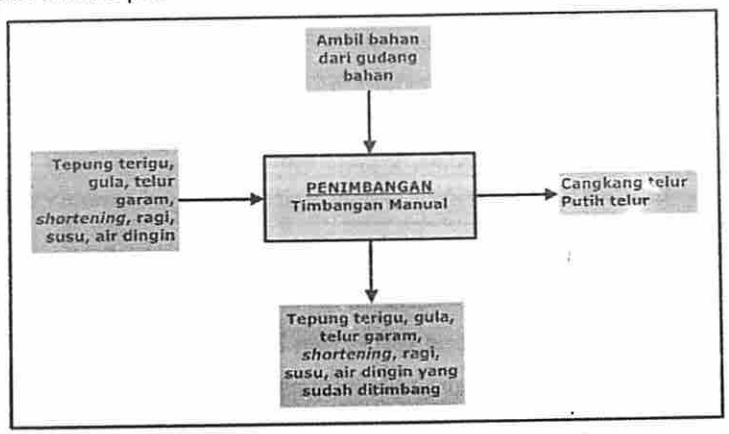
Ragi atau *yeast* yang telah ditimbang, ditempatkan dalam kemasan plastik. Begitu pula dengan garam yang telah ditimbang ditempatkan dalam kemasan plastik.

Kesalahan dalam penimbangan bahan akan berpengaruh terhadap penyimpanan produk roti yang dihasilkan. Sifat organoleptik roti dipengaruhi oleh penampakan, tekstur, dan citarasa.

Kelebihan atau kekurangan dalam penimbangan garam akan berpengaruh langsung terhadap kecepatan fermentasi dan rasa roti, sehingga penimbangan garam memegang peranan penting.

Input dan Output

Sistem kesetimbangan massa pada proses penimbangan dapat dilihat pada Gambar 53 dan Tabel 29.



Gambar 53. *Input* dan *output* Proses Penimbangan

Tabel 29. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Penimbangan

Input	*Output*
Tepung terigu (1000 gram)	Tepung terigu (1000 gram)
Gula (50 gram)	Gula (50 gram)
Garam (15 gram)	Garam (15 gram)
Kuning Telur (150 gram)	Kuning Telur (150 gram)
Shortening (80 gram)	*Shortening* (80 gram)
Ragi/*yeast* (15 gram)	Ragi/*yeast* (15 gram)
Susu (50 gram)	Susu (50 gram)
Air dingin (600 cc)	Air dingin (600 cc)

Identifikasi Munculnya Limbah

- Pada saat penimbangan tepung terigu, seringkali terjadi tepung yang tercecer di lantai karena tidak masuk dalam wadah timbangan.
- Begitu pula yang terjadi pada saat penimbangan gula, garam dan ragi/*yeast*.
- Pada saat pemisahan kuning telur dari putih telur, putih telur dan cangkang dibuang begitu saja.

Alternatif Produksi Bersih

- Karyawan lebih berhati-hati pada saat melakukan penimbangan tepung terigu dan bahan lain yang berbentuk *powder*.
- Putih telur dapat dijual kepada pengusaha *catering* atau pengusaha kue kering.
- Cangkang telur dapat dijual ke pekebun sayuran, peternak unggas atau penjual ramuan sup tradisional Cina.

2. Pengadukan (*mixing*)

Deskripsi Proses

Pencampuran adonan yang digunakan meliputi tepung terigu, gula, susu, kuning telur dan *shortening* dicampur dan diaduk dengan kecepatan lambat selama lebih kurang 5 menit. Setelah itu baru dimasukkan garam, dan menyusul dimasukkannya ragi atau *yeast*. Setelah itu, *mixer* diset dengan kecepatan tinggi, dan dimasukkan air es, hingga didapatkan adonan yang kalis.

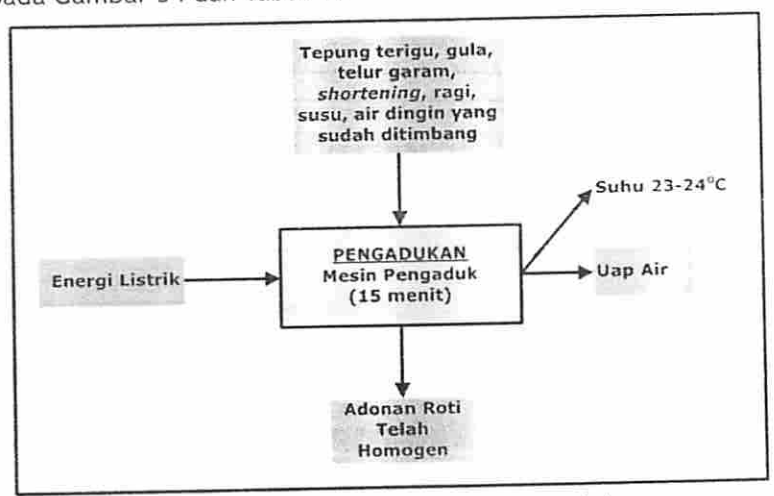
Cara menentukan adonan kalis yaitu adonan mengkilap, adonan tidak lengket pada wadah dan adonan bila direntangkan terlihat transparan.

Tujuan pengadukan atau pencampuran adalah meratakan bahan-bahan dan memaksimumkan pembentukan gluten.

Waktu yang dibutuhkan untuk pengadukan adalah selama 15 menit. Suhu adonan roti tawar setelah keluar dari mesin pengaduk adalah 23°- 24°C.

Input dan Output

Sistem kesetimbangan massa pada proses pengadukan dapat dilihat pada Gambar 54 dan Tabel 30.



Gambar 54. *Input* dan *Output* Pengadukan

Tabel 30. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Pengadukan

Input	*Output*
Tepung terigu (1000 gram)	Adonan Roti (1764 gram)
Gula (50 gram)	Adonan yang menempel di mesin pengaduk (196 gram)
Garam (15 gram)	
Kuning Telur (150 gram)	
Shortening (80 gram)	
Ragi/*yeast* (15 gram)	
Susu (50 gram)	
Air dingin (600 gram)	
Energi Listrik	Putaran mesin pengaduk

Identifikasi Munculnya Limbah

- Pada saat pengadukan terjadi, karyawan akan sesekali memasukkan air es ke dalam wadah *mixer* dengan menggunakan gayung. Seringkali air menetes dari gayung, yang menyebabkan lantai di dekat mesin pengaduk tercipta tetesan-tetesan air es.
- Adonan yang tersisa di mesin pengaduk.

Alternatif Produksi Bersih

- Pembuatan pipa aliran air es, agar air tidak menetes lagi dan pekerja tidak perlu lagi mengangkut air es dengan gayung, tetapi cukup memutar kran buka atau tutup.

3. Fermentasi Pertama

Deskripsi Proses

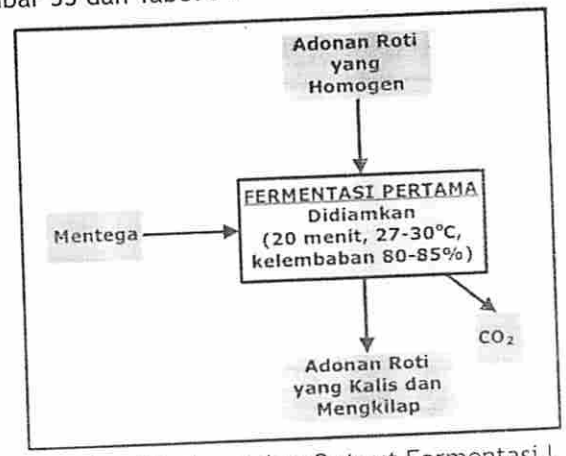
Setelah adonan kalis, maka adonan diangkat dari mesin pengaduk dan diletakkan di atas meja kerja untuk melakukan fermentasi pertama. Sebelum adonan diletakkan, meja kerja terlebih dahulu diolesi mentega terlebih dahulu.

Sel-sel khamir pada tahap ini akan memfermentasikan gula menjadi CO_2 dan asam-asam. CO_2 yang dihasilkan untuk

pengembangan adonan dan asam yang terbentuk untuk pembentukan aroma, melunakkan gluten dan citarasa roti.

Input dan Output

Sistem kesetimbangan massa pada proses fermentasi I dapat dilihat pada Gambar 55 dan Tabel 31.



Gambar 55. *Input* dan *Output* Fermentasi I

Tabel 31. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Fermentasi I

Input	*Output*
Adonan Roti yang homogen (1764 gram)	Adonan Roti yang kalis dan mengkilap (1764 gram)
Mentega	CO_2

4. Penimbangan Adonan Roti

Deskripsi Proses

Penimbangan adonan untuk adonan roti tawar dilakukan dengan menggunakan timbangan manual. Untuk roti tawar kupas ditimbang seberat 425 gram, sedangkan 400 gram untuk roti tawar kulit.

Penimbangan adonan dilakukan dengan cepat dan seakurat mungkin, karena fermentasi adonan akan dilanjutkan selama penimbangan. Penimbangan adonan dilakukan tidak lebih dari 15 menit.

Input dan Output

Sistem kesetimbangan massa pada proses penimbangan adonan roti dapat dilihat pada Gambar 56, Tabel 32 dan 33.

Gambar 56. *Input* dan *Output* Penimbangan Adonan Roti

Tabel 32. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Penimbangan Adonan Roti Tawar Kulit

Input	*Output*
Adonan Roti yang kalis dan mengkilap (1764 gram)	Adonan Roti Tawar sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)
	Sisa adonan (100 gram)

Tabel 33. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Penimbangan Adonan Roti Tawar Kupas

Input	*Output*
Adonan Roti yang kalis dan mengkilap (1764 gram)	Adonan Roti Tawar sebanyak 4 buah (@425 gram atau 1700 gram)
	Sisa adonan (46 gram)

5. *Rounding*

Deskripsi Proses

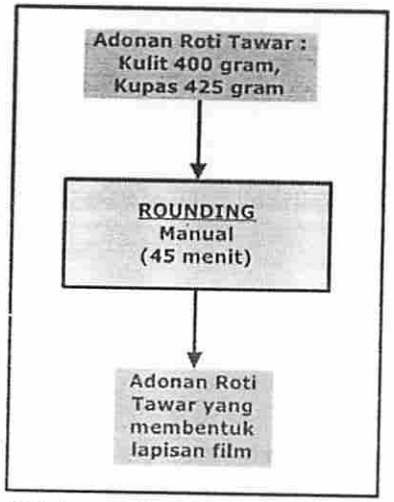
Rounding adalah pembentukan adonan menjadi bulatan yang masih dilakukan secara manual. Terbentuk lapisan film pada lapisan luar yang akan menahan gas yang dihasilkan selama fermentasi.

Adonan yang telah ditimbang dan tidak dilakukan *rounding*, maka gas yang terbentuk akan banyak menguap dan menghilang, sehingga menghasilkan bentuk yang tidak bagus pada saat dilakukan *molding*.

Rounding itu sendiri berfungsi untuk membentuk lapisan pelindung adonan, sehingga mencegah penguapan gas yang berlebihan untuk mengurangi kelengketan adonan dan mengurangi penggunaan tepung terigu pada saat *molding*.

Input dan output

Sistem kesetimbangan massa pada proses *rounding* dapat dilihat pada Gambar 57, Tabel 34 dan 35.



Gambar 57. *Input* dan *Output* Proses *Rounding*

Tabel 34. Sistem Kesetimbangan Massa Proses *Rounding* Roti Tawar Kulit

Input	*Output*
Adonan Roti Tawar sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)	Adonan Roti Tawar yang telah membentuk lapisan *film* sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)

Tabel 35. Sistem Kesetimbangan Massa Proses *Rounding* Roti Tawar Kupas

Input	*Output*
Adonan Roti Tawar sebanyak 4 buah (@425 gram atau 1700 gram)	Adonan Roti Tawar yang telah membentuk lapisan *film* sebanyak 4 buah (@425 gram atau 1700 gram)

6. Fermentasi Kedua

Deskripsi Proses

Fermentasi kedua bertujuan untuk mengistirahatkan adonan setelah dilakukan *rounding*, yaitu sekitar 20 menit, sehingga proses fermentasi adonan akan tetap berlanjutkan.

Input dan output

Sistem kesetimbangan massa pada proses fermentasi II dapat dilihat pada Gambar 58 dan Tabel 36.

Gambar 58. *Input* dan *Output* Proses Fermentasi II

Tabel 36. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Fermentasi II Roti Tawar Kulit

Input	*Output*
Adonan Roti Tawar yang telah membentuk lapisan *film* sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)	Adonan Roti Tawar yang elastis dan mengembang sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)

Tabel 37. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Fermentasi II Roti Tawar Kupas

Input	*Output*
Adonan Roti Tawar yang telah membentuk lapisan *film* sebanyak 4 buah (@425 gram atau 1700 gram)	Adonan Roti Tawar yang elastis dan mengembang sebanyak 4 buah (@425 gram atau 1700 gram)

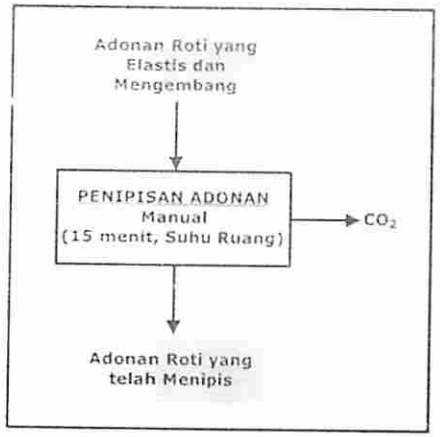
7. Penipisan Adonan

Deskripsi Proses

Tahap penipisan adonan bertujuan untuk membuang gas CO_2 sehingga memudahkan pencetakan adonan.

Input dan output

Sistem kesetimbangan massa pada proses penipisan adonan dapat dilihat pada Gambar 59 dan Tabel 38.



Gambar 59. *Input* dan *Output* Penipisan Adonan

Tabel 38. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Penipisan Adonan

Input	*Output*
Adonan Roti Tawar yang elastis dan mengembang sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)	Adonan Roti Tawar telah menipis sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)
	CO_2

8. *Panning*

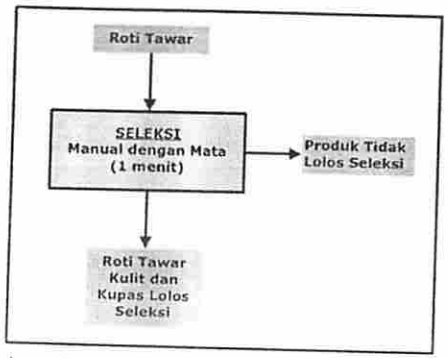
Deskripsi Proses

Panning adalah proses penempatan adonan yang telah dibentuk ke dalam loyang bersih dan diminyaki. Minyak berfungsi sebagai pengemulsi dan proses pemberiannya dengan mengoles loyang. Minyak yang digunakan adalah *Masterline Croma Mol X*. Faktor penting yang harus diperhatikan pada saat *panning* adalah sambungan adonan harus berada di bagian bawah. Hal ini, bertujuan untuk mengurangi kemungkinan terbukanya adonan pada saat pemanggangan.

Input dan Output

Sistem kesetimbangan massa pada proses *panning* dapat dilihat pada Gambar 60 dan Tabel 39.

Gambar 60. *Input* dan *Output* Proses *Panning*



Gambar 64. *Input* dan *Output* Proses Seleksi

Tabel 43. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Seleksi

Input	*Output*
Roti Tawar sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)	Roti tawar lolos seleksi sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)

Identifikasi Munculnya Limbah

- Produk cacat, seperti roti yang tidak mengembang sempurna, warna yang tidak merata, tidak akan dimanfaatkan oleh perusahaan

Alternatif Produksi Bersih

- Roti yang tidak lolos seleksi dapat diolah menjadi pakan ternak

12. Pendinginan

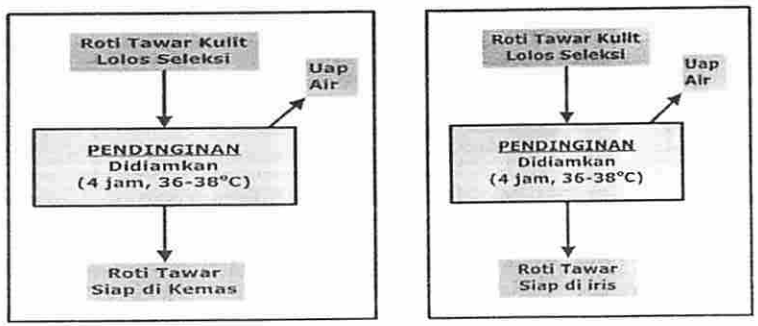
Deskripsi Proses

Setelah diseleksi, maka roti tawar diletakkan pada rak bertingkat. Proses pendinginan berlangsung di rak bertingkat ini. Dan waktu yang ditempuh untuk menjadi dingin adalah selama kurang lebih 4 jam.

Bila roti telah dingin, maka rak bertingkat harus dipindahkan ke dekat area pengemasan untuk dilakukan pengirisan dan pengemasan roti tawar.

Input dan Output

Sistem kesetimbangan massa pada proses pendinginan dapat dilihat pada Gambar 65 dan Tabel 44.



Gambar 65. *Input* dan *Output* Proses Pendinginan Roti Tawar Kulit dan Kupas

Tabel 44. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Pendinginan

Input	*Output*
Roti tawar lolos seleksi sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)	Roti tawar telah dingin sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)

13. Pengirisan

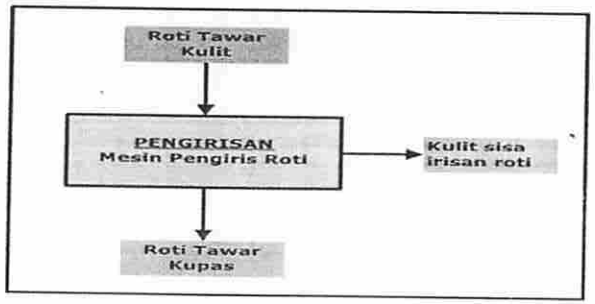
Deskripsi Proses

Pengirisan roti tawar dimulai setelah suhunya turun menjadi 36°-38°C. Pengirisan dilakukan oleh mesin pengiris roti (*slicer machine*). Biasanya untuk roti tawar, pengirisan menghasilkan 13 irisan.

Irisan roti tawar bagian paling atas dibuang, sehingga jumlah irisan tiap bungkus menjadi 12 irisan (*slice*). Roti tawar yang telah diiris tersebut kemudian dipindahkan ke meja *packing*.

Input dan Output

Sistem kesetimbangan massa pada proses pengirisan dapat dilihat pada Gambar 66 dan Tabel 45.



Gambar 66. *Input* dan *Output* Pengirisan

Tabel 45. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Pengirisan Roti Tawar Kupas

Input	*Output*
Roti tawar kulit sebanyak 4 buah (@425 gram atau 1700 gram)	Roti tawar kupas sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)
	Sisa irisan Kulit (100 gram)

Identifikasi Munculnya Limbah

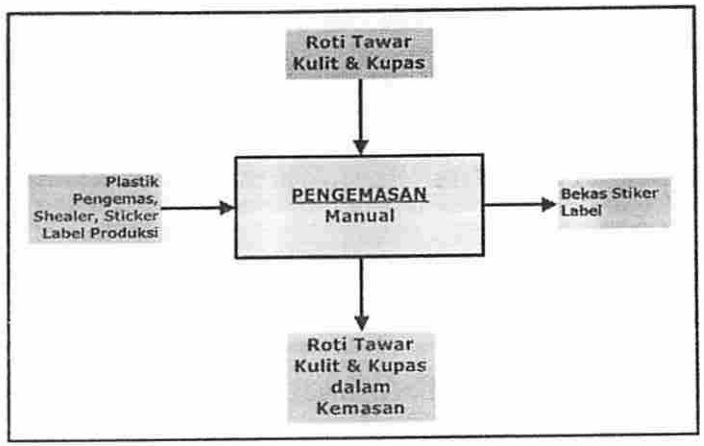
- Kulit sisa irisan roti yang seringkali diletakkan dan dibiarkan mengering di belakang dan di atas *oven*

Alternatif Produksi Bersih

- Menyediakan wadah khusus untuk kulit sisa irisan roti yang menumpuk.

14. Pengemasan

Setelah roti tawar diiris, maka roti tawar siap untuk dikemas dalam plastik. Roti tawar dimasukkan dalam kemasan plastik, kemudian ditutup atau dikunci dengan *seal* pengunci plastik dan diberi kode produksi, yang memberikan informasi tentang waktu kadaluarsa produk. Sistem kesetimbangan massa proses pengemasan dapat dilihat pada Gambar 67 dan Tabel 46.



Gambar 67. *Input* dan *Output* Proses Pengemasan Roti Tawar Kulit dan Kupas

Tabel 46. Sistem Kesetimbangan Massa Proses Pengemasan Roti Tawar Kulit dan Kupas

Input	*Output*
Roti tawar kulit sebanyak 4 buah (@400 gram atau 1600 gram)	Roti tawar kulit sebanyak 4 buah telah dikemas plastik (@400 gram atau 1600 gram)

15. Penyimpanan

Setelah produk dikemas, maka produk akan diatur kembali dalam rak bertingkat untuk disimpan dalam gudang produk. Jika mobil pemasaran sudah siap, produk dapat langsung disusun di mobil.

16. Pasca Pemasaran

Deskripsi Proses

Roti dipasarkan selama 2 hari dengan menggunakan mobil. Jika tidak laku dalam dua hari, maka roti harus diturunkan dari mobil.

Identifikasi Munculnya Limbah

- Roti yang tidak laku, dibagikan ke karyawan dan masyarakat sekitar
- Jika masih bersisa juga, akan dibiarkan mengering, untuk digiling menjadi tepung panir jika ada yang memesan.

Alternatif Produksi Bersih

- Mengolah roti yang tidak laku menjadi Roti Bagelen.

Peluang Penerapan Produksi Bersih

Produksi bersih merupakan suatu pendekatan yang bermanfaat untuk meminimasi dan mencegah adanya limbah pada aktivitas proses produksi. Adanya program produksi bersih, maka akan memberikan keuntungan bagi perusahaan dan masyarakat sekitar.

Pembahasan penerapan produksi bersih akan dilakukan berdasarkan unit operasi atau kegiatan produksi yang telah dijelaskan sebelumnya. Peluang penerapan produksi bersih pada Industri Roti dapat dilihat pada Tabel 47.

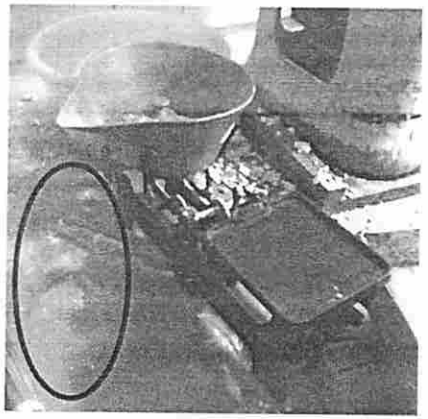
Tabel 47. Peluang Penerapan Produksi Bersih

PROSES	MASALAH	PELUANG PRODUKSI BERSIH
Penimbangan Bahan	1. Tepung terigu tercecer di lantai	Dikumpulkan untuk bahan baku pakan ternak
	2. Putih telur dibuang	Dijual ke pengusaha *catering* atau produsen kue kering
	3. Cangkang telur dibuang	Dijual ke produsen makanan/minuman ramuan tradisional Dijual ke peternak Dijual ke pekebun sayuran
	4. Karung terigu	Dijual ke pengrajin seprei
	5. Kardus bekas susu *evaporated*	Dijual ke *supplier* daur ulang kardus
Pengadukan	6. Air menetes di lantai	Mendesain pipa yang langsung terhubung ke *mixer*
	7. Sisa adonan di *mixer*	Diproduksi kembali untuk dijual sebagai pakan ternak
Depanning	8. Koran tercecer di lantai	Mengganti dengan sarung tangan tahan panas
Pengirisan	9. Kulit sisa irisan roti ditempatkan di belakang *oven*	Mendesain wadah khusus untuk kulit sisa irisan roti dan produk tidak lolos seleksi
Pencucian loyang	10. Menggunakan air mengalir	Mendesain pencucian loyang dengan sistem *batch*
Pasca Pemasaran	11. Produk tidak laku dibagikan ke masyarakat / pekerja / dibuang	Produk diproses kembali menjadi Roti Bagelen

Selain itu, terdapat beberapa usulan yang dikategorikan sebagai usulan penerapan produksi bersih dari sisi *Good house-keeping*.

Gambar 68. Ceceran Tepung Terigu di Lantai

1. Tepung terigu yang tercecer dilantai merupakan suatu kejadian yang tidak efisien, karena mengurangi jumlah persediaan tepung terigu akibat seringnya tepung terigu tercecer pada saat menimbang bahan (Gambar 68). Hal ini dapat dihindari dengan memberikan penjelasan kepada pekerja pentingnya untuk cermat dalam menuangkan terigu pada saat penimbangan bahan baku, karena semakin sedikit terigu yang tercecer akan semakin optimal penggunaan bahan baku pada proses produksi.



Gambar 69. Ceceran Adonan Roti di Lantai

2. Sisa adonan yang tercecer di lantai merupakan limbah padat yang mengotori lantai produksi (Gambar 69). Sisa adonan yang tercecer di lantai menyebabkan lantai menjadi licin, sehingga membahayakan keselamatan kerja pekerja. Oleh sebab itu, harus disediakan wadah khusus untuk menampung sementara sisa adonan agar tidak tercecer di lantai dan adonan yang tercecer tersebut harus segera disapu atau diangkat, agar tidak menyebabkan lantai licin.

3. Kulit sisa irisan roti sebaiknya tidak dibiarkan menumpuk di belakang dan di atas *oven* (Gambar70). Selain tidak sedap dipandang mata, juga menghindari hal-hal yang tidak diinginkan, misalnya jika sudah membusuk, bakterinya dapat berterbangan terbawa angin dan mempengaruhi proses produksi yang berada dalam satu lantai produksi yang interaksinya sangat dekat. Dan hal ini tentunya dapat mempengaruhi optimalitas produk yang dihasilkan.

Gambar 70. Tumpukan Kulit Sisa Irisan Roti

4. Mesin yang rusak atau tidak dipergunakan sementara, sebaiknya dapat disimpan di gudang (Gambar 71). Selain memenuhi lantai produksi dengan peralatan yang tidak produktif, bisa saja bagian produksi menjadi lupa bahwa ada mesin yang rusak, karena diletakkan di sembarang tempat, bukan di gudang.

Gambar 71. Mesin Rusak

Gambar 72.Peletakan BarangTidak Pada Tempatnya

5. Pekerja atau siapa saja yang berinteraksi dengan lantai produksi, sebaiknya tidak meletakkan barang yang bukan pada tempatnya (Gambar 72). Hal ini akan mengganggu proses produksi, dan konsentrasi bekerja. Dalam hal ini, yang terlihat adalah adanya botol yang diletakkan di atas meja *packing* dan mesin. Dari usulan alternatif di atas, maka dapat terlihat manfaat atau kelebihan yang dapat diambil dari sisi lingkungan berdasarkan penerapan produksi bersih yang diusulkan.

D. Penerapan Produksi Bersih ada Industri *Nata De Coco* (Hakimi, 2005)

Pengantar

Kelapa yang dibudidayakan di Indonesia pada umumnya adalah kelapa dalam dan kelapa hibrida. Buah kelapa terdiri dari kulit luar, sabut, tempurung, kulit daging (testa), daging buah, air kelapa, dan lembaga. Setiap butir kelapa dalam dan hibrida mengandung air kelapa masing-masing sebanyak 300 dan 230 ml dengan berat jenis rata-rata 1,02 dan pH agak asam (5,6). Air kelapa mengandung sedikit karbohidrat, protein, lemak, dan beberapa mineral. Kandungan zat gizi ini tergantung kepada umur buah. Disamping zat gizi tersebut, air kelapa juga mengandung berbagai asam amino bebas. Pada Tabel 48 dapat dilihat kandungan zat gizi air kelapa tua dan muda (http://warintek.progressio.or.id/ttg/ pangan/ perkebunan.htm).

Tabel 48. Kandungan Zat Gizi Air Kelapa Tua dan Muda per 100 gram

Zat gizi	Muda	Tua
Kalori (K)	17,0	-
Lemak (gram)	0,20	0,14
Protein (gram)	1,00	1,50
Karbohidrat (gram)	3,80	4,60
Kalsium (mg)	15,00	-
Fosfor (mg)	8,00	0,50
Besi (mg)	0,20	-
Vitamin C (mg)	1,00	-
Air (gram)	95,50	91,50

Sumber:http://warintek.ristek.go.id/pangan/umum/tanaman perkebunan.pdf

Air kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam pembuatan *nata de coco*. Usaha ini berpotensi untuk dikembangkan sebagai lahan usaha yang mampu menyerap tenaga kerja dan memberikan tambahan penghasilan. Hal ini tentu dapat meningkatkan jumlah agroindustri *nata de coco* di Indonesia.

Perkembangan jumlah agroindustri *nata de coco*, akan mengakibatkan semakin besarnya limbah yang dihasilkan dari industri ini. Berdasarkan tinjauan di lapangan, limbah yang paling banyak dihasilkan berupa cairan (limbah cair) dan limbah padat. Limbah yang dihasilkan ini dapat menimbulkan kerusakan bagi lingkungan jika dibuang bukan pada tempatnya. Limbah ini bisa mengakibatkan terjadinya pencemaran air, pencemaran udara, pencemaran lahan pertanian dan sebagainya.

Limbah yang dihasilkan dari aktivitas industri *nata de coco* pasti ada dan sulit untuk dihindari. Penanganan limbah ini biasanya butuh biaya yang besar, sehingga banyak perusahaan yang mengabaikan bahaya dari limbah ini. Sebenarnya besarnya jumlah dan intensitas limbah yang muncul bisa dikurangi dengan menerapkan konsep produksi bersih pada industri *nata de coco*. Penerapan konsep produksi bersih ini akan memberikan keuntungan bagi perusahaan dan mengurangi aktivitas penanganan limbah.

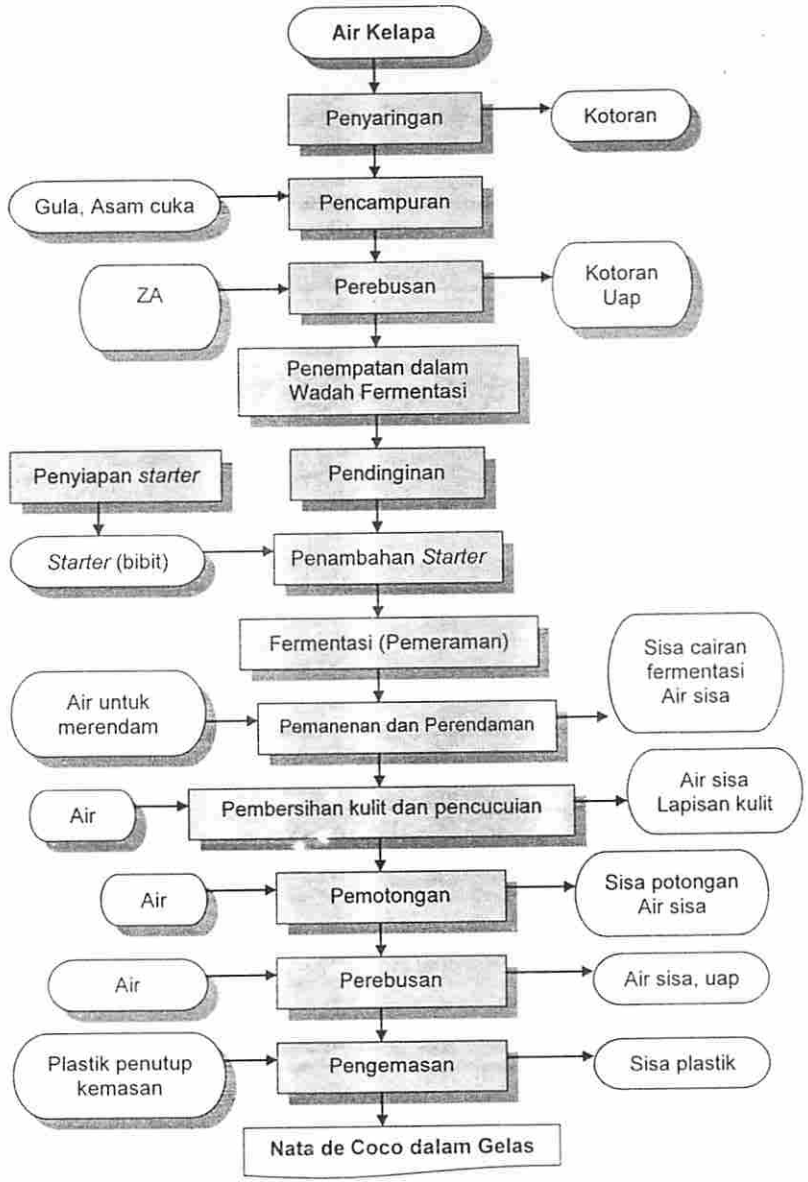
Oleh karena itu, industri *nata de coco* sebagai salah satu industri yang banyak terdapat di wilayah Bogor perlu melakukan upaya untuk menerapkan konsep produksi bersih yang sebaik-baiknya.

Deskripsi Proses Produksi dan Opsi Produksi Bersih

Untuk produksi *nata de coco*, maka tahap awalnya adalah dengan terlebih dahulu mempersiapkan *starter* yang akan digunakan dalam fermentasi. Proses pembuatan *starter* adalah penyaringan, perebusan, penuangan larutan ke dalam botol, penambahan biakan murni, dan terakhir pemeraman. Diagram alir proses pembuatan *starter* atau bibit *nata de coco* dapat dilihat pada Gambar 73.

Proses produksi *nata de coco* itu sendiri terdiri dari penyaringan, perebusan, penempatan dalam wadah fermentasi, pendinginan, penambahan *starter*, fermentasi (pemeraman), pemanenan, pembersihan kulit, pemotongan, perebusan, dan pengemasan. Diagram alir proses pembuatan *nata de coco* dapat dilihat pada Gambar 74.

Gambar 73. Diagram Alir Pembuatan *Starter*/bibit *nata de coco*



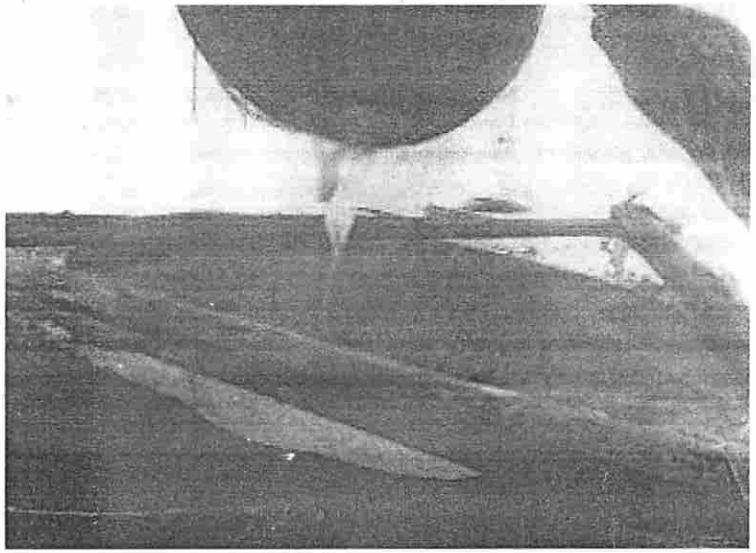
Gambar 74. Diagram Alir Proses Pembuatan *Nata de coco*.

Deskripsi Proses Pembuatan *Starter*

1. Penyaringan

***Deskripsi proses*:**

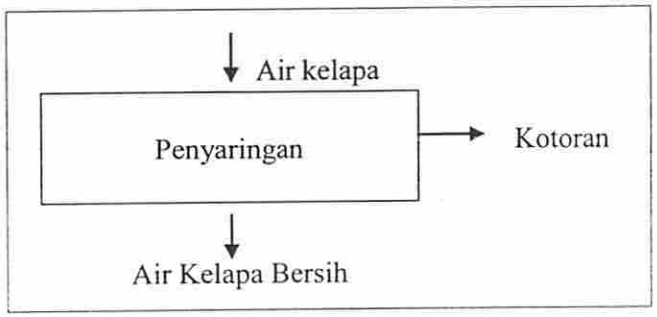
Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *starter* adalah air kelapa yang pada umumnya masih kotor. Agar air kelapa ini bersih dari kotoran dan kontaminan fisik lainnya, maka air kelapa ini disaring dengan menggunakan saringan yang terbuat dari kain kasa. Proses penyaringan air kelapa dapat dilihat pada Gambar 75.



Gambar 75. Penyaringan Air Kelapa

***Kesetimbangan massa*:**

Sistem kesetimbangan massa pada proses penyaringan dapat dilihat pada Gambar 76 dan Tabel 49.



Gambar 76. Sistem Keseimbangan Massa pada Proses Penyaringan

Tabel 49. *Input* dan *Output* pada Proses Penyaringan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa	102 liter	Air kelapa bersih	99,96 liter
		Kotoran (1%)	1,02 liter
		Losess (1%)	1,02 liter
	102 liter		99,96 liter

***Identifikasi munculnya limbah*:**

Pada tahap ini muncul produk lain selain air kelapa yang sudah bersih atau jernih, yaitu kotoran dalam bentuk padat (serpihan sabut kelapa, daging buah, tempurung kelapa). Semua komponen ini pada dasarnya banyak mengandung bahan organik.

***Opsi produksi bersih*:**

Memanfaatkan kotoran hasil penyaringan (serpihan sabut kelapa, daging buah dan tempurung) untuk membuat pupuk.

