

## **BAB II**

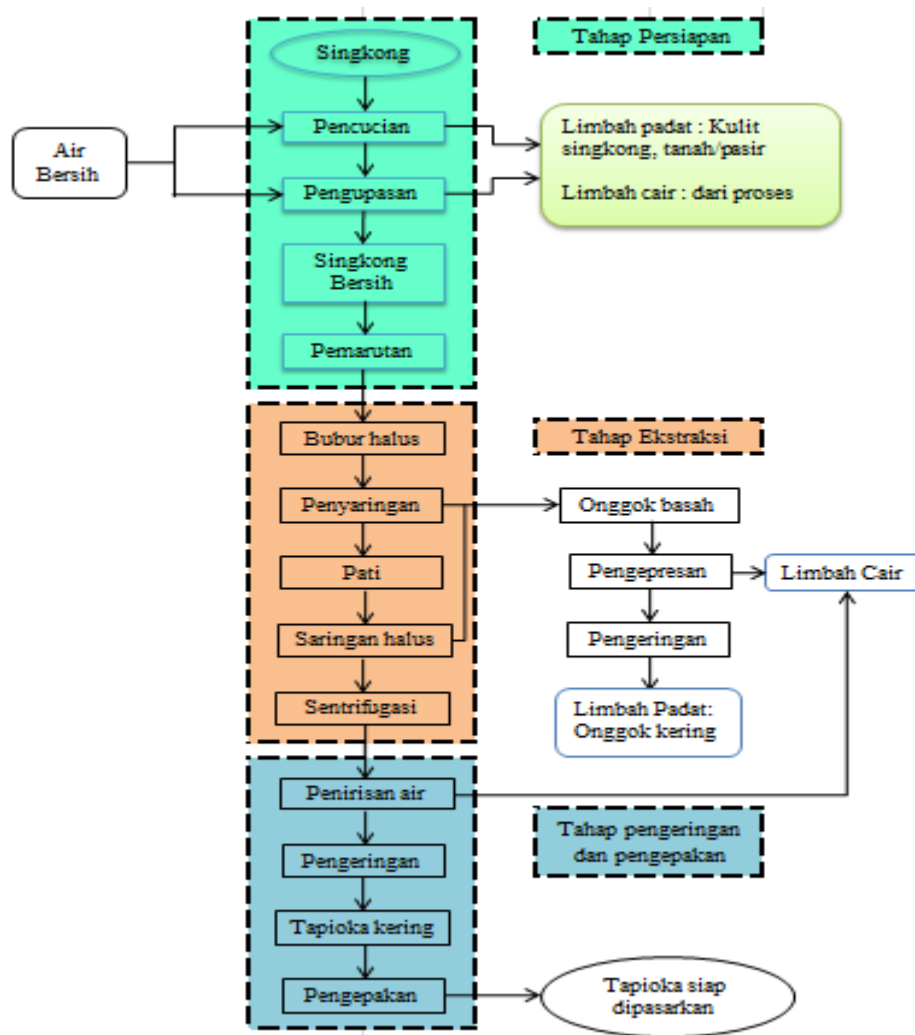
### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Industri Tepung Tapioka**

Singkong mempunyai nilai gizi yang cukup tinggi sebagai sumber karbohidrat, vitamin dan mineral. Kandungan karbohidratnya terutama berupa zat tepung atau pati (*starch*), dimana zat tepung/pati tersebut dapat dihidrolisis menjadi zat gula dan alkohol. Koswara (2009) menyebutkan bahwa beberapa jenis singkong mengandung HCN yang terasa pahit. Berdasarkan hal tersebut, secara lokal singkong dipisahkan menjadi singkong pahit dan singkong manis. Jenis singkong manis biasa digunakan untuk konsumsi sedangkan singkong pahit (kadar HCN > 50 mg/kg bahan basah) biasa digunakan untuk bahan industri seperti gapek, pellet, tapioka dll. Untuk mengurangi kadar HCN pada singkong dapat dilakukan dengan pencucian, perendaman, pengukusan dan fermentasi.

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. Industri tapioka skala menengah adalah industri yang menggunakan teknologi proses dan peralatan yang lebih sederhana dibandingkan industri skala besar serta mempunyai kemampuan produksi 20-200 ton bahan baku per hari. Industri tapioka 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).