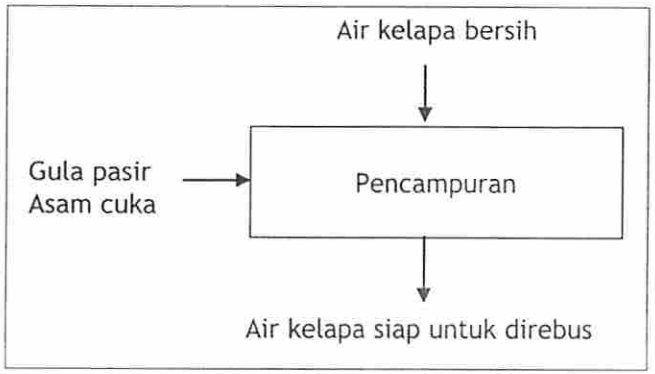
2. Pencampuran

***Deskripsi proses*:**

Air kelapa yang sudah bersih atau jernih dimasukkan ke dalam dandang, kemudian ditambahkan gula dan asam cuka. Setiap 100 liter ditambahkan 1440 ml (6 x gelas plastik @ 240 ml) dan 750 ml asam cuka.

***Kesetimbangan massa*:**

Sistem kesetimbangan massa pada proses pencampuran ini dapat dilihat pada Gambar 77 dan Tabel 50.



Gambar 77. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pencampuran

Tabel 50. *Input* dan *Output* pada Proses Pencampuran

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa bersih	99,96 liter	Air kelapa siap direbus	101,639 liter
Gula pasir	1,44 liter	*Losess* (0,5%)	0,511 liter
Asam cuka	0,75 liter		
	102,15 liter		102,15 liter

3. Perebusan

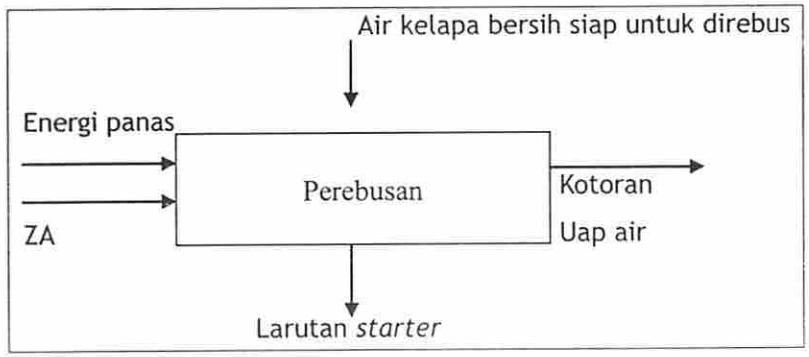
***Deskripsi proses*:**

Air kelapa yang sudah dicampur dengan gula dan asam cuka, kemudian direbus dengan menggunakan dandang besar di atas api hingga mendidih. Tujuan perebusan ini adalah untuk membunuh mikroorganisme dan kontaminan biologis yang terdapat dalam air kelapa. Selama perebusan air kelapa harus diaduk. Setelah panas, tambahkan ZA, setiap 100 liter ditambahkan ZA sebesar 480 ml (2 x gelas plastik @ 240 ml), lalu direbus hingga mendidih. Aduk hingga larutan tercampur dan memiliki pH 3-4.

Gambar 78. Perebusan Air Kelapa

***Kesetimbangan massa*:**

Sistem kesetimbangan massa pada proses perebusan ini dapat dilihat pada Gambar 79 dan Tabel 51.



Gambar 79. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Perebusan

Tabel 51. *Input* dan *Output* pada Proses Perebusan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa siap direbus	101,639 liter	Larutan *starter*	101,105 liter
ZA	0,488 liter	Kotoran (0.5%)	0,511 liter
		Uap air	0,511 liter
Energi panas		Panas untuk perebusan	
	102,127 liter		102,127 liter

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap ini muncul produk lain selain larutan *starter* yaitu kotoran dalam bentuk padat dan semi padat. Semua komponen ini pada dasarnya banyak mengandung bahan organik.

Opsi produksi bersih:

Memanfaatkan kotoran yang masih ada pada saat perebusan untuk pembuatan pupuk.

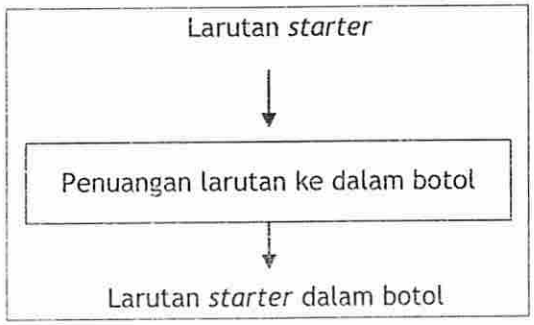
4. Penuangan larutan ke dalam botol

Deskripsi proses:

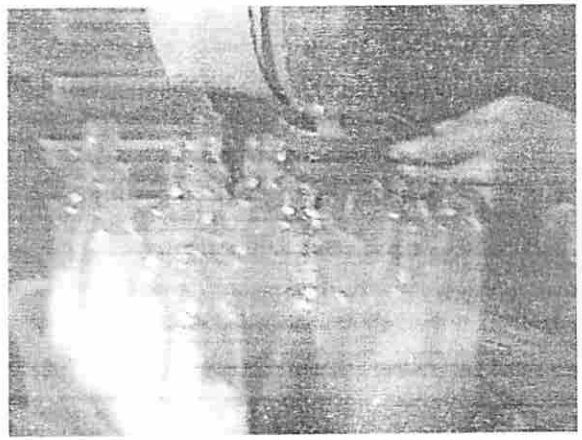
Larutan *starter* dari hasil perebusan dituangkan kedalam botol yang sudah steril dalam keadaan masih panas atau suam-suam kuku dengan menggunakan corong dan cangkir. Setiap botol diisi larutan 500 ml (Gambar 81).

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses penuangan larutan ke dalam botol ini dapat dilihat pada Gambar 80 dan Tabel 52.



Gambar 80. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penuangan



Gambar 81. Penuangan Larutan ke Dalam Botol

Tabel 52. *Input* dan *Output* pada Proses Penuangan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Larutan *starter*	101,105 liter	Larutan *starter* dalam botol	100,094 liter
		Losess (1%)	1,01105 liter
	101,105 liter		101,105 liter

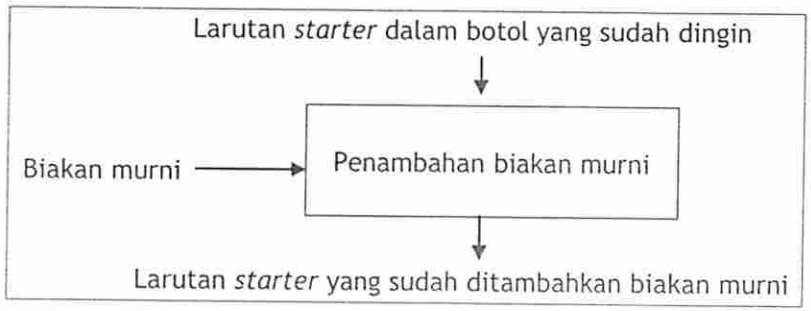
5. Penambahan biakan murni

***Deskripsi proses*:**

Penambahan biakan murni dilakukan setelah larutan dingin. Jumlah biakan murni yang ditambahkan sebesar 60 ml untuk setiap botol.

***Kesetimbangan massa*:**

Sistem kesetimbangan massa pada proses penambahan biakan murni ini dapat dilihat pada Gambar 82 dan Tabel 52 .



Gambar 82. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penambahan Biakan

Tabel 53. *Input* dan *Output* pada Proses Penambahan Biakan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Larutan *starter* dalam botol yang sudah dingin	100,094 liter	Larutan *starter* yang sudah ditambahkan biakan murni	112,105 liter
Biakan murni	12,011 lt		
	112,105 liter		112,105 liter

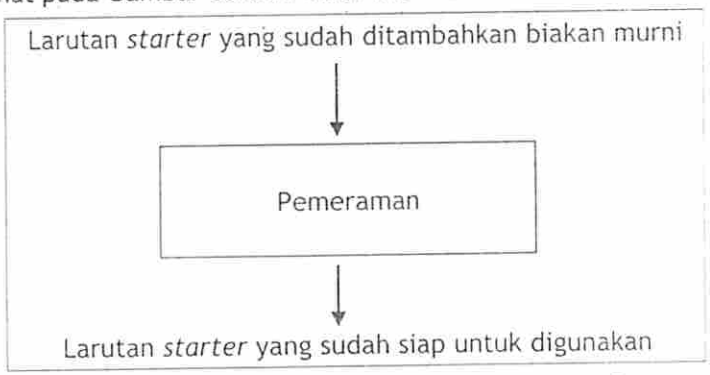
6. Pemeraman

***Deskripsi proses*:**

Setelah penambahan *starter*, botol ditutup dan diikat kembali hingga benar-benar rapat, kemudian disimpan di ruang inkubasi. Setelah satu minggu, di permukaan media akan terbentuk lapisan tipis berwarna putih, yang berarti *starter* sudah jadi dan siap untuk digunakan.

***Kesetimbangan massa*:**

Sistem kesetimbangan massa pada proses pemeraman dapat dilihat pada Gambar 83 dan Tabel 54.



Gambar 83. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pemeraman

Tabel 54. *Input* dan *Output* pada Proses Pemeraman

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Larutan *starter* yang sudah ditambahkan biakan murni	112,105 liter	Larutan *starter* yang sudah siap untuk digunakan	112,105 liter
	112,105 liter		112,105 liter

Dari proses pembuatan *starter* ini, diperoleh larutan *starter* yang siap untuk digunakan sebanyak ± **200 botol.**

Deskripsi Proses Pembuatan *Nata de coco*

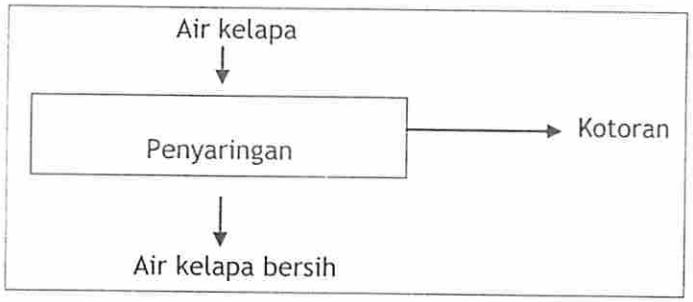
1. Penyaringan

Deskripsi proses:

Bahan baku yang digunakan dalam pembuatan *nata de coco* adalah air kelapa yang pada umumnya masih kotor. Agar air kelapa ini bersih dari kotoran dan kontaminan fisik lainnya, maka air kelapa ini disaring dengan menggunakan saringan yang terbuat dari dari kain kasa.

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses penyaringan ini dapat dilihat pada Gambar 84 dan Tabel 55 di bawah ini.



Gambar 84. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan

Tabel 55. *Input* dan *Output* pada Proses Penyaringan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa	1500 liter	Air kelapa bersih	1470 liter
		Kotoran (1%)	15 liter
		Losess (1%)	15 liter
	1500 liter		1500liter

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap ini muncul produk lain selain air kelapa yang sudah bersih atau jernih, yaitu kotoran dalam bentuk padat (serpihan sabut kelapa, daging buah, tempurung kelapa). Semua komponen ini pada dasarnya banyak mengandung bahan organik.

Opsi produksi bersih:

Memanfaatkan kotoran hasil penyaringan (serpihan sabut kelapa, daging buah, dan tempurung) untuk pembuatan pupuk.

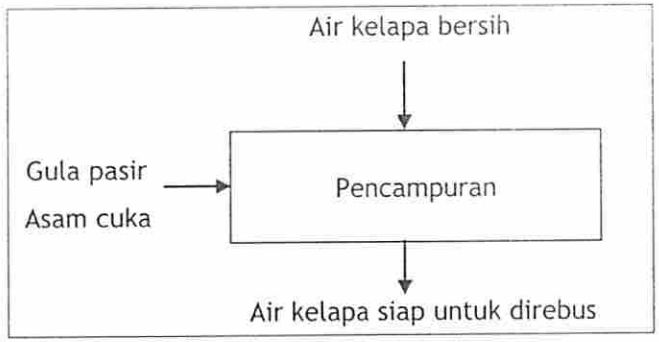
2. Pencampuran

Deskripsi proses:

Air kelapa yang sudah bersih atau jernih dimasukkan ke dalam dandang, kemudian ditambahkan gula dan asam cuka. Setiap 100 liter ditambahkan 960 ml (4 x gelas plastik @ 240 ml) dan 600 ml asam cuka.

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses pencampuran ini dapat dilihat pada Gambar 85 dan Tabel 56.



Gambar 85. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pencampuran

Tabel 56. *Input* dan *Output* pada Proses Pencampuran

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa bersih	1470 liter	Air kelapa siap direbus	1485,467 liter
Gula pasir	14,112 liter	*Losess* (0,5%)	7,465 liter
Asam cuka	8,820 liter		
	1492,932 liter		1492,932 liter

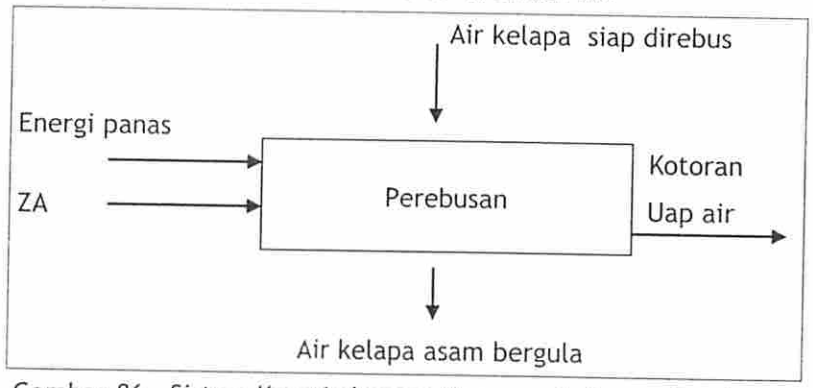
3. Perebusan

Deskripsi proses:

Air kelapa yang sudah bersih atau jernih direbus dengan menggunakan dandang besar di atas api hingga mendidih. Tujuan perebusan ini adalah untuk membunuh mikroorganisme dan kontaminan biologis yang terdapat dalam air kelapa. Selama perebusan air kelapa harus diaduk. Setelah panas, ditambahkan ZA, setiap 100 liter ditambahkan ZA sebanyak 480 ml, kemudian direbus hingga mendidih, diaduk hingga larutan tercampur. Larutan ini harus memiliki pH 3-4.

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses perebusan dapat dilihat pada Gambar 86 dan Tabel 57 di bawah ini.



Gambar 86. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Perebusan

Tabel 57. *Input* dan *output* pada Proses Perebusan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa siap direbus	1485,467 liter	Air kelapa asam bergula	1477,671 liter
ZA	7,130 liter	Kotoran (0,5%)	7,463 liter
		Uap air	7,463 liter
Energi panas		Panas untuk perebusan	
	1492,597 liter		1492,597 liter

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap ini muncul produk lain selain air kelapa asam bergula yaitu kotoran dalam bentuk padat dan semi padat. Semua komponen ini pada dasarnya banyak mengandung bahan organik.

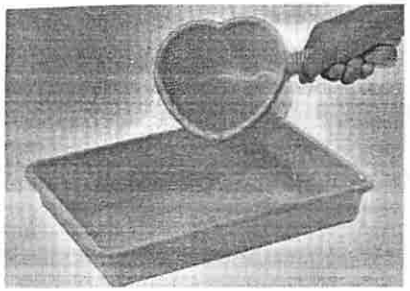
Opsi produksi bersih:

Memanfaatkan kotoran yang masih ada pada saat perebusan untuk membuat pupuk.

4. Penempatan dalam wadah fermentasi

Deskripsi proses:

Air kelapa asam bergula dari hasil perebusan dituangkan kedalam wadah fermentasi (baki/loyang) dalam keadaan masih panas atau suam-suam kuku dengan menggunakan gayung (Gambar 87). Setiap baki atau loyang diisi satu gayung larutan (sekitar 1,25 liter)



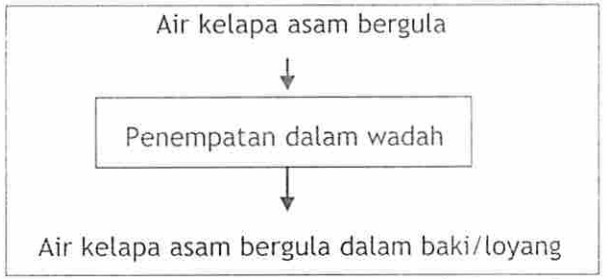
(a)

(b)

Gambar 87. a dan b. Penuangan Air Kelapa ke dalam Wadah Fermentasi

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses penempatan dalam wadah fermentasi ini dapat dilihat pada Gambar 88 dan Tabel 58.



Gambar 88. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penempatan dalam Wadah Fermentasi

Tabel 58. *Input* dan *Output* Pada Proses Penempatan dalam Wadah Fermentasi

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa asam bergula	1477,671 liter	Air kelapa asam bergula dalam baki/ loyang*	1470,283 liter
		Losess (0,5%)	7,388 liter
	1477,671 liter		1477,671 liter

* Diperoleh sebanyak (1470,283 liter : 1,25 liter) = 1176,2264 loyang

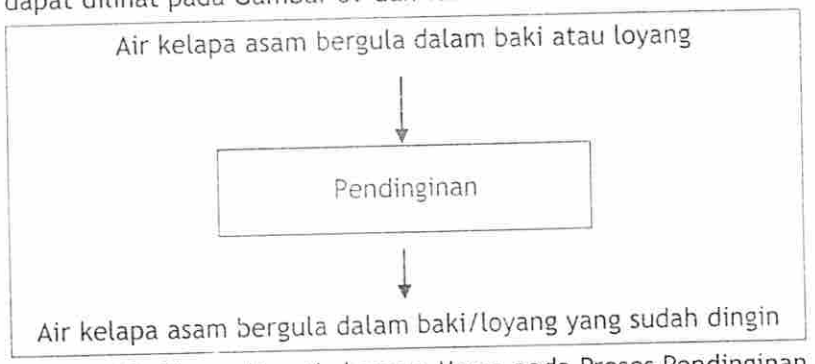
5. Pendinginan

Deskripsi proses:

Setelah agak dingin, baki atau loyang disimpan di dalam rak fermentasi. Baki atau loyang ditutup dengan kertas koran bersih dan diikat dengan karet gelang dan dibiarkan selama 24 jam. Tujuan pendinginan ini adalah agar pada saat pembibitan (penambahan *starter*), bakteri yang terdapat dalam *starter* tidak mati, karena jika penambahan *starter* dilakukan pada saat media dalam keadaan panas, maka bakteri tersebut akan mati.

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses pendinginan ini dapat dilihat pada Gambar 89 dan Tabel 59 di bawah ini.



Gambar 89. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pendinginan

Tabel 59. *Input* dan *Output* pada Proses Pendinginan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Air kelapa asam bergula dalam baki/ loyang	1470,283 liter	Air kelapa asam bergula dalam baki/ loyang yang sudah dingin	1470,283 liter
	1470,283 liter		1470,283 liter

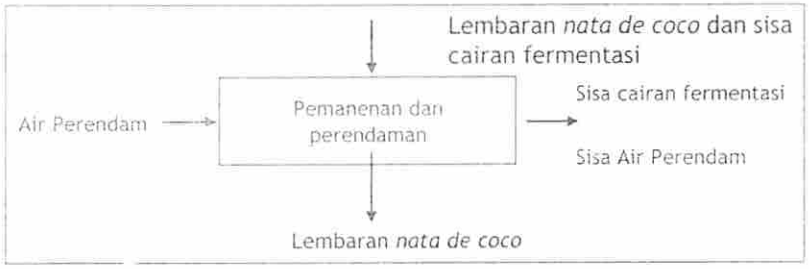
8. Pemanenan

Deskripsi proses:

Setelah proses fermentasi (pemeraman) selama 1 minggu (7 hari), *nata* tersebut siap untuk dipanen. Pemanenan dilakukan pada hari yang sama dengan saat dimulainya fermentasi. Lembaran *nata de coco* yang dipanen disortir menurut kriteria mutu, yang dilihat berdasarkan warna, bau, ketebalan dan ada/tidaknya kotoran. Lembaran *nata* tersebut kemudian ditempatkan ke dalam drum plastik besar yang sudah berisi air. Setiap loyang biasanya menghasilkan lembaran *nata* seberat 1 kg. Lembaran *nata* ini pada umumnya memiliki ketebalan 1,0 cm.

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses pemanenan dapat dilihat pada Gambar 92 dan Tabel 62.



Gambar 92. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pemanenan

Tabel 62. *Input* dan *Output* pada Proses Pemanenan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Lembaran *nata*	1176,226 kg	Lembaran *nata*	1176,226 kg
Sisa cairan fermentasi (0,5%)	7,704 lt	Sisa cairan fermentasi (0,5%)	7,704 liter
Air perendam (8 x 100 lt)	800 lt	Sisa air perendam	720 liter
		Losses air perendam (10%)	80 liter

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap proses pemanenan biasanya terdapat sisa cairan fermentasi pada baki atau loyang. Selain itu, juga terdapat sisa koran penutup loyang yang sudah tidak bisa digunakan lagi serta adanya sisa air merendam lembaran *nata de coco*.

Opsi produksi bersih:

1. Memanfaatkan kembali sisa-sisa cairan fermentasi yang masih mengandung kultur *starter Acetobacter xylinum* yang masih mampu bertahan hidup pada pH < 4, dengan menyegarkannya kembali pada medium yang sesuai sebelum digunakan dalam proses fermentasi berikutnya.
2. Menjual sisa koran penutup loyang yang sudah tidak terpakai.
3. Memanfaatkan kembali air yang digunakan untuk merendam lembaran *nata*.

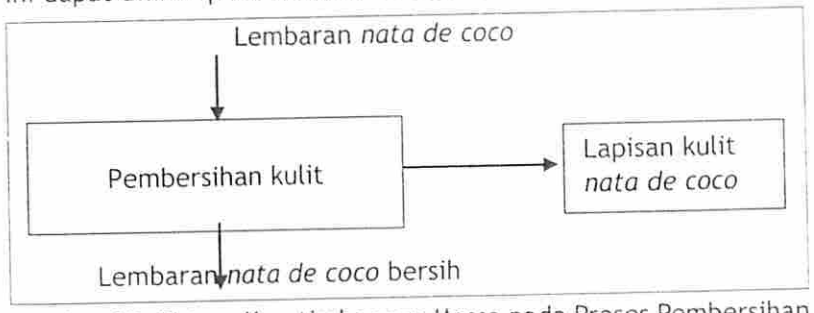
9. Pembersihan Kulit

Deskripsi proses:

Lembaran *nata* yang sudah disortir, kemudian dibersihkan kulitnya dengan menggunakan kain lap. Setelah dilakukan pembersihan kulit. Lembaran *nata* tersebut dicuci hingga bersih. *Nata* yang telah bersih langsung dikirim ketempat pemotongan dengan menggunakan drum plastik besar yang telah diisi air.

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses pembersihan kulit ini dapat dilihat pada Gambar 93 dan Tabel 63.



Gambar 93. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pembersihan Kulit

Tabel 63. *Input* dan *Output* pada Proses Pembersihan Kulit

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Lembaran *nata*	1176,22 kg	Lembaran *nata* bersih	1117,41 kg
		Lapisan kulit (5%)	58,81 kg
Air pembersihan kulit dan pencucian	1600 liter	Sisa air pembersihan kulit dan pencucian *nata*	1500 liter
		Losses	100 liter

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap proses pembersihan kulit *nata* muncul limbah berupa lapisan kulit *nata* yang dapat menimbulkan polusi air, tanah, dan udara karena baunya yang busuk.

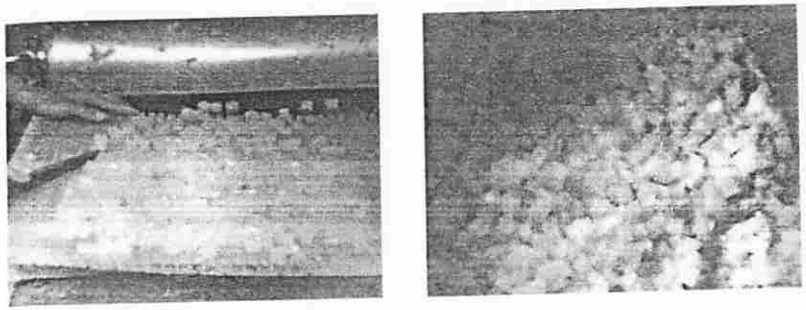
Opsi produksi bersih:

1. Memanfaatkan kembali air pembersihan kulit dan pencucian lembaran *nata*.
2. Memanfaatkan lapisan kulit *nata* sebagai bahan membuat pupuk.

10. Pemotongan

Deskripsi proses:

Lembaran *nata de coco* yang sudah bersih dibawa ke tempat pemotongan *nata*. Pemotongan *nata* dilakukan dengan menggunakan mesin khusus pemotong *nata*. Ukuran potongan *nata* ini memiliki panjang 1 cm dan lebar 1 cm, sedangkan tingginya (ketebalannya) tergantung dari tebal lembaran *nata* yang dihasilkan. *Nata de coco* yang sudah dipotong-potong ini ditampung dalam drum plastik besar yang sudah diisi air.

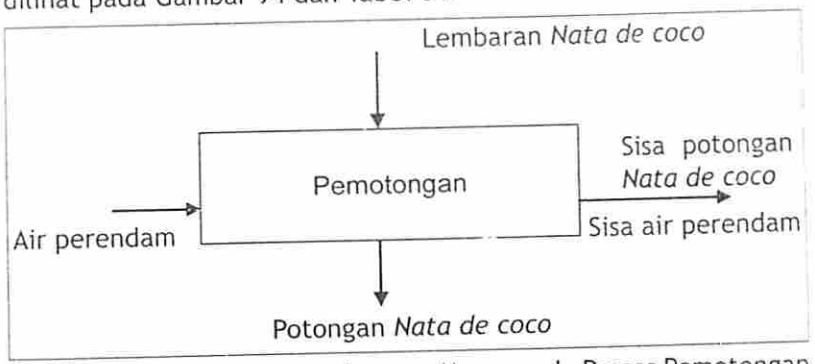


(a) (b)

Gambar 94 a. Proses Pemotongan *Nata de coco*
b. *Nata de coco* Potongan

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses pemotongan dapat dilihat pada Gambar 94 dan Tabel 64.



Gambar 95. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pemotongan

Tabel. 64. *Input* dan *Output* pada Proses Pemotongan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Lembaran *nata* bersih	1117,415 kg	Potongan *nata de coco*	949,803 kg
		Sisa potongan (15%)	167,612 kg
Air perendam	800 lt	Sisa air perendam	720 liter
		Losses (10%)	80 liter

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap proses pemotongan ini terdapat sisa potongan *nata* yang belum dimanfaatkan secara optimal. Perusahaan biasanya membuang sisa potongan *nata* ini. Hal ini bisa mengakibatkan terjadinya polusi yang akan merusak lingkungan. Selain itu, terdapat juga air sisa rendaman.

Opsi produksi bersih:

1. Memanfaatkan kembali air yang digunakan untuk merendam potongan *nata* tersebut.
2. Memanfaatkan sisa potongan *nata* untuk membuat minuman *jelly drink*.
3. Memanfaatkan sisa potongan *nata de coco* sebagai bahan membuat pupuk.

11.Perebusan potongan *nata de coco*

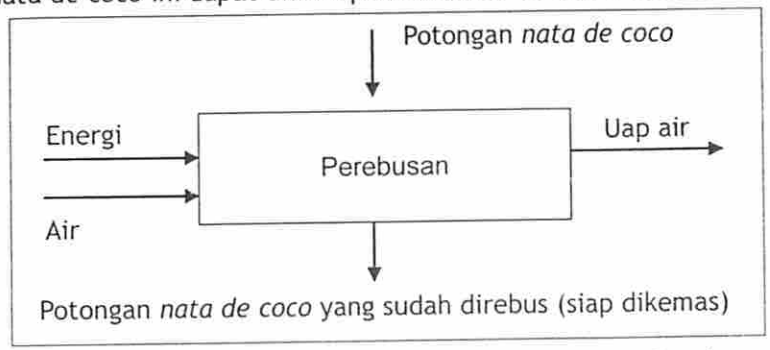
Deskripsi proses:

Untuk *nata* yang siap dikonsumsi (dalam kemasan gelas plastik), maka potongan *nata* direbus terlebih dahulu. Potongan *nata de coco* yang berbentuk dadu direbus dengan tujuan untuk membunuh kuman atau mikroorganisme dan menghilangkan bau dan rasa asam yang terdapat pada *nata* mentah. Perebusan ini

juga dilakukan untuk memperbaiki tekstur dari *nata*, sehingga mudah dikunyah. Perebusan ini dilakukan hingga warna *nata de coco* menjadi putih bersih.

***Kesetimbangan massa*:**

Sistem kesetimbangan massa pada proses perebusan potongan *nata de coco* ini dapat dilihat pada Gambar 96 dan Tabel 65.



Gambar 96. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Perebusan

Tabel 65. *Input* dan *Output* pada Proses Perebusan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Potongan *nata de coco*	949,80 kg	Potongan *nata de coco* siap dikemas*	94,98 kg
		Potongan *nata* yang belum direbus	854,82 kg
Air	600 liter	Uap (10%)	60 liter
		Air sisa rebusan (90%)	540 liter

*potongan *nata* yang dikemas hanya 10% dari hasil produksi, sedangkan 90% lagi dijual dalam bentuk potongan yang masih mentah.

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap proses perebusan ini terdapat sisa air rebusan yang jika dibuang sembarangan akan menimbulkan kerusakan bagi lingkungan.

Opsi produksi bersih:

Memanfaatkan kembali air sisa rebusan.

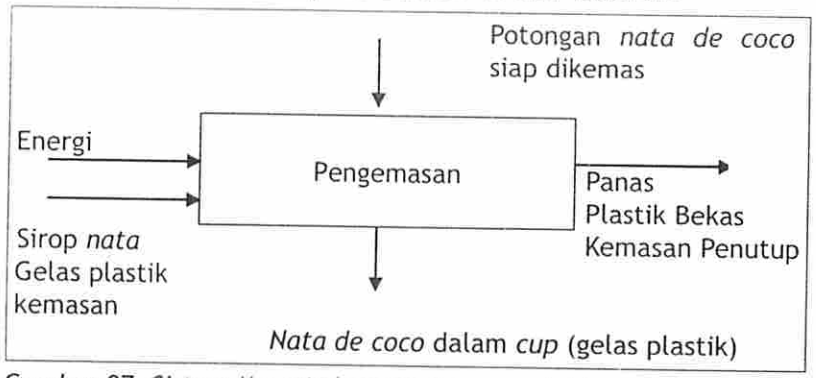
12. Pengemasan

Deskripsi proses:

Potongan *nata* yang sudah direbus dimasukkan ke dalam gelas plastik (kapasitas 240 ml) sebanyak 2/3 bagian, kemudian ditambahkan sirop *nata* (dalam keadaan panas) yang telah dibuat dengan menggunakan gula, natrium benzoat dan diberi *flavour* sesuai pesanan. Setelah itu, gelas plastik ini ditutup dengan plastik yang bermerek perusahaan, menggunakan *sealer* manual.

Kesetimbangan massa:

Sistem kesetimbangan massa pada proses pengemasan *nata de coco* ini dapat dilihat pada Gambar 97 dan Tabel 66.



Gambar 97. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pengemasan

Tabel 66. *Input* dan *Output* pada Proses Pengemasan

Input		*Output*	
Jenis	Jumlah	Jenis	Jumlah
Potongan *nata de coco* siap dikemas *	94,98 kg ≈ 118,725 lt	*Nata de coco* dalam kemasan gelas plastik	284,94 liter
Sirop *nata* (± 140 ml/*cup*)	166,21 liter		
Gelas plastik dan merek penutup kemasan		Sisa plastik penutup kemasan ± 0,8 kg	

*setiap *cup* diisi ± 100 ml *nata de coco*, sehingga diperoleh ± 1187 *cup*

Identifikasi munculnya limbah:

Pada tahap proses pengemasan ini terdapat sisa plastik kemasan yang biasanya dibuang atau dibakar oleh perusahaan.

Opsi produksi bersih:

Mendesain ulang bentuk kemasan, sehingga plastik penutup kemasan akan habis terpakai

Selain dari opsi-opsi produksi bersih tersebut, terdapat juga peluang-peluang untuk menerapkan *Good House-keeping* di industri *nata de coco* ini, yaitu:

1. Menghindari tumpahan air kelapa pada saat penyaringan, yaitu dengan tidak menggunakan gayung dalam memindahkan air kelapa dari wadah awal ke wadah penyaringan, tapi menggunakan selang atau aliran kran, sehingga tumpahan air kelapa dapat dihindari.
2. Menghindari terjadinya tumpahan bahan-bahan pembuat *nata de coco* dan pembuat *starter* pada saat memasukkannya ke dalam wadah perebusan atau pada saat memasukkan ke dalam wadah fermentasi.

3. Menghemat aliran energi listrik *sealer* dengan cara menggunakan saklar otomatis yang akan mematikan aliran listrik secara otomatis jika tidak digunakan.
4. Menghindari terjadinya tumpahan air rendaman *nata de coco*.
5. Membersihkan semua peralatan langsung pada saat telah selesai menggunakannya, tanpa menunda-nunda, agar sisa bahan atau kotoran yang ada pada alat dapat segera dihilangkan, sehingga peralatan dapat digunakan lebih lama (umur pakai peralatan menjadi lama).
6. Mengatur *setting* peralatan dengan baik dan sesuai standar agar setiap tenaga kerja dapat mengoperasikan peralatan dengan baik sesuai dengan tanggungjawab pekerjaannya.
7. Menjaga kebersihan ruang produksi dan ruang kantor untuk meningkatkan kenyamanan dalam bekerja.
8. Menstandarisasi pakaian tenaga kerja termasuk sepatu tenaga kerja untuk mengurangi terjadinya kecelakaan kerja, karena kemungkinan adanya tumpahan air yang mengakibatkan ruangan menjadi licin.
9. Memberikan pengarahan kepada tenaga kerja tentang pentingnya kebersihan pada proses produksi, karena akan mempengaruhi mutu *nata de coco* yang dihasilkan.
10. Melakukan *material handling* dengan baik untuk mencegah terjadinya tumpahan atau bahan yang tercecer.
11. Melakukan pengendalian persediaan agar tidak ada bahan baku yang menumpuk yang dapat mengakibatkan bahan baku terletak terlalu lama, sehingga masam dan tidak dapat digunakan lagi.
12. Melakukan pemisahan limbah padat, semi padat dan cair agar memudahkan dalam proses pemanfaatannya.
13. Menghindari terjadinya kebocoran pada saat pengemasan dengan gelas yaitu dengan memberikan pengarahan dan pelatihan pengemasan yang baik kepada tenaga kerja bagian pengemasan.
14. Mencatat faktor-faktor penyebab terjadinya masalah dalam produksi, baik dalam pembuatan *starter* maupun dalam pembuatan *nata de coco*, untuk kemudian dicari pemecahannya.
15. Membuat standar operasi proses produksi untuk memudahkan karyawan yang ingin meninjau ulang agar tidak terjadi kesalahan dalam proses produksi. Selain itu, melakukan pengawasan tehadap jalannya proses produksi.

Ringkasan opsi produksi bersih dan total limbah untuk setiap opsi dapat dilihat pada Tabel 67.

Tabel 67. Ringkasan Opsi Produksi Bersih dan Total Limbah untuk Setiap Opsi

No	Opsi	Jumlah Limbah (per hari)	
		Proses	Total
1.	Pemanfaatan kotoran hasil penyaringan, perebusan dan pembersihan kulit untuk pembuatan pupuk.	Pembuatan *starter*	1,02lt
2.			0,51 lt
3.	1 kg = 1,25 liter 1 liter = 0,8 kg	Pembuatan *nata*	15 lt
			7,46 lt
			58,81 kg
		Total	78,00 kg
4.	Pemanfaatan kembali sisa cairan fermentasi	Pembuatan *nata*	7,70 lt
5.	Pemanfaatan kembali air sisa rendaman, air pembersihan kulit dan pencucian, sisa air perendam potongan *nata* serta air perebusan potongan *nata*	Pembuatan *nata*	720 lt
			1500 lt
6.			720 lt
			540 lt
		Total	3,480 lt
7.	Pemanfaatan sisa potongan *nata* untuk pembuatan minuman *jelly drink*	Pembuatan *nata*	167,61 kg
8.	Pemanfaatan sisa potongan *nata* untuk pembuatan pupuk	Pembuatan *nata*	167,61 kg
9.	Mendesain ulang bentuk kemasan, sehingga plastik penutup kemasan akan habis terpakai	Pembuatan *nata*	0,8 kg

E. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Cuka Apel (Pranowo, 2005)

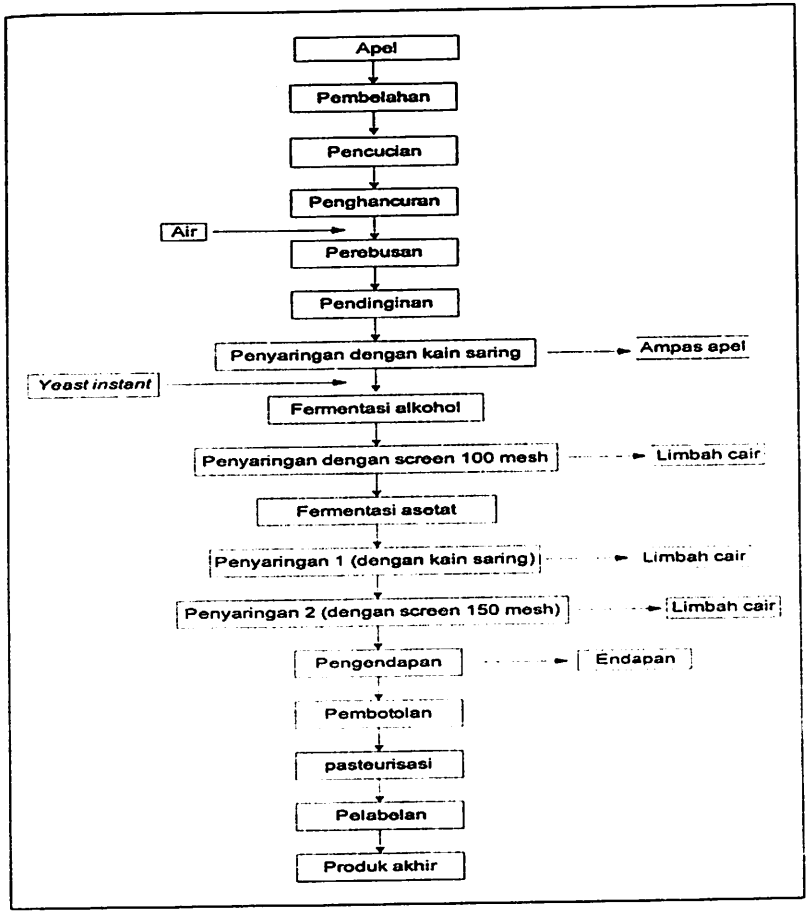
Pengantar

Apel (*Malus sylvesfris Mill*) merupakan produk hortikultura yang bersifat klimaterik, sehingga waktu penyimpanannya relatif singkat, buah ini juga cepat mengalami kerusakan. Pengolahan lebih lanjut sangat diperlukan untuk mempertahankan daya simpan dan meningkatkan nilai ekonomisnya. Salah satu cara untuk mengurangi kerusakan apel adalah dengan mengolahnya menjadi berbagai jenis produk, salah satu produk yang mampu untuk meningkatkan nilai ekonomis apel adalah cuka apel

Cuka apel merupakan salah satu produk olahan apel yang dihasilkan dengan jalan fermentasi. Fermentasi pada cuka apel dilakukan dengan dua tahap yaitu fermentasi alkohol dan fermentasi asam asetat (asetilasi). Cuka apel banyak digunakan dalam industri pengolahan makanan industri farmasi dan industri kimia. Pada industri makanan cuka apel terutama digunakan sebagai bahan pembangkit *flavour* asam dan bahan pengawet. Beberapa jenis makanan yang ditambah cuka apel dalam kosentrasi tertentu antara lain adalah saus tomat, sambal, acar, sayur asin, dan masih banyak jenis makanan lainnya, cuka apel juga dimanfaatkan dalam dunia kesehatan sebagai bahan obat-obatan. Cuka apel memiliki banyak manfaat, karena mengandung nutrisi yang hampir sama seperti pada apel antara lain pektin, beta karoten, potassium termasuk enzim dan asam amino yang terbentuk selama proses fermentasi. Banyaknya kandungan nutrisi ini membuat cuka apel banyak digunakan sebagai obat.

Deskripsi Proses

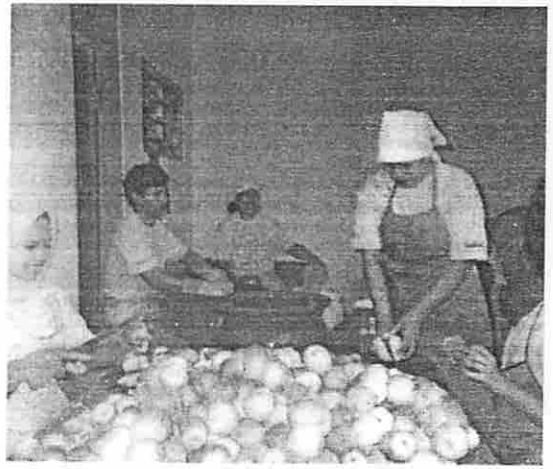
Kelangsungan proses produksi dapat diwujudkan apabila terdapat prosedur proses dan pembagian tugas yang jelas serta sistematis. Proses produksi pembuatan cuka apel merupakan proses produksi secara terus-menerus (*Continuous Process*), yaitu proses produksi dimana terdapat pola atau urutan yang pasti sejak dari bahan baku sampai dengan menjadi produk akhir. Adapun proses pembuatan cuka apel dapat dilihat pada Gambar 98.



Gambar 98 . Diagram Alir Pengolahan Cuka Apel

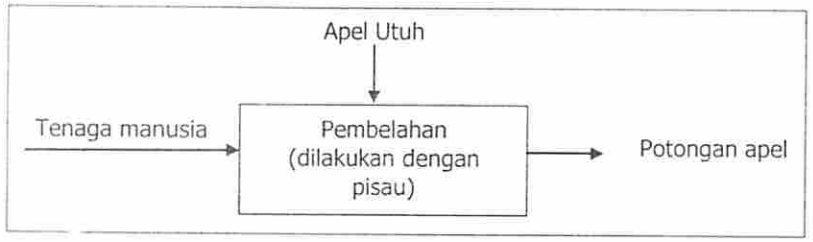
1. Pembelahan

Pembelahan pada apel segar dilakukan dengan membelah apel menjadi dua (Gambar 99), kemudian menghilangkan isi di bagian tengahnya serta tangkai pada ujung apel yang tidak digunakan. Pembelahan ini dilakukan secara manual dengan menggunakan pisau di atas meja. Tujuan pembelahan adalah untuk membersihkan apel dari kotoran yang menempel di permukaan apel yang sulit dibersihkan.



Gambar 99. Proses Pembelahan

Sistem kesetimbangan massa proses pembelahan disajikan pada Gambar 100 dan Tabel 68.



Gambar 100. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pembelahan

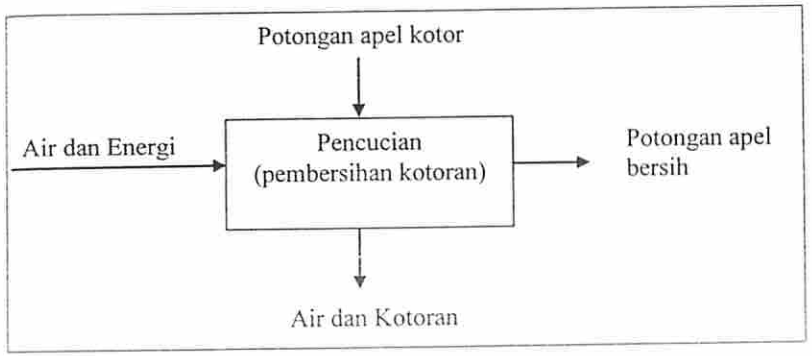
Tabel 68. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pembelahan

Input	*Output*
Apel utuh (420 Kg)	Potongan apel (420 kg)
	Apel terbelah

2. Pencucian

Pencucian dilakukan dengan cara memasukkan apel yang sudah dibelah, ke dalam bak pencucian. Dimana air yang digunakan untuk mencuci disemprotkan melalui pipa dan bak pencucian ini berjalan sepanjang 5 meter. Pencucian dilakukan untuk membersihkan kotoran-kotoran yang menempel pada permukaan kulit apel, sehingga pada saat penghancuran, apel sudah benar-benar bersih.

Sistem kesetimbangan massa pada proses pencucian disajikan dalam Gambar 101 dan Tabel 69.



Gambar 101. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pencucian

Tabel 69. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pencucian

Input	*Output*
Potongan apel kotor (420 Kg)	Potongan apel bersih (419,8 kg) Kotoran apel (0,2 kg)
Air bersih (840 liter)	Air cucian (840 liter)
Listrik 200 k watt	Putaran pompa dan *konveyor* selama 1 jam

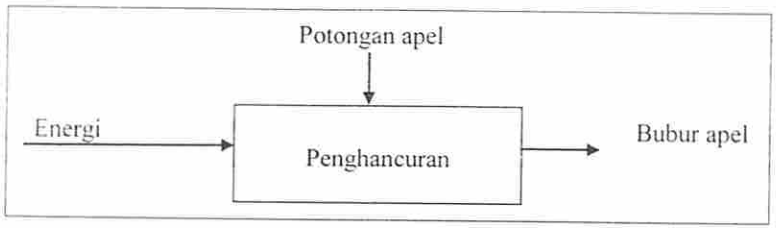
3. Penghancuran

Penghancuran apel dilakukan dengan menggunakan *blender* khusus yang sudah didesain sedemikian rupa, sehingga dapat menghancurkan apel dalam jumlah yang cukup besar. Penghancuran

ini dilakukan untuk menghasilkan bubur buah apel yang akan menghasilkan sari buah apel jika diperas yang akan digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan cuka apel. Gambaran *blender* yang digunakan pada proses penghancuran apel dapat dilihat pada Gambar 102.

Gambar 102. Ilustrasi *Blender* yang Digunakan untuk Menghancurkan Apel.

Sistem kesetimbangan massa pada proses penghancuran disajikan dalam Gambar 103 dan Tabel 70.



Gambar 103. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penghancuran

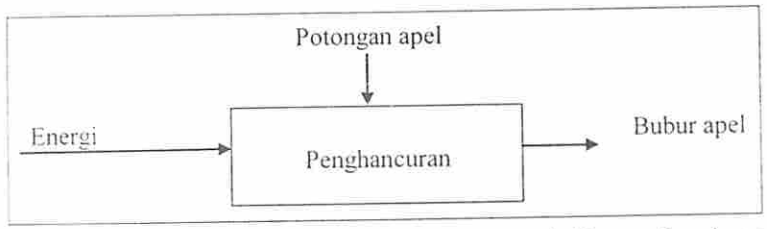
Tabel 70. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penghancuran

Input	*Output*
Potongan apel (419,8 kg)	Bubur apel (419,8 Kg)
Energi (470 kw)	Putaran motor selama 30 menit

4. Perebusan

Setelah bubur buah terbentuk dari proses penghancuran, selanjutnya dilakukan perebusan dengan menambah air bersih sebelumnya. Perebusan ini dilakukan dengan menggunakan kompor gas. Tujuan perebusan adalah untuk *me-non aktifkan* mikroorganisme yang intoleran terhadap suhu tinggi, selain itu untuk mematangkan bahan, sehingga aman untuk dikonsumsi.

Sistem kesetimbangan massa pada proses perebusan disajikan dalam Gambar 104 dan Tabel 71.



Gambar 104. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Perebusan

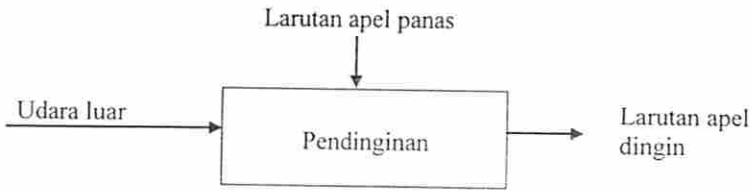
Tabel 71. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Perebusan

Input	*Output*
Bubur apel (419,8 Kg) Air (1000 liter)	Larutan apel (1419 liter) Uap air (0,8 liter)
Elpiji 10 kg	Panas larutan apel selama 15 menit

5. Pendinginan

Pendinginan dilakukan setelah perebusan. Hal ini dimaksudkan untuk mendinginkan bahan agar pada saat diberikan *starter*, mikroorganisme yang ada di dalamnya tidak mati.

Sistem kesetimbangan massa pada proses pendinginan disajikan dalam Gambar 105 dan Tabel 72.



Gambar 105. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pendinginan

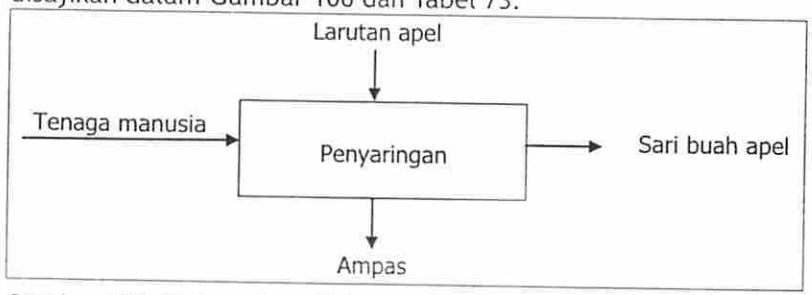
Tabel 72. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pendinginan

Input	*Output*
Larutan apel panas (1259 liter)	Larutan apel dingin (1259 liter)
Udara luar	Larutan apel dingin

6. Penyaringan dengan kain saring

Penyaringan bubur buah yang sudah didinginkan dilakukan dengan menggunakan kain saring, sehingga akan terpisah antara ampas dengan cairan sari buah apel.

Sistem kesetimbangan massa pada proses penyaringan disajikan dalam Gambar 106 dan Tabel 73.



Gambar 106. Sistem Kesetimbangan Massa Pada Proses Penyaringan

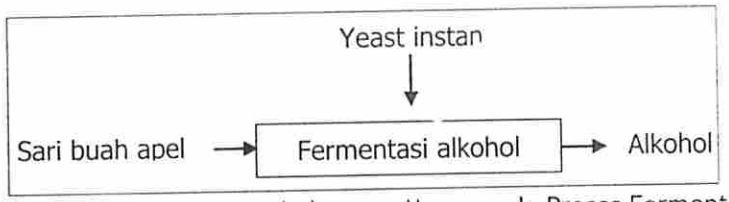
Tabel 73. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan

Input	*Output*
Larutan apel (1419 liter)	Sari buah apel (1324 liter) Ampas apel (124 kg)
Tenaga manusia	Pemisahan air dan ampas

7. Fermentasi alkohol

Fermentasi alkohol dilakukan setelah cairan sari buah diinokulasi dengan *yeast instant* yang mengandung khamir *Sacharomyces sereviceae*. Proses fermentasi alkohol dilakukan dalam kondisi anaerob di dalam drum-drum fermentasi dan pada proses ini akan terjadi penyerapan gula (sukrosa) oleh *yeast* ke dalam selnya yang kemudian diuraikan menjadi etanol dan karbondioksida dengan melepaskan kalori. Untuk menghasilkan kondisi yang anaerob, dilakukan dengan cara mengalirkan oksigen yang dihubungkan langsung dalam air. Fermentasi alkohol baru bisa dipanen setelah 7 sampai 8 hari.

Sistem kesetimbangan massa pada proses fermentasi alkohol disajikan pada Gambar 107 dan Tabel 74.



Gambar 107. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Fermentasi Alkohol

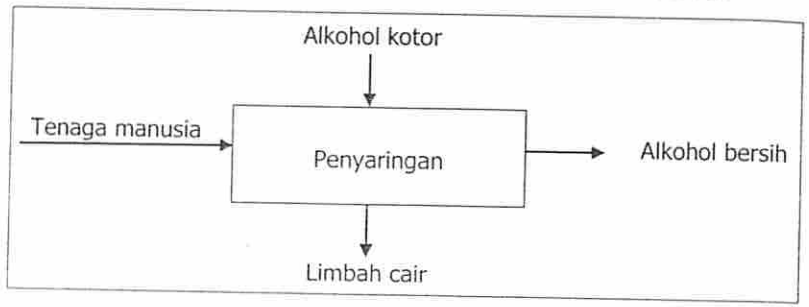
Tabel 74. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Fermentasi Alkohol

Input	*Output*
Sari buah apel (1324 liter) Yeast instan (1 liter)	Alkohol (1325 liter)

8. Penyaringan dengan *screen* 100 *mesh*

Penyaringan hasil fermentasi alkohol dilakukan dengan menggunakan *screen* 100 *mesh* untuk menghasilkan hasil saringan yang benar-benar bebas dari endapan yang tidak diperlukan

Sistem kesetimbangan massa pada proses penyaringan dengan *screen* 100 *mesh* disajikan dalam Gambar 108 dan Tabel 75.



Gambar 108. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan dengan *Screen* 100 *mesh*

Tabel 75. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan dengan *Screen* 100 *Mesh*.

Input	*Output*
Alkohol kotor (1325 liter)	Alkohol bersih (1295 liter) Limbah cair (30 liter)
Tenaga Manusia	Pemisahan alkohol bersih dengan limbah cair

9. Fermentasi asetat

Fermentasi asetat atau proses *acetifikasi* dilakukan dengan memasukkan hasil fermentasi alkohol ke dalam drum-drum fermentasi, kemudian ditambahkan biang cuka sebagai *starter* dalam proses produksi asam asetat. Biang cuka ini digunakan 4 sampai 5 kali proses, yaitu dengan menambahkan endapan hasil fermentasi asam asetat pada proses berikutnya. Pada fermentasi asam asetat memerlukan kondisi yang aerob, sehingga drum

fermentasi ditutup dengan menggunakan kain saring untuk memberikan aerasi, dan setiap dua hari sekali dilakukan agitasi atau pengadukan. Pengadukan ini dilakukan untuk meningkatkan pertumbuhan bakteri dalam cairan yang difermentasi. Hasil dari fermentasi asetat yaitu berupa asam asetat dan air yang berbentuk cairan dan berasa masam, cairan ini disebut sebagai cuka apel.

Sistem kesetimbangan massa pada proses fermentasi asetat disajikan dalam Gambar 109 dan Tabel 76.

Gambar 109. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Fermentasi Asetat

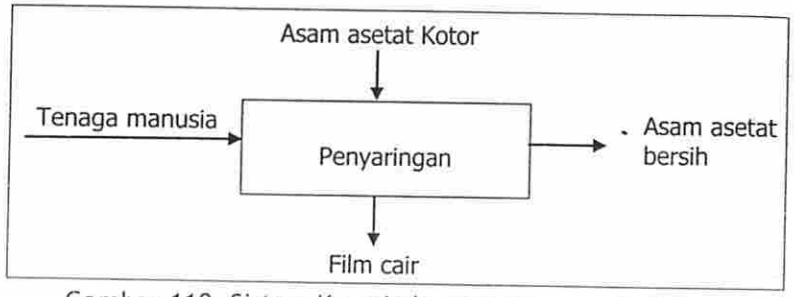
Tabel 76. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Fermentasi Asetat.

Input	*Output*
Alkohol (1295 liter) Biang cuka (1 liter)	Asam asetat (1296 liter)

10. Penyaringan 1 (dengan kain saring)

Penyaringan 1 dilakukan setelah hasil dari fermentasi asam asetat dipanen. Penyaringan ini dilakukan dengan menggunakan kain saring, karena hanya untuk memisahkan cairan hasil fermentasi dengan endapan atau film yang terbentuk pada saat terjadi fermentasi asam asetat.

Sistem kesetimbangan massa dalam penyaringan 1 (dengan kain saring) disajikan dalam Gambar 110 dan Tabel 77.



Gambar 110. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan 1

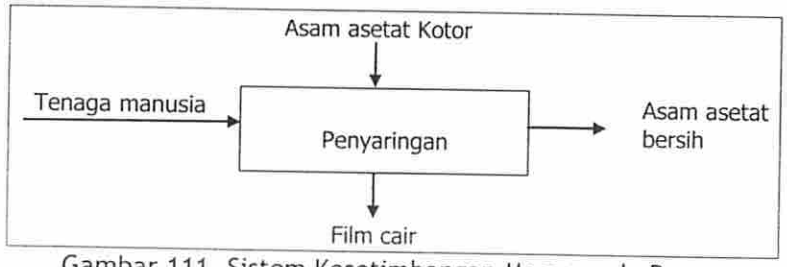
Tabel 77. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan 1

Input	*Output*
Asam asetat hasil fermentasi (1296 liter)	Asam asetat bersih (1282 liter) Limbah film cair (14 liter)
Tenaga manusia	Pemisahan film dari asam asetat hasil fermentasi

10. Penyaringan 2 (dengan *screen* 150 *mesh*)

Penyaringan 2 dilakukan setelah penyaringan 1 dan telah dilakukan pengendapan selama ± 12 jam dengan menggunakan *screen* 150 *mesh*. Tujuan penyaringan 2, yaitu untuk menyempurnakan hasil penyaringan 1, sehingga akan diperoleh super*natan* yang lebih jernih. Hal ini terjadi, karena endapan yang berukuran kecil akan tersaring oleh *screen* yang memiliki diameter lebih kecil dari kain saring pada penyaringan 1.

Sistem kesetimbangan massa dalam proses penyaringan 2 disajikan pada Gambar111 dan Tabel 78.



Gambar 111. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan 2

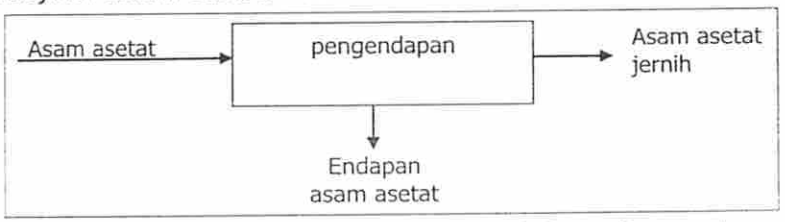
Tabel 78. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Penyaringan 2

Input	*Output*
Asam asetat hasil fermentasi (1282 liter)	Asam asetat bersih (1272 liter) Limbah cair (10 liter)
Tenaga manusia	Pemisahan asam asetat dengan limbah cair

11. Pengendapan

Setelah dilakukan penyaringan 2, maka cairan cuka apel yang dihasilkan diendapkan selama satu malam (sekitar 12 jam) dalam bak pengendapan yang siap untuk dibotolkan.

Sistem kesetimbangan massa pada proses pengendapan disajikan dalam Gambar 112 dan Tabel 79.



Gambar 112. Sistem Kesetimbangan Massa pada Proses Pengendapan.

Tabel 79. Kesetimbangan Massa pada Proses Pengendapan

Input	*Output*
Asam Asetat (1272 liter)	Asam asetat jernih (1250) Endapan (22 liter)

12. Pembotolan

Cairan cuka apel yang telah diendapkan tersebut, kemudian dibotolkan secara manual yang diambil langsung dari bak pengendapan. Kemudian dilakukan penutupan botol dengan menggunakan mesin penutup botol. Pembotolan ini merupakan bagian dari proses pengemasan.

13. *Pasteurisasi*

Cuka apel yang sudah dibotolkan kemudian dilakukan *pasteurisasi* selama 20 menit dengan suhu 80°C. *Pasteurisasi* dilakukan dalam mesin *pasteurisasi* yang mempunyai kapasitas 450 botol dalam sekali proses. Tujuan *pasteurisasi* adalah untuk me-non aktifkan mikroorganisme yang bersifat patogen yang terkandung dalam produk cuka apel dan yang menempel pada permukaan botol kemasan.

14. Pelabelan

Pelabelan dilakukan secara manual dengan memanfaatkan meja sebagai alas sekaligus sebagai tempat meletakkan botol yang sudah diberi label. Pelabelan merupakan bagian dari pengemasan yang memberikan daya tarik bagi konsumen. Selain itu memberi ciri khas tersendiri bagi produk tersebut.

Identifikasi Permasalahan Lingkungan

Bentuk dan Asal serta banyaknya Limbah Cuka Apel

Limbah Cair

Limbah cair yang dihasilkan dari proses pembuatan cuka apel disajikan dalam Tabel 80.

Tabel 80. Bentuk dan Asal Limbah Cair pada Pembuatan Cuka Apel.

Asal Proses	Penyebab	Bentuk	Jumlah
Pencucian	Hasil pencucian bahan setelah di belah	cairan yang berwarna agak keruh	840 liter
Penyaringan dengan *screen* 100 *mesh*	Hasil pemisahan kotoran hasil fermentasi alkohol dengan alkohol yang terbentuk	Cairan encer dan endapan	30 liter
Penyaringan 1 dengan kain saring	Hasil pemisahan film yang terbentuk pada saat fermentasi asetat	Cairan yang kental dan berlendir	14 liter
Penyaringan 2 dengan *screen* 150 *mesh*	Hasil pemisahan kotoran yang masih tersisa dengan larutan asam asetat	Cairan yang encer dan keruh.	10 liter
Pengendapan	Hasil pemisahan padatan dengan cuka apel yang terbentuk	Larutan yang sangat kental dan berwarna kuning kecoklatan	22 liter

Limbah Padat

Limbah padat yang dihasilkan dari proses pembuatan cuka apel disajikan dalam Tabel 81.

Tabel 81. Bentuk dan Asal Limbah Padat pada Pembuatan Cuka Apel

Asal Proses	Penyebab	Bentuk	Banyaknya
Pencucian	Pemisahan apel dengan daun dan batang yang menempel	Padatan	0,2 kg
Penyaringan dengan kain saring	Pemisahan ampas dengan sari buah apel	Padatan organik	124 kg
Pengemasan	Sisa tutup botol, kardus dan lain-lain	Padatan non organik	3 kg

Alternatif Aplikasi Produksi Bersih

Berdasarkan pada identifikasi sumber-sumber dan karakteristik dari masing-masing limbah, maka beberapa alternatif penanganan limbah yang perlu dilakukan Industri adalah sebagai berikut :

Tabel 82. Alternatif Penggunaan Produksi Bersih di Industri

No	Jenis Limbah	Penanganan Perusahaan	Alternatif Penggunaan Produksi Bersih
1.	Limbah cair sisa pencucian bahan	Dibuang langsung	Penghematan penggunaan air
2.	Limbah cair sisa penyaringan fermentasi alkohol	Ditampung dalam bak penampungan untuk selanjutnya diolah.	Belum dapat termanfaatkan
3.	Limbah cair sisa penyaringan fermentasi asetat	Ditampung dalam bak penampungan untuk selanjutnya diolah.	Belum dapat termanfaatkan
4.	Limbah cair sisa endapan produk akhir	Ditampung dalam bak penampungan untuk selanjutnya diolah.	Di *recycle* menjadi cuka apel dalam bentuk kapsul
5.	Padatan dari bahan berupa batang, kulit, hasil pengepresan bubur apel.	Diberikan kepada penduduk sekitar untuk pakan ternak	Di olah menjadi pupuk organik
6.	Padatan sisa botol, kardus dan label yang rusak.	Dibuang langsung pada tempat pembuangan akhir.	Belum dapat termanfaatkan

Berdasarkan pada Tabel 82, maka dapat disimpulkan bahwa ada tiga komponen limbah yang masih memungkinkan untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut dengan harapan limbah tersebut tidak lagi mencemari lingkungan atau minimal dapat mengurangi intesitas pencemaran. Aplikasi produksi bersih di atas hanya sebatas ditinjau dari sisi teknologi yang memungkinkan untuk pengolahan lebih lanjut.

F. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Gula (Indrasti *et al.*, 2006)

Pengantar

Industri gula selain memberikan manfaat dan keuntungan yang besar bagi manusia ternyata juga memberikan dampak yang besar bagi lingkungan. Hal ini karena industri-industri tersebut menghasilkan limbah baik berupa limbah padat, limbah cair ataupun emisi udara. Limbah-limbah tersebut, jika tidak diolah dengan tepat menyebabkan industri gula menghadapi tantangan berupa pencemaran lingkungan akibat aktivitasnya.

Untuk mengatasinya diperlukan suatu metode yang tepat yaitu dengan menerapkan konsep produksi bersih. Produksi bersih memberikan beberapa pilihan yang dapat dilakukan untuk mereduksi limbah. Pilihan-pilihan itu adalah pengubahan bahan, pengubahan teknologi, *good-operating practise/good house- keeping*, pengubahan produk, dan *reuse* serta *recycling*. Peningkatan efisiensi proses produk, daur ulang dan pola konsumsi yang berkaitan dengan penggunaan energi dan bahan merupakan kunci pertama dalam operasional konsep produksi bersih.

Bahan Baku Produksi Gula

Bahan baku utama industri gula di Indonesia adalah tebu (*Saccharum officianarum L.*). Selain bahan baku utama proses produksi gula pasir juga memerlukan bahan kimia tambahan yang digunakan untuk membersihkan nira, meningkatkan kualitas produk, dan memperlancar jalannya proses produksi gula. Bahan kimia yang digunakan dalam proses produksi gula antara lain asam fosfat, susu kapur, belerang, flokulan (poliakrilamida), desinfektan,

soda kaustik (NaOH), soda abu (Na_2CO_3) dan asam klorida (HCl) dengan komposisi 30-35%, 6-8%, dan 3,5%.

Asam phospat digunakan untuk menambah kadar phospat pada nira mentah, sehingga dalam proses pemurnian dapat dengan mudah terbentuk endapan kalsium fosfat (endapan inti) yang dapat menyerap warna. Asam phosphat yang digunakan umumnya dalam bentuk cair sekitar 0,003% tebu.

Susu kapur ($Ca(OH)_2$) adalah bahan pembantu yang berfungsi untuk menetralkan nira, mencegah terjadinya inversi gula, dan mengendapkan kotoran dalam nira. Jumlah kapur yang ditambahkan sekitar 0,15% tebu.

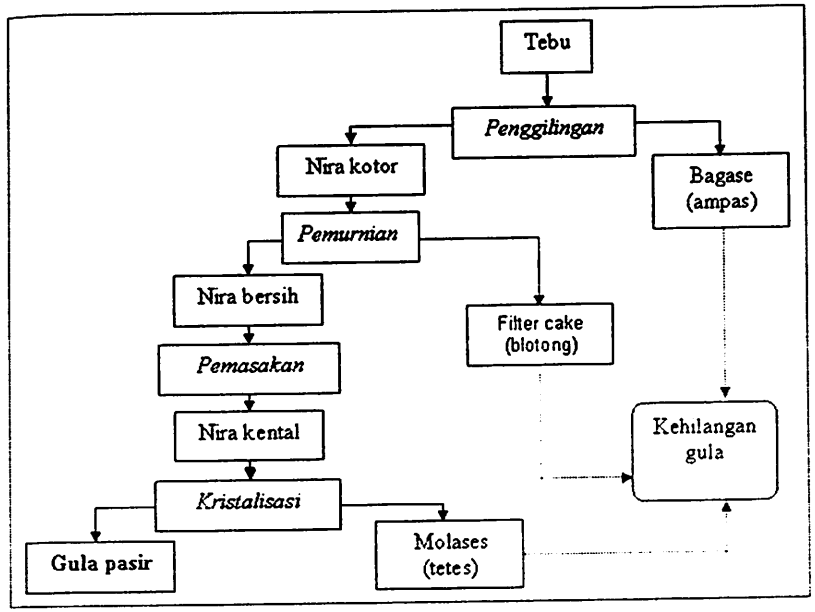
Belerang merupakan bahan pembantu yang digunakan pada proses sulfitasi pada unit operasi purifikasi untuk menyerap atau menghilangkan warna. Jumlah belerang yang ditambahkan sekitar 0,001% tebu.

Flokulan (Poliakrilamida) merupakan polimer organik sintetik ditambahkan ke dalam nira tebu untuk memudahkan pemisahan bahan pengotor dalam bentuk flok yang dapat dipisahkan Jumlah polielektrolit sekitar 0,0003% tebu.

Desinfektan digunakan untuk membunuh bakteri penyebab kerusakan sukrosa sedangkan soda kaustik, soda abu, dan asam klorida digunakan untuk membersihkan kerak pada evaporator dan vacum pan digunakan campuran bahan kimia soda kaustik (NaOH), soda abu (Na_2CO_3) dan Asam Klorida (HCl) dengan komposisi 30-35%, 6-8%, dan 3,5%.

Proses Produksi Gula

Proses produksi gula kristal putih terdiri dari penggilingan (ekstraksi), pemurnian (purifikasi), penguapan (evaporasi), kristalisasi, dan sentrifugasi. Pada proses produksi gula putih pertama-tama batang tebu dipotong-potong dan di-*press* untuk mengeluarkan niranya. Nira kemudian dimurnikan dan disaring, lalu air diuapkan (evaporasi) untuk memekatkan nira. Setelah nira kental, kemudian dikristalkan (dimasak). Gula yang terbentuk dipisahkan dengan *sentrifuge*. Proses pembuatan gula secara sederhana dapat dilihat pada Gambar 113.



Gambar 113. Skema Umum Proses Produksi Gula

Identifikasi Limbah dan Alternatif Produksi Bersih

Pada proses produksi, produksi bersih memberikan beberapa pilihan yang dapat dilakukan untuk mereduksi limbah. Pilihan-pilihan itu adalah pengubahan bahan, pengubahan teknologi, *good-operating practise/good house-keeping*, pengubahan produk, dan *reuse* serta *recycling*. Peningkatan efisiensi proses produk, daur ulang dan pola konsumsi yang berkaitan dengan penggunaan energi dan bahan merupakan kunci pertama dalam operasional konsep produksi bersih.

Dalam proses produksi gula hampir seluruh proses berkontribusi terhadap pembangkitan limbah dengan jumlah dan karakteristik yang berbeda. Secara garis besar, jenis, dan sumber hasil samping /limbah pabrik gula adalah sebagai berikut:

- Limbah cair: air pendingin, air kondensat, air bekas pencucian *evaporator*, air penangkap abu boiler
- Limbah padat: bagas (30% berat basah dari total tebu yang

diproses) ,*molases* (5% tebu), abu, *filter cake* /blotong (3-4% tebu dari proses dengan sulfitasi)

- Limbah gas: emisi boiler dan emisi genset

1. Proses penebangan tebu

Identifikasi Limbah

Pada proses penebangan tebu dihasilkan limbah berupa pucuk tebu, daun tua/kering, tebu yang tercecer, debu, dan gas buang peralatan transportasi.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa pucuk tebu dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak, sedangkan limbah berupa daun tua/kering dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler ataupun sebagai bahan baku pada proses pembuatan kompos yang nantinya akan digunakan sebagai pupuk pada tanaman tebu. Limbah tebu tercecer dapat diminimisasi dengan menerapkan *Good House-keeping* dengan cara mengadakan *training* bagi tenaga kerja. Selain itu, limbah ini dapat juga dimanfaatkan sebagai bahan bakar pabrik.

Limbah gas buang kendaraan dapat diminimisasi dengan melakukan perawatan mesin truk secara berkala, sehingga gas buang yang dihasilkan akan lebih bersih. Limbah berupa debu dapat diminimisasi dengan melakukan penyemprotan dengan menggunakan air di lokasi tertentu misalnya di tempat pusat aktivitas.

2. Proses Penggilingan (ekstraksi)

Identifikasi Limbah

Proses penggilingan bertujuan untuk mengekstraksi kandungan sukrosa dalam tebu sebanyak mungkin. Proses ini menghasilkan limbah berupa air bekas pencucian lantai, bagas (ampas tebu), bocoran nira/oli dan padatan berupa partikel halus.

Alternatif Produksi bersih

Air bekas pencucian lantai dapat diminimisasi dengan cara melakukan pembersihan kering. Hal ini akan dapat meminimisasi

air bekas pencucian yang akan diolah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Bagas (ampas tebu) dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler dan bahan baku pembuat kompos (media tanam). Bocoran nira dan oli/minyak dapat diminimisasi dengan menerapkan *Good House-Keeping*.

3. Proses Pemurnian (Purifikasi)

Identifikasi Limbah

Proses purifikasi bertujuan untuk memisahkan kotoran seperti partikel kasar (pasir, dan ampas yang masih terbawa dalam nira mentah), partikel koloid seperti *non-suspended sugar* dan partikel terlarut (misalnya desinfektan yang ikut terbawa dari stasiun penggilingan) dalam nira mentah sebanyak mungkin dengan cara yang efektif. Pada proses ini dihasilkan limbah berupa blotong, air pendingin pompa dan sisa gas SO_2, CO, CO_2 dan NO.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa blotong dapat dimanfaatkan sebagai pakan ternak atau juga sebagai bahan baku dalam proses pembuatan kompos, sedangkan air pendingin pompa dapat dikumpulkan dan digunakan kembali (*reuse*). Limbah sisa gas SO_2, CO, CO_2 dan NO dapat diminimisasi dengan cara memperkering ampas tebu yang digunakan sebagai bahan bakar boiler.

4. Proses Penguapan (Evaporasi)

Identifikasi limbah

Proses penguapan bertujuan untuk menguapkan kandungan air yang terdapat pada nira jernih (nira encer) dari stasiun pemurnian, sehingga dihasilkan nira kental. Proses ini menghasilkan limbah berupa air kondensat, air skrapan, larutan soda bekas, air bekas pencucian evaporator, dan air jatuhan kondensor.

Alternatif Produksi Bersih

Air kondensat dapat dimanfaatkan kembali sebagai air umpan boiler dan air imbibisi sedangkan air skrapan, larutan soda bekas, air bekas pencucian evaporator, dan air jatuhan kondensor akan diolah di IPAL.

5. Proses Kristalisasi

Identifikasi Limbah

Kristalisasi bertujuan untuk mengkristalkan nira kental, sehingga didapatkan kristal gula sesuai yang diinginkan. Proses ini menghasilkan limbah berupa kondensat, bocoran larutan gula (*stroop/klare*), dan bocoran masakan dari palung pendingin.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah yang berupa kondensat dapat dimanfaatkan kembali (*reuse*) sebagai air umpan boiler dan air imbibisi. Bocoran larutan gula (*stroop/klare*) dan bocoran masakan dari palung pendingin dapat diminimisasi dengan menerapkan *good house-keeping*.

6. Proses Sentrifugasi

Identiikasi Limbah

Proses sentrifugasi bertujuan untuk memisahkan kristal gula dengan larutannya. Pada proses ini dihasilkan limbah berupa molase.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah ini dapat digunakan sebagai media produksi berbagai produk bernilai tinggi seperti MSG, alkohol, spirtus, dan asam organik.

7. Boiler

Identifikasi Limbah

Proses pembakaran di boiler menghasilkan limbah berupa abu sisa pembakaran ampas dan gas cerobong boiler.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa abu sisa pembakaran ampas dapat dimanfaatkan sebagai campuran blotong untuk pupuk organik dan juga sebagai bahan urug. Limbah gas asap cerobong dapat diminimisasi dengan membuat cerobong yang tinggi > 4 meter dan melengkapi cerobong dengan alat *dust collector*.

Dalam produksi bersih, peningkatan efisiensi dapat berupa *house-keeping* yang baik, seperti mencegah tumpahan atau kebocoran serta manajemen bahan yang lebih sempurna. Selain itu, ada kalanya teknologi proses perlu dikaji ulang, sehingga tercapai efisiensi bahan dan energi dalam proses produksi. Efisiensi produksi dapat ditingkatkan melalui penerapan prinsip-prinsip *reuse* dan *recycling* dalam daur ulang produk. Air yang telah dipakai dalam unit proses tertentu, masih dapat dimanfaatkan dalam unit proses lainnya. Mengingat air maupun peralatan pengolah limbah semakin mahal, maka air buangan yang dipakai ulang lebih murah jika dibandingkan dengan mengolah limbah cair lalu dibuang ke sungai (Erningpraja, 2001).