Dilihat dari proses pengolahan, industri tapioka digolongkan dalam dua kelompok. Kelompok pertama industri kecil menggunakan mesin-mesin sederhana dengan kapasitas produksi rendah, modal kecil dan lebih banyak menggunakan tenaga kerja, dan kelompok kedua merupakan industri besar yang menggunakan mesin-mesin dengan kapasitas produksi besar, modal kuat dan tenaga kerja sedikit.



Gambar 2.1. Skema proses produksi tepung tapioka (Suroso,2011)

Skema umum proses pembuatan tepung tapioka ditampilkan pada gambar

2.1 Urutan proses pengolahannya adalah sebagai berikut :

1. Proses pengupasan dan pencucian singkong

Singkong yang siap proses terlebih dulu dikupas kulitnya kemudian dicuci untuk menghilangkan getah/lendir di bawah kulit singkong. Proses pencucian dilakukan dalam bak dan proses pencucian yang baik dengan kondisi air selalu mengalir dengan demikian air harus selalu diganti.

2. Proses pamarutan singkong

Setelah dicuci hingga bersih maka singkong kemudian dimasukkan ke dalam mesin pamarut untuk dipotong dan diparut sehingga menjadi bubur singkong. Mesin pamarut harus selalu dicuci dengan air. Air ini akan

mengalirkan bubur ke dalam suatu bak yang berfungsi untuk mengkocok bubur singkong. Dari bak pengocokan, bubur singkong kemudian dimasukkan ke alat penyaring.

### 3. Proses penyaringan dan pemerasan bubur singkong

Proses penyaringan dan pemerasan dilakukan dengan mesin (saringan getar). Bubur dimasukkan dalam alat dan harus selalu disiram air. Air dari proses penyaringan ditapis dengan kain tipis yang dibawahnya disediakan wadah untuk menampung aliran air tersebut. Diatas saringan ampas tertahan sementara air yang mengandung pati ditampung dalam wadah pengendapan.

### 4. Proses pengendapan

Proses pengendapan bertujuan untuk memisahkan pati murni dari zat pengotor lainnya. Pada proses pengendapan ini akan terdapat butiran pati termasuk protein, lemak, dan komponen lain yang stabil dan kompleks. Butiran pati yang akan diperoleh berukuran sekitar 4-24 mikron (1 mikron = 0,001 mm). Butiran pati harus segera diendapkan, kecepatan pengendapan sangat ditentukan oleh besarnya butiran pati, keasaman air rendaman dan jumlah kandungan proteinnya. Proses pengendapan umumnya berlangsung selama 24 jam dan akan menghasilkan endapan dengan ketebalan 30 cm.

### 5. Proses pengeringan

Endapan pati yang terbentuk dari proses sebelumnya memiliki kandungan air sekitar 40% sehingga harus dikeringkan. Proses pengeringan bertujuan untuk mengurangi kandungan air dalam tepung tapioka. Proses pengeringan bisa menggunakan sinar matahari atau alat pengering buatan. Tepung tapioka hasil proses pengeringan akan memiliki kandungan air sekitar 15%. Dalam proses pengeringan dengan alat pengering buatan harus memperhatikan temperatur proses. Temperatur proses pengeringan tidak boleh melewati 80°C. Pati hasil pengeringan kemudian dihancurkan dan disaring sebelum dimasukkan ke ruangan penyimpanan untuk pengemasan tepung tapioka yang selanjutnya siap dipasarkan.

## 2.2 Limbah Industri Tepung Tapioka

Menurut Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, limbah adalah sisa suatu usaha dan/atau kegiatan. Menurut ILO (2013), limbah lingkungan termasuk :

- a. Energi, air, atau bahan baku yang dikonsumsi secara berlebihan dari yang dibutuhkan untuk memenuhi kebutuhan pelanggan.
- b. Polutan dan limbah material yang dilepaskan ke lingkungan seperti emisi udara, pembuangan air limbah, limbah berbahaya dan limbah padat.
- c. Zat berbahaya yang mempengaruhi kesehatan manusia atau lingkungan hidup pada saat digunakan dalam produksi atau terkandung dalam produk.

Limbah cair industri tapioka merupakan salah satu sumber pencemaran lingkungan. Berdasarkan penelitian Chavalparit dan Ongwandee (2009) di Thailand, perkembangan industri tapioka berdampak pada tingginya pencemaran air karena limbah cair dalam jumlah besar dengan kandungan bahan organik yang tinggi. Limbah cair proses produksi tepung tapioka kaya akan bahan organik seperti pati, serat, protein, gula dan sebagainya. Komponen limbah ini merupakan bagian sisa pati yang tidak terekstraksi serta komponen selain pati yang terlarut dalam air. Hal tersebut, dikarenakan tepung tapioka adalah komponen pati yang hampir murni.