Tanaman tebu dan pabrik gula menghasilkan berbagai jenis hasil samping, dan berbagai jenis bahan benilai ekonomi tinggi dapat dihasilkan dari tebu, seperti alkohol, spirtus, *bio fuel*, *bio diesel*, pupuk, kamvas rem, asam asetat, *ethyl asetat*, asam glutamat, MSG, L-Lysine dan lain-lain. Sebagaimana terlihat dari statistika perdagangan, sebagian dari produk-produk tersebut mempunyai peluang pasar yang cukup terbuka, baik di pasar domestik maupun internasional. Pengembangan produk turunan tebu yang sinergik telah terbukti mampu memberikan dukungan finansial yang cukup berarti. Keuntungan yang diperoleh dari produk-produk tersebut dapat mencapai 65% dari total keuntungan perusahaan. Ini berarti nilai perolehan produk turunan tebu bisa lebih dari 2 kali nilai perolehan dari produk gula saja. Hal ini dapat dimengerti, karena gula hanya merupakan bagian kecil saja dari seluruh batang tebu.

Beberapa pabrik gula mengembangkan produk samping dan telah berkontribusi terhadap penurunan biaya produksi gula. Dalam hal ini, dikembangkan produk hulu, produk hilir sampai pada produk samping. Dari setiap produk - hulu, samping dan hilir - tercipta pendapatan yang dapat menyebabkan perpindahan biaya dan harga, yang pada gilirannya dapat menekan biaya produksi gula. Rendahnya biaya pokok produksi gula ini bukan akibat dari penekanan harga tebu dari pertani, tetapi karena adanya inovasi yang dilakukan pabrik untuk mendapatkan tambahan pendapatan secara efisien. Inovasi tersebut dapat meningkatkan daya saing gula nasional terhadap gula impor.

G. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Plywood/ Kayu Lapis (Indrasti *et al.*, 2006)

Pengantar

Salah satu hal terpenting dalam industri kayu lapis adalah proses produksi, yaitu bagaimana produk tersebut dihasilkan. Teknologi yang tepat dan didukung dengan manajemen produksi yang baik, sehingga menghasilkan produk dengan kualitas tinggi dengan mengoptimalkan penggunaan sumberdaya yang ada dan terbatas serta hal yang tidak kalah pentingnya adalah mencegah terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan sekitar. Dengan menerapkan konsep produksi bersih perusahaan dapat meningkatkan efisiensi produksi melalui penerapan prinsip-prinsip *reuse*, *reduce*, dan *recycling*.

Proses Produksi Kayu Lapis

Proses produksi kayu lapis diawali dengan penerimaan bahan baku kayu berupa kayu gelondongan (*log*) untuk kemudian disortir di bagian *log pond* atau *log yard*. *Log* yang telah disortir selanjutnya diangkat oleh alat pengangkat dan dibersihkan dari kotoran. Kayu gelondongan (*log*) yang telah dibersihkan tersebut kemudian dipotong dengan menggunakan mesin potong sesuai ukuran. Kayu gelondongan (*log*) yang telah dipotong selanjutnya dikupas dengan menggunakan mesin *rotary* yang bertujuan mengubah *log* menjadi lembaran-lembaran veneer.

Hasil pengupasan *log* yang berupa lembaran veneer, selanjutnya digulung. Lembaran veneer tersebut, kemudian dikeringkan untuk selanjutnya dilakukan perbaikan mutu veneer. Veneer kering tersebut kemudian disortir menjadi dua kualitas. Kualitas pertama digunakan untuk *face*, sedangkan kualitas kedua diperbaiki secara manual dan digunakan untuk *back*.

Veneer yang telah diperbaiki kemudian disusun dan diangkut ke *glue spreader* untuk melalui proses perekatan. Setelah veneer diberi perekat, kemudian disusun sesuai dengan rencana produksi. Veneer kemudian dimasukkan dalam mesin *cold press* (pengempaan dingin) yang bertujuan untuk membantu proses pengaliran perekat,

sehingga membentuk lapisan perekat. Setelah *plywood* keluar dari proses pengempaan dingin, *plywood* yang telah terseleksi masuk ke dalam mesin *hot press* (pengempaan panas) yang bertujuan untuk memasukkan perekat agar ikatan antara veneer menjadi kuat .

Kayu lapis yang telah selesai di-*press* kemudiaan dipotong sisinya sesuai ukuran menggunakan mesin *double saw*. Setelah dipotong kedua sisi veneer, barulah kemudian dilakukan proses pengamplasan dan pendempulan yang dapat dilakukan secara manual. Proses akhir dari proses pembuatan kayu lapis adalah sortasi kemudian dilakukan pengepakan, dan kayu lapis tersebut dimasukkan ke gudang bahan jadi yang merupakan hasil produksi yang siap dipasarkan. Proses produksi kayu lapis dapat dilihat pada Gambar 114.

Gambar 114. Proses Produksi Kayu Lapis

Identifikasi Limbah dan Penerapan Produksi Bersih

Dalam proses produksi *plywood* (kayu lapis), dapat dikatakan bahwa hampir semua proses berkontribusi terhadap produksi limbah. Limbah pada industri *plywood* terdiri dari limbah padat, limbah cair, dan juga gas.

Limbah padat merupakan limbah dengan kuantitas yang paling besar, karena mencapai 40%. Hal ini, dikarenakan limbah padat hampir dihasilkan pada setiap mesin proses, sehingga untuk menanganinya perusahaan harus dapat memanfaatkan limbah padat ini secara optimal. Limbah padat yang dihasilkan dalam proses produksi kayu lapis meliputi *log* afkir, sisa potongan (*log end*), serbuk gergaji, kulit kayu, inti kayu, potongan tepi *log* (*edging*), sisa kupasan, sisa potongan *log*, sisa potongan veneer, veneer yang tidak standar, sisa potongan *core*, *core* reject, padatan glue, ceceran glue, sisa potongan sisi panel, sebetan, serbuk hasil pengemplasan, lumpur (*sludge*) sisa WWTU (*Waste Water Treatment Unit*), abu boiler, kemasan kertas, *film face*, dan *polyester coating*.

Limbah cair yang dihasilkan dalam proses produksi kayu lapis secara umum hanya dihasilkan dari proses pencucian mesin *glue spreader* dan proses pencucian mesin dan peralatan produksi lainnya. Hal ini, menyebabkan komposisi yang terkandung dalam limbah cair yang dihasilkan adalah air dan bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan perekat.

Limbah gas yang dihasilkan oleh industri kayu lapis secara umum adalah gas buang (CO_2, CO, SO_x, NO_x), *formaldehide*, amoniak, uap aseton, toluen, uap *stirene*, gas Cl_2, dan *freon* CFC. Limbah berupa *formaldehide* dan amoniak berasal dari pelaburan perekat dan pengempaan panas, sedangkan gas Cl_2 berasal dari proses pengempaan panas.

1. Proses Penerimaan kayu gelondongan (*log*)

Identifikasi Limbah

Pada proses penerimaan kayu gelondongan (*log*), dihasilkan limbah padat berupa *log* afkir.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah ini dapat dimanfaatkan sebagai bahan untuk pembuatan *block board*. Limbah berupa *log* afkir ini dapat diminimisasi dengan lebih menyortir kayu gelondongan (*log*) dan lebih memperhatikan jumlah dan kondisi kayu yang akan digunakan untuk proses produksi kayu lapis.

2. Proses Pemotongan *log*

Identifikasi Limbah

Proses pemotongan *log* menghasilkan limbah padat dan kebisingan. Limbah padat yang dihasilkan berupa sisa potongan *log* dan serbuk gergaji.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah ini dapat dimanfaatkan perusahaan sebagai bahan bakar boiler. Limbah berupa kebisingan dapat diminimisasi dengan cara merawat mesin dan memodifikasi sumber bunyi dengan menggunakan peredam.

3. Proses pembersihan kulit *log*

Identifikasi Limbah

Proses pembersihan kulit *log* bertujuan untuk membersihkan *log* dari kotoran-kotoran yang menempel. Proses ini menghasilkan limbah berupa debu kayu, kebisingan, dan gas buang.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa debu kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan bahan baku pembuatan partikel *board*, sedangkan kebisingan dapat diminimisasi dengan cara merawat mesin dan memodifikasi sumber bunyi dengan menggunakan peredam. Limbah gas buang dapat diminimisasi dengan menggunakan alat-alat yang dapat menyaring gas buang seperti *blower*, *bag filter*, *dust collector*, *cyclone*, dan *silo*.

4. Proses Pengupasan

Identifikasi Limbah

Proses pengupasan *log* menghasilkan limbah yang berupa limbah padat. Limbah ini terdiri dari inti kayu, potongan tepi *log*, sisa kupasan, dan sisa potongan *log*.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah inti kayu dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku alas pengemasan dan sebagai bahan baku *block board*. Limbah berupa potongan tepi *log*, sisa kupasan, dan sisa potongan *log* dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler.

5. Proses Pengeringan

Identifikasi Limbah

Proses pengeringan menghasilkan limbah padat yang berupa sisa potongan veneer.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah ini dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler.

6. Proses penyusunan veneer dan *core*

Identifikasi Limbah

Proses penyusunan veneer dan *core* menghasilkan limbah padat berupa sisa potongan veneer, veneer yang tidak standar, sisa potongan *core*, dan *core reject*.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa sisa potongan veneer dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler sedangkan limbah berupa veneer yang tidak standar dan sisa potongan *core* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku alas *packing*. Limbah *core reject* dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan baku *block board* dan bahan baku alas pengemasan.

7. Proses Perekatan

Identifikasi Limbah

Proses perekatan kayu lapis menghasilkan limbah berupa air cucian *glue spreader*, padatan perekat, dan ceceran perekat.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa air ceceran *glue spreader* dapat dimanfaatkan kembali sebagai pengganti air bersih dalam proses pencucian *glue spreader*. Padatan perekat dapat dimanfaatkan kembali sebagai bahan yang digunakan dalam proses pembuatan perekat, sedangkan ceceran perekat dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dengan penambahan sebuk kayu.

8. Proses Pemotongan

Identifikasi Limbah

Proses pemotongan veneer menghasilkan limbah berupa sisa potongan sisi panel, sebetan, debu kayu, dan kebisingan.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa sisa potongan sisi panel dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan limbah berupa sebetan dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan *block board*. Bahan berupa debu kayu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar boiler dan bahan baku pembuatan *partikel board*. Kebisingan dapat diminimisasi dengan cara merawat mesin dan memodifikasi sumber bunyi dengan menggunakan peredam.

9. Proses Pengamplasan

Identifikasi Limbah

Proses pengamplasan menghasilkan limbah berupa serbuk hasil pengamplasan, debu kayu, dan kebisingan.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah serbuk hasil pengamplasan dapat dimanfaatkan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan perekat dan bahan pengisi dalam pembuatan dempul. Limbah debu kayu dimanfaatkan

sebagai bahan bakar boiler dan bahan baku pembuatan partikel *board* sedangkan kebisingan dapat diminimisasi dengan cara merawat mesin dan memodifikasi sumber bunyi dengan menggunakan peredam.

10. Proses Pengemasan

Identifikasi Limbah

Pada proses pengemasan dihasilkan limbah berupa kemasan kertas, kemasan *film*, dan *polyester coating*.

Alternatif Produksi Bersih

Limbah berupa kemasan kertas dapat digunakan sebagai bahan bakar boiler, sedangkan limbah berupa *polyester coating* dan kemasan *film* dapat didaur ulang sebagai bahan kerajinan untuk kemudian dijual.

Produksi Bersih (*Cleaner Production*)

Produksi bersih pada industri kayu lapis dapat dilakukan pada hampir tiap proses produksi. Rekomendasi produksi bersih dalam upaya peningkatan nilai tambah kayu pernah direkomendasikan oleh *Indonesian Cleaner Industrial Production Program* (ICIP) pada tahun 1998 yang dapat dilihat pada Tabel 83.

Tabel 83. Produksi Bersih Industri Kayu Lapis

Unit operasi	Tindakan dan manfaat peningkatan nilai tambah kayu
Penanganan Kayu Gelondongan	1. Mengurangi transportasi kayu gelondongan untuk menghemat bahan bakar 2. Menyemprotkan air terhadap kayu gelondongan baik pada waktu penimbunan di *base camp*, penghanyutan dan penyimpanan di area pabrik. 3. Menyimpan kayu gelondongan di atas balok penyangga / hamparan agar tidak kotor dan lapuk oleh air. 4. Menerapkan sistem *First In First Out* (FIFO)
Pemotongan kayu Gelondongan (*Log*)	1. Memperbaiki penanganan dan pemanfaatan serbuk kayu agar tidak mengotori lingkungan 2. Modifikasi pengganjal yang berfungsi untuk mengangkat kayu gelondongan pada saat dipotong 3. Manfaatkan ujung-ujung kayu sebagai bahan bakar boiler atau dijual dalam bentuk *chips*
Perebusan Balok	1. Merebus balok sebelum dikupas untuk memperlunak kayu dan mempermudah pengupasan 2. Menjaga suhu dan pH air di dalam kolam rebusan supaya tetap dan mempertahankan agar semua bagian balok tercelup di dalam air selama perebusan
Pengupasan *log*	1. Memfungsikan kembali *soft-stop* yang ada pada mesin kupas agar balok dapat dikupas secara sempurna 2. Memasang X-Y *Charger* untuk menentukan titik pusat spindle supaya pengupasan sempurna 3. Memasang atau memfungsikan kembali *powered back up roll*
Pengasahan Pisau	Menyetel dan menjaga pengasah yang bekerja pada permukaan pisau untuk didapat sudut yang benar.
Pemotongan dan penyambungan Veener	1. Memperbaiki atau mengganti scanner agar veener yang masih memenuhi kriteria tidak terbuang 2. Meningkatkan pemeliharaan mesin 3. Melatih pegawai untuk mengoperasikan mesin pemotong

Unit operasi	Tindakan dan manfaat peningkatan nilai tambah kayu
Pengeringan	1. Memperbaiki atau mengganti *bafle*, *gerendel*, dan *gasket* pada pintu mesin pengering supaya pengeringan sempurna 2. Menutup pembatas ruangan antara pada mesin pengering supaya pengeringan dapat dilakukan secara sempurna. 3. Memasang AC *detector* dan PLC untuk mengatur kecepatan pengeringan agar pengeringan sempurna 4. Mengelompokkan veener dengan berdasarkan MCnya 5. Lebih sering memonitor temperatur mesin pengering untuk menjamin temperaturnya memenuhi syarat 6. Memodifikasi *ducting* untuk udara dingin agar veener yang keluar tidak menggelembung atau robek 7. Meningkatkan kapasitas pendinginan agar veener yang keluar tidak menggelembung 8. Memperbaiki dan mengganti "*steam coil*" pada mesin pengering agar terjadi efisiensi uap.
Core Builder	Meningkatkan penggunaan *core* veener
Gluing	1. Menggunakan debu kayu pada formulasi lem 2. Memasang *baffle* pada alat pencampur lem agar perekat tercampur sempurna
Pengoperasian Boiler	1. Memasang pengatur otomatis untuk *damper* untuk mengukur jumlah pembakaran 2. Memonitor kualitas akan meningkatkan perlakuan terhadap air umpan boiler.
Pemanfaatan Kayu	1. Memonitor pemanfaatan kayu dan produksi pada semua unit operasi 2. Mengidentifikasi dan mengevaluasi potensi dan peluang baru untuk pemanfaatan kayu dan limbah kayu 3. Memanfaatkan *core* pengupasan untuk membuat produk yang laku jual.

Sumber: ICIP (1998)

Rekomendasi yang dipaparkan oleh ICIP merupakan rekomendasi yang mengacu pada pendekatan lingkungan. Hal ini sangat berkaitan dengan ekoefisiensi. Peningkatan kinerja industri kayu lapis dapat juga dilakukan dengan strategi pendekatan ekoefisiensi.

Salah satu dasar elemen ekoefisiensi adalah teknik manajemen. Teknik manajemen selain produksi bersih, *end of pipe*, juga dapat berupa sistem manajemen lingkungan dan *environmental assessment*. Dengan menggabungkan antara produksi bersih dan ekoefisiensi pada industri kayu lapis dapat meningkatkan kinerjanya. Ekoefisiensi pada industri kayu lapis berdasarkan Nurendah (2006) dapat dilihat pada Tabel 84.

Tabel 84. Ekoefisiensi Industri Kayu Lapis

Alternatif strategi	Program
Bahan baku	1. Mendapatkan bahan baku melalui proses penyortiran terlebih dahulu agar sesuai dengan kebutuhan pabrik 2. Optimalisasi penggunaan bahan dengan keseimbangan dengan bahan neraca kayu
Teknologi	1. Pengunaan mesin *rotary* kecil dapat mengupas kayu dengan ukuran kecil, sampai sekecil kayu dengan diameter 145 cm dan menyisakan bagian inti kayu dengan diameter 6-8 cm, sehingga menghasilkan limbah yang sedikit. 2. Menggunakan metode antrian pada proses produksi
Recycle (mengolah ulang)	1. Memanfaatkan limbah kayu untuk bahan bakar boiler (dibandingkan dengan menggunakan solar) 2. Memanfaatkan limbah kayu untuk *blockboard* 3. Memanfaatkan limbah kayu untuk balok laminasi 4. Memanfaatkan limbah kayu untuk kerajinan

Sumber: Nurendah (2006)

H. Penerapan Produksi Bersih pada Industri CPO (Kautsar, 2006)

Pengantar

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas yang memiliki prospek cerah. Hal tersebut, dikarenakan kelapa sawit tumbuh dengan baik di daerah beriklim tropis. Terlepas dari itu juga, saat ini konsumsi minyak sawit dunia ternyata terus mengalami peningkatan. Data *Oil World* menunjukkan, bahwa pada tahun 2003-2007, konsumsi minyak sawit mencapai 21,5% dari konsumsi minyak nabati dunia. *Oil World* juga memprediksikan, bahwa pada tahun 2007-2012 konsumsi minyak sawit dunia mencapai 22,5% dari konsumsi minyak nabati dunia atau sebesar 132.234.000 ton dengan total produksi mencapai 108.512.000 ton.

Berdasarkan peningkatan produksi dan konsumsi dunia terhadap minyak sawit secara langsung dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan. Pada proses produksi minyak sawit, setiap ton tandan buah segar (TBS) yang diolah menghasilkan *effluen* sebanyak 0,6 m^3. Limbah tersebut dapat mengakibatkan dampak terhadap lingkungan jika tidak dikelola dengan baik.

Strategi penanganan limbah yang selama ini dilakukan adalah melalui pendekatan *end-of pipe*. Dewasa ini mulai diperkenalkan pengelolaan lingkungan yang bersifat pencegahan terhadap sumber-sumber dihasilkannya limbah, seperti *eco-efficiency, pollution prevention, waste minimization* ataupun *source reduction*. UNEP (*United Nation Environment Programme*) menggunakan istilah *cleaner production* atau produksi bersih sebagai upaya preventif dan integrasi yang dilaksanakan secara berkesinambungan terhadap proses dan jasa untuk meningkatkan efisiensi dan mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan.

Berdasarkan tempat pembentukannya, limbah kelapa sawit digolongkan menjadi dua jenis, yaitu limbah perkebunan kelapa sawit dan limbah industri kelapa sawit. Penanganan limbah - limbah tersebut dilakukan melalui pendekatan *end-of pipe*, yaitu penanganan yang dilakukan setelah limbah dihasilkan. Saat ini usaha-usaha penanganan limbah industri minyak sawit sudah mengarah kepada upaya pencegahan dampak terhadap lingkungan.

Upaya tersebut dilakukan dengan cara memanfaatkan limbah industri minyak sawit sebagai produk samping.

Upaya mengatasi permasalahan lingkungan yang diakibatkan oleh industri minyak sawit perlu dilakukan secara menyeluruh dan terus-menerus. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui konsep produksi bersih, yaitu strategi pengelolaan lingkungan yang bertujuan untuk mencegah dihasilkan limbah pada sumber. Selain memberikan keuntungan berupa pengurangan dampak negatif terhadap lingkungan, produksi bersih juga memberikan keuntungan ekonomi.

Aplikasi produksi bersih diawali dengan persiapan dan perencanaan yang menghasilkan tujuan program produksi bersih. Disamping itu, perlu mengenalkan konsep produksi bersih kepada perusahaan. Perlu dilakukan kajian langsung dilapangan untuk mengetahui area yang memiliki potensi diterapkannya produksi bersih. Kajian ini akan menghasilkan berbagai alternatif yang dapat dilaksanakan atau tidak dapat dilaksanakan.

Alternatif produksi bersih didiskusikan dan dianalisis terlebih dahulu agar dapat diaplikasikan di lapangan. Diskusi dilakukan dengan pihak manajemen perusahaan sebagai pengambil keputusan dalam pelaksanaan alternatif produksi bersih. Analisis dilakukan untuk mengetahui kelayakan pelaksanaan alternatif produksi bersih.

Proses produksi

TBS (Tandan Buah Segar) yang masuk ke dalam pabrik ditimbang terlebih dahulu dengan tujuan untuk mengetahui jumlah TBS yang akan diolah dan banyaknya TBS yang dihasilkan. Kemudian dibawa menuju lantai penerimaan buah.

Proses rebusan dilakukan menggunakan uap basah dengan sistem tiga puncak. Perebusan bertujuan untuk menghidrolisis pektin pada tongkol buah, sehingga memudahkan proses perontokan, mengurangi kadar air dan menghentikan aktivitas enzim lipase.

Selanjutnya dilakukan perontokan buah pada tandan dengan menggunakan *thresher*. Perontok yang digunakan dapat adalah tipe

rotary drum/tromol. Tromol ini berbentuk silinder yang dibangun dari batang-batang besi memanjang.

Proses selanjutnya adalah pengadukan atau *digesting*. Proses pengadukan bertujuan untuk memudahkan pekerjaan pengepressan, sehingga minyak dengan mudah dapat dipisahkan dari daging buah dengan tingkat kerugian yang sekecil-kecilnya.

Ekstraksi minyak kelapa sawit dilakukan secara mekanis, yaitu dengan pengepressan. Pengepressan atau pengempaan pada buah akan membebaskan minyak dari serat dan biji.

Pemurnian atau *clarification* berfungsi untuk memisahkan minyak dari *sludge* dan air. Pemurnian dilakukan dengan metode gravitasi dan mekanik. Pada stasiun ini dihasilkan produk minyak sawit jernih yag kemudian ditampung di dalam *oil storage tank*.

Pengelolaan Limbah Industri

Limbah yang dihasilkan dari kegiatan produksi minyak sawit meliputi limbah cair, limbah padat, dan limbah udara. Limbah cair yang dihasilkan berupa lumpur, air kondensat, dan air cucian. Lumpur dan air kondensat digunakan sebagai aplikasi lahan pada perkebunan, sedangkan limbah cair berupa air cucian ditangani pada kolam sedimentasi.

Limbah padat yang dihasilkan berupa cangkang, serat dan tandan kosong. Cangkang digunakan sebagai bahan bakar *solid* untuk boiler dan substitusi *gravel* pada jalan, serat dimanfaatkan sebagai bahan bakar solid untuk boiler. Sedangkan tandan kosong digunakan sebagai mulsa organik pada pokok kelapa sawit.

Limbah udara yang dihasilkan berupa kebisingan dan gas boiler. Penanganan gas boiler dilakukan dengan menggunakan *dust collector* yang selanjutnya abu diendapkan pada kolam sedimentasi.

Produksi Bersih

Tujuan program produksi bersih yang dihasilkan adalah pengurangan ceceran di setiap unit proses, penggunaan air hingga 50% dalam satu tahun, pengurangan cemaran kegiatan produksi

serta peningkatan kesadaran dan partisipasi aktif karyawan dalam melaksanakan upaya produksi bersih.

- Berdasarkan pelaksanaan *quickscan* dihasilkan alternatif produksi bersih yang mengacu kepada target program produksi bersih. Teknik produksi bersih pada alternatif tersebut berupa tatacara operasi yang baik, *Good House-keeping* dan modifikasi proses.

Penerapan tatacara operasi yang lebih baik adalah pengendalian operasional suatu kegiatan yang bersifat prosedural, administratif, institutional, dengan tujuan untuk mengurangi terbentuknya limbah. Tatacara operasi yang lebih baik diterapkan pada setiap tahap kegiatan mulai dari penanganan bahan baku, penyimpanan, proses produksi hingga perawatan dan pemeliharaan peralatan operasional (BAPEDAL, 2001).

Alternatif penerapan tatacara operasi yang baik meliputi pelaksanaan, pengawasan, evaluasi, dan penambahan SOP pada stasiun proses. Disamping itu, untuk mendukung pelaksanaan tatacara operasi yang baik perlu dilakukan pengadaan peralatan pengukur seperti *flowmeter* pada beberapa tempat.

Teknik tatacara operasi yang baik tidak memerlukan peralatan khusus, tindakan operasional khusus, dan aplikasi lainnya yang dapat mengganggu jalannya operasi. Penerapan tatacara operasi yang baik tidak memiliki kendala teknis yang signifikan. Diperlukan evaluasi dan perbaikan dalam pelaksanaan SOP (*Standard Operating Procedure*) dengan baik secara terus-menerus.

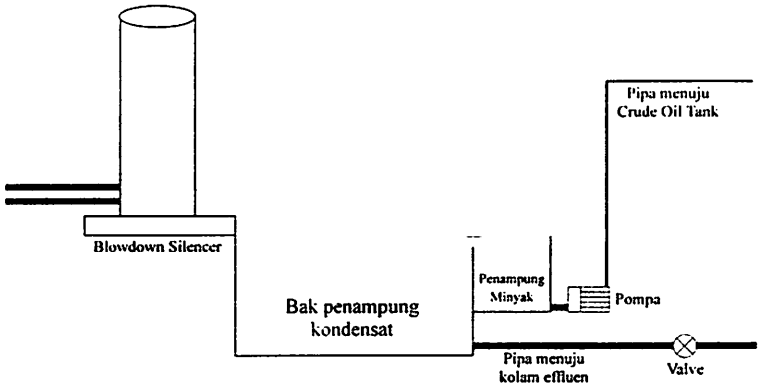
Good House-keeping adalah sejumlah langkah praktis yang dapat segera dilaksanakan oleh pelaku kegiatan dengan memperhatikan kebersihan, keapikan lingkungan kerja, dan juga kinerja proses produksi. *Good House-keeping* dapat dilaksanakan dengan memperhatikan tatacara penyimpanan, penanganan dan pengangkutan bahan yang baik, mencegah kebocoran dan ceceran dll (BAPEDAL, 2001).

Alternatif penerapan *Good House-keeping* meliputi usaha pengurangan terjadinya ceceran serta cemaran pada lingkungan kerja pabrik secara langsung. Cemaran dan ceceran yang terjadi diakibatkan oleh faktor alat seperti kerusakan dan kebocoran serta faktor manusia seperti metode kerja.

Penerapan *Good House-keeping* dan tatacara operasi yang baik tidak memiliki dampak terhadap lingkungan secara khusus. Kedua teknik produksi bersih ini mendukung pengurangan dampak terhadap manusia dan lingkungan. Seluruh program pelaksanaan *Good House-keeping* dan tatacara operasi yang baik disusun dan dilakukan dengan mempertimbangan perlindungan terhadap manusia dan lingkungan.

Salah satu teknik dalam perolehan kembali adalah dengan modifikasi proses. Upaya pengurangan volume dan kualitas limbah dapat dilakukan dengan memodifikasi peralatan yang ada pada unit proses, seperti penambahan atau penggantian sebagian peralatan proses.

Modifikasi proses yang dilakukan ditujukan pada proses rebusan. Hal tersebut dikarenakan *Losses* di atas standar yang terjadi pada *final effluen* dipengaruhi oleh proses rebusan. Modifikasi proses yang dilakukan adalah dengan membuat kolam penampung air kondensat. Desain penampung air kondensat dapat dilihat pada Gambar 115.

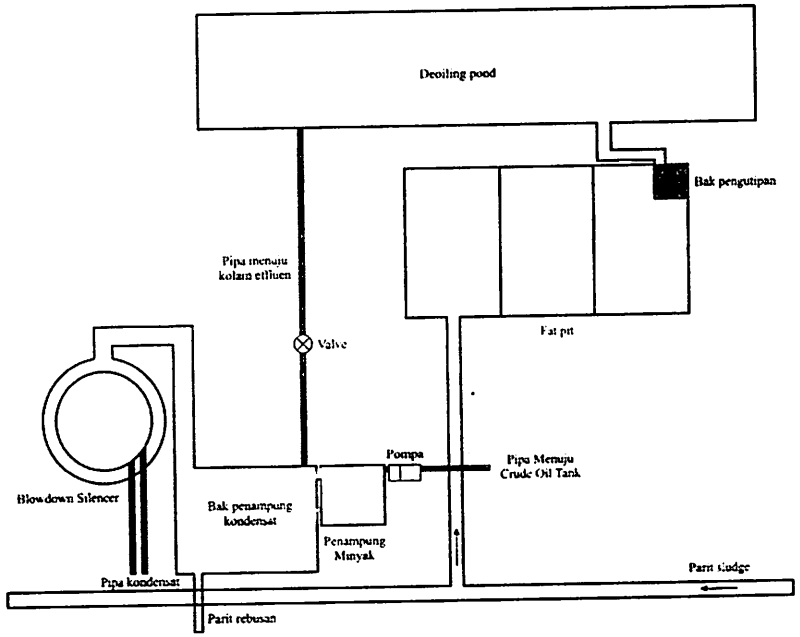


Gambar 115. Disain Kolam Penampung Air Kondensat

Pengambilan minyak pada air kondensat diharapkan tidak mempengaruhi kadar asam lemak bebas pada produk. Semua enzim yang termasuk golongan lipase yang mampu menghidrolisis lemak netral, sehingga menghasilkan asam lemak bebas dan gliserol akan

inaktif oleh panas (Ketaren, 1986). Enzim pada kelapa sawit akan inaktif pada pemanasan minimum 55°C. Pada proses rebusan buah sawit dipanaskan pada suhu lebih dari 55°C (Palm Oil Research Institut of Malaysia, 1985). Pada kondisi tersebut minyak pada air kondensat masih dapat diambil dan dijernihkan pada stasiun pemurniah.

Pada setiap mesin rebusan TBS yang diolah mencapai 28 ton, dalam setiap jam terdapat 2 mesin rebusan yang beroperasi, sehingga TBS diolah mencapai 54 ton.



Gambar 116. Tata Letak Kolam Penampung Kondensat

Jumlah kondensat yang dihasilkan mencapai 7,84 m^3/jam dengan kandungan minyak sebanyak 0,042 m^3. Untuk memenuhi volume air kondensat tersebut dibutuhkan kolam dengan kapasitas minimum 8 m^3. Tata letak kolam penampung kondensat dapat dilihat pada Gambar 116.

Untuk mendirikan kolam penampung air kondensat beserta utilitasnya dibutuhkan lahan dengan ukuran minimum 3 x 5 M, atau sebesar 15 m^2. Lahan seluas ini dipenuhi pada areal di sekitar *blowdown silencer*. Untuk mengantisipasi peningkatan kapasitas olah pabrik, penambahan kapasitas kolam dapat dilakukan dengan menambah kedalaman kolam.

Limbah cair industri minyak kelapa sawit pada umumnya mengandung minyak/lemak. Hal ini, disebabkan oleh proses ekstraksi minyak kelapa sawit menggunakan uap air, sehingga air buangan dari proses ini akan mengandung minyak, disamping itu sifatnya yang cenderung asam jika dibiarkan lama dan pH akan turun mencapai < 4 (BAPEDAL, 1998). Lebih banyak bahan-bahan organik pada air buangan itu, maka lebih besar BOD-nya.

Pengaruhnya apabila dibuang langsung tanpa di *treatment* terlebih dahulu akan mengakibatkan dampak lingkungan yang menyebabkan pengurangan kadar oksigen di dalam badan air yang menerimanya sebagai akibat dari terjadinya pemecahan bahan-bahan organik (PT. Salim Plantation, 1995). Dengan banyaknya zat pencemar yang ada di dalam air limbah, maka akan menyebabkan menurunnya kadar oksigen yang terlarut di dalam air limbah tersebut. Dengan demikian akan menyebabkan kehidupan di dalam yang membutuhkan oksigen akan terganggu, dan mengurangi perkembangannya (Kementrian Lingkungan Hidup, 2005).

Apabila lemak tidak dihilangkan sebelum dibuang ke saluran air limbah dapat mempengaruhi kehidupan yang ada di permukaan air dan menimbulkan lapisan tipis di permukaan, sehingga membentuk selaput (Sugiharto, 1987). Pengurangan kandungan minyak pada buangan air kondensat secara langsung akan mengurangi kadar BOD (*Biochemical Oxygen Demand*) pada *effluent*, sehingga akan berdampak positif terhadap kualitas limbah. Pengurangan kadar minyak dan lemak pada limbah akan mengurangi bau busuk yang ditimbulkan. Hal tersebut, dikarenakan bahan organik yang terkandung akan terurai dan membentuk amonia. Penurunan konsentrasi pencemar akan meningkatkan pH mendekati netral, sehingga penggunaan bahan kimia soda ash sebagai penetral akan berkurang.

Aplikasi tatacara operasi yang baik dilakukan dengan mengevaluasi dan membuat SOP di setiap stasiun pengolahan. Prosedur standar operasi yang sudah ada meliputi standar pengoperasian kerja mesin serta perawatan dan pemeliharaan mesin. Berdasarkan hasil evaluasi, diperlukan penambahan SOP.

Prosedur operasional yang tidak sesuai standar menyebabkan terjadi penurunan kualitas, pemborosan, dan peningkatan jumlah kehilangan. Hal tersebut secara umum berpengaruh terhadap kinerja produktivitas perusahaan. Selain itu, SOP diadakan dengan tujuan pencegahan kecelakaan kerja serta peningkatan perlindungan kesehatan dan keselamatan karyawan.

Penyimpangan pelaksanaan SOP bisa terjadi pada stasiun rebusan. Hal tersebut dapat terlihat dari jumlah *Losses* pada *final effluen*t yang melebihi standar yang ditetapkan. Standar maksimum pada *final effluent* adalah sebesar 0,50%, sedangkan *Losses* yang terjadi mencapai 0,51%. Walaupun demikian, telah terjadi penurunan *Losses* pada *final effluen* sebesar 0,02% dari bulan sebelumnya yang mencapai 0,53%. Penurunan jumlah *Losses* sebesar 0,02% memberikan keuntungan secara langsung terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Pada bulan yang sama, total TBS diolah mencapai 12.537 ton, sehingga minyak yang dapat dihasilkan dari 0,02% tersebut adalah sebanyak 2,51 ton.

Losses pada *final effluent* dipengaruhi oleh kualitas rebusan dan kinerja *sludge separator*. Jumlah *Losses* pada *sludge separator* sebesar 0,35% pada bulan Maret dan 0,34% pada bulan april masih berada pada standar yang ditetapkan sebesar 0,40%. Terjadinya jumlah *Losses* pada *final effluent* diatas standar 0,50% tidak dipengaruhi oleh kinerja proses penjernihan, akan tetapi dikarenakan oleh kinerja rebusan. Kinerja rebusan menyumbang *Losses* pada *final effluent* hingga 0,17-0,18%.

Perbaikan melalui tatacara operasi yang baik pada stasiun rebusan dilakukan dengan memberikan tambahan SOP. Tambahan SOP tersebut memberikan acuan kepada operator dalam melaksanakan proses rebusan. Peningkatan *Losses* lain terjadi pada EB (*Empty Bunch*). Sejak januari 2006 hingga April 2006 terjadi peningkatan sebesar 0,09%. Hal ini memberikan pengaruh yang besar pada jumlah produk. Peningkatan *Losses* pada EB dipengaruhi

oleh kualitas proses rebusan. Proses rebusan memungkinkan terikatnya minyak pada EB. Salah satu faktornya adalah waktu rebusan yang melebihi standar. Walaupun demikian, *Losses* masih berada di bawah standar yang ditetapkan.

USB (*Unstripped bunch*) merupakan tandan yang diolah kembali karena buah belum sepenuhnya rontok pada tandan. Hal ini dipengaruhi oleh selain kualitas rebusan, juga dikarenakan oleh kematangan TBS. TBS yang dipanen belum saatnya atau disebut dengan *under ripe*. Kematangan buah yang kurang menyebabkan buah masih terikat kuat pada tandan. Proses ulang memberikan kesempatan untuk mendapatkan buah pada TBS.

Pemanenan TBS tepat waktu merupakan salah satu upaya pencegahan jumlah USB yang dapat memboroskan penggunaan energi. Namun, proses perebusan dengan waktu yang tepat merupakan faktor utama pengendalian USB. Jumlah *Losses* pada USB sebesar 0,01-0,02% dipengaruhi kandungan minyak pada buah yang belum matang.

Aplikasi *Good House-keeping* yang dapat dilakukan adalah penutupan kebocoran-kebocoran pipa air dan uap, penutupan aliran air yang tidak diperlukan pada stasiun penjernihan, penggantian selang air yang bocor, perbaikan keran air, pembersihan mesin, parit, dan lingkungan kerja serta perbaikan metode penanganan bahan. Pada beberapa stasiun proses, dilakukan penambahan SOP kerja berupa pembersihan lingkungan, dan mesin serta penutupan kebocoran. Selain itu, dilakukan pengadaan SOP kebersihan lingkungan pabrik. Penutupan kebocoran uap dan air yang terjadi dilakukan oleh divisi pemeliharaan. Walaupun penutupan kebocoran secara langsung tidak memberikan kerugian yang signifikan, akan tetapi jika dibiarkan akan mengganggu proses produksi dan menyebabkan pemborosan.

Kondisi penyimpanan gudang dan penanganan bahan yang ada saat ini kerap menyebabkan terjadinya ceceran bahan kimia pada gudang. Ceceran yang terjadi diakibatkan oleh kerusakan kemasan dan metode penanganan bahan yang kurang baik. Ceceran bahan kimia dapat menyebabkan gangguan kesehatan dan keselamatan pekerja karena terhisapnya bahan kimia. SOP penyimpanan dan penanganan bahan dibuat dan dilaksanakan karena terjadi cemaran

lingkungan pabrik oleh bahan kimia, kerusakan material serta gangguan terhadap kesehatan dan keselamatan karyawan. Evaluasi dilakukan berdasarkan pengamatan langsung dilapangan. Adanya perilaku kerja yang sudah berjalan di perusahaan menyebabkan tidak mengalami hambatan yang signifikan dalam pelaksanaan SOP.

Aplikasi tatacara yang baik memberikan kontribusi terhadap pengurangan ceceran yang ada pada lingkungan pabrik saat ini sebesar 20%. Pada penghematan penggunaan air memberikan kontribusi sebesar 60%. Walaupun demikian hal tersebut, belum dapat dilaksanakan. Pada pengurangan cemaran produksi sebesar 30% dari seluruh cemaran yang ada.

Aplikasi *Good House-keeping* memberikan kontribusi sebesar 60% dari pengurangan ceceran yang ada pada lingkungan pabrik saat ini. Aplikasi *Good House-keeping* pada penghematan penggunaan air mencapai 40%, sedangkan pada pengurangan cemaran produksi hanya sebesar 20%. Aplikasi *Good House-keeping* memberikan kontribusi pencapaian penghematan air sebesar 0,18% dalam satu tahun. Hal ini berarti, penghematan penggunaan air hanya mencapai 62,09%, dihitung dari penggunaan air tahun 2005.

Kendala utama dalam penerapan tatacara operasi yang baik dikarenakan dua faktor, yaitu faktor alat dan manusia. Faktor alat terjadi pada proses rebusan. Terdapat beberapa alat kontrol rebusan yang tidak berfungsi dengan baik. Faktor manusia merupakan hambatan yang paling berpengaruh terhadap pelaksanaan produksi bersih.

I. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Kerupuk Ikan (Prawiradisastra, 2007)

Pengantar

Indonesia memiliki potensi yang besar untuk mengembangkan agroindustri di bidang perikanan. Pada tahun 2002 produksi perikanan mencapai 4,7 juta ton, yang terdiri atas 3,7 juta ton produksi laut dan 1 juta ton produksi perikanan darat. Pada tahun 2003 produksi perikanan diperkirakan mencapai 5,1 juta ton atau naik 8,25% bila dibandingkan dengan tahun 2002. Peningkatan produksi terjadi pada seluruh kegiatan usaha perikanan, baik perikanan laut maupun perikanan darat (BPS, 2002).

Potensi produksi ikan yang cukup besar tersebut mempengaruhi berkembangnya agroindustri yang menggunakan bahan baku ikan. Diantaranya adalah agroindustri kerupuk ikan. Kerupuk ikan bisa dikembangkan mulai dari industri rumah sampai industri menengah. Hal ini karena teknologi yang digunakan pada industri kerupuk ikan relatif sederhana.

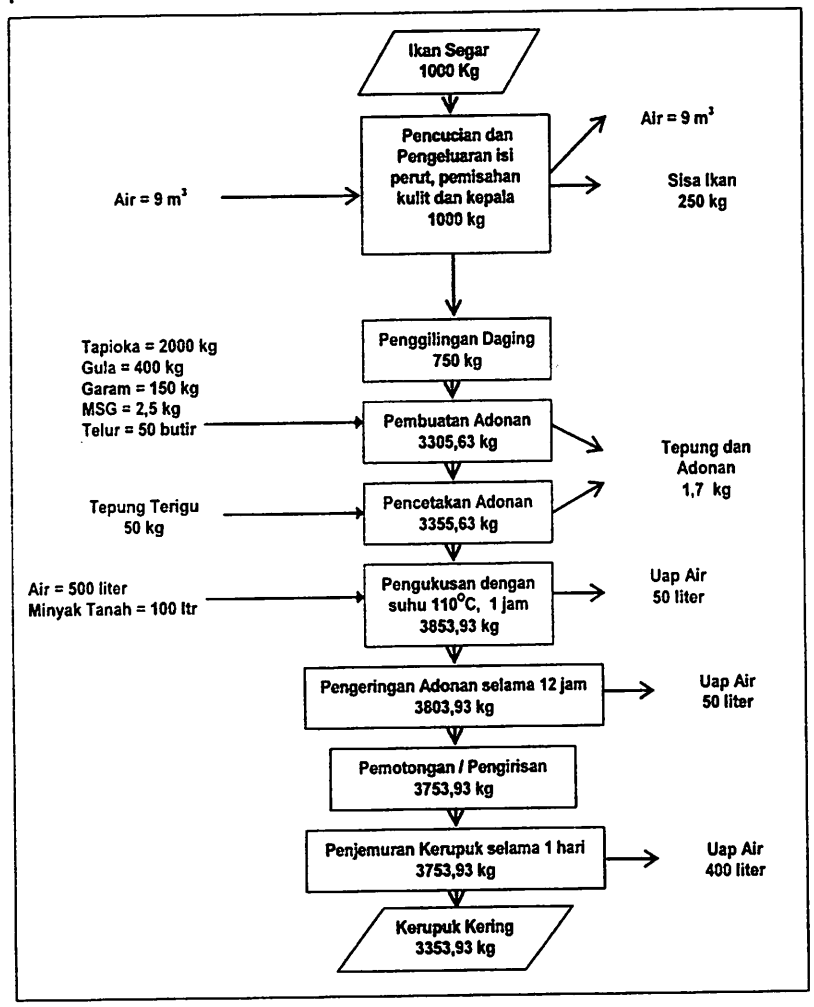
Disperindag Kabupaten Indramayu (2005), menyatakan terdapat 53 perusahaan di sentra produksi kerupuk yang terkenal di desa Kenanga, Kabupaten Indramayu. Jumlah tenaga kerja yang terserap pada sentra produksi tersebut adalah 1.048 orang. Kapasitas produksi per tahunnya mencapai 6.360 ton dengan nilai produksi Rp 44.520.000.000 per tahun.

Kabupaten Indramayu memiliki potensi untuk mengembangkan industri kerupuk ikan atau udang. Daerah ini memiliki sentra industri kerupuk di desa Kenanga, kecamatan Sindang. Jika pemerintah daerah setempat serius untuk mengembangkannya, industri kerupuk bisa menjadi andalan untuk pendapatan daerah setempat. Pemerintah dapat menghubungkan industri dengan universitas atau perguruan tinggi untuk pengembangan teknologi dan manajemen industri dan dengan pemilik modal untuk mengatasi masalah permodalan (Apriyadi, 2003).

Industri kerupuk memiliki peran sebagai penghasil devisa dan juga sebagai penggerak perekonomian nasional. Oleh karena itu, pertumbuhan dan perkembangan industri kerupuk akan berjalan dengan baik bila dibarengi dengan penguasaan teknologi dan manajemen industri modern. Penguasaan teknologi penangkapan ikan yang baik akan memberikan bahan baku yang baik dan efisien. Penguasaan teknologi dan manajemen industri modern akan membuat industri kerupuk bisa bersaing di era persaingan bebas. Hubungan antara pemilik modal, pemerintah dan pengusaha juga harus diselaraskan agar bisa memantapkan usaha ini (Apriyadi, 2003).

Proses Produksi Kerupuk Ikan

Neraca massa proses produksi kerupuk ikan dapat dilihat pada Gambar 117.



Gambar 117. Neraca Massa Proses Produksi Kerupuk

Dari neraca massa di atas dapat terlihat pemakaian air pada saat pencucian adalah sebanyak 9 m³. Air dari pencucian ini

langsung dibuang ke saluran air. Air ini mengandung darah ikan dan sisa-sisa pemotongan ikan yang dapat mengakibat bau tidak sedap yang keluar dari parit di sekitar lingkungan pabrik. Lingkungan pabrik berdekatan dengan rumah penduduk, sehingga jika tidak ditangani dengan baik akan berakibat tidak baik pada kualitas kesehatan penduduk sekitar pabrik.

Terdapat sisa ikan berupa kepala, isi perut dan kulit ikan sebanyak 250 kg. Selama ini baru kulit ikan yang dapat dimanfaatkan kembali menjadi kerupuk kulit. Kepala dan isi perut ikan selama ini dimanfaatkan menjadi pakan lele langsung tanpa diolah.

Produksi Bersih

Produksi bersih adalah suatu usaha yang sifatnya adalah mencegah dan proaktif dalam manajemen lingkungan. Produksi bersih akan membantu dalam pencegahan atau pengurangan dampak lingkungan melalui siklus hidup produk. Siklus hidup produk dimulai dari penyediaan bahan baku sampai pembuangan akhir produk. Strategi produksi bersih adalah :

1. Pada proses produksi, termasuk di dalam produksi bersih adalah pencegahan kerusakan pada bahan baku, meminimumkan penggunaan energi, menghilangkan penggunaan bahan baku yang berbahaya dan beracun, mengurangi jumlah emisi dan limbah dan kadar racun yang terkandung di dalam emisi dan limbah sebelum meninggalkan proses.
2. Pada produk akhir, strategi difokuskan pada pengurangan dampak lingkungan sepanjang daur hidup produk mulai ekstraksi bahan baku sampai pembuangan akhir produk.

Menurut Indriyati (2000), penerapan produksi bersih dalam suatu industri memerlukan kebijakan dan arahan yang tegas dari manajemen puncak. Karena selama ini pemahaman limbah (inefisiensi) dilihat sebagai suatu konsekuensi *logis* dalam suatu proses produksi. Oleh karena itu, diperlukan perubahan paradigma yang membutuhkan dorongan kuat dari manajemen puncak terhadap pelaksana di lapangan.

Hal ini juga berlaku bagi industri kerupuk yang tergolong industri kecil menengah. Jika manajemen puncak memahami konsep

produksi dan memiliki keinginan kuat untuk melaksanakannya, maka karyawan akan ikut melaksanakan. Jika manajemen puncak kurang memahami maka pelaksanaan produksi bersih dapat terhambat.

Industri kerupuk cukup pesat perkembangannya di Indramayu. Jika tidak ditangani secara baik dan benar limbah industri kerupuk akan dapat menambah pencemaran terhadap lingkungan. Limbah dari industri kerupuk yang berupa limbah air pencucian dan sisa ikan juga memiliki risiko terhadap kesehatan masyarakat di sekitar lingkungan industri. Limbah cair yang langsung dibuang membuat parit di sekitar industri kerupuk mengeluarkan bau tak sedap.

Oleh karena itu, limbah industri kerupuk perlu ditangani secara bijak, yaitu memberikan keuntungan baik bagi industri maupun masyarakat. Solusi yang bijak untuk hal ini adalah produksi bersih. Teknik produksi bersih yang sesuai untuk industri kerupuk adalah teknik yang tidak membutuhkan biaya tinggi. Teknik produksi bersih yaitu perbaikan *good house-keeping* dan tatacara operasi yang baik seharusnya dapat diterapkan langsung, karena secara teknis mudah dilakukan dan tidak memerlukan banyak biaya. Hal ini sesuai untuk industri kecil menengah seperti industri kerupuk.

Teknik produksi bersih yang lain seperti modifikasi proses dan produk, perubahan teknologi, penggunaan kembali adalah sebagai usulan. Dibutuhkan kajian lebih mendalam dan biaya cukup besar untuk sampai pada tahap bisa diterapkan. Secara finansial produksi bersih dapat mengurangi biaya produksi. Pengurangan biaya ini didapat dari efisiensi pada tiap tahapan prosesnya.

Pihak pemilik pabrik dan mandor yang merupakan pengambil keputusan utama pada pabrik kerupuk belum mengetahui konsep produksi bersih. Dengan demikian perlu dikenalkan terlebih dahulu mengenai konsep produksi bersih. Pengenalan bisa dilakukan dengan diskusi mendalam atau pembinaan dan pelatihan dari pihak pemerintah dan akademisi. Karyawan pada pabrik kerupuk kebanyakan adalah karyawan borongan yang tidak digaji tetap dan berganti-ganti sesuai kebutuhan.

Tujuan Awal Program Produksi Bersih

a. Mengurangi tumpahan produk dan bahan pada setiap tahapan proses

b. Daur ulang dan penghematan penggunaan air pada proses pencucian

c. Mengurangi jumlah limbah pabrik kerupuk dan risiko pada manusia

d. Peningkatan kesadaran dan pengetahuan mengenai produksi bersih pada pihak manajemen dan karyawan pabrik

Kajian Penerapan Produksi Bersih

Kajian penerapan produksi bersih di pabrik kerupuk dapat dikelompokkan menjadi (a) Persiapan Bahan, (b) Pembuatan Adonan, (c) Pencetakan Adonan, (d) Pengukusan, dan (e) Pengemasan. Berikut adalah penjelasan masing-masing bagiannya :

Persiapan Bahan

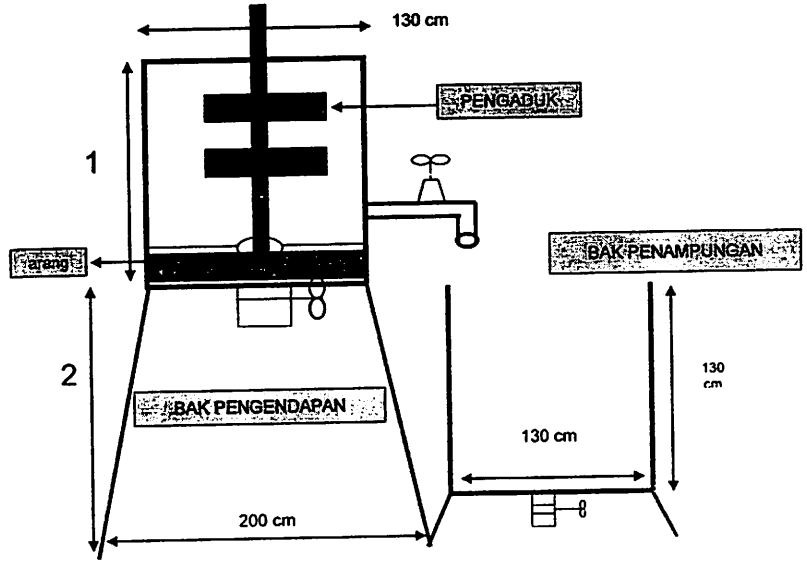
1. Daur Ulang Limbah Air Ikan

Ikan yang baru datang dari pemasok diproses dengan melakukan persiapan bahan. Persiapan bahan meliputi pengulitan, pengeluaran isi perut dan kepala dan pencucian. Pada persiapan bahan ini banyak air yang terpakai untuk pencucian. Pemakaian air adalah sebesar 180 m^3 per bulannya atau sekitar 9 m^3 per harinya dengan rata-rata 20 hari kerja per bulannya.

Penggunaan air di pabrik kerupuk ikan Indramayu memiliki beberapa kekurangan. Pemakaian air pada saat pencucian tidak efisien, banyak air yang terbuang begitu saja ke saluran pembuangan. Setiap harinya bisa terpakai sekitar 9 m^3. Pada saat pencucian ikan dan pengeluaran perut ikan digunakan air dalam jumlah besar. Air juga digunakan untuk mencuci lantai yang kotor setelah pengeluaran isi perut ikan. Oleh karena itu, seharusnya dapat dilakukan penghematan air pada tahap ini.

Alternatif produksi bersih yang dipilih adalah daur ulang air dan tatacara operasi yang baik dengan pembuatan SOP. Daur ulang air dapat dilakukan dengan filtrasi atau penyaringan. Cara

ini dipilih, karena tidak membutuhkan biaya yang besar untuk investasinya. Proses filtrasi yang dipilih adalah yang menggunakan bahan dan peralatan yang mudah ditemukan di pasaran. Desain instalasi daur ulang air dapat dilihat pada Gambar 118.



Gambar 118. Desain Instalasi Daur Ulang Air

Pada penelitian yang dilakukan oleh Nasution (2001) terhadap air limbah tahu, filtrasi dilakukan menggunakan dua buah bak, yaitu bak pengendapan dan bak penyaringan. Bak pengendapan digunakan untuk menampung air limbah. Proses pengendapan dilakukan dengan menambahkan tawas dan batu kapur kemudian diendapkan selama enam jam. Ukuran bak pengendapan harus disesuaikan dengan kapasitas limbah air yang dihasilkan.

Proses daur ulang air pencucian ikan tidak membutuhkan proses yang rumit. Air cucian ikan dapat dijernihkan dengan menggunakan tawas dan bau ikan dapat dihilangkan dengan menggunakan arang aktif. Proses daur ulang air pencucian ikan dapat dilakukan dalam satu bak saja.

Proses penjernihan air cucian ikan dapat dilakukan dalam waktu satu jam dengan menggunakan tawas butek sebanyak 50

ppm. Bau ikan dapat dihilangkan menggunakan arang. Dari 9000 liter air cucian ikan dapat dihasilkan 8095,5 liter. Efisiensi dari proses daur ulang air cucian ikan ini adalah 89,95%. Hasil dari proses daur ulang ini air bisa langsung dipakai kembali. Pemakaian kembali air, otomatis akan menekan biaya penggunaan air.

2. Kebersihan Ruang Pencucian

Pada proses persiapan bahan dilakukan pemisahan kulit, isi perut, dan kepala dari daging. Semua proses tersebut dilakukan di lantai ruang pencucian. Alat yang digunakan adalah pisau dan bangku untuk duduk. Karena proses dilakukan di lantai, bahan menjadi rentan terkontaminasi oleh kotoran. Karyawan dan pengantar ikan bebas untuk keluar masuk ruang pencucian dengan menggunakan alas kaki. Seringkali ruang pencucian terlihat kurang bersih.

Tidak adanya prosedur untuk membersihkan lantai secara berkala juga membuat ruangan menjadi kurang nyaman. Seringkali ditemukan lantai yang belum dibersihkan langsung dipakai untuk mencuci dan memotong ikan.

Alternatif produksi bersih yang diusulkan adalah perbaikan *good house-keeping*. Perbaikan *good house-keeping* dilakukan dengan membersihkan lantai ketika akan dilakukan proses produksi di ruang pencucian. Oleh karena itu, disarankan untuk membuat SOP kebersihan ruang pencucian. SOP dibuat agar ada prosedur standar yang bisa dilakukan terus-menerus.

3. Pembuatan Tepung Ikan Dari Sisa Ikan

Industri pengolahan ikan umumnya menghasilkan limbah ikan dalam berbagai bentuk seperti kepala, tulang, sirip, dan isi perut. Industri pengolahan ikan kadang-kadang mengalami kegagalan proses yang mengakibatkan hasil olahannya rusak dan tidak bisa dipasarkan. Limbah yang berasal dari industri pengolahan ikan persentasenya bisa mencapai 30% dari jumlah ikan segar yang dibutuhkan. Bila dibuang begitu saja limbah ini akan menyebabkan pencemaran dan kerusakan lingkungan (Yani, 1994).

Pada tahap pengeluaran isi perut dan pemisahan kepala dihasilkan limbah sebanyak 250 kg setiap harinya. Alternatif

produksi bersih yang disarankan adalah daur ulang limbah ikan. Isi perut dan kepala ikan dapat dimanfaatkan menjadi bahan yang bermanfaat yaitu tepung ikan. Pembuatan tepung ikan cukup sederhana. Oleh karena itu, cocok untuk diterapkan pada industri kecil dan menengah. Dari 250 kg sisa ikan akan dihasilkan 70 kg tepung ikan.

Teknologi pembuatan tepung ikan diusahakan menggunakan teknologi yang sederhana dan murah investasinya. Menurut LIPI (2000), proses pembuatan tepung ikan dimulai dengan memotong-motong bahan limbah ikan. Setelah itu bahan dimasukkan ke dalam keranjang plastik yang berlubang di bawahnya untuk kemudian dicuci bersih dalam bak pencucian. Bahan yang telah bersih diaduk dan dibiarkan selama 30 menit di dalam bak. Ikan yang mengandung banyak lemak dimasukkan ke dalam panci masak, ditambahkan air sampai terendam dan dimasak selama 1 jam. Ikan yang sedikit mengandung sedikit lemak dimasak dalam dandang selama 30 menit. Selanjutnya ikan yang sudah masak dipres dan dihancurkan dengan alat penggiling (penggilingan basah), kemudian dikeringkan pada suhu 60-65^{0}C selama 6 jam di dalam alat pengering atau di bawah sinar matahari. Setelah kering, digiling kembali sampai menjadi tepung ikan.

Pembuatan dan pencetakan Adonan

Ceceran tepung dan adonan

Proses pembuatan adonan dilakukan dengan menggunakan mesin pencampur (*mixer*). Kapasitas mesin mencapai 50-60 kg untuk setiap kali penggilingannya. Pada proses ini terlihat masih terdapat tepung dan adonan yang berceceran di sekitar mesin. Alternatif produksi bersih yang dipilih adalah membuat penutup pada bagian atas mesin. Alternatif lainnya adalah pembuatan SOP pembuatan adonan dengan mesin pencampur. Pembuatan SOP tidak membutuhkan biaya besar. Namun, pada pelaksanaannya dibutuhkan komitmen dari pihak manajemen.

Penutup *mixer* berfungsi agar pada saat pencampuran, tepung, dan bahan adonan lainnya tidak berceceran. Sedangkan tatacara operasi yang baik dilakukan agar pada saat memasukkan tepung ke dalam mesin tidak terjadi tumpah. Alternatif produksi

bersih menggunakan penutup belum bisa dilakukan. Dibutuhkan waktu untuk merubah pola pikir karyawan dalam melaksanakan tatacara operasi ini secara benar. Penutup *mixer* dapat dibuat dari lempengan besi berukuran 50 cm x 50 cm. Biaya pembuatan penutup *mixer* dari besi adalah Rp 30.000,-.

Seringkali pada saat melapisi adonan dengan tepung terigu terjadi tumpahan yang sebenarnya bisa dihindari. Masih terdapat sisa-sisa adonan yang terjatuh walaupun jumlahnya kecil. Tetapi hal ini bisa membuat lingkungan kerja menjadi kurang nyaman.

Alternatif produksi bersih yang diusulkan adalah tatacara operasi yang baik dan modifikasi alat. Pembuatan SOP pencetakan adonan pada saat pencetakan diperlukan agar dihindari untuk melempar adonan yang akan memperbanyak tumpahan. Pembuatan SOP tidak membutuhkan biaya besar, sehingga seharusnya bisa langsung diterapkan.

Pengukusan

1. Kebocoran uap dan air

Pengukusan dilakukan setelah proses pencetakan adonan. Pengukusan dilakukan dengan menggunakan mesin pengukus. Masih terlihat adanya tetesan air dari sambungan pipa dan *valve*. Jumlahnya tidak besar tetapi dapat mengganggu kenyamanan lingkungan kerja dan memperbesar inefisiensi jika dibiarkan. Selama ini mesin akan diperbaiki hanya ketika terjadi kerusakan parah.

Mengencangkan *valve* dan mengecek pipa pada mesin pengukus merupakan pencegahan terhadap kebocoran yang akan menyebabkan terbuangnya bahan yang melewati *valve* dan pipa tersebut. Hal ini disarankan bisa dilakukan rutin sebelum mesin pengukus digunakan. Alternatif yang disarankan adalah perbaikan *good house keeping* yang dilakukan dengan pembuatan SOP penggunaan alat pengukus.

2. Kehilangan minyak tanah pada saat penyimpanan

Penyimpanan minyak tanah dilakukan di luar lokasi pabrik. Minyak tanah dialirkan menuju mesin pengukus dengan

menggunakan pompa dan pipa. Drum yang terletak di luar lokasi pabrik disarankan untuk diperiksa secara rutin. Mengecek drum penyimpanan minyak tanah secara rutin memberikan informasi dini akan terjadinya kebocoran. Kebocoran yang lebih besar dapat dicegah bila kebocoran kecil diketahui. Untuk melakukan hal ini tidak memerlukan waktu yang lama dan dapat dilakukan setiap harinya.

Alternatif yang disarankan adalah perbaikan *good house-keeping* yang dilakukan dengan pembuatan SOP penyimpanan drum minyak tanah. SOP pengecekan rutin dapat dibuat tanpa memerlukan banyak biaya. SOP ini seharusnya bisa langsung diterapkan.

Bab ini menguraikan studi kelayakan yang dilakukan terhadap alternatif atau opsi produksi bersih sebagai bentuk solusi masalah yang tengah dihadapi oleh sebagian besar industri. Studi kelayakan yang dievaluasi meliputi studi kelayakan teknis, finansial, dan lingkungan. Tujuan dari studi kelayakan ini adalah untuk menentukan opsi-opsi produksi bersih apa saja yang bisa diterapkan dan berdampak positif terhadap lingkungan. Untuk menentukan tingkat prioritasnya dilakukan perangkingan skala penerapan opsi-opsi tersebut dengan mengubahnya ke dalam nilai kualitatif dan memberikan pembobotan.

6 Studi Kelayakan Finansial dan Penerapan Produksi Bersih

A. Industri Tapioka - Perusahaan Tepung Tapioka (Eris, 2005)

Tujuan dari studi kelayakan industri tapioka adalah menentukan opsi-opsi produksi bersih yang mungkin diterapkan atau tidak pada industri tapioka, bila ditinjau dari kemudahan dalam melaksanakan, opsi biaya, dan dilihat dari sisi manfaatnya apabila opsi tersebut diterapkan serta dampak yang timbulkan terhadap lingkungan setelah opsi tersebut diterapkan. Hasil studi kelayakan opsi produksi bersih disajikan pada Tabel 85.

Tabel 85. Studi Kelayakan Opsi Produksi Bersih pada Industri Tapioka

Proses	Masalah	Alternatif Solusi Produksi Bersih	Manfaat Ekonomi	Manfaat Lingkungan
Sentra Industri Tepung Tapioka				
Pengupasan dan Pencucian Ubi Kayu	Pemakaian air yang berlebihan pada proses pencucian	Pencucian 2 tahap (dengan menggunakan air sisa proses pengendapan dan air bersih)	Mengurangi biaya penggunaan air	Mengurangi pencemaran akibat limbah cair
	Pencemaran karena limbah padat	Memanfaatkan limbah (kulit ubi kayu) untuk kepentingan lain (pupuk)	Meningkatkan pendapatan	Mengurangi pencemaran akibat limbah padat
	Pencemaran karena limbah cair	Memanfaatkan limbah cair untuk kepentingan lain (gas bio)	Meningkatkan pendapatan	Mengurangi pencemaran akibat limbah cair

Proses	Masalah	Solusi Produksi Bersih	Manfaat Ekonomi	Manfaat Lingkungan
Perusahaan Tepung Tapioka				
Pemarutan	*Loss* akibat proses pemarutan	Mengumpulkan hasil parutan yang tercecer	Meningkatkan rendemen	
Penyaringan	Pencemaran karena limbah padat	Memanfaatkan limbah (ampas/onggok) untuk kepentingan lain (saus/ obat nyamuk bakar)	Meningkatkan pendapatan	Mengurangi pencemaran akibat limbah padat
Pengendapan Pati	Pencemaran karena limbah cair	Menggunakan kembali air sisa proses pengendapan pati untuk proses pencucian	Efesiensi air	Mengurangi pencemaran akibat limbah
		Memanfaatkan limbah untuk kepentingan lain (gas bio)	Meningkatkan pendapatan	
	Loss akibat proses pengendapan pati	Mengumpulkan pati yang tertinggal pada bak pengendapan	Meningkatkan rendemen	
Penjemuran	Pencemaran udara karena tepung kasar yang beterbangan	Mengumpulkan kembali tepung-tepung kasar tersebut	Meningkatkan rendemen	Mereduksi polusi udara
Penggilingan dan pengemasan	Pencemaran udara karena tepung kasar yang beterbangan	Mengumpulkan kembali tepung-tepung kasar tersebut	Meningkatkan rendemen	Mereduksi polusi udara
		Penggunaan masker		

Hasil penentuan opsi produksi bersih berdasarkan skala prioritas disajikan pada Tabel 86. Dapat terlihat, bahwa opsi pemanfaatan limbah padat yang dihasilkan menduduki prioritas pertama, pertimbangan ini diambil berdasarkan kepada:

1. Secara ekonomis, pemanfaatan limbah padat untuk kepentingan lain dapat memberi penghasilan tambahan bagi perusahaan meskipun pemanfaatan limbah tidak dilakukan secara langsung oleh perusahaan melainkan dengan menjualnya kepada pihak lain.

2. Secara teknis, untuk memanfaatkan limbah padat ini memang bagi perusahaan cukup sulit untuk dilaksanakan. Oleh karena itu, perusahaan dapat menjual limbah ini kepada pihak/perusahaan lain agar dapat dimanfaatkan.
3. Dari sudut pandang lingkungan, dengan memanfaatkan limbah padat ini, maka limbah tidak jadi dibuang ke lingkungan dengan demikian pencemaran akibat limbah padat dapat dikurangi.

Opsi-opsi lain yang dapat diterapkan adalah efesiensi air untuk pencucian dengan cara memanfaatkan limbah air dari tahapan proses yang lain, pemanfaatan limbah cair untuk pembuatan gasbio.

Tabel 86. Penentuan Skala Prioritas Opsi Produksi Bersih

No	Opsi	Penilaian			Total	Skala prioritas
		Teknis	Ekonomis	Lingkungan		
1	Pencucian 2 tahap	3	2	3	8	3
2	Memanfaatkan kulit ubi kayu untuk pupuk	3	3	3	9	1
3	Memanfaatkan limbah cair gas bio	1	1	2	1	9
4	Mengumpulkan hasil parutan yang tercecer	3	2	2	7	5
5	Memanfaatkan ampas/ onggok untuk saus/obat nyamuk bakar	3	3	3	9	2
6	Menggunakan kembali air sisa proses pengendapan pati untuk proses pencucian	3	2	3	8	4
7	Mengumpulkan pati yang tertinggal pada bak pengendapan	2	2	2	6	6
8	Mengumpulkan kembali tepung-tepung kasar tersebut	1	2	2	5	7
9	Penggunaan Masker	2	1	1	4	8

Keterangan skala penilaian:

Skala	Teknis	Ekonomi	Lingkungan
3	Mudah sekali untuk dilaksanakan	Memberikan nilai tambah yang signifikan	Memberikan efek yang signifikan terhadap perbaikan lingkungan
2	Relatif mudah untuk dilaksanakan	Sedikit nilai tambah ekonomi	Sedikit efek terhadap perbaikan lingkungan
1	Susah untuk dilaksanakan	Tidak ada nilai tambah	Tidak ada efek terhadap perbaikan lingkungan

Pada studi kelayakan secara ekonomi, di dalamnya memasukkan analisis finansial seperti PBP (*Pay back period*) untuk opsi-opsi produksi bersih yang dapat dilihat pada Tabel 87.

Tabel 87. Perhitungan Studi Kelayakan Finansial Opsi Produksi Bersih Indutri Tapioka

Opsi	Perhitungan	Nilai	Satuan
1. Pencucian 2 tahap dan Menggunakan kembali air sisa proses pengendapan pati untuk proses pencucian			
Biaya yang dibutuhkan:			
Membeli Paralon	6 meter x Rp 10.000/ meter	60.000	Rp/bulan
Air bersih yang dibutuhkan pada proses biasa	7 m^3/hari x Rp 500/m^3 x 26 hari/bulan	91.000	Rp/bulan
Air bersih yang dibutuhkan pada opsi	3,5 m^3/hari x 500/m^3 x 26 hari/bulan	45.500	Rp/bulan
Penghematan air		45.500	Rp/bulan
Pay back period	Rp 60.000 : Rp 45.500	1,319 bulan	

Opsi	Perhitungan	Nilai	Satuan
2. Memanfaatkan kulit ubi kayu untuk pupuk			
Biaya pengangkutan	13 kali/bulan x Rp 50.000	650.000	Rp/bulan
Hasil penjualan	300 kg/hari x Rp 200 x 26 hari	1.560.000	Rp/bulan
Keuntungan		910.000	Rp/bulan
Pay back period		-	
3. Memanfaatkan limbah cair gas bio			
Tidak dilakukan perhitungan karena belum adanya literatur mengenai kelayakan finansial serta angka konversi limbah tapioka menjadi metan			
4. Mengumpulkan hasil parutan yang tercecer			
Biaya tambahan	Membeli serokan karet	20.000	Rp
Hasil Penjualan	1,58 kg/hari x Rp 500 x 26 hari	20.540	Rp
Pay back period	Rp 20.000 : Rp 20.540	0,974 bulan	
5. Memanfaatkan ampas kering/ onggok untuk saus/obat nyamuk bakar			
Hasil penjualan	16,46 kg/hari x Rp 500 x 26 hari	213.980	Rp/bulan
Keuntungan		213.980	Rp/bulan
Pay back period		-	
6. Mengumpulkan pati yang tertinggal pada bak pengendapan			
Biaya tambahan	Membeli sapu dan serokan	30.000	Rp
Hasil Penjualan	2 kg/hari x Rp 1.000 x 26 hari	52.000	Rp
Pay back period	Rp 30.000 : Rp 52.000	0,577 bulan	
7. Mengumpulkan kembali tepung-tepung kasar tersebut			
Biaya tambahan	Membeli penghisap debu	2.000.000	Rp
Hasil Penjualan	10 kg/hari x Rp 2.000 x 26 hari	520.000	Rp
Pay back period	Rp 2.000.000 : Rp 52.000	3,846 bulan	

Opsi	Perhitungan	Nilai	Satuan
8. Penggunaan Masker			
Asumsi untuk 1 orang karyawan:		-	
Pembelian masker	Rp 5.000 x 5 buah masker	25.000	Rp
Biaya pengobatan bila karyawan sakit	Rp 100.000	100.000	Rp
Pay back period	Rp 25.000 : Rp 100.000	0,25 bulan	

B. Industri Tahu (Riansoni, 2005)

Studi Kelayakan Produksi Tahu

Studi kelayakan proses produksi tahu dapat dilihat pada Tabel 88, sedangkan penentuan skala prioritas opsi produksi bersih dapat dilihat pada Tabel 89.

Tabel 88. Studi Kelayakan Proses Produksi Tahu

Proses	Masalah	Solusi produksi bersih	Manfaat Ekonomi	Manfaat Lingkungan
Pencucian dan Perendaman	Pencucian: masih ada yang menggunakan air mengalir dari kran air.	1. Dalam wadah/bak pencucian atau pencucian bertahap	Mengurangi beban pemakaian listrik. Menghemat pemakaian air	Mengurangi pencemaran limbah cair Menghemat air tanah
	Air bekas perendaman kedelai langsung dibuang.	2. Penyaringan kembali sisa air rendaman	Meningkatkan rendemen Meningkatkan pendapatan	Menghemat air tanah

Proses	Masalah	Solusi produksi bersih	Manfaat Ekonomi	Manfaat Lingkungan
Penggilingan	Masih ada kedelai yang tercecer pada waktu dimasukkan kedalam mesin	3. Pembuatan tambahan corong atau penampung kedelai pada mesin	Meningkatkan rendemen	Mengurangi limbah
Pemasakan	Pembakaran kayu menyebabkan jelaga pada langit/genteng	4. Mendesain tungku yang hemat energi yang mempunyai cerobong asap keatas agar asap yang dihasilkan tidak mengotori ruang produksi dan rumah disekitarnya	Efisiensi waktu dan biaya bahan bakar	Mengurangi polusi udara akibat asap
	Asap dari bahan bakar	5. Memanfaatkan batok dan sabut kelapa untuk pengganti kayu bakar	Sisa arang bisa di jual sehingga menambah pendapatan	Mengurangi limbah padat
		6.kacamata las		
Penyaringan dan pengepresan ampas	Terbentuknya ampas tahu yang bila dibiarkan menimbulkan bau yang busuk	7. Dijual untuk makanan ternak dan substitusi makanan lainnya	Nilai tambah pada proses produksi Menambah pendapatan	Mengurangi limbah semi padat
Penggumpalan atau penambahan biang	Terbentuknya *Whey* yang bila dibiarkan menimbulkan bau asam yang menyengat	8. Bahan pembuatan *Nata de Soya* 9.Pembuatan membran semikunduktor	Nilai tambah pada proses produksi	Mengurangi limbah cair dan polusi udara Dapat didegradasikan

Proses	Masalah	Solusi produksi bersih	Manfaat Ekonomi	Manfaat Lingkungan
Pencetakan dan pemotongan	Sisa pencetakan dan pemotongan	10. Dikumpulkan dalam satu wadah	Dijual sehingga menambah pendapatan	Mengurangi limbah padat
Perendaman dan penambahan kunyit dan garam	Sisa air rendaman tahu Sisa kunyit yang tercecer dan ampasnya	11. Pemakaian kembali untuk pencucian awal kedelai 12. Penghalusan dengan blendder 13. Ampas dijual untuk makanan ternak	Nilai tambah proses produksi Menambah pendapatan	Mengurangi limbah
Sanitasi dan Pembersihan sisa seluruh proses	Sisa air sanitasi dan proses	14. Dibuat sistem biogas dari limbah cair tahu	Nilai tambah proses produksi	Mengurangi limbah cair

Tabel 89. Penentuan Skala Prioritas Opsi Produksi Bersih Industri Tahu

No Opsi	Opsi produksi bersih	Penilaian			Total	Skala Prioritas
		Teknis	Ekonomis	Lingkungan		
1	Pencucian bertahap	3	2	1	6	4
2	Penyaringan kembali air Sisa rendaman kedelai dan tahu, pencucian dan sanitasi dengan daur ulang	3	2	3	8	3

No Opsi	Opsi produksi bersih	Penilaian			Total	Skala Prioritas
		Teknis	Ekonomis	Lingkungan		
3	Pembuatan tambahan corong/ penampung kedelai pada mesin penggiling	2	2	2	6	7
4	Mendesain tungku yang hemat energi	2	1	3	6	8
5	Substitusi kayu bakar dengan batok kelapa dan Sabut	3	2	2	7	6
6	Pemakaian kacamata las (tahan perapian)	3	1	2	6	9
7	Ampas tahu dan kunyit dijual untuk dijadikan pakan ternak atau substitusi makanan lain	3	3	3	9	1
8	Pembuatan *Nata de Soya*	2	3	3	8	2
9	Pembuatan membran semi konduktor dari *whey*	2	2	2	6	11
10	Pemanfaatan sisa hasil potongan atau cetakan	3	3	3	9	5
11	Penghalusan kunyit dengan *blender*	2	2	2	6	10
12	Pemanfaatan limbah cair tahu menjadi biogas	1	3	3	7	12

Keterangan:

Skala	Teknis	Ekonomis	Lingkungan
3	mudah dilaksanakan	Memberikan nilai tambah yang tinggi	Memberi dampak yang tinggi dalam perbaikan Lingkungan
2	Cukup sulit dilaksanakan	ada nilai tambah	ada dampak perbaikan lingkungan
1	sulit dilaksanakan	tidak ada nilai tambah	tidak ada dampak perbaikan lingkungan

Studi kelayakan ekonomi opsi produksi bersih pada Industri Tahu dapat dilihat pada Tabel 90.