Limbah dari industri tepung tapioka dapat dibedakan menjadi 2 yaitu limbah cair dan limbah padat. Limbah cair industri tapioka berasal dari proses pencucian bahan baku, penyaringan bubur singkong (ekstraksi) dan pengendapan pati. Kualitas limbah cair industri tapioka dapat ditentukan dengan beberapa parameter uji yaitu : BOD, COD, padatan terlarut, padatan tersuspensi, sianida, dan pH serta beberapa parameter yang sangat sensitif dipandang dan segi visual seperti warna dan kekeruhan. Limbah cair tapioka akan mengakibatkan peningkatan konsentrasi BOD, COD, dan padatan terlarut, menurunkan pH. Limbah cair tepung tapioka juga mengandung mikroorganisme seperti bakteri dan jamur karena limbah tapioka yang belum diolah masih mengandung selulosa.

Berdasarkan hasil studi dari Tanticharoen dan Bhumiratanatries (1995), rata-rata limbah cair yang dihasilkan dari industri tepung tapioka adalah 20 m<sup>3</sup>

untuk setiap ton tepung yang dihasilkan. Hien, dkk (1999), melaporkan bahwa perkiraan limbah cair tapioka yang dihasilkan di Vietnam adalah 12 m<sup>3</sup> dan limbah padat 3 ton per ton tepung tapioka yang dihasilkan dengan karakteristik limbah cair adalah 11.000 – 13.500 mg COD/L, 4.200-7.600 mg SS/L dan pH 4,5-5,0.

Menurut Retnani (1999), limbah cair industri kecil tepung tapioka mencapai 22 m<sup>3</sup> per ton singkong dengan karakteristik BOD 5.055,82 ppm, COD 16.202,30 ppm, kadar sianida 0,1265 ppm dan pH 5,50. Menurut Dirjen IKM (2007), limbah cair industri tepung tapioka tradisional mencapai 14-18 m<sup>3</sup> per ton singkong dengan karakteristik total padatan tersuspensi (TSS) 1.000-10.000 mg/L dan bahan organik 1.500-5.300 mg/L namun dengan teknologi yang lebih baik limbah cair dapat dikurangi menjadi 8 m<sup>3</sup> per ton singkong.

Limbah padat industri tapioka berupa meniran kulit singkong (potongan singkong dan kulit singkong), ampas atau onggok, dan lindur. Limbah meniran kulit singkong bersumber dari proses pengupasan kulit singkong. Limbah meniran terdiri dari 80-90% kulit dan 10-20% potongan singkong atau bonggol. Persentase jumlah limbah kulit singkong bagian luar dan limbah kulit singkong bagian dalam dari berat total singkong adalah masing masing 0.5-2% dan 8-15%.

Onggok adalah limbah industri tepung tapioka yang dihasilkan dari proses pemerasan dan penyaringan. Banyaknya jumlah onggok yang dihasilkan dipengaruhi oleh varietas singkong, umur singkong dan kasar halusnya parutan yang digunakan. Jenis singkong yang bermutu baik adalah yang menghasilkan pati dengan rendemen tinggi. Pada musim hujan, banyak industri tepung tapioka yang membuang onggok bersama dengan limbah cairnya sehingga air menjadi keruh dan pekat. Hal ini, sangat mengganggu kesehatan dan bahkan dapat membunuh biota air.

## 2.3 Produksi Bersih

### 2.3.1. Pengertian Produksi Bersih

Istilah produksi bersih diterjemahkan dari *Cleaner Production*, yang secara kaidah bahasa berarti produksi yang lebih bersih. Konsep produksi bersih yang diperkenalkan UNEP pada tahun 1990 telah dituangkan dalam UU RI No. 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan serta juga tercantum dalam dokumen ISO 14001 butir 3.13.