Tabel 90. Studi Kelayakan Ekonomi Opsi Produksi Bersih Industri Tahu

OPSI	Perhitungan	Jumlah	Satuan
1. Pencucian secara bertahap			
Biaya yang dibutuhkan			
Membeli ember besar	3 buahx Rp 8.000/ buah	Rp 24.000	Rp/bulan
Air yang digunakan saat biasa	1 m^3/ hari x Rp500/ m^3x 30 hari	Rp 15.000	Rp/bulan
Air yang digunakan bila menerapkan Opsi 1	0,5 m^3/ hari x Rp500/ m^3x 30 hari	Rp 7.500	Rp/bulan
Penghematan air		Rp 7.500	Rp/bulan
PBP	Rp 24.000 : Rp 7.500	3,2bulan	
2. Penyaringan kembali sisa air rendaman kedelai dan tahu, pencucian dan sanitasi dengan instalasi daur ulang air			
Investasi yang dibutuhkan:			
Pembuatan Bak Penyaringan	1 buah xRp100.000	Rp 100.000	Rp
Pembuatan Bak Pengendapan	1 buah xRp350.000	Rp 350.000	Rp
Total Aset		Rp 450.000	Rp
1.Bahan penjernih (tawas + batu kapur)	(0,2/gxRp1500)+ (0,2/kgxRp750)	Rp 162.000	Rp
2.Bahan Penyaring :			
Pasir	(0,027 m^3xRp 5.000)= Rp 1.467		Rp

OPSI	Perhitungan	Jumlah	Satuan
Kerikil	(0,020 m^3xRp 50.000)= Rp 1.000		Rp
Ijuk	(0,040 m^3x Rp 2.000) =Rp 480		Rp
Arang	(0,010 m^3x Rp 3.000)=Rp 180		Rp
Batu bata	10 buahxRp 200 = Rp 12.000		Rp
Tota bahan penyaring		Rp 15.127	Rp/bulan
Modal Kerja Operasional Alat		Rp 177.127	Rp/bulan
TOTAL INVESTASI		Rp 627.127	Rp/bulan
Air yang digunakan pada proses biasa	3,1 m^3x 30 harixRp500/ m^3+(Rp39.500/kWH)	Rp 86.000	Rp/bulan
Bila Opsi 2 dilaksanakan	2,09 m^3x 30 harixRp500/m^3	Rp 31.350	Rp/bulan
Penghematan air		Rp 54.650	Rp/bulan
PBP	Rp 627.127 : Rp 54.650	11,5 bulan	
3. Pembuatan corong tambahan pada mesin penggilingan			
Biaya yang dibutuhkan:			
Membeli seng	1 meter xRp13.500	Rp 13.500	Rp
Penghematan bahan baku	0,005 kg/ harixRp4000/kgx 26 hari	Rp 520	Rp/bulan
PBP	Rp13.500:Rp520	25,9 bulan	
4. Pembuatan tungku hemat energi			
Investasi tungku	Rp 1.000.000/ alat	Rp1.000.000	Rp
Penghematan kayu bakar+minyak tanah	Rp 2000/ hari x 26 hari	Rp 52.000	Rp/bulan
PBP	Rp1.000.000 : Rp52.000	19,2 bulan	
5. Substitusi kayu bakar dengan batok kelapa			
Biaya tambahan dibanding beli kayu bakar	Rp 1000/hari x 26 hari	Rp 26.000	Rp/bulan
Hasil penjualan arang	Rp 5000/kg x 10 kg	Rp 50.000	Rp/bulan
PBP	Rp 26.000 :Rp 50.000	0,52 bulan	

OPSI	Perhitungan	Jumlah	Satuan
6. Pemakaian kacamata las			
Membeli kacamata	Rp 40.000x 4	Rp 160.000	Rp/bulan
Asumsi anggaran kesehatan/bulan	Rp 50.000 x 4	Rp 200.000	Rp/bulan
PBP	Rp 160.000 : Rp 200.000	0,8 bulan	
7. Pemanfaatan ampas tahu dan kunyit untuk makanan ternak			
Biaya tambahan:			
membeli karung 10 kg	Rp1000 x 10 buahx 26 hari	Rp 260.000	Rp/bulan
Hasil penjualan	Rp4000/karung x 10 buah x 26hari	Rp 1.040.000	Rp/bulan
PBP	Rp 10.000 : Rp 40.000	0,25 bulan	
8.Pembuatan *Nata de Soya* dari *whey* tahu (Nasution,2001)			
Biaya yang dibutuhkan:			
Investasi asset	Rp 35.663.650	Rp35.609.256	Rp/bulan
Modal Kerja Operasional *Nata de Soya*	Rp 27.673.253	Rp19.737.250	Rp/bulan
Bahan baku *whey*	838,5 kgxRp 0	Rp 0	
Bahan Penolong:			
Bibit cair nata	241,13 liter x Rp 12.000	Rp 2.893.565	
Urea	337,58 kg x Rp 1500	Rp 506.370	
Asam asetat glacial	675,15 liter xRp 8000	Rp 5.401.200	
Gula pasir	2.869,39 kgxRp 3000	Rp 8.608.170	
Minyak tanah	30 liter x Rp 1000	Rp 30.000	
Total biaya Bahan Penolong		Rp 17.412.305	Rp/bulan
TOTAL BIAYA OPERASIONAL	Rp 19.737.250 + Rp0+ Rp 17.412.305	Rp 37.149.555	Rp/bulan
Hasil penjualan *Nata de Soya*	838,5 kg/ harixRp2.065/kg x 26 hari	Rp 45.019.065	Rp/bulan
Keuntungan	Rp 45.019.065 - Rp 37.149.555	Rp7.869.910	
PBP	Rp35.609.256 : Rp 7.869.910	4,52 bulan	

OPSI	Perhitungan	Jumlah	Satuan
9.Pemanfaatan sisa hasil potongan atau cetakan			
Biaya tambahan:			
Membeli kantong plastik	Rp 200/ kantong x 26 hari	Rp 5.200	Rp/bulan
Hasil penjualan	Rp 1000/kg x 26 hari	Rp 26.000	Rp/bulan
PBP	Rp 5.200 : Rp 26.000	0,2 bulan	

Dengan adanya tindakan efisiensi yang dilakukan oleh industri tahu ini, maka dapat dihitung nilai penghematan air yang digunakan. Pompa air digunakan untuk mengambil air dari dalam tanah, dimana selama proses produksi berlangsung pompa digunakan selama 7 jam. Daya dari pompa itu sendiri adalah 250 watt. Dalam 1 bulan pompa digunakan selama 30 x 7 jam = 210 jam, 210 jam x 250 Watt = 52500 Wh = 52,5 kWh. Daya terpasang dari listrik industri tahu ini adalah 1300 VA.

- Biaya beban adalah Rp 19.000,00 x (1.300/1.000)
  = Rp 24.700,00
- Biaya pemakaian:
  Blok I : 52,5 kWh x Rp 260,00 = Rp 13.650,00
- Pajak sebesar 3% total biaya
  = 3% x (Rp 24.700,00 + Rp 13650,00) = Rp 1.150,00

Jadi total biaya yang dikeluarkan untuk pemakaian listrik dalam 1 bulan sebesar Rp 24.700,00 + Rp 13.650,00 + Rp 1.150,00 = Rp 39.500,00.

Jadi pompa air yang digunakan untuk memompa 3100 liter air per hari dalam 1 bulan membutuhkan biaya Rp 39.500,00.

C. Industri Roti (Nurhasanah, 2005)

Dalam rangka memberikan usulan alternatif kepada perusahaan untuk pelaksanaan penerapan produksi bersih, maka harus diperhitungkan terlebih dahulu kriteria finansial. Kriteria finansial nantinya berfungsi untuk mengurutkan prioritas bagi perusahaan dalam melaksanakan produksi bersih. Kriteria finansial dilakukan berdasarkan 10 masalah yang berpeluang untuk diterapkan dalam produksi bersih.

Putih Telur Dibuang

Telur ayam negeri merupakan bahan baku untuk proses produksi industri roti. Setelah kuning telur dipisahkan dari putihnya, maka hingga saat ini putih telur selalu dibuang oleh perusahaan. Kecuali jika ada masyarakat sekitar yang meminta, baru diberikan, tapi itu pun tidak dijual dan hanya diberikan dengan cuma-cuma.

Disini terlihat adanya peluang penerapan produksi bersih, yaitu perusahaan dapat memperoleh keuntungan dari bahan yang sudah tidak digunakan lagi, untuk dapat digunakan oleh produsen lain.

Biasanya putih telur dimanfaatkan pengusaha katering atau pengusaha kue kering. Diperkirakan putih telur dapat dijual dengan harga Rp 1.000,-/kg. Dalam satu *shift* diperkirakan sekitar 18kg putih telur terbuang, sehingga dalam satu bulan terdapat 18 kg x 3 *shift* x 6 hari x 4 minggu = 1.296 kg/bulan. Keuntungan menjual putih telur diuraikan pada Tabel 91.

Tabel 91. Keuntungan Menjual Putih Telur

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Penjualan	1.296 kg/bulan x Rp 1.000,-/kg	Rp 1.296.000,-/bulan
Biaya	1.296 kg x Rp 15,-/lembar plastik	Rp 19.440,-/bulan
Keuntungan	Rp 1.296.000 - Rp 19.440	Rp 1.276.560,-/bulan

Cangkang Telur Dibuang

Saat ini cangkang telur yang merupakan bagian dari bahan baku telur ayam negeri dibuang begitu saja. Berdasarkan informasi yang diperoleh dari *internet*, yang telah diuraikan di tinjauan pustaka, cangkang telur merupakan peluang dalam penerapan produksi bersih.

Cangkang telur dapat dijual dalam bentuk hancur kasar, tidak sampai lembut, untuk dijual ke pekebun sayur, yang dapat dikemas dengan plastik dengan bobot 1 kg/bungkus.

Cangkang telur yang dihasilkan diperkirakan adalah 5 kg/*shift*. Ekivalen dengan 5 kg/*shift* x 3 *shift* x 6 hari x 4 minggu = 360 kg/bulan. Harga cangkang telur perkilogram diasumsikan adalah Rp 500,-/kg. Sehingga keuntungan menjual cangkang telur ke pekebun sayur atau peternak dapat dilihat pada Tabel 92.

Tabel 92. Keuntungan Menjual Cangkang Telur

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Penjualan	360 kg/bulan x Rp 500,-/kg	Rp 180.000,-/bulan
Biaya	360 kg x Rp 15,-/lembar plastik	Rp 5.400,-/bulan
Keuntungan	Rp 180.000 - Rp 5.400	Rp 174.600,-/bulan

Karung Terigu

Karung terigu adalah pengemas tepung terigu merek Cakra Kembar yang dipasok dari Bogasari. Dalam satu *shift* 8 karung terigu seberat 25 kg/karung dikeluarkan dari gudang bahan. Sehingga dalam satu hari yang berjumlah 3 *shift*, dikeluarkan sebanyak 24 karung atau 8 karung x 3 *shift* x 6 hari x 4 minggu = 576 karung. Diasumsikan ekivalen dengan 11,52 kg (1kg = 50 karung)

Berdasarkan hasil *browsing the net* diketahui, bahwa perusahaan memiliki peluang untuk memperoleh keuntungan dengan melaksanakan produksi bersih, yaitu dengan cara *off-site recycling*. Menjual karung terigu bekas kepada pengrajin kain

seprei batik di Tasikmalaya. Penjualan karung terigu diuraikan pada Tabel 93.

Tabel 93. Penjualan Karung Terigu

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Karung Terigu		Rp 1.000,-/kg
Penjualan Karung Terigu	11,52 kg/bulan x Rp 1.000,-/kg	Rp 11.520,-/bulan

Kardus Bekas Pengemas Susu

Limbah kardus berasal dari pengemas akhir *evaporated filled milk* dengan merk *Marigold*. *Supplier* untuk bahan-bahan kardus bekas untuk didaurulang membutuhkan kardus dengan kondisi 90% masih bagus, dan sanggup membeli dengan harga Rp 700,-/kg.

Limbah kardus yang dihasilkan sebanyak 5 kardus/*shift* x 3 *shift* x 6 hari x 4 minggu = 360 kardus/bulan. Diasumsikan berat 1kg kardus sama dengan 30 kardus, sehingga 1 bulan terdapat 12 kg kardus. Penjualan kardus berkas diuraikan pada Tabel 94.

Tabel 94. Penjualan Kardus Bekas

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Kardus Bekas		Rp 700,-/kg
Penjualan Kardus bekas	12 kg/bulan x Rp 700,-/kg	Rp 8.400,-/bulan

Air Menetas Dilantai

Untuk menghindari terjadinya tetesan air di lantai pada saat mencampur air ke dalam *mixer*, maka diusulkan untuk mendesain pipa dari kran ke arah *mixer*, sehingga pekerja tidak perlu menggayung, tapi cukup memutar kran buka atau tutup.

Pipa yang didesain berbahan PVC atau pipa paralon. Biaya yang dibutuhkan untuk membuat pipa diuraikan pada Tabel 95.

Tabel 95. Perhitungan Instalasi Pipa Air

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Pipa PVC diameter 1"	5 m x @Rp 2500,-	Rp 12.500,-
Elbow diameter 1"	2 x @Rp 1.000,-	Rp 2.000,-
Kran	1 x @Rp 10.000,-	Rp 10.000,-
Total		Rp 24.500,-

Dalam satu *shift*, air yang dibutuhkan untuk berproduksi sebanyak 108,75 liter. Sementara tempat penampungan air yang digunakan adalah gentong air berukuran 30 liter, sehingga dalam satu *shift* harus mengisi air ke dalam gentong sebanyak 3,625 atau 4 kali. Waktu yang dibutuhkan untuk mengisi air dalam gentong selama 19,2 menit atau 0,32 jam. Dalam satu bulan dibutuhkan pengisian air selama 23,04 jam. Perhitungan ini adalah jika tidak terjadi tetesan air yang diakibatkan oleh aktivitas operator yang memasukkan air dari gentong ke dalam *mixer* dengan menggunakan gayung.

Biaya listrik yang dikeluarkan dengan memanfaatkan pencucian 4 tahap, dimana tarif listrik untuk pelanggan industri adalah sebesar Rp 623,-/kWh diuraikan pada Tabel 96.

Tabel 96. Biaya Energi Listrik dengan Pipa Air

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Energi listrik	125 watt x 23,04 jam x 60 menit	172.800 Watt
Biaya	172,8 kWh x Rp 623,-/kWh	Rp 107.655,-/bulan

Berdasarkan kegiatan mencampur air yang dilakukan oleh operator, pengisian air harus dilakukan selama 24 menit atau 0,4 jam. Dalam satu bulan dibutuhkan waktu 28,8 jam. Biaya energi listrik yang harus dikeluarkan dan penghematan pencucian dengan sistem *batch* dapat dilihat pada Tabel 97 dan 98.

Tabel 97. Biaya Energi Listrik Tanpa Pipa Air

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Energi listrik	125 watt x 28,80 jam x 60 menit	216.000 Watt
Biaya	216 kWh x Rp 623,-/ kWh	Rp 134.568,-/bulan

Tabel 98. Penghematan Pencucian Sistem *Batch*

Uraian	Biaya
Dengan pipa air	Rp 107.655,-/bulan
Tanpa pipa air	Rp 134.568,-/bulan
Penghematan	Rp 26.913,-/bulan

Sehingga *Pay back period* adalah:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Penghematan}} = \frac{24.500}{26.913} = 0{,}91 \text{ bulan}$$

Sisa Adonan di *Mixer*

Sisa adonan yang menempel di *mixer* biasanya dibuang, tapi sisa adonan ini sebenarnya bisa dimanfaatkan untuk pakan ternak. Karena perusahaan ini telah memiliki mesin penggiling, maka sisa adonan yang menempel atau tercecer di lantai dapat dikumpulkan, kemudian dikeringkan dan digiling untuk dijadikan dedak atau pakan ternak dan dijual ke peternak. Dari informasi yang diperoleh diketahui, bahwa harga pakan ternak dari dedak gandum adalah Rp 2.700,-/kg. Dari informasi yang diperoleh, diketahui bahwa upah minimum Propinsi Jawa Barat untuk tahun 2005 adalah Rp 408.260,-/bulan.

Sisa adonan yang dihasilkan dalam satu *shift* diperkirakan sebesar 85,17 kg. Sehingga dalam satu bulan adalah sebesar 85,17 kg/*shift* x 3 *shift* x 6 hari x 4 minggu = 6.132,24 kg/bulan. Hasil

penjualan dari pengolahan sisa adonan menjadi pakan ternak adalah 6.132,24 kg x Rp 2.700/kg = Rp 16.557.048,-/bulan. Biaya pengolahan sisa adonan dan keuntungannya dapat dilihat pada Tabel 99 dan 100.

Tabel 99. Biaya Pengolahan Sisa Adonan

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Energi listrik	125 watt x 7' x 60" x 6 hari x 4 minggu	1.260.000 Watt
Biaya Energi Listrik	1.260 kWh x Rp 480,-/kWh	Rp 604.800,-/bulan
Tenaga kerja	1 orang x Rp17.010,83,-/hari x 6 hari x 4 minggu	Rp 408.260,-/bulan
Wadah nampan	100 x Rp 10.000,-	Rp 1.000.000,-
Plastik pengemas	6.132,24 kg x Rp 15,-/plastik	Rp 91.984,-/bulan
	Total	Rp 1.500.244,-

Tabel 100. Keuntungan Mengolah Sisa Adonan

Uraian	Biaya
Penjualan	Rp16.557.048,-/bulan
Biaya	Rp1.500.244
Keuntungan	Rp15.056.804,-/bulan

Nilai *payback period* adalah:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Penghematan}} = \frac{1.000.000}{15.056.804} = 0{,}07 \text{ bulan}$$

Koran Tercecer di Lantai

Koran yang biasa digunakan untuk menahan panas pada saat melakukan kegiatan *depanning*, akan diganti dengan sarung tangan kain tahan panas. Sarung tangan dibeli dua pasang, karena pekerja yang melakukan *depanning* hanya satu orang, sementara satu pasang lagi untuk cadangan.

Pembelian sarung tangan : 2 pasang x Rp 10.000,- = Rp 20.000,- Daripada menggunakan koran bekas, justru sebaliknya koran bekas ini dapat dijual untuk menghasilkan pemasukan bagi perusahaan. Diperkirakan 1 hari menghabiskan 1 kg kertas bekas. Berarti satu bulan kertas koran yang bisa dijual adalah sebanyak 1 kg x 6 hari x 4 minggu = 24 kg.

Berdasarkan informasi yang diperoleh diketahui, bahwa harga kertas koran dengan kondisi 90% adalah Rp 800,-/kg. Penjualan koran bekas diuraikan pada Tabel 101.

Tabel 101. Penjualan Koran Bekas

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Koran Bekas		Rp 800,-/kg
Penjualan Koran Bekas	24 kg/bulan x Rp 800,-/kg	Rp 19.200,-/bulan

Sehingga *Payback Period* adalah:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Keuntungan}} = \frac{20.000}{19.200} = 1{,}04 \text{ bulan}$$

Pencucian Loyang dengan 4 Tahap

Saat ini pencucian loyang dilakukan dengan air mengalir, dan dilakukan di halaman samping pabrik tiap bulannya. Usulan yang hendak diberikan dalam rangka peluang penerapan produksi bersih adalah melaksanakan pencucian loyang dengan 4 tahap. Yaitu:

- Tahap I ▫ Bak perendaman
- Tahap II ▫ Bak penyabunan
- Tahap III ▫ Bak pembilasan I
- Tahap IV ▫ Bak pembilasan II

Keempat bak akan dibuat dari bahan batu bata dan semen. Tiap bak berukuran 200x100x80(pxlxt)cm. Biaya yang dibutuhkan untuk membangun bak pencucian 4 tahap dapat dilihat pada Tabel 102.

Tabel 102. Biaya Pembuatan Bak Pencucian

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Batu bata	1300 bata x @Rp 100,-	Rp 130.000,-
Semen	2 sak x @Rp 33.000,-	Rp 66.000,-
	Total	Rp 196.000,-

Biaya listrik yang dikeluarkan dengan memanfaatkan pencucian 4 tahap beserta penghematannya dapat dilihat pada Tabel 103, 104 dan 105.

Tabel 103. Pencucian Sistem *Batch*

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Energi Listrik	125 watt x 4' x 60"	30.000 watt
Biaya Listrik	30 kWh x Rp 623,-/kWh	Rp 18.690,-

Tabel 104. Pencucian Sistem Air Mengalir

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Energi Listrik	125 watt x 8' x 60"	60.000 watt
Biaya Listrik	60 kWh x Rp 623,-/kWh	Rp 37.380,-

Tabel 105. Penghematan Pencucian Sistem *Batch*

Uraian	Biaya
Sistem *Batch*	Rp 18.690,-/bulan
Air Mengalir	Rp 37.380,-/bulan
Penghematan	Rp 18.690,-/bulan

Sehingga *Payback Period* adalah:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Penghematan}} = \frac{196.000}{18.690} = 10{,}49 \text{ bulan}$$

Produk Tidak Laku

Roti yang tidak laku dalam dua hari, harus segera diturunkan dari mobil. Saat ini, perusahaan hanya membagikan roti ke karyawan, atau ke masyarakat sekitar dan jika masih bersisa akan dibuang.

Roti yang dijual dengan mobil adalah roti tawar kulit, roti tawar kupas, roti manis dan roti sobek. Sementara roti *burger* dijual langsung ke pemesan. Roti yang dapat diolah menjadi roti bagelen adalah roti tawar kulit dan roti tawar kupas, sedangkan roti manis dan roti sobek tidak dapat dipanggang kembali. Sehingga kedua jenis roti ini mungkin dapat dijual ke produsen pakan ternak.

Berdasarkan informasi yang diperoleh, roti yang tidak laku dapat diolah kembali menjadi Roti Bagelen dengan hanya memanggangnya kembali. Peralatan yang digunakan sama, yaitu hanya *oven*, loyang dan rak bertingkat. Bahan pengemas juga harus disiapkan untuk mengemas ulang roti yang telah dipanggang kembali.

Diasumsikan, bahwa roti tawar kulit dan roti tawar kupas yang tidak laku terjual dalam 2 hari adalah sebanyak 25 bungkus atau 5%. Sehingga dalam satu minggu, harus menyediakan waktu 2 hari untuk memproduksi roti yang tidak laku ini, atau ekivalen dengan 25 bungkus x 2 hari x 4 minggu = 200 bungkus/bulan. Biaya

produksi produk tidak laku dan keuntungan penjualan roti bagelan dapat dilihat pada Tabel 106, 107 dan 108.

Tabel 106. Biaya Memproduksi Produk Tidak Laku

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Oven Medium Size	1 x Rp 2.000.000,-	Rp 2.000.000,-
Plastik Pengemas	200 bungkus x Rp 30,-	Rp 6.000,-/bulan
Loyang	200 loyang x Rp 5000,-	Rp 1.000.000

Tabel 107. Penjualan Roti Bagelen

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Roti Bagelen	Rp 7.500,- x 200 bungkus	Rp 1.500.000,-/bulan

Tabel 108. Keuntungan Penjualan Roti Bagelen

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Roti Bagelen	Rp 7.500,- x 200 bungkus	Rp 1.500.000,-/bulan
Biaya		Rp 6.000,-/bulan
Total		Rp 1.494.000,-/bulan

Sehingga *Payback Period* adalah:

$$\text{Payback Period} = \frac{\text{Nilai Investasi}}{\text{Keuntungan}} = \frac{3.000.000}{1.494.000} = 2 \text{ bulan}$$

Minyak Goreng Bekas (Jelantah)

Minyak goreng bekas yang telah digunakan sebanyak 4 kali pakai, langsung dibuang. Biasanya beberapa pedagang pasar ada yang datang untuk memesan minyak goreng bekas, untuk mereka pergunakan kembali. Tetapi hal ini, tentu bukanlah merupakan suatu peluang produksi bersih yang sesungguhnya.

Berdasarkan informasi yang diperoleh, bahwa minyak goreng bekas (jelantah) adalah bahan baku biodiesel. Tetapi, industri yang memanfaatkan bahan ini baru berkembang pesat di Jepang dan Jerman.

Minyak goreng yang dipergunakan adalah untuk menggoreng donat. Donat ini tidak selalu diproduksi oleh PT. PUTA, tapi hanya diproduksi berdasarkan pesanan saja. Berdasarkan hasil wawancara, produksi donat biasanya dilakukan 3 kali dalam seminggu, dengan kapasitas produksi sebesar 500 donat/hari. Atau ekivalen dengan 500 donat/hari x 4 minggu = 2000 donat/bulan.

Minyak yang digunakan untuk menggoreng dalam satu hari dibutuhkan 5 liter. Minyak goreng 5 liter Bimoli dibeli dengan harga Rp 33.000,-. Minyak goreng 5 liter ini diulang pemakaiannya sampai 3 kali.

Sehingga dalam 1 bulan minyak goreng bekas yag dihasilkan adalah 5 liter x 3 hari x 4 minggu = 60 liter/bulan. Diasumsikan minyak goreng bekas (jelantah) dapat dijual dengan harga Rp1.500/liter. Pengemasan minyak goreng bekas (jelantah) ini disarankan dengan menggunakan kembali kemasan 5 liter. Penjualan minyak goreng bekas (jelantah) diuraikan pada Tabel 109.

Tabel 109. Penjualan Minyak Goreng Bekas (Jelantah)

Uraian	Perhitungan	Jumlah
Minyak Goreng Bekas		60 liter/bulan
Penjualan	Rp 1.500,- x 60 liter/bulan	Rp 90.000,-/bulan

Keuntungan menjual minyak goreng bekas (jelantah):

Rp 1.500,-/liter x 60 liter/bulan = Rp 90.000,-/bulan.

Berdasarkan hasil perhitungan kriteria finansial di atas, maka akan dilakukan rekapitulasi terhadap hasil perhitungan tersebut. Usulan alternatif penerapan produksi bersih dan skala prioritas berdasarkan manfaat lingkungan dan ekonomi dapat dilihat pada Tabel 110 dan 111.

Tabel 110. Usulan Alternatif Penerapan Produksi Bersih

No.	Usulan Alternatif	*Pay back period* (Bulan)	Keuntungan (Rp/Bulan)	Investasi (Rp)
1.	Memproduksi pakan ternak dari sisa adonan	0,07	15.056.804	1.000.000
2.	Membuat pipa air untuk *mixer*	0,91	26.913 (Penghematan)	24.500
3.	Menggunakan sarung tangan tahan panas	1,04	19.200	
4.	Memproduksi Roti Bagelen	2	1.494.000	3.000.000
5.	Pencucian loyang sistem *bacth*	10,49	18.690 (Penghematan)	196.000
6.	Menjual putih telur	-	1.276.560	-
7.	Menjual cangkang telur	-	174.600	-
8.	Menjual minyak goreng bekas	-	90.000	-
9.	Menjual karung terigu	-	11.520	-
10.	Menjual kardus bekas	-	8.400	-

Tabel 111. Skala Prioritas Berdasarkan Manfaat Lingkungan dan Ekonomi

No.	Masalah	Usulan Alternatif	Manfaat Lingkungan	Manfaat Ekonomi
1.	Sisa adonan yang menempel di *mixer*	Memproduksi pakan ternak dari sisa adonan	Mengurangi limbah padat	Menghasilkan keuntungan
2.	Koran yang tercecer dilantai	Menggunakan sarung tangan tahan panas	Mengurangi limbah kertas	Menghasilkan keuntungan
3.	Air menetes di lantai	Membuat pipa air untuk *mixer*	Keselamatan kerja	Efisiensi biaya produksi
4.	Produk tidak laku dalam 2 hari	Memproduksi Roti Bagelen	Mengurangi limbah padat	Menghasilkan keuntungan
5.	Mencuci dengan air mengalir	Pencucian loyang sistem *batch*	Hemat energi listrik dan air	Efisiensi biaya produksi
6.	Putih telur dibuang	Menjual putih telur	Mengurangi limbah cair	Menghasilkan keuntungan
7.	Cangkang telur dibuang	Menjual cangkang telur	Mengurangi limbah padat	Menghasilkan keuntungan
8.	Minyak goreng bekas dibuang	Menjual minyak goreng bekas	Mengurangi limbah cair	Menghasilkan keuntungan
9.	Karung terigu dibuang	Menjual karung terigu	Mengurangi limbah padat	Menghasilkan keuntungan
10.	Kardus dibuang	Menjual kardus bekas	Mengurangi limbah padat	Menghasilkan keuntungan

D. Industri *Nata De Coco* (Hakimi, 2005)

Produk yang dihasilkan berupa *nata de coco* yang telah dipotong-potong (masih mentah) yang dijual dengan harga Rp 2000 - Rp 2500 per kg. Selain itu juga, dihasilkan produk *nata de coco* yang siap untuk dikonsumsi dengan dua merek yang dijual dengan harga Rp 12.000 - Rp 12500 per dus (berisi 24 gelas atau cup). Produk *nata de coco* dalam gelas ini memiliki aneka rasa yaitu rasa *strawberry* (warna merah), rasa nenas (warna kuning), rasa melon (warna hijau) serta rasa *lyche*, vanila, *cocopandan*, dan melon (tidak bewarna atau bening).

Studi Kelayakan Teknis

Studi kelayakan teknis berkaitan dengan pelaksanaan opsi tersebut, disini dilakukan analisis bagaimana cara penerapan opsi tersebut dengan menyesuaikannya dengan kondisi perusahaan. Pada analisis ini, setiap opsi dinilai dengan skala 1 = sulit untuk dilaksanakan, 3 = mudah untuk dilaksanakan dan 5 = sangat mudah untuk dilaksanakan. Adapun cara penerapan masing-masing opsi dan penilaiannya dapat dilihat pada Tabel 112.

Tabel 112. Cara Penerapan Masing-masing Opsi Produksi Bersih pada Industri *Nata de coco* dan Penilaiannya

No	Opsi	Cara Pelaksanaannya	Penilaian
1.	Pemanfaatan kotoran hasil penyaringan, perebusan dan limbah pembersihan kulit untuk pembuatan pupuk.	Kumpulkan semua kotoran (limbah) tersebut dalam satu wadah, lalu campur dengan kapur tohor (100 kg hasil panen yang gagal dicampur dengan 10 kg kapur tohor). Fungsi kapur tohor adalah untuk menetralkan pH bahan pupuk. Setelah tercampur rata, biarkan selama ± 2 jam, pupuk tersebut sudah siap digunakan.	5

No	Opsi	Cara Pelaksanaannya	Penilaian
2.	Pemanfaatan kembali sisa cairan fermentasi	Kumpulkan semua sisa cairan fermentasi dalam dandang, kemudian direbus kembali, dimasukkan kedalam botol, didinginkan, lalu tambahkan biakan murni, setelah itu dilakukan pemeraman selama satu minggu, maka *starter* sudah dapat digunakan.	3
3.	Pemanfaatan kembali air sisa rendaman, air pembersihan kulit dan pencucian, sisa air perendam potongan nata serta air perebusan potongan nata	Air sisa dari berbagai proses tersebut diendapkan, kemudian dituangkan ke drum penyaringan yang sudah berisi bahan penyaringan (pasir, kerikil, ijuk, arang, batu bata, ijuk). Air hasil penyaringan ini bisa digunakan kembali.	3
4.	Pemanfaatan sisa potongan nata untuk pembuatan minuman *jelly drink*	Sisa potongan nata direbus hingga hilang baunya dan bersih (bewarna putih), kemudian di*blender* sampai halus. Hasil *blender*an ini direbus kembali dengan air, ditambahkan gula dan flavour. Kemudian dikemas dalam kemasan gelas plastik.	3

No	Opsi	Cara Pelaksanaannya	Penilaian
5.	Pemanfaatan sisa potongan nata untuk pembuatan pupuk	Kumpulkan semua sisa potongan nata tersebut dalam satu wadah, lalu campur dengan kapur tohor (100 kg hasil panen yang gagal dicampur dengan 10 kg kapur tohor). Fungsi kapur tohor adalah untuk menetralkan pH bahan pupuk. Setelah tercampur rata, biarkan selam ± 2 jam, pupuk tersebut sudah siap digunakan.	5
6.	Menjual sisa plastik pengemasan	Kumpulkan semua sisa plastik dalam kantong, kemudian jual ke tempat penjualan yang ada.	5

Studi Kelayakan Finansial

Berdasarkan hasil analisis pada kegiatan proses produksi *nata de coco*, maka terdapat 6 opsi yang ditawarkan untuk diterapkan oleh perusahaan. Setiap opsi ini akan dilihat kelayakannya secara finansial dengan menilai penghematan, biaya yang dikeluarkan, keuntungan yang diperoleh serta *payback period* dari penerapan opsi tersebut. Perhitungan studi kelayakan finansial untuk setiap opsi ini dapat dilihat pada Tabel 113.

Tabel 113. Perhitungan studi kelayakan ekonomi pada opsi produksi bersih di Industri *Nata de coco*

No	Opsi	Perhitungan (per bulan)		Nilai
1.	**Pemanfaatan kotoran hasil penyaringan, perebusan dan pembersihan kulit untuk pembuatan pupuk.** **Total limbah yang diolah 78.0062 kg/ hari = 78.0062 x 26 hari = 2028,1612 kg/bulan**			
	Investasi :			
	Baskom (4 buah @ Rp 30000)	4 x Rp 30000	Rp 120000	
	Saringan 1 buah @ Rp 10000)	1 x Rp 10000	Rp 10000	
	Gayung (2 buah @ Rp 5000)	2 x Rp 5000	Rp 10000	
	Pengaduk (2 buah @ Rp 5000)	2 x Rp 5000	Rp 10000	
	TOTAL INVESTASI			Rp 150000
	Penjualan pupuk	2028,1612 kg x Rp 300	Rp608448,36	
	Biaya : - Kapur Tohor (100 kg limbah dibutuhkan 10 kg kapur tohor @ Rp 1000)	(2028,1612 : 100) x 10 x Rp 1000 = Rp 202816		
	- Biaya Tenaga Kerja (1 orang bekerja sehari 3 jam)	Rp 5000 x 26 hari = Rp 130000		
	Total Biaya		Rp332816,00	
	KEUNTUNGAN			Rp 275632,36
	PAY BACK PERIOD	Rp 150000 : Rp 275632		0,5442 bulan = 16,326 hari

No	Opsi	Perhitungan (per bulan)		Nilai
2.	**Pemanfaatan kembali sisa cairan fermentasi** **Total limbah yang diolah 7,704 liter/ hari = 7,704 liter/hari x 26 hari = 200,304 liter/bulan = 200304 ml/bulan**			
	Investasi : - Botol Jumlah botol yang dibutuhkan = 200304 ml : 500 ml = 400,608 botol = 401 botol	401 botol x Rp 300/botol	Rp 120300	
	- Kompor (1 buah @ Rp 70000)	1 x Rp 70000	Rp 70000	
	- Dandang ukuran sedang (1 buah @ Rp 50000)	1 x Rp 50000	Rp 50000	
	TOTAL INVESTASI			Rp 240300
	Penjualan starter	400,608 botol x Rp 600/ botol	Rp 240364,8	
	Biaya : - Biayakan murni Jumlah biakan murni yang dibutuhkan = 400,608 botol x 60 ml = 24036,48 ml = 40,0608 botol (setiap botol biakan murni berisi 600 ml)	40,0608 botol x Rp 700 = Rp 28042,56		
	- Biaya Tenaga Kerja (1 orang bekerja sehari 3 jam)	Rp 5000 x 26 hari = Rp 130000		
	Total Biaya		Rp158042,56	
	KEUNTUNGAN			Rp 82321,44
	PAY BACK PERIOD	Rp 240300 : Rp 82321,44		2,92 bulan

No	Opsi	Perhitungan (per bulan)		Nilai
3.	**Pemanfaatan kembali air sisa rendaman, air pembersihan kulit dan pencucian, sisa air perendam potongan nata serta air perebusan potongan nata** **Total limbah yang diolah 3480 liter/ hari = 3480 liter/hari x 26 hari = 90480 liter/bulan**			
	Investasi : - Drum penyaringan air (pemurnian air) (1 buah @ Rp 200000) - Drum penampung air yang telah dimurnikan	1 x Rp 150000 1 x Rp 50000	Rp 150000 Rp 50000	
	TOTAL INVESTASI			**Rp 200000**
	Penghematan Air yang dimurnikan = 80% x 90480 liter = 72384 liter Setiap detik, pompa bisa menghasilkan air ± 10 liter Waktu yang dihemat = 72384 liter : 10 liter/detik = 7238,4 detik = 120,64 menit = 2,011 jam	125 watt x 2,011 jam x 60" = 15082,5 watt = 15,0825 kwatt 15,0825 kwatt x Rp 480/kwatt	Rp 7239,6	
	Tenaga kerja digunakan tenaga kerja pada masing-masing bagian yang menghasilkan limbah cair tersebut.			**Rp 7239,6**
	PAY BACK PERIOD	Rp 200000 : Rp 7329,6		27,2866 bln

No	Opsi	Perhitungan (per bulan)		Nilai
4.	**Pemanfaatan sisa potongan nata untuk pembuatan minuman *jelly drink*** **Total limbah yang diolah 167,612 kg/ hari = 167,612 kg/hari x 26 hari = 4357,912 kg/bulan**			
	Investasi : *Blender* (2 buah @ Rp 300000) Sealer (2 buah @ Rp 750000) Dandang (2 buah @ Rp 50000) Kompor (1 buah @ Rp 70000) Pengaduk (1 buah @ Rp 5000)	2 x Rp 300000 1 x Rp 750000 2 x Rp 50000 1 x Rp 70000 1 x Rp 5000	Rp 600000 Rp 1500000 Rp 100000 Rp 70000 Rp 5000	
	TOTAL INVESTASI			**Rp 2275000**
	Penjualan produk Jumlah jelly drink yang dihasilkan = 4357,912 kg x 0.8 liter/kg = 3486,3296 liter = 14526,37 cup Biaya : - Biaya produksi (gula, cup, merek, pewarna, flavor, dus) - Biaya Tenaga Kerja (1 orang)	14526,37 cup x Rp 500 14526,37 cup x Rp 350 = Rp 5084229,5 1 x Rp 450000 = Rp 450000	Rp 7263185	
	Total Biaya		Rp 5534229,5	
	KEUNTUNGAN			**Rp 1728955,5**
	PAY BACK PERIOD	**2275000 / 1728955,5**		**1,31 bulan**

No	Opsi	Perhitungan (per bulan)		Nilai
5.	Pemanfaatan sisa potongan nata untuk pembuatan pupuk Total limbah yang diolah 167,612 kg/ hari = 167,612 kg/hari x 26 hari = 4357,912 kg/bulan			
	Investasi : Baskom (8 buah @ Rp 30000) Saringan (2 buah @ Rp 10000) Gayung (2 buah @ Rp 5000) Pengaduk (2 buah @ Rp 5000) TOTAL INVESTASI	8 x Rp 30000 2 x Rp 10000 2 x Rp 5000 2 x Rp 5000	Rp 240000 Rp 20000 Rp 10000 Rp 10000	Rp 280000
	Penjualan pupuk Biaya : - Kapur Tohor (100 kg limbah dibutuhkan 10 kg kapur tohor @ Rp 1000) - Biaya Tenaga Kerja (1 orang bekerja sehari 5 jam)	4357,912 kg x Rp 300 (4357,912 : 100) x 10 x Rp 1000 = Rp 435791,2 Rp 10000 x 26 hari = Rp 260000	Rp 1307373,6	
	Total Biaya		Rp 695791,2	
	KEUNTUNGAN			Rp 611582,4
	PAY BACK PERIOD	Rp 280000 : Rp 611582,4		0,4578 bulan
6.	Menjual sisa plastik pengemasan Total limbah plastik yang dijual 0,8 kg/ hari = 0,8 kg/hari x 26 hari = 20,8 kg/bulan			
	Penjualan plastik Biaya pembelian kantong untuk penjualan	20,8 kg x Rp 200 Rp 700	Rp 4160 Rp 700	
	KEUNTUNGAN			Rp 3460/bulan

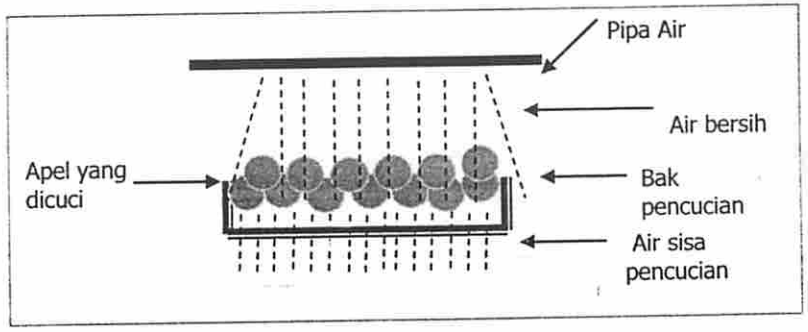
E. Industri Cuka Apel (Pranowo, 2005)

Analisis Kelayakan - Limbah Cair Sisa Pencucian Bahan

Aspek Teknis

Hal yang dapat dilakukan dalam menangani limbah ini adalah meminimasi penggunaan air yang telah dilakukan. Air yang digunakan untuk memproduksi 1250 liter cuka apel setiap harinya adalah 840 liter. Penggunaan air untuk mencuci sangat besar. Hal ini disebabkan, karena pencucian apel dilakukan tidak dengan menggunakan sistem *batch* tetapi air disemprotkan ke apel yang telah dibelah.

Pernyemprotan dilakukan dengan melewatkan apel yang telah dibelah tersebut kedalam ruang pencucian, untuk lebih jelasnya gambaran ruang pencucian pada dapat dilihat pada Gambar 119.

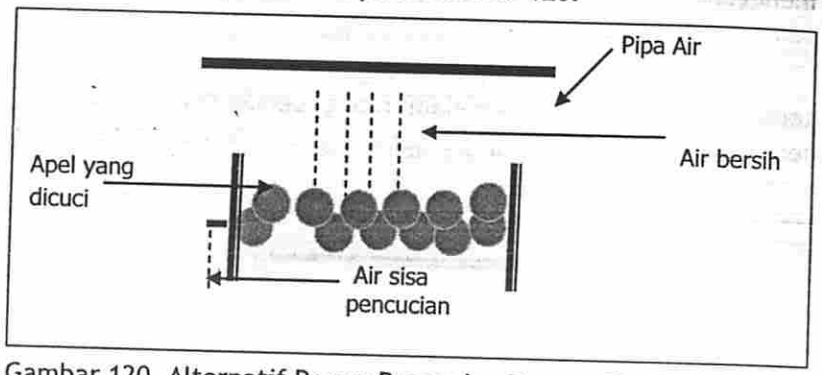


Gambar 119. Proses Pencucian

Berdasarkan pada gambar di atas terlihat, bahwa air yang ada di pipa harus dialirkan secara terus-menerus untuk melakukan pencucian, kondisi ini mengakibatkan volume air yang digunakan akan semakin besar, besarnya volume air tergantung pada banyaknya apel yang akan dilewatkan pada stasiun pencucian. Air yang disemprotkan ke apel akan langsung dibuang ke bawah dan menuju pada saluran pembuangan. Air hasil pencucian sebenarnya masih mempunyai kualitas yang bagus untuk digunakan kembali,

namun karena air di daerah ini sangat melimpah sehingga air hasil pencucian langsung dibuang ke saluran pembuangan air.

Berdasarkan pada kondisi di atas, maka disarankan pada perusahaan untuk melakukan pencucian dengan menggunakan teknik yang lain. Teknik yang disarankan adalah dengan menggunakan model *batch* pada pencuciannya. Teknik ini akan membutuhkan banyak bak penampungan untuk menampung air dan apel yang akan dicuci. Bak pencucian dapat digunakan untuk beberapa kali pencucian hingga sifat fisik dari air benar-benar keruh. Gambaran metode *batch* dapat dilihat pada Gambar 120.



Gambar 120. Alternatif Proses Pencucian Dengan Sistem *Batch*

Berdasarkan pada gambar tersebut terlihat, bahwa air yang dialirkan dari pipa di atas bak penampungan tidak langsung dialirkan ke saluran pembuangan, namun ditampung hingga bak tersebut penuh dan pencucian apel baru dilakukan. Pada pencucian pertama, air dalam bak pencucian tidak langsung dibuang, namun digunakan untuk pencucian yang ke dua maupun yang ke tiga hingga air yang ada benar-benar keruh. Setelah air yang ada di dalam bak benar-benar keruh, maka air yang ada di dalam bak pencucian dikeluarkan melalui saluran pembuangan yang telah disediakan.

Aspek Finansial

Besarnya investasi yang digunakan untuk mengganti proses pencucian dengan sistem semprot menjadi sistem *batch* sebenarnya tidak terlalu mahal, secara lebih rinci perbandingan biaya dan

besarnya investasi yang dibutuhkan antara sistem semprot dengan sistem *batch*, disajikan dalam Tabel 114.

Tabel 114. Perbandingan Biaya dan Besarnya Penghematan Sistem Semprot dan Sistem *Batch* untuk Sekali Proses.

Komponen	Sistem semprot	Sistem *Batch*	Penghematan	Total
Kebutuhan air	840 liter	280 liter = 30 liter/ 20 kg digunakan selama 3 kali	560 liter @ Rp 20	Rp 11.200
Listrik Konveyor	150 k watt	-	150 k watt/ 10 mnt @ Rp 150 /kwh	Rp 3.750
Total Penghematan				Rp 14.950

Untuk melihat kelayakan secara ekonomi, maka diperlukan perhitungan terhadap laju pengembalian modal (*Pay back period*). Besarnya laju pengembalian modal untuk kegiatan penghematan air pada proses pencucian disajikan dalam Tabel 115.

Tabel 115. Besarnya Laju Pengembalian Modal (*Pay back period*) Kegiatan Penghematan Air pada Proses Pencucian.

Komponen	Nilai	Total	Satuan
Pembelian bak cuci	4 buah @ Rp 300.000	Rp 1.200.000	
Penghematan	Rp 14.950 x 3 x 24.	Rp 1.076.400	Per bulan
Pay back period	1,1		bulan

Aspek Lingkungan

Kegiatan penghematan air akan berdampak pada pengurangan beban BOD yang dihasilkan oleh limbah hasil cucian walaupun tidak terlalu besar, serta penghematan dalam penggunaan air tanah. Penghematan ini akan mempengaruhi persediaan air untuk masa yang akan datang.

Analisis Kelayakan - Limbah Cair Sisa Pengendapan Cuka Apel

Aspek Teknis

Endapan yang terbentuk pada saat cuka apel dilakukan *aging* ternyata masih mempunyai senyawa-senyawa kimia yang masih memenuhi standar untuk dilakukan pengolahan lebih lanjut. Besarnya limbah yang dihasilkan dari proses ini adalah 30 liter per 1250 liter produk cuka apel.

Secara teknis pengolahan cuka apel adalah cukup sederhana yaitu endapan yang terbentuk tersebut ditambahkan dengan *dekstrin* dan *maltodekstrin* sebagai bahan pengisi, kemudian dikeringkan pada suhu 55-60 °C selama 36 jam, kemudian bentuk kering lembaran dihancurkan dengan cara di*blender*, serbuk yang dihasilkan diayak dengan ayakan ukuran 100 mesh untuk menyamakan ukuran, hasil pengayakan dikemas ke dalam kapsul, yang kemudian siap untuk dikemas per botol untuk dipasarkan. Teknologi pembuatan kapsul ini dikenal dengan menggunakan teknologi *foam mat drying*, yaitu suatu teknik pengeringan bahan yang berbentuk cair yang sebelumnya dijadikan *foam* terlebih dahulu, baru kemudian dikeringkan.

Aspek Finansial

Hasil kajian aspek finansial yang dilakukan untuk melakukan pengolahan limbah cair hasil endapan cuka apel disajikan pada Tabel 116, Tabel 117, dan Tabel 118. Asumsi yang digunakan dalam membuat studi kelayakan finansial pengolahan limbah cair hasil endapan cuka apel adalah sebagai berikut:

a. Limbah yang digunakan adalah limbah dari hasil endapan cuka apel

b. Jumlah produksi limbah sebanyak 22 liter x 3 kali proses, sehingga total limbah yang dihasilkan adalah 66 liter

c. Unit pengolahan bekerja selama 25 hari per bulan

d. Jumlah produk yang terjual 100%

Tabel 116. Biaya Operasional yang Dibutuhkan per Hari

Komponen Biaya Operasional	Kebutuhan/ hari	Harga/ satuan	Jumlah/hari
Bahan Baku			
• Endapan cuka	66 liter	-	-
Bahan Pembantu			
• Dekstrin	110 kg	Rp 6.000	Rp 660.000
• Tween 80	0.064 liter	Rp 400.000	Rp 25.600
Bahan Pengemas			
• Kapsul	16.205 buah	Rp 50	Rp 810.250
• Botol	162 botol	Rp 1.000	Rp 162.000
• Kardus	16 kardus	Rp 300	Rp 4.800
Kebutuhan energi			
• Listrik	50 kwatt	Rp 150	Rp 7.500
• Gas	6 kg	Rp 2200	Rp 13.200
Kebutuhan Tenaga Kerja			
• Proses produksi	10 orang	Rp 20.000	Rp 200.000
• Administrasi	1 orang	Rp 30.000	Rp 30.000
Total biaya operasional/hari			Rp 1.913.350

Tabel 117. Biaya Investasi yang Diperlukan

Jenis investasi	Jumlah	Harga/satuan	Jumlah/hari
Bak pencuci	1	Rp 50.000	Rp 50.000
Rak pengering	3	Rp 1.000.000	Rp 3.000.000
Masin Penepung	1	Rp 2.500.000	Rp 2.500.000
Mixer	1	Rp 5.000.000	Rp 5.000.000
Gelas ukur plastik	10	Rp 5.000	Rp 50.000
Ayakan 100 mesh	5	Rp100.000	Rp 500.000
Timbangan	1	Rp 150.000	Rp 150.000
Alat pengapsul	10	Rp 185.000	Rp 1.850.000
Total biaya investasi			Rp 13.100.000

Tabel 118. Perhitungan *Pay back periode* pada Proses Pengolahan Limbah Cair Endapan

Komponen	volume	Nilai	Jumlah
Total biaya investasi			Rp 13.100.000
Keuntungan			
• Pendapatan	162 x 25 = 4.050	Rp 15.000	Rp 60.750.000
• Biaya	25	Rp 1.913.350	Rp 47.833.750
• Total			Rp 12.916.250
Pay back period			1,01 bulan

Aspek Lingkungan

Limbah yang dihasilkan pada proses pengendapan mempunyai sifat fisik berwarna kecoklatan dan sangat kental. Pengaruh yang diakibatkan, jika limbah ini dibuang langsung akan mengakibatkan peningkatan BOD badan air yang dilaluinya. Oleh karena itu, pemanfaatan limbah cair ini sangat membantu untuk mengurangi BOD dari tempat pembuangan limbah.

Analisis Kelayakan - Limbah Padatan Organik

Aspek Teknis

Untuk menangani masalah padatan organik yang jumlahnya 124 kg sebagian besar sudah diberikan pada masyarakat sekitar untuk pakan ternak. Namun, sebenarnya perusahaan juga dapat memanfaatkan limbah tersebut untuk produk lain yang lebih berguna. Pemanfaatan limbah organik tersebut sebenarnya dapat digunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan pupuk organik.

Proses pembuatan pupuk organik relatif sederhana yaitu dengan mencampur ampas apel dengan kotoran sapi/ayam dan sekam sebanyak 2-5% berat ampas apel.

Aspek Finansial

Kajian aspek finansial pengolahan limbah padat yang dihasilkan dari proses penyaringan akan disajikan pada Tabel 119, Tabel 120 dan Tabel 121. Asumsi yang digunakan dalam pengolahan ampas menjadi pupuk organik adalah sebagai berikut:

a. Limbah yang digunakan adalah limbah dari hasil proses penyaringan
b. Jumlah limbah yang diolah sebesar 372 untuk 3 kali proses
c. Unit pengolahan bekerja selama 25 hari dalam 1 bulan
d. Jumlah produk yang terjual sebesar 50%

Tabel 119. Biaya Operasional yang Dibutuhkan per Hari

Komponen Biaya Operasional	Kebutuhan/ hari	Harga/ satuan	Jumlah/ hari
Bahan Baku • Ampas apel	372 kg	-	-
Bahan Pembantu • Sekam • Kotoran sapi	15 kg 10 kg	Rp 300 Rp 300	Rp 4.500 Rp 3.000
Bahan Pengemas • sak	65 buah	Rp 400	Rp 26.000
Kebutuhan Tenaga Kerja • Proses produksi • Administrasi	2 orang 1 orang	Rp 20.000 Rp 30.000	Rp 40.000 Rp 30.000
Total biaya operasional/hari			Rp 103.500

Tabel 120. Biaya Investasi yang Diperlukan

Jenis investasi	Jumlah	Harga/ satuan	Jumlah/ hari
Cangkul	2	Rp 30.000	Rp 60.000
Bak plastik	2	Rp 10.000	Rp 20.000
Total biaya investasi			Rp 80.000

Tabel 121. Perhitungan *Pay back periode* pada Proses Pengolahan Limbah Padatan Organik

Komponen	volume	Nilai	Jumlah
Total biaya investasi			Rp 80.000
Keuntungan • Pendapatan • Biaya • Total	65 x 25 x 0,75 25	Rp 4.000 Rp 103.500	Rp 3.250.000 Rp 2.587.500 Rp 662.500
Pay back period			0,12 bulan

Aspek Lingkungan

Sebenarnya jika dilihat dari aspek lingkungan limbah ampas apel ini tidak terlalu berpengaruh, karena limbah ini adalah termasuk limbah organik yang mampu untuk didegradasi tanah dengan sendirinya.

Penentuan Skala Prioritas Alternatif Penerapan Produksi Bersih

Setelah melakukan identifikasi dan kajian terhadap 3 alternatif penerapan produksi bersih yang meliputi: penghematan air pada stasiun pencucian, pemanfaatan endapan pada proses pengendapan cuka apel, dan pemanfaatan limbah padat pada proses penyaringan, maka langkah selanjutnya adalah melakukan penilaian/pembobotan terhadap beberapa alternatif penerapan produksi bersih. Penilaian ini dilakukan terhadap 3 aspek yang telah dikaji yaitu aspek teknis, aspek finansial, dan aspek lingkungan.

Penentuan bobot yang digunakan didasarkan pada beberapa pertimbangan misal teknologi, kemampuan SDM dan kemudahan akses untuk mendapatkan bahan dan lain-lain. Berdasarkan pada pertimbangan tersebut bobot diberikan dalam kisaran 1 hingga 3. Penjelasan mengenai pembobotan ini disajikan dalam Tabel 122.

Tabel 122. Kriteria Pembobotan Aspek Teknis, Aspek Finansial dan Aspek Lingkungan.

Aspek	Nilai bobot	Kerangan
Teknis	3	Sangat mudah untuk dilaksanakan yang berupa kemudahan dalam teknologi, pengadaan dan SDM
	2	Mudah dalam pelaksanaan, namun ada beberapa hal teknis yang masih mempunyai kendala misal SDM yang dibutuhkan khusus dan sebagainya
	1	Sulit untuk diterapkan, hal ini disebabkan karena teknologinya atau bahan yang digunakan harus impor dan sebagainya

Aspek	Nilai bobot	Kerangan
Finansial	3	*Pay back period* kurang dari 1 bulan dengan keuntungan diatas Rp 1 juta per bulan
	2	*Pay back period* antara 1-12 bulan dengan keuntungan antara Rp 500.000 - 1.000.000 per bulan
	1	*Pay back period* lebih dari 12 bulan dengan keuntungan di bawah Rp 500.000 per bulan
Lingkungan	3	Memberikan efek yang signifikan terhadap perbaikan lingkungan
	2	Memberikan sedikit efek paada perbaikan lingkungan
	1	Tidak ada efek terhadap perbaikan lingkungan

Setelah menentukan nilai pembobotan seperti pada Tabel 123 di atas maka, langkah selanjutnya adalah melakukan pembobotan terhadap beberapa alternatif penerapan produksi bersih pada pengolahan cuka apel. Besarnya pembobotan masing-masing proses disajikan dalam Tabel 123.

Tabel 123. Pembobotan Beberapa Alternatif Penerapan Produksi Bersih

Alternatif Penerapan produksi bersih	Penilaian				Skala Prioritas
	Teknis	Finansial	Lingkungan	Total	
Penghematan air pada stasiun pencucian	2	2	2	6	2
Pemanfaatan endapan pada proses pengendapan cuka apel	1	3	3	7	1

Alternatif Penerapan produksi bersih	Penilaian				Skala Prioritas
	Teknis	Finansial	Lingkungan	Total	
Pemanfatan ampas apel pada proses penyaringan	3	1	2	6	3

Berdasarkan pada Tabel 123 terlihat, bahwa skala prioritas untuk penerapan produksi bersih adalah pengolahan endapan untuk digunakan menjadi kapsul, yang kemudian dilanjutkan dengan penghematan air baru kemudian pemanfatan ampas apel. Pemilihan penghematan air pada stasiun pencucian pada urutan ke-2 disebabkan, karena pada aspek finansial keuntungan yang diperoleh untuk penghematan air jauh lebih besar daripada mengolah ampas, disamping itu *Pay back period* juga lebih cepat penghematan air jika dibandingkan dengan pengolahan ampas menjadi pupuk organik.

F. Industri Gula (Indrasti *et al.*, 2006)

Analisis Ekonomi Pemanfaatan Air Imbibisi

Pengurangan penambahan air imbibisi dari 30 menjadi 25% secara teoritis dapat meningkatkan konsentrasi nira mentah dari 7,54% menjadi 9,67% polarisasi, dan untuk pabrik gula dengan kapasitas 4.000 TTH dapat menurunkan kebutuhan energi untuk penguapan air dalam nira senilai Rp 1,8 milyar/tahun.

Penurunan jumlah penambahan air imbibisi dari 30 menjadi 25% juga dapat menurunkan kadar air dalam ampas dari 51% menjadi 50% dan meningkatkan nilai kalor ampas 56 kkal/kg, menghemat penggunaan IDO (*minyak diesel*) senilai Rp 2,3 milyar/tahun.

Kehilangan uap sebesar 11,7% atau sekitar 110,45 kg per ton tebu giling (≈ Rp 13 milyar/tahun) berpotensi untuk direduksi melalui *good house-keeping* pada instalasi *boiler* berupa perbaikan kebocoran pada pipa aliran uap.

Manajemen penggunaan air pada beberapa tahapan proses juga berpotensi memberikan manfaat ekonomi. Pengurangan penambahan air imbibisi dari 30% menjadi 25%, misalnya, dapat menghemat sebesar Rp 7.840.000/tahun.

G. Industri *Plywood* (Indrasti *et al.*, 2006)

Analisis Pemanfaatan Limbah Kayu Sebagai Bahan Bakar Boiler

Analisis pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar boiler dilakukan berdasarkan penelitian Nurendah (2006). Analisis ini menggunakan asumsi-asumsi dan perhitungan yang dirancang berdasarkan pengalaman sejumlah perusahaan kayu lapis. Tahapan awal dalam melakukan analisis pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar boiler adalah dengan menghitung kebutuhan konsumsi energi. Secara lengkap rincian produksi dan konsumsi boiler diperlihatkan pada Tabel 124.

Tabel 124. Produksi dan Konsumsi Energi dengan Menggunakan Kayu (*steam production using wood*)

Asumsi yang digunakan :
Steam Consumption : 9 lines per month

Continuous Dryer :	46.200,00Kg
Hot Press :	4.435,20
Kiln Dryer :	0,100
Glue Reactor :	0,00
Others :	504,00
Total :	51 139,20 Kg per month

Average Caloric Value of Wood (ACV) : 15.050,00 KJoule/kg
Total Potensi Limbah Kalori Kayu (Q) : 1.823.074.367,37 KJoule

Pemasakan air $Q = m\,(Cp)\,(T2\text{-}T1) + m\,\Delta H_{evp}$

Suhu awal air : 30,00 °C
Suhu didih air : 100,00 °C
Kapasitas panas air : 1,00 Kalori/gram
Panas laten perubahan fasa uap ΔH_{evp} : 55,3544 Kkal/Kg
1Kkalori : 4,1840 Kjoule
m : Bobot air
Thermal efficiency : 92,00%

Q = m (Cp) (T2-T1) + H(ev).m
1.823.074.367,37 = m (1) (100-30) + 55.3544m
m = 3.475.902,48 Kg dikonversi menjadi m = 3.475,90 Ton

Steam Generating : 3.197,83 Ton x 0,92 = 3.197,83 Ton

Berdasarkan hasil perhitungan tersebut, maka didapatkan kebutuhan konsumsi energi sebesar 3.197,83 ton. Dari nilai ini kemudian dilakukan analisis nilai tambah kayu sebagai bahan bakar boiler untuk kemudian dibandingkan apabila perusahaan kayu lapis mempergunakan solar sebagai bahan bakar pada boiler. Asumsi yang dipergunakan dalam perhitungan penggunaan limbah kayu dan solar sebagai bahan bakar boiler diperlihatkan pada Tabel 125.

Tabel 125. Perhitungan Penggunaan Limbah Kayu dan Solar Sebagai Bahan Bakar Boiler.

STEAM PRODUCTION USING DIESEL (COMPARATIVE STUDY)

Asumsi yang digunakan :
Average caloric value of wood (ACV) : 15.050 Kjoule/Kg
Total Kebutuhan energi panas (QS) : 5.244.730.916,55 Kjoule
Rumus Total kebutuhan energi panas
(QS) = (Boiler Fuels / jumlah limbah kayu basah dari shredder) X Total potensi limbah kalori kayu
(QS) = (122.731,91 / 42.661,75) X 1.823.074.367,37 Kg
= 5.244.730.916,55 Kjoule

Rumus Kebutuhan Solar (SS) = QS/AVC
Kebutuhan solar (SS) : 348 487.10 Kg X 1000 = 348.487.100 Liter (LT)
Thermal efficiency (TE) : 0,95
Rumus LT1 = LT/TE : 366.828.526,32 Liter

Apabila perusahaan kayu lapis menggunakan solar sebagai bahan bakar boiler, maka dengan mengacu pada harga solar untuk industri pada bulan November 2006 yaitu sebesar Rp 4300/liter, besarnya biaya solar yang dikeluarkan oleh perusahaan kayu lapis adalah Rp 131.446.888.597/bulan. Biaya tersebut diluar biaya investasi mendesain ulang mesin-mesin pada boiler sebesar Rp 120.000.000/unit. Disisi lain, apabila perusahaan kayu lapis menggunakan limbah kayu sebagai bahan bakar boiler, dengan asumsi limbah kayu dibeli dari pihak lain dengan harga Rp 40.000/m^3 limbah kayu (asumsi harga limbah kayu 40% dari harga kayu sebesar Rp 160.000), maka perusahaan kayu lapis hanya mengeluarkan

biaya sebesar Rp 409.120 .000/bulan. Dengan demikian apabila perusahaan kayu lapis tidak membeli limbah kayu dari pihak luar melainkan menggunakan sendiri limbah kayu yang dihasilkan dalam proses produksinya, maka perusahaan kayu lapis dapat lebih melakukan penghematan biaya.

Nilai tambah yang dapat diperoleh dengan menggunakan kayu sebagai bahan bakar boiler dibandingkan dengan menggunakan solar adalah Rp 131.037.768.597/bulan. Dengan demikian, pada dasarnya perusahaan dapat menghemat sebesar Rp 131.037.768.597/bulan apabila menggunakan limbah kayu sebagai bahan bakar boiler dibandingkan dengan menggunakan solar sebagai bahan bakar boiler. Secara rinci perhitungan biaya solar dan biaya bahan bakar kayu diperlihatkan pada Tabel 126.

Tabel 126. Perhitungan Biaya Solar dan Biaya Bahan Bakar Kayu untuk Boiler

PERBANDINGAN BIAYA SOLAR DAN BAHAN BAKU KAYU

Pada biaya solar Rp 4.300 = LT 1 X Harga solar = 366 828 526,32 Liter X Rp 4.300 =
Rp 1.577.362.663.170/tahun =
Rp 131.446.888.597/bulan

Investasi modifikasi ignition chamber = Rp 120 000 000/unit
Asumsi harga limbah 40% dari harga kayu (40% X 160.000 = 40.000)
Biaya bahan bakar kayu jika kayu dihargai Rp 40 000 = BF X Rp 40.000
= (122.731,91/12) X Rp 160.000 = 10 228 m^3 X Rp 40 000 = Rp 409.120.000/bulan

Nilai Tambah = Rp 131.446.888.597/bulan - Rp 409.120.000/bulan
= Rp 131.037.768.597/bulan

Berdasarkan hasil analisis pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar pada boiler, maka dapat disimpulkan bahwa pemanfaatan limbah kayu sebagai bahan bakar boiler dapat memberikan nilai tambah bagi perusahaan berupa penghematan. Nilai tambah yang diperoleh oleh perusahaan dengan menggunakan kayu sebagai bahan bakar boiler dibandingkan dengan apabila perusahaan menggunakan solar sebagai bahan bakar boiler adalah Rp 131.037.768.597/bulan.

H. Industri CPO (Kautsar, 2006)

Analisis finansial penerapan produksi bersih Industri CPO

Secara ekonomis penerapan tata cara operasi yang baik menguntungkan secara langsung berupa peningkatan produktivitas perusahaan. Produktivitas perusahaan dilihat dari kualitas produk yang dihasilkan serta tingginya ekstraksi. Peningkatan ekstraksi sebesar 0,01% memberikan keuntungan mencapai Rp 4.469.315,00 per bulan dengan TBS diolah mencapai 12.537 ton TBS.

Alternatif penerapan *good house-keeping* meliputi usaha pengurangan terjadinya ceceran serta cemaran pada lingkungan kerja pabrik secara langsung. Berdasarkan hasil pengukuran langsung debit kebocoran air, didapatkan jumlah kebocoran air mencapai 2,154 liter/jam. Jika kondisi ini terjadi secara terus-menerus selama 30.931 jam olah pabrik dalam satu tahun, maka sebanyak 63.161 m^3 air terbuang.

Untuk menghasilkan air siap pakai sebanyak 63.161 m^3 dibutuhkan biaya sebesar Rp 16.832.801,00. Biaya tersebut merupakan biaya bahan kimia yang dibutuhkan untuk mengolah air. Sedangkan biaya yang dibutuhkan untuk melakukan penerapan *good house-keeping* tersebut adalah sebesar Rp 275.000,00. Biaya tersebut meliputi pembelian selang, keran, dan pemasangan peringatan.

Pada proses perebusan, setiap mesin rebusan TBS yang diolah mencapai 28 ton, dalam setiap jam terdapat 2 mesin rebusan yang beroperasi, sehingga TBS diolah mencapai 54 ton.

Jumlah kondensat yang dihasilkan mencapai 7,84 m^3/jam dengan kandungan minyak sebanyak 0,042 m^3. Untuk memenuhi volume air kondensat tersebut dibutuhkan kolam dengan kapasitas minimum 8 m^3.

Untuk mendirikan kolam penampung air kondensat beserta utilitasnya dibutuhkan lahan dengan ukuran minimum 3 x 5 m, atau sebesar 15 m^2. Lahan seluas ini dipenuhi pada areal di sekitar *blowdown silencer*. Untuk mengantisipasi peningkatan kapasitas

olah pabrik, penambahan kapasitas kolam dapat dilakukan dengan menambah kedalaman kolam.

Penerapan modifikasi proses berupa pembuatan kolam penampung air kondensat membutuhkan investasi dan biaya tetap. Besarnya investasi yang dibutuhkan untuk mendirikan bangunan mencapai Rp 30.021.050,00 dengan biaya tetap setiap tahun mencapai Rp 19.500.000,00.

Berdasarkan perhitungan dari 151.308 ton TBS yang diolah pada tahun 2005, minyak yang dapat diambil dari air kondensat kurang lebih 41,52 ton. Jika harga CPO pada tahun 2005 mencapai US$ 382,50/ton, maka keuntungan yang dapat diperoleh adalah sebesar US$ 15.881 atau sebesar Rp 144.516.964,00 per tahun. Berdasarkan perhitungan, IRR mencapai 416% dengan *Payback period* dalam 88 hari.

Penyimpangan pelaksanaan SOP yang terjadi pada stasiun rebusan terlihat dari jumlah *Losses* pada *final effluen* yang melebihi standar yang ditetapkan. Standar maksimum pada *final effluen* sebesar 0,50%, sedangkan *Losses* yang terjadi mencapai 0,51%. Walaupun demikian, telah terjadi penurunan *Losses* pada *final effluen* sebesar 0,02% dari bulan sebelumnya yang mencapai 0,53%.

Penurunan jumlah *Losses* sebesar 0,02% memberikan keuntungan secara langsung terhadap jumlah produk yang dihasilkan. Pada bulan yang sama, total TBS diolah mencapai 12.537 ton, sehingga minyak yang dapat dihasilkan dari 0,02% tersebut sebanyak 2,51 ton. Berdasarkan tender CPO tanggal 4 Mei 2006 yang dilakukan oleh Kantor Pemasaran Bersama PT. Perkebunan Nasional, harga CPO/ton mencapai US$ 382,5. Sehingga penurunan CPO sebanyak 0,02% memberikan keuntungan sebesar Rp 8.938.630,00.

I. Industri Kerupuk Ikan (Prawiradisastra, 2007)

Perhitungan Penghematan Air

1. Air PDAM

Setiap bulan pabrik kerupuk menggunakan ± 30 m^3 air PDAM. Tarif air PDAM Indramayu untuk *home industry* adalah 0 sd 10 m^3 = Rp 2 670,- ; 11 sd 20 m^3 = Rp 4 250,- ; 21 sd 30 m^3 = Rp 5 050,- sedangkan 31 m^3 keatas = Rp 5 925,-. Oleh karena itu, besarnya penghematan dari daur ulang air PDAM adalah sebesar: 30 m^3 x Rp 5 050,- x 89,95% = Rp 136.274.25,- setiap bulannya. Setiap tahunnya adalah sebesar 12 x Rp 136.274.25,- = Rp 1.635 291,-.

2. Air Sumur

Setiap bulan pabrik kerupuk menggunakan ± 150 m^3 air sumur untuk memenuhi kebutuhan produksi. Selama proses produksi berlangsung air dari sumur diambil menggunakan pompa. Pompa yang digunakan berdaya 250 Watt. Pompa diasumsikan dinyalakan selama ± 6 jam setiap harinya yang sebagian besar digunakan untuk pencucian ikan. Dalam 1 bulan pompa digunakan selama 6 jam x 20 hari = 120 jam. Maka daya yang terpakai adalah 120 jam x 450 Watt = 54 000 Wh = 54 KWh.

Biaya pemakaian:

Blok 1 = 80 jam x Rp 480,-/ jam = Rp 38.400,-

Blok 2 = 40 jam x Rp 495,-/ jam = Rp 19.800,-

Biaya beban = Rp 34.000,-

Pajak sebesar 3 persen total biaya :

3% x (Rp 38.400,- + Rp 19.800,-) = Rp 1.746,-

Total biaya pemakaian listrik untuk pompa air dalam 1 bulan adalah sebesar (Rp 38.400,- + Rp 19.800,- + Rp 34.000 + Rp 1.746,-) x 89.95% = Rp 84.504.425,-. Dalam 1 tahun penghematan dari daur ulang air sumur adalah sebesar
Rp 84.504.427,- x 12 = Rp 1.014.053,-.

Total penghematan dari daur ulang air adalah sebesar Rp 1.635.291,- + Rp 1.014.053,- = Rp 2.649.344,- per tahun. Dana untuk operasional instalasi daur ulang air bisa ditutupi dari penghematan air yang didapat. Berikut adalah hasil perhitungan finansial alternatif daur ulang air.

Analisis Biaya Instalasi Daur Ulang Air

Biaya Investasi

Biaya investasi adalah biaya yang dibutuhkan untuk pembangunan suatu alternatif. Biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembangunan alternatif daur ulang air adalah sebesar Rp 2.250.000,-. Biaya investasi hanya ada pada tahun-0. Biaya operasional pada tahun-0 adalah modal pembelian alat-alat.

Biaya Operasional

Komponen biaya tetap pada alternatif instalasi daur ulang air adalah biaya penyusutan dan biaya pemeliharaan alat. Biaya tetap pada alternatif ini adalah sebesar Rp 427.500,-. Komponen biaya tidak tetap dari alternatif ini adalah biaya bahan baku dan biaya bahan pembantu. Total biaya tidak tetap per tahunnya adalah sebesar Rp 633.600,-.

Prakiraan Penghematan

Penghematan biaya yang didapat dari alternatif ini adalah Rp 2.649.344,- per tahun. Nilai ini dianggap konstan sampai tahun ke 10. Nilai diperoleh dari penghematan penggunaan listrik oleh pompa air dan biaya air PDAM. Penghematan biaya setelah dikurangi dengan pengeluaran adalah sebesar Rp 1.588.244,-.

Kriteria Investasi

Dalam alternatif instalasi daur ulang air ini, kriteria investasi dihitung berdasarkan tingkat bunga bank yang berlaku yaitu 18 % per tahun. Berdasarkan perhitungan, NPV pada alternatif instalasi daur ulang air ini adalah sebesar Rp 4.886.933,-. IRR dari alternatif ini adalah 44%. Pada alternatif ini *net* B/C hasil perhitungan adalah 2,50. *Payback period* yang dihasilkan dari perhitungan alternatif ini adalah 1 tahun 9 bulan 14 hari.

Analisis Biaya Pembuatan Tepung Ikan

Biaya Investasi

Biaya investasi yang dibutuhkan untuk pembangunan alternatif daur ulang limbah ikan adalah sebesar Rp 12.500.000,. Biaya investasi hanya ada pada tahun-0. Biaya operasional pada tahun-0 adalah modal pembelian alat-alat.

Biaya Operasional

Komponen biaya tetap pada alternatif instalasi daur ulang air adalah biaya penyusutan, biaya pemeliharaan alat dan biaya tenaga kerja. Biaya tetap pada alternatif ini adalah sebesar Rp 16.775.000,-. Komponen biaya tidak tetap dari alternatif ini adalah biaya bahan bakar, pelumas, dan gas. Total biaya tidak tetap per tahunnya adalah sebesar Rp 15.480.000,-.

Total Nilai Penjualan

Total nilai penjualan yang didapat dari alternatif ini adalah Rp 53.760.000,- per tahun. Nilai ini dianggap konstan sampai tahun ke 10. Nilai diperoleh dari penjualan tepung ikan.

Kriteria Investasi

Dalam alternatif instalasi daur ulang air ini, kriteria investasi dihitung berdasarkan tingkat bunga bank yang berlaku yaitu 18% per tahun. Berdasarkan perhitungan, NPV pada alternatif pembuatan tepung ikan ini adalah sebesar Rp 74.471.381,2,- sehingga dapat dikatakan alternatif ini layak. IRR dari alternatif ini adalah 116%. Pada alternatif ini *net* B/C adalah 1,56. *Payback period* dari alternatif ini adalah 9 bulan 4 hari.

Harga tepung ikan di pasaran adalah Rp 3.200 per kg, diasumsikan konstan selama 10 tahun. Dengan total produksi sebanyak 16.800 kg per tahun, maka total nilai penjualan adalah sebesar Rp 53.760.000,- pada tahun pertama. Jadi biaya investasi dan operasional bisa ditutup dari hasil penjualan tepung ikan. Daur ulang pemakaian limbah ini diharapkan menjadi tambahan pemasukan bagi industri kerupuk. Penerapan daur ulang limbah ikan belum bisa dilaksanakan.