Produksi bersih menurut UNEP (*United Nations Environmental Programs*) adalah strategi pencegahan dampak lingkungan terpadu yang diterapkan secara terus menerus pada proses, produk, jasa untuk meningkatkan efisiensi secara keseluruhan dan mengurangi risiko terhadap manusia dan lingkungan (UNIDO, 2002). Produksi bersih menurut Kementerian Lingkungan Hidup, didefinisikan sebagai strategi pengelolaan lingkungan yang bersifat preventif, terpadu dan diterapkan secara terus menerus pada setiap kegiatan mulai dari hulu ke hilir yang terkait dengan proses produksi, produk dan jasa untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumberdaya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimisasi risiko terhadap kesehatan manusia serta kerusakan lingkungan (KLH,2003).

Kata kunci mengenai produksi bersih yaitu pencegahan pencemaran, peningkatan efisiensi serta minimisasi risiko. Pada proses industri, produksi bersih berarti meningkatkan efisiensi pemakaian bahan baku, energi, mengurangi atau mengganti penggunaan bahan berbahaya dan beracun, serta mengurangi jumlah dan tingkat racun semua emisi dan limbah sebelum meninggalkan proses. Produksi bersih dapat dibayangkan dalam tiga bagian utama :

1. **Pencegahan dan minimisasi** – menghindari produksi limbah dan memastikan penggunaan sumberdaya secara efisien.
2. **Pemakaian ulang dan daur ulang** – pemulihan bahan dan limbah untuk penggunaan produktif.
3. **Energi bersih dan efisien** – memaksimalkan produktivitas input energi dan meminimalkan polusi.

### 2.3.2. Prinsip-Prinsip Strategi Produksi Bersih

*International Institute for Sustainable Development* mendefinisikan 4 prinsip awal dalam pelaksanaan produksi bersih :

1. Prinsip kehati-hatian: kegiatan yang berpotensi menimbulkan pencemaran harus dilaksanakan dengan hati-hati
2. Prinsip pencegahan: pencegahan polusi pada sumbernya lebih baik daripada mengatasi pencemaran yang telah terjadi
3. Kontrol demokrasi: semua elemen termasuk pekerja, konsumen dan semua stakeholder harus peduli dan memiliki akses terhadap pencegahan pencemaran
4. Pelaksanaan program yang *holistic* dan terpadu: pelaksanaan produksi bersih harus dilakukan secara *holistic* dan terpadu yang meliputi material, energi maupun aliran air pada semua tingkatan daur hidup produk.

Prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih versi Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan menggunakan strategi 5R (*Re-think, Re-use, Reduction, Recovery and Recycle*). Menurut Purwanto (2013), pendekatan pencegahan pencemaran dilakukan melalui penerapan strategi 1E4R (*Elimination, Reduce, Reuse, Recycle, Recovery*). Prinsip-prinsip tersebut dijelaskan sebagai berikut :

1. **Elimination** (pencegahan) adalah upaya untuk mencegah timbulnya limbah langsung pada sumbernya. Upaya ini dimulai dari tahap perencanaan, bahan baku, proses produksi sampai pada produk jadi.
2. **Re-think** (berpikir ulang) adalah suatu konsep pemikiran yang harus dimiliki pada saat awal proses akan beroperasi, dengan implikasi :
  - a. Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi, diterapkan pada proses maupun produk yang dihasilkan sehingga analisis daur hidup produk harus dipahami.
  - b. Upaya produksi bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa perubahan pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak yang terkait.

3. **Reduce** (pengurangan) adalah upaya untuk menurunkan atau mengurangi timbulan limbah pada sumbernya.
4. **Re-use** (penggunaan kembali) adalah upaya yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa perlakuan fisika, kimia dan biologi.
5. **Recycle** (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memprosesnya kembali ke proses semula melalui pengolahan secara kimia, fisika dan biologi
6. **Recovery** (ambil ulang) adalah usaha mengambil kembali bahan-bahan yang masih mempunyai nilai ekonomis tinggi dari suatu limbah kemudian dikembalikan kedalam proses produksi dengan atau tanpa pengolahan kimia, fisika dan biologi.

Meskipun prinsip produksi bersih dilakukan dengan strategi 5R, namun strategi utamanya adalah penerapan aspek pencegahan dan pengurangan. Apabila strategi ini masih menimbulkan pencemar atau limbah maka langkah selanjutnya adalah dengan strategi menggunakan kembali dan mendaur ulang.

### **2.3.3. Tindakan Produksi Bersih**

Menurut Purwanto (2009), secara umum tindakan produksi bersih meliputi tata kelola yang baik (*good housekeeping*), perbaikan prosedur kerja, penggantian bahan baku, perbaikan proses dan teknologi, penggantian teknologi dan penyesuaian spesifikasi produk. Tindakan produksi bersih dan contoh kegiatan di industri adalah sebagai berikut :

1. Tata kelola yang baik (*Good Housekeeping*)

Tata kelola yang baik (*good housekeeping*) yaitu perubahan tata kelola yang mencakup tindakan prosedural, administratif maupun institusional dengan tujuan mencegah timbulan limbah. Tata kelola yang baik dapat dilakukan dengan berbagai kegiatan, antara lain pengembangan sumberdaya manusia, pencegahan kehilangan bahan, perbaikan tata cara penanganan dan pengendalian penyediaan bahan, perbaikan jadwal produksi serta pemisahan limbah menurut jenisnya.

Penelitian Kumalasari, et al (2015), menyatakan bahwa dengan melakukan tata kelola yang baik pada industri kerupuk skala kecil



dengan meningkatkan kepedulian karyawan pada proses produksi serta membersihkan kotoran pada alat produksi sebelum dicuci dapat mengurangi penggunaan air sebesar 22,04% serta mengurangi kandungan COD dan BOD dalam air limbah hingga 84%. Berdasarkan penelitian Rahim & Raman (2015), dengan menaikkan temperatur ruangan dari 16°C menjadi 20°C akan menghemat 40% konsumsi listrik dari *Air Conditioner*, penerapan FEFO (*First Expired First Out*) akan mengurangi limbah karena kadaluarsa bahan serta pemberlakuan segregasi limbah berdasarkan jenisnya akan mempermudah peluang penggunaan kembali atau daur ulang.

## 2. Perbaikan prosedur operasi

Perbaikan prosedur operasi dilakukan dengan melakukan modifikasi atau perubahan prosedur dalam proses operasi menjadi lebih efisien dan ramah lingkungan. Penelitian Arija (2016) menyebutkan bahwa perbaikan prosedur operasi pada proses produksi manisan carica tahap penyaringan hasil rebusan sirup dengan menggunakan wadah penampung yang lebih besar dapat mengurangi ceceran sirup sebesar 4 liter per hari atau menambah pendapatan sebesar Rp. 600.000 per bulan.

## 3. Penggantian bahan baku

Penggantian bahan baku dilakukan dengan mengganti bahan baku yang bersifat berbahaya dan beracun dengan bahan baku yang lebih ramah terhadap lingkungan dan kurang menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan atau dengan bahan baku yang mempunyai umur pakai lebih panjang. Menurut Navarro, et al (2016), mengganti desain kemasan dari botol gelas dengan berat 10% lebih ringan dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 4% sedangkan dengan mengganti dengan botol gelas 30% lebih ringan dapat mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 11%. Penelitian dari Amienyo, et al (2014), penggantian kemasan botol wine dari botol gelas menjadi kemasan karton berhasil mengurangi emisi gas CO<sub>2</sub> sebesar 51% dari yang semula 1,25 kg CO<sub>2</sub> eq per botol menjadi hanya 0,62 kg CO<sub>2</sub> per botol.

#### 4. Perbaikan proses dan modifikasi teknologi

Perbaikan proses dilakukan dengan melakukan perubahan lay out pabrik, otomatisasi alat, perbaikan kondisi operasi, pengendalian proses yang baik, perbaikan proses, dan modifikasi peralatan. Berdasarkan penelitian Prabowo (2015), salah satu usaha perbaikan proses adalah dengan memperpanjang masa pakai air proses untuk pencucian singkong dapat menghemat air 1.500 liter per bulan serta melakukan modifikasi peralatan dengan memasang pipa pengisian air pada bak pencucian singkong dapat menghemat air 150 liter per bulan.

#### 5. Penggantian teknologi

Melakukan penggantian teknologi dengan teknologi baru yang lebih efisien dapat mengurangi pemakaian bahan dan energi serta mengurangi timbulan limbah. Berdasarkan penelitian Chavalparit & Ongwande (2009) di Thailand, penggantian teknologi alat pemisahan serat dan bubuk pati dari *conical screen extractor* menjadi *vertical sreen extractor* berhasil mengurangi kehilangan pati 2,5 kg per ton tapioka, konsumsi air 2 m<sup>3</sup> per ton tapioka serta konsumsi listrik 18 MJ per ton tapioka.

#### 6. Penyesuaian spesifikasi produk

Penyesuaian spesifikasi produk dilakukan dengan merancang produk yang mempunyai dampak lingkungan lebih rendah dan mempunyai umur produk yang lebih panjang.

Penerapan produksi bersih memiliki banyak keuntungan yang diperoleh, antara lain:

1. Penggunaan sumberdaya alam dan energi secara lebih efektif dan efisien.
2. Mengurangi atau mencegah terbentuknya bahan pencemar atau limbah.
3. Mencegah berpindahnya pencemar dari satu media ke media lingkungan lainnya.
4. Mengurangi terjadinya risiko terhadap kesehatan manusia dan lingkungan.
5. Meningkatkan usaha kebersihan (*good housekeeping*) dan efisiensi.

6. Perubahan dalam proses untuk mereduksi emisi dan limbah.
7. Penggunaan kembali dan daur ulang dalam proses.
8. Memformulasikan dan mendesain kembali produk.
9. Mensubstitusi atau mengurangi penggunaan bahan kimia yang mengandung B3.
10. Perubahan sikap dan perilaku dalam manajemen pengelolaan lingkungan.

Beberapa kendala yang dihadapi dalam penerapan produksi bersih pada suatu industri, antara lain:

1. Kendala ekonomi

Kendala ekonomi muncul jika kalangan industri tidak merasakan keuntungan dalam penerapan produksi bersih. Sekecil apapun penerapan konsep produksi bersih, jika tidak memberikan keuntungan finansial bagi perusahaan maka sulit bagi manajemen untuk membuat keputusan tentang penerapan produksi bersih. Contoh hambatan :

- Biaya tambahan peralatan.
- Besarnya modal atau investasi dibandingkan dengan 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 top manajemen
- 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

#### **2.3.4. Penerapan Produksi Bersih di Industri**

Penerapan produksi bersih sudah dilakukan pada berbagai industri termasuk juga industri tapioka. Chavalparit & Ongwandee (2009) menjelaskan bahwa penerapan produksi bersih pada industri tapioka di Thailand dapat mengurangi biaya produksi yaitu dengan mengurangi penggunaan air 5 m<sup>3</sup> per ton tapioka dari pemanfaatan daur ulang air proses, mengurangi kehilangan pati 2,5 kg per ton tapioka yang dihasilkan dengan melakukan penggantian teknologi serta mengurangi biaya dari konsumsi energi sebesar 181.000 bath per tahun dengan mengganti lampu dari 80 set *incandescent light bulbs* dengan 2 x36 W *fluorescent lamp*.

Penerapan produksi bersih pada industri tapioka juga diteliti oleh Suroso (2011) yang menyatakan bahwa dengan melakukan penggunaan kembali air proses di industri tapioka dapat memberikan penghematan konsumsi air sebesar 27% dari total air bersih yang digunakan serta air limbah industri tapioka dapat dimanfaatkan sebagai energi terbarukan dalam bentuk biogas dengan sistem CIGAR.

Penerapan produksi bersih pada industri adalah salah satu upaya untuk mewujudkan industri yang berwawasan lingkungan. Ketika sebuah industri menerapkan produksi bersih maka semua stakeholder yang terlibat harus memiliki komitmen untuk melakukan perubahan. Tahapan penerapan produksi bersih di industri meliputi: perencanaan dan organisasi, kajian produksi bersih, penentuan prioritas dan analisis kelayakan, implementasi, monitoring dan evaluasi, dilanjutkan dengan keberlanjutan.

##### **1. Perencanaan dan Organisasi**

Perencanaan dan organisasi merupakan tahapan penting dalam penerapan produksi bersih karena pada tahap ini memerlukan komitmen dan dukungan dari pihak manajemen dalam upaya penerapan produksi bersih. Pada tahap ini, industri menyiapkan perencanaan, visi, misi, dan strategi produksi

bersih. Sasaran peluang produksi bersih dikaitkan dengan bisnis dan adanya komitmen dari manajemen puncak. Pihak industri juga melakukan identifikasi hambatan dan penyelesaiannya, identifikasi sumber daya luar yang menyediakan informasi dan ahli produksi bersih. Program yang akan dijalankan dikomunikasikan ke semua karyawan dilanjutkan dengan membentuk tim yang menangani produksi bersih.

## **2. Kajian Produksi Bersih**

Kajian peluang produksi bersih dilaksanakan dalam dua tahapan, yaitu kajian awal dan kajian rinci. Kajian