Analisis kelayakan produksi bersih

Ceceran tepung dan adonan

Penutup *mixer* dapat dibuat dari lempengan besi berukuran 50 cm x 50 cm. Biaya pembuatan penutup *mixer* dari besi adalah Rp 30.000,-. Modifikasi alat dilakukan dengan menambahkan pembatas di sekitar meja pencetakan. Penambahan pembatas diharapkan mengurangi tumpahan adonan dan terigu dari meja pencetakan. Pembatas yang ditambahkan diusulkan dibuat permanen menggunakan batu bata dan semen. Biaya yang dibutuhkan untuk modifikasi meja adalah sebesar Rp 159.600,-. Biaya yang diperlukan tidak terlalu besar, sehingga seharusnya bisa diterapkan. Dibutuhkan kemauan dari pemilik pabrik untuk modifikasi meja ini. Modifikasi meja belum bisa dilakukan langsung pada saat itu.

Secara finansial program ini dapat mendatangkan keuntungan. Jika setiap hari 1,7 kg tepung terbuang, maka penghematan tiap tahunnya bisa mencapai 408 kg. Jika asumsi harga tepung terigu adalah Rp 4.000 per kg, maka setiap tahun dapat menghemat Rp 1.632.000,-.

Daftar Pustaka

Apriyadi, A. 2003. Analisis Usaha dan Nilai Tambah Pengolahan Ikan pada Industri Kerupuk Udang/Ikan di Indramayu. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Associated Industrial Consultants. 1992. Case Study of Hazardous Waste and emissions from Small Scale manufacturing ini India.

Badan Pusat Statistik. 2000. Statistik Industri Besar dan Sedang. Vol.3b Jakarta. *Di dalam* Apriyadi, Andri. 2003. Analisis Usaha dan Nilai Tambah Pengolahan Ikan pada Industri Kerupuk Udang/Ikan di Indramayu. Skripsi. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Badan Pusat Statistik. 2002. Badan Pusat Statistik. Jakarta. *Di dalam* Januriyanti. 2004. Analisis Persediaan Bahan Baku pada Perusahaan Kerupuk Ikan di Desa Kenanga Kabupaten Indramayu. Skripsi. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Balai Pengembangan Teknologi Tepat Guna. 2002. *Di dalam* Januriyanti. 2004. Analisis Persediaan Bahan Baku pada Perusahaan Kerupuk Ikan di Desa Kenanga Kabupaten Indramayu. Skripsi. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.

BAPEDAL. 2001. Buku Panduan Model Penerapan Produksi Bersih. Jakarta.

BAPEDAL. 1998. Buku Panduan Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Minyak Kelapa Sawit di Indonesia. Jakarta.

BAPEDAL. 1996. Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Tapioka di Indonesia. Buku Panduan. Jakarta.

BAPEDAL. 1996. Teknologi Pengendalian Dampak Lingkungan Industri Penyamakan Kulit. Badan Pengendalian Dampak Lingkungan. Jakarta.

Barnard, R dan G. Olivetti. 1990. *Rapid assessment of industrial waste production based on available employment statistics* Waste Management and Research Vol 8 No 2 ISSN 0734-242X.

Bartone, C. R dan L, Benavides . 1997. *Local management of hazardous wastes from small-scale and cottage industries* Waste Management and Research Vol 15 No1.

Batstone, R., J.E. Smith dan D.C. Wilson editors.1989. The safe disposal of hazardous wastes: The special needs and problems of developing countries World Bank, Washington, Technical paper No 93 in 3 volumes ISBN 0-8213-1144-1 (available as pdf files from www.worldbank.org/publications/).

Boyle, C. 1999. Cleaner Production in New Zealand. Journal of Cleaner Production. Vol 7(1). ISSN 0959-6526. 59-67.

Burian G. .1994. The instrumental role of governments in promoting clean technologies and clean products. In "Incentives and Policies for Clean Technology, Legislative and Educational Frameworks". Proceedings from Third International IACT Conference, Austria. Eds S.P. Maltezon, R. Kogerler and M. Osteraver, pp.10-19.

Buser, C., dan W. Jurg. 2002. Conducting Quick Scans in the Company. Basel University of Applied Sciences Institute of Environmental Technology. Muttenz.

Christiansen K., B.B. Nielsen., P. Doelman dan F. Schelleman .1995. 'Cleaner Technologies in Europe', Journal of Cleaner Production 3: 67-70.

Christie I., H. Rolfe dan R. Legard .1995. Cleaner Production in Industry. Integrating business goals and environmental management. Policy Studies Institute. London.

Clements J.W. and J.P. Thompson .1992. Cleaner production-An industrial example. In: Proceedings from Asia-Pacific Cleaner Production Conference 'Cleaner Production—how to make it work for you'. Melbourne.

Coopers dan Lybrand .1996. On Environmental Management. An update on businessbased issues. Issues 1, 2, 3, 4 and 5.

Daulay, D dan A. Rahman, 1992. Teknologi Sayuran dan Buah-buahan. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Dirjen Dikti PAU Pangan dan Gizi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Departemen Perindustrian dan Perdagangan. 2002-2003. Jakarta. *Di dalam* Januriyanti. 2004. Analisis Persediaan Bahan Baku pada Perusahaan Kerupuk Ikan di Desa Kenanga Kabupaten Indramayu. Skripsi. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Indramayu. 2005. Daftar Sentra Industri Kecil Menegah yang Telah Dibina. Dinas Perindustrian dan Perdagangan Kabupaten Indramayu. Indramayu.

Dinkel, F. 2000. Life Cycle Assessment-Ecobalance. Carbotech AG. Basel.

Downing, J. 1989. Apple and Product Development. CRC Publisher. New York.

EP3. 1998. Office of Environment and Natural Resources Bureau for Global Programs United States Agency for International Development. Pollution Prevention Diagnostic Cane Sugar Mill.

Eris, F. R. 2005. Produksi Bersih pada Industri Tapioka. Makalah. Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana-IPB. Bogor.

Erningpraja, L. 2001. Rancang Bangun Model Produksi bersih Kebun Kelapa Sawit. Studi Kasus di Kebun Kelapa Sawit Kertajaya, banten dan kebun Kelapa Sawit Bah Jambi, Sumatera Utara. Disertasi. Program Pasca Sarjana-IPB. Bogor.

Fauzi, A.M. 2000. Bioteknologi untuk Produksi Bersih. Prosiding Seminar Nasional Bioteknologi III. LIPI.

Fauzi, A.M, A. Rakhmawati, Y. Hidetoshi. 2008. Kajian Penerapan Strategi Produksi Bersih di Sentra Industri Kecil Tapioka: Kasus Kelurahan Ciluar, Kecamatan Boogor Utar. Jurnal Teknologi Industri Pertanian. No. 18 Vol. 2.

Goedkoop M.1995. The Eco-indicator 1995, Amersfoort.

Gray., C.P. Simanjuntak., L. K. Sabur., P. F. L. Maspaitella dan R. G. C. Varley. 1992. Pengantar Evaluasi Proyek. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.

Greenfield, R. E. 1971. Starch and Starch Product, p. 121-131. Di dalam: C.F. Gurnham (ed.) Industrial waste water control. Academic Press, New York. London.

Gumbira Sa'id, E. 1994. Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Industri Kelapa Sawit. Badan Kerjasama Pusat Studi Lingkungan. Bogor.

Hakimi, R. 2005. Penerapan Produksi Bersih pada Industri Nata De Coco. Makalah. Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana-IPB. Bogor.

Hale M. 1996. Ecolabelling and cleaner production: principles, problems; education and training in relation to the adoption of environmentally sound production processes. Journal of Cleaner Production 4: 85-95.

Hardjo,S.1964. Pengolahan Dan Pengawetan Kedelai Untuk Bahan Makanan Manusia. Makalah Seminar. Departemen Pertanian. Bogor.

Heijungs R., J.B. Guinée., G. Huppes., R.M. Lankreijer., H.A. Udo de Haes., A. W. Sleewijk. 1992. Environmental Life Cycle Assessment of Products. Guide and Backgrounds. Leiden.

Hopfenbeck, Waldemar, Jasch, Christine: Öko-Controlling. 1993. Umdenken zahlt sich aus. Moderne Industrie; Landsberg/ Lech.

Husnan, S dan Suwarsono. 2000. Studi Kelayakan Proyek. UPP AMP YKPN. Yogyakarta.

http://www.basel.int.

http://www.forlink.dml.or.id/pinfob/11.htm (Forlink. 2000. paket Info Produksi Bersih).

http://www.jabarprov.go.id/public/o/berita_detail.htm?id=64437 [31 Januari 2009].

http://www.warintek.ristek.go.id/pangan/umum/tanaman_perkebunan.pdf [13 Februari 2009].

[ICIP] Indonesian Cleaner Industrial Production program. 1998. kajian Produksi bersih pada industri kayu lapis Jakarta.

Indrasti, N.S., A.M. Fauzi., Suprihatin., A.Yuhistira., A.A. Adnan., dan M. Fatimah. 2006. Panduan Praktis Industri Gula. Kementrian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.

Indrasti, N.S., A.M. Fauzi., Suprihatin., A.Yuhistira., A.A. Adnan., dan M. Fatimah. 2006. Panduan Praktis Industri Plywood. Kementrian Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.

Indriyati. 2000. Strategi Penerapan Program Produksi Bersih dan Manfaatnya bagi Industri. Laporan Teknis Intern. Direktorat Teknologi Lingkungan, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.

Jackson, T .1993. Clean Production Strategies: developing preventative environmental management in the industrial economy Lewis Publishers ISBN 0-87371-884-4.

Kautsar, I. 2006. Aplikasi Produksi Bersih Pada Industri Minyak Sawit (Studi Kasus Di PT. X Propinsi Riau). Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian-IPB. Bogor.

Ketaren, S. 1986. Pengantar Teknologi Minyak dan Lemak Pangan. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

Kementerian Lingkungan Hidup. 2005. Pedoman Penanggulangan Limbah Cair Domestik dan Tinja. Jakarta.

Kunaefi, H. A. 1982. Tata Cara Pengendalian dan Kriteria Pencemaran Lingkungan Akibat Industri. Seksi Lab dam Instalkes Kanwil Propinsi Jawa Barat.

Lasri, U. 2006. Laporan Pelaksanaan Pengelolaan Lingkungan PT. Kayu Lapis Indonesia Tri Wulan Ke II Tahun 2006. PT. Kayu Lapis Indonesia. Kendal.

Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2000. Pembuatan Tepung Ikan. http:/www. Warintek.net/ tepung_ikan. Htm 22k. (5 Juni 2005) Di dalam Latief, Fauzan. 2006. Karakteristik Sifat Fisik Tepung Ikan serta Tepung Daging dan Tulang. Skripsi. Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Loehr, R.C. 1974. Agricultural Waste Management. Academic Press. New York.

LIPI. 1999. Pedoman Pembuatan Nata de Coco dari Limbah Air Kelapa. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Puslitbang Bioteknologi. Bogor.

Long W.L. 1994. Cleaner production in OECD countries. Industry and Environment 17: 23-26.

Luken R.A. 1994. Cleaner production and UNIDO. Journal of Cleaner Production 2: 163-166.

Luken R.A. dan A.C. Freij .1995. Cleaner Industrial Production in Developing Countries: market opportunities for developed countries. Journal of Cleaner Production 3: 71-78.

Mendoza, H. 1992. Case Study of hazardous Waste and Emissions from Smale-Scale and Cottage Tanneries in urban Areas of Mexico.

Metcalf dan Eddy. 1991. Waste Water Engineering. 3rd ed. McGraw-Hill, Inc. New York.

Modak, P.1995. Waste Minimization-A Guide to Cleaner Production and Enhanced Profitability dalam Training Course On ISO 14000-Environmental Management Standards. Bangkok.

Murtadho dan Gumbira Sa'id. 1987. Penanganan dan Pemanfaatan Limbah Padat. PT. Melton Putra. Jakarta.

Mustofa, H. A. 2000. Kamus Lingkungan. PT. Rineka Cipta, Jakarta.

Nasution, E. P.2001. Studi Penerapan Produksi Bersih pada Industri Tahu. Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Newnan, D. G. 1990. Engineering Economic Analysisi. Binarupa Aksara. Jakarta.

Nurendah, Y. 2006. Strategi Peningkatan Kinerja Industri Kayu Lapis Melalui Pendekatan Ekoefisiensi. Disertasi. Sekolah Pascasarjana, IPB. Bogor.

Nurhasanah, N. 2005. Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Roti (Studi Kasus Di Panca Upaya Tunggal Abadi, Depok). Makalah. Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana-IPB. Bogor.

Nurhasan dan B. Pramudyanto.1991.Penanganan Air Limbah Pabrik Tahu. Yayasan Bina Karya Lestari (Bintari).Jakarta.

OECD. 2000. Reference Manual on Strategic Waste Prevention, June 2000 Environment Directorate ENV/EPOC/PPC(2000)5/ FINAL.

Palm Oil Research Institute of Malaysia. 1986. Palm Oil Factory Process Handbook Part 1 General Description of The Palm Oil Milling Process. Malaysia.

Palungkun, R. 1999. Aneka Produk Olahan Kelapa. Penebar Swadaya. Bogor.

Pranowo, D. 2005. Alternatif Penerapan Produksi Bersih Di Industri Pengolahan Cuka Apel. Makalah. Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana-IPB. Bogor.

Prawiradisastra, F. 2007. Kajian Penerapan Produksi Bersih Agroindustri Kerupuk Ikan (Studi Kasus di Perusahaan Kerupuk Dua Gajah , Desa Kenanga, Indramayu - Jawa Barat). Skripsi. Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian-IPB. Bogor.

PT. Salim Plantation. 1995. Pedoman Teknis Pabrik Kelapa Sawit. Jakarta.

Pudjiastuti, L. 1999. Produksi Bersih. Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Jakarta.

Queensland Cleaner Production Task Force (1998) *Cleaner Production Self Assessment Guide*, Brisbane City Council (available as pdf file from www.qldrxr.lgaq.asn.au).

Ramjeawon, T. 2000. Cleaner production in Mauritian Cane-sugar factories. Journal of Cleaner production 8 (2000), p. 503-510.

Ranken,M.D. dan R.C. Kill, 1993. Food Industries Manual. 23rd Edition. Blockie Academic and Professional. London.

Retnani, Y. 1999. Penerapan Produksi Bersih dengan Teknik Bioflokulasi *Alcaligenes latus* pada Industri Tapioka untuk Mengurangi Pencemaran Lingkungan.

Riansoni, Y. 2005. Penerapan Produksi Bersih Pada Industri Kecil Produksi Tahu (Studi Kasus Di Kopti Bandung). Makalah. Program Studi Teknologi Industri Pertanian, Sekolah Pasca Sarjana-IPB. Bogor.

Romli, M., A. Suryani., E. Hambali., Suprihatin. 2003. Pedoman Teknis Pengelolaan Limbah untuk Industri Kecil. Kementrian Lingkungan Hidup dan Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas teknologi Pertanian, IPB. Bogor.

Saage, J. 1993. Industrielle Abfallvermeidung und deren Bewertung. ddu-Verlag Graz.

Sarwono, B. 1994. Membuat Tempe dan Oncom. Penebar Swadaya. Jakarta.

SETAC (Society of Environmental Toxicology and Chemistry: A Conceptual Framework for Life-Cycle Impact Assessment, Sandestin, Florida, 1993.

Shurtleff, W dan Aoyagi, A.1979.Tofu and Soymilk Production. New age 2000 Foods. Study Press Inc. USA.

Sogaard, M. Editor.1997. Inventory on Cleaner Production Education and Training, Finnish Association of Graduate Engineers TEK, ISBN 952-5005-11-9.

Sugiharto. 1987. Dasar-dasar Pengelolaan Air Limbah. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta.

Sukamto. 2006. SMK 3 dan Pengelolaan Lingkungan (ISO 14001). PT. Sumalindo Lestari Jaya Tbk. Loa Janan Samarinda.

Susanto, T. 1993. Teknologi Pengolahan Hasil Pertanian. PT. Bina Ilmu. Surabaya.

Sutojo, S. 1996. Studi Kelayakan Proyek. PT Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.

Theodula K.A.M.S. 1976. The Productin of Nata from Coconut Water. Philipines. Jakarta.

Tia, P. R. 2000. The Use of Economic Instruments With a View to Identifying Sustainable Solutions for the Environmentally Sound Management of Hazardous Wastes, Report for the Secretariat of the Basel Convention.

Tim Teknis Perencana IPAL Baristand Indag Semarang. 2004. Petunjuk Praktis Pengoperasian IPAL PT. Kayu Lapis Indonesia. Hasil Kerjasama antara PT. Kayu Lapis Indonesia dengan Balai Riset dan Standardisasi Industri dan Perdagangan Semarang.

Tjiptadi ,W dan M. Z. Nasution. 1980. Umbi Ketela Pohon dan Pengolahannya. Kerjasama Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan dan Kebudayaan dengan Institut Pertanian Bogor.

UNEP dan UNIDO .1991. Audit and Reduction Manual for Industrial Emissions and Wastes Technical Report No 7 UNEP, Paris ISBN 92-807-1303-5.

UNEP .1991. Hazardous waste policies and strategies - a training manual, Technical report No 10 UNEP Industry and Environment Programme Activity Centre & Environmental Education & Training Unit, Paris ISBN 92-807-1311-6.

UNEP. 2003. Cleaner Production Assessment in Industries. *Didalam* http://www.uneptie.ora/pc/cp/understanding_cp/cp industries.htm.

UNEP . 2002 . International Declaration on Cleaner Production - -Implementation Guidelines for Companies, Governments and Facilitating Organizations.

UNEP . 2002 . Sustainable Production Patterns - Learning from the Experience of National Cleaner Production Centres, ISBN 92-807-2073-2.

UNEP . 2000 . Cleaner Production Assessment: Dairy, Fish and Meat Processing, ISBN 92-807-1843-4, 92-807-1843-6, 92-807-1843-8.

UNIDO. 2002. What is Cleaner Production. *Di dalam* http://www.unido.org/doc/5151.

UNEP dan ISWA. 2002. Training Resource Pack for Hazardous Waste Management in Developing Economies.UNEP Divisi teknologi, industri dan ekonomi. Paris ISBN : 90-807-2235-2.

United States Agency for International Development (USAID). 1997. Panduan Pengintegrasian Produksi Bersih ke dalam Penyusunan Program Kegiatan Pembangunan Depperindag. Jakarta. Di dalam Suartama, P. W. Adi. 2000. Mempelajari Penerapan Produksi Bersih dan Penanganan Limbah di PT. Great Giant Pineaple Company, Lampung Tengah. Laporan Praktek Lapang. Fateta IPB. Bogor.

Warisno. 2004. Mudah dan Praktis Membuat Nata de Coco. Agromedia Pustaka.

Wentz. C. A.,1995. Hazardous Waste Management. Second Edition. McGraw-Hill, Inc. New York.

White, J. 1996. Vinegar Its History and Development. Advance Applied Microbiology. Mc. Graw-Hill Book Company. New York.

Wibowo, A. 1996. Produksi Bersih. Yayasan Kalpa Wilis-Kantor Meneg LH, Jakarta. pp 77-84.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) dan UNEP (1998) Cleaner Production and Eco-efficiency, complementary approaches to sustainable development (available as pdf file from www.wbcsd.ch/newscenter/reports/1998/cleanereco.pdf).

Yani, A. 1994. Studi Penerapan Teknologi Pengeringan Tepung Ikan dengan Menggunakan energi surya di Sulawesi Utara. Laporan Penelitian. Deputi Bidang Analisis Sistem, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. Jakarta.

Daftar Singkatan

AMDAL	: Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup
BEP	: *Break Even Point*
BOD	: *Biodemical Oxygen Demand*
B3	: Bahan Berbahaya dan Beracun
CN	: Sianida
COD	: *Chemical Oxygen Demand*
CP	: *Cleaner Production*
CP-Assessment	: *Cleaner Production Assessment*
EA	: *Environmental Auditing*
EL	: *Environmental Labelling*
EMS	: *Environmental Management System*
EOP	: *End of pipe*
EP	: *Eco point*
EPE	: *Environmental Performance Evaluation*
GWP	: *Global Warning Potential*
IRR	: *Internal rate of Return*

ISO	: *International Organization for Standardization*
ISWA	: *International Solid Waste Association*
LCA	: *Life Cycle Analysis*
LDPE	: *Low Density Polyethylene*
LIPI	: Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia
MIPS	: *Material Intensity Per Unit Services*
Net B/C	: *Net Benefit Cost Ratio*
NPV	: *Net Present Value*
ODP	: *Ozone Depleting Potential*
OECD	: *Organisation for Economic Cooperation and Development*
OM	: *Organic Material*
POCP	: *Photochemical Ozone Creation Potential*
RKL	: Rencana Pengelolaan Lingkungan
RPL	: Rencana Pemantauan Lingkungan
SETAC	: *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*
SPI	: *Sustainable Process Index*
SS	: *Suspended Solid*
TDS	: *Total Dissolve Solid*
TSS	: *Total Suspended Solid*
UASB	: *Upflow Anaerobic Sludge Blanket*
UCPTE	: *Union or the Co-ordination of electric power*
UNEP	: *United Nations Environment Program*
UNIDO	: *United Nations Industrial Development Organization*
USAID	: *United States Agency for International Development*
WHO	: *World Health Organization*
WWTU	: *Waste Water Treatment Unit*

Glossary

Activated Sludge : Lumpur aktif
Proses pengolahan limbah cair dengan mengggunakan lumpur yang mengandung mikroorganisme pengurai

Aerobic : Keadaan Beroksigen
1. Mendapat oksigen molekuler sebagai suatu bagian dari lingkungan
2. Tumbuh hanya dengan kehadiran oksigen molekuler
3. Terdapat hanya dengan kehadiran oksigen molekuler
4. Hidup atau aktif hanya jika tersedia oksigen

Alkali : 1. Hidroksida dari logam Li, Na, K, Rb, dan Cs
2. Zat yang bersenyawa dengan asam yang merupakan garam yang digunakan dalam pembuatan sabun

Ambient : Udara di atmosfer yang akan dikenai bahan polutan gas/partikel

AMDAL : Analisis Mengenai Dampak Lingkungan Hidup
Kajian mengenai dampak besar dan penting suatu usaha dan / atau kegiatan yang direncanakan pada lingkungan hidup yang diperlukan bagi proses pengambilan keputusan tentang penyelenggaraan usaha dan/atau kegiatan

Anaerobic : Kondisi dalam ketiadaan oksigen
Hidup atau aktif dalam suasana tidak ada oksigen bebas

BEP : *Break Even Point*
Titik dari suatu periode kerja atau dari suatu kegiatan usaha tertentu, dimana usaha itu tidak memperoleh laba, tetapi juga tidak menderita kerugian.

Biodegradable : Proses penguraian dapat dilakukan secara biologis, biasanya oleh jasad renik

Biomassa :
1. Jumlah total bahan hidup dalam suatu habitat atau daerah yang khas
2. Suatu ungkapan berat total suatu populasi organisme tertentu
3. Bobot kering materi mahluk hidup yang ada dalam suatu populasi spesies

BOD : *Biodemical Oxygen Demand*
Banyaknya oksigen yang terlarut dalam suatu perairan yang dibutuhkan untuk metabolisme mikroorganisme dalam mencerna berbegai bahan organik yang terdapat dalam perairan itu

By Product : Hasil Samping
Hasil samping suatu produk dengan suatu nilai ekonomi yang lebih rendah dibanding dengan produk utama

COD : *Chemical Oxygen Demand*
Banyaknya oksigen dalam ppm atau miligram / liter yang dibutuhkan dalam kondisi khusus untuk menguraikan benda organik secara kimiawi

Continuous Process : Pola atau urutan proses produksi yang Berkesinambungan sejak dari bahan baku sampai dengan menjadi produk akhir

CP : *Cleaner Production* / Produksi Bersih
1. Suatu strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif dan terpadu yang perlu diterapkan secara terus menerus pada proses produksi dan daur hidup produk dengan tujuan untuk mengurangi resiko terhadap manusia dan lingkungan
2. Strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat pencegahan dan terpadu yang diterapkan pada seluruh siklus produksi untuk meningkatkan produktivitas dengan memberikan tingkat efisiensi yang lebih baik pada penggunaan bahan mentah, energi dan air; mendorong performansi lingkungan yang lebih baik melalui pengurangan sumber-sumber pembangkit limbah dan emisi serta mereduksi dampak produk terhadap lingkungan dari siklus hidup

produk dengan rancangan yang ramah lingkungan, namun efektif dari segi biaya

CP-*Assessment* : *Cleaner Production Assessment*
Proses dalam menerapkan suatu integrasi sistem perlindungan lingkungan dalam suatu operasi perusahaan

Curd : Gumpalan yang terbentuk dari proses penggumpalan sari (susu) kedelai dalam proses pembuatan tahu

Debit : Volume air yang mengalir dari suatu saluran melalui penampang lintang tertentu dalam satuan waktu

Denitrifikasi : Pembentukan gas nitrogen dari senyawa nitrat oleh mikroba.

Desinfektan : Bahan kimia (lisol, kreolin, dsb) yang digunakan untuk mencegah terjadinya ineksi atau pencemaran oleh jasad renik; obat pembasmi kuman penyakit

Dekomposisi : Proses perubahan/penguraian menjadi bentuk yang lebih sederhana

Dust collector : Alat yang digunakan pada cerobong untuk mengurangi pencemaran udara sehingga menghasilkan gas buang yang lebih bersih

Ecolabel : Sebuah tanda pada sebuah mata dagangan yang menerangkan bahwa produksi mata dagangan tersebut memenuhi persyaratan tidak merusak lingkungan

Eco-eficiency : Suatu proses produksi yang meninimkan penggunaan bahan baku, air dan energi serta dampak lingkungan per unit produk

Effluent : 1. Sampah padat, cair atau gas yang memasuki lingkungan sebagai suatu produk samping (tambahan) dari kegiatan manusia
2. Pengaliran atau pencurahan air tanah atau air di bawah permukaan

Eksplosif : Bahan yang bersifat mudah meledak

Ekstrak : Hasil dari proses pemisahan suatu bahan dari campurannya

Ekstraksi : Proses pemisahan suatu bahan dari campurannya, biasanya dengan menggunakan pelarut

Emisi : Pelepasan berbagai jenis pencemar bersama limbah atau gas buang dikenal standar emisi yaitu pelepasan maksimum yang diijinkan dari suatu sumber tertentu ke medium yang ditetapkan pada kondisi yang ditetapkan.

EOP : *End of pipe*
Upaya pemecahan masalah dengan pengolahan limbah yang terbentuk; pengolahan limbah yang dihasilkan oleh industri pada akhir proses produksi

Eutrofikasi : Gangguan pada kandungan nutrisi dari badan air dan tanah dengan unsur yang merupakan sumber dari nutrisi tanaman yang meliputi nitrat, fosfat, amonium, dan lainnya.

Evaporasi : Proses perubahan molekul zat cair menjadi gas atau uap air; penguapan

Fermentasi : 1. Penguraian metabolik senyawa organik oleh mikroorganisme yang menghasilkan energi yang pada umumnya berlangsung dengan kondisi anaerobik dan dengan pembebasan gas
2. Penguraian metabolik senyawa organik yang berlangsung dalam satu organisme, tanpa kehadiran oksigen molekular dan menggunakan senyawa organik, baik sebagai zat pengoksid maupun substrat yang dioksid

Filtrasi : Satu cara pemisahan atau sterilisasi secara fisik dengan menggunakan filter (saringan)

Flokulan : Bahan yang digunakan dalam proses flokulasi (pembentukan flok)

Glukosa : Zat gula sederhana yang banyak terdapat di dalam tumbuhan dan hewan

Good House Keeping : Tindakan prosedural, administratif maupun institusional yang dapat digunakan perusahaan untuk menggurangi terbentuknya limbah dan emisi

GWP : *Global Warming Potential*
Potensi pemanasan global dari suatu zat yang diberikan sehubungan dengan gas karbondioksida (CO_2) di dalam bentuk padanan CO_2, mengacu pada jumlah CO_2 yang terintegrasikan dari waktu ke waktu

Influent : Masuknya buangan industri atau pertanian ke dalam suatu lingkungan (air, tanah atau udara) yang menyebabkan terjadinya pencemaran dalam lingkungan tersebut

IRR : *Internal rate of Return*
Nilai discount factor rate I yang membuat nilai NPV dari proyek sama dengan nol

ISO : *International Organization for Standardization*
Standar manajemen kualitas, Standar Internasional mengenai standar mutu dari produk yang masuk pasar internasional

Isolasi : Suatu usaha untuk memisahkan suatu hal dari hal lainnya

Karsinogen : Senyawa yang dapat merangsang/ menyebabkan kanker. Sifat merangsang/ menyebabkannya tersebut disebut karsinogenik

Koagulan : Zat penggumpal sistem koloid

Koloid : 1. Zat yang berpencar dalam suatu pelarut sebagai butir-butir yang lebih besar dari molekul, tetapi tidak dapat dilihat dengan mata (harus dengan mikroskop)
2. Zat yang lekat seperti getah atau lem

Korosi : Proses kimia atau elektrokimia yang kompleks yang merusak logam melalui reaksi dengan lingkungannya

Korosif : Bahan-bahan yang menyebabkan pengikisan

Landfilled waste : Limbah yang diklasifikasikan sebagai unsur yang lambat, tetapi limbah tersebut dipersiapkan untuk deposito reaktor biologi dan limbah berbahaya

LCA : *Life Cycle Analysis*
Suatu alat yang bermanfaat untuk menyediakan informasi pada dampak produk, proses, operasi dan pengukuran terhadap lingkungan

Linked product : Yang berhubungan dengan produk
Produk dengan suatu nilai ekonomi yang dapat dibandingkan dengan produk utama tetapi tidak digunakan di dalam LCA

Log pond : Tempat penyimpanan kayu gelondongan (*log*) di darat

Log yard : Tempat penyimpanan kayu gelondongan (*log*) di air

Loss Product : Produk yang terbuang pada saat proses produksi

Main product : Produk Utama
Produk perantara atau produk yang diinginkan untuk LCA

Material : Benda yang dipakai sebagai bahan untuk membuat barang lain

Net B/C : *Net Benefit Cost Ratio*
Angka perbandingan antara jumlah present value dari usaha yang positif dengan jumlah present value yang negatif

NPV : Net Present Value
Paradoks Kelayakan finansial berdasarkan selisih antara jumlah seluruh penerimaan (*benefit*) dengan jumlah seluruh biaya (*cost*) dalam bentuk nilai yang berlaku kini (*present value*)

Nitrifikasi : Oksidasi amonium menjadi nitrit dan nitrat

ODP : *Ozone Depleting Potential*
Perbandingan dari perubahan lapisan ozon dalam keseimbangan yang disebabkan oleh zat dalam yang dipermasalahkan, pengukuran tiap tahun, yang dibagi oleh perubahan lapisan ozon yang dapat disebabkan oleh suatu jumlah padanan dari CFC (*Chloro Flouro Carbon*)

OM : *Organic Material*
Bahan-bahan organik

One Site Reuse : Upaya penggunaan kembali bahan-bahan yang terkandung dalam limbah, baik untuk digunakan kembali pada proses awal atau sebagai material input dalam proses yang lain.

Organic : Zat yang berasal dari mahluk hidup (hewan dan tumbuh-tumbuhan seperti minyak dan batu bara); berhubungan dengan organisme hidup

Output : Hasil proses produksi

Pasteurisasi : Cara pemanasan bahan dengan temperatur 63 - 72°C yang bertujuan untuk menghilangkan patogen/kuman

Pati : Tepung halus dari endapan ubi singkong dsb yang diparut

Payback Period : Suatu jangka waktu untuk mengembalikan jumlah investasi dari usaha yang direncanakan

Pestisida : Zat beracun yang digunakan untuk membunuh hama; obat pembasmi hama

POCP : *Photochemical Ozone Creation Potential*
Zat organik dan nitrogen oksida bereaksi dengan cahaya untuk membentuk *"photo-oxidant"* seperti ozon

Polutant : Sesuatu (zat) yang terdapat dalam suatu benda baik padat, cair atau gas yang menyebabkan benda tersebut menjadi kotor

Preventive : Hal yang bersifat mencegah (supaya jangan terjadi apa-apa)

Purifikasi : Proses pencucian ; pembersihan

Quick Scan : Suatu analisis singkat yang diselenggarakan untuk menentukan proses yang paling utama mengenai aliran arus bahan dan energi dalam suatu industri, dan untuk menilai kualitas dari proses produksi.

Reconditioning : Memulihkan produk ke kondisi primanya melalui penggantian komponen tertentu

Recovery : Upaya-upaya untuk memperbaiki kembali kerusakan lingkungan atau meningkatkan kembali kualitas dan daya dukung lingkungan sehingga dapat berfungsi lebih efektif

Recycle : Memproses kembali limbah sebagai bahan baku kedua (*secondary raw material*) sehingga mengurangi limbah yang dilepaskan atau ditinggalkan pada sistem alam

Reduce : Upaya untuk mengurangi pemakaian bahan baku (menggunakan bahan baku seefisien mungkin). Selain itu bagaimana limbah dapat dikeluarkan sedikit mungkin

Repair : Memperbaiki barang dan alat yang mengalami kerusakan, tidak berfungsi atau kinerjanya kurang

Reuse : Memanfaatkan kembali bahan baku atau produk yang sudah digunakan

RKL : Rencana Pengelolaan Lingkungan
Rencana cara pengelolaaan lingkungan yang diajukan oleh perusahaan sebagai acuan dalam upaya pencegahan dan penanggulangan terhadap kerusakan dan pencemaran lingkungan hidup akibat kegiatan yang dilakukan

RPL : Rencana Pemantauan Lingkungan
Rencana cara pemantauan lingkungan yang diajukan oleh perusahaan sebagai acuan dalam upaya pencegahan dan penanggulangan terhadap kerusakan lingkungan hidup akibat kegiatan yang dilakukan.

Sludge : Lumpur atau materi yang tidak larut yang selalu tampak kehadirannya dalam setiap pengolahan; umumnya tersusun oleh serat-serat organik yang kaya akan selulosa dan di dalamnya terhimpun kehidupan mikroorganisme

Starter : Populasi mikroba dalam jumlah dan kondisi fisiologis yang siap diinokulasikan pada media fermentasi

Suspended solids (SS) : Padatan tersuspensi
Zat padat butiran dan amorf yang melayang dalam air; bila air itu didiamkan cukup lama, zat padat ini akan turun mengendap

Tawas : Garam rangkap sulfat dan alumunium sulfat, yang dipakai untuk menjernihkan air atau campuran bahan celup; $K_2Al_2(SO_4)_4$

TDS : *Total Dissolved Solid*: padatan terlarut total
Jumlah residu (hasil penyaringan) yang masih tersisa setelah penguapan

TSS : *Total Suspended Solid*
Jumlah berat dalam mg/l kering lumpur yang ada di dalam air limbah setelah mengalami penyaringan dengan membran berukuran 0,45 mikron

Toksisitas : Derajat sifat racun atau kandungan zat racun suatu bahan; lazim dinyatakan dalam bobot terkecil bahan itu yang mematikan seekor hewan perkilogram bobot hewan

Waste : Limbah
Hasil sampingan dari proses produksi yang tidak digunakan yang dapat berupa benda padat, cair, gas, debu, suara, getaran, perusakan dan lain-lain yang dapat emnimbulkan pencemaran bilamana tidak dikelola dengan benar.

Whey tahu : Limbah padat dari proses produksi tahu yang diperoleh dari hasil sisa air tahu yang tidak menggumpal

WWTU : *Waste Water Treatment Unit*
Tempat pengolahan limbah cair yang dihasilkan dari suatu proses produksi

Index

Tentang Penulis

Prof. Dr. Ir. Nastiti Siswi Indrasti lahir di Pasuruan tanggal 09 Oktober 1962. Penulis menyelesaikan S1 bidang Teknologi Industri Pertanian pada tahun 1985 di Institut Pertanian Bogor dan pada tahun 1996, penulis mendapatkan gelar Doktor di bidang Teknologi dan Manajemen Limbah Padat di Universitas Bonn, Jerman. Sejak tahun 1987 sampai sekarang penulis berprofesi sebagai dosen di Departemen Teknologi Industri pertanian (TIN) Fakultas Teknologi pertanian, IPB. Selain itu penulis pernah menjabat sebagai kepala laboratorium Teknologi dan Manajemen Lingkungan, Departemen TIN-IPB (2000-2008) dan sekarang menjabat sebagai Ketua Departemen Teknologi Industri Pertanian-IPB.

Dalam karir ilmiahnya, penulis banyak mencurahkan perhatiannya pada pengajaran dan penelitian di bidang ilmu lingkungan, *cleaner production* (produksi bersih), teknologi limbah padat dan B3, teknologi pengomposan, bioremediasi dan manajemen B3. Beberapa artikel ilmiahnya dipresentasikan dalam forum ilmiah nasional dan internasional yang diterbitkan dalam bentuk jurnal.

Dr. Ir. Anas Miftah Fauzi, M.Eng lahir di Magelang tanggal 19 April 1960. Penulis menyelesaikan S1 bidang Teknologi Hasil Pertanian pada tahun 1983 di Institut Pertanian Bogor. Tahun 1990 penulis menyelesaikan S2 bidang Teknologi Fermentasi di Universitas Osaka-Jepang dan tahun 1996 menyelesaikan S3 bidang Bioteknologi Lingkungan di Universitas Kent-Canterbury, Inggris. Saat ini penulis berprofesi sebagai dosen di Departemen Teknologi Industri pertanian (TIN) Fakultas Teknologi pertanian, IPB. Selain itu, sejak tahun 2003 sampai 2007 penulis menjabat sebagai Dekan Fakultas Teknologi Pertanian-IPB dan sekarang menjabat sebagai Wakil Rektor Bidang Riset dan Kerjasama.

Dalam karir ilmiahnya, penulis banyak mencurahkan perhatiannya pada pengajaran dan penelitian di bidang ilmu lingkungan, bioremediasi, penanganan limbah padat dan B3, produksi bersih, bioteknologi lingkungan dan teknologi limbah cair. Beberapa artikel ilmiahnya dipresentasikan dalam forum ilmiah nasional dan internasional yang diterbitkan dalam bentuk jurnal.

Buku Terbaru

Tersedia di Toko Buku Gramedia, Gunung Agung, TogaMas,
Gudang Buku, dan Toko buku terdekat.
Pesan Antar di 0251 - 939 8501

Judul Buku Lainnya

Tersedia di Toko Buku Gramedia, Gunung Agung, TogaMas,
Gudang Buku, dan Toko buku terdekat.
Pesan Antar di 0251 - 939 8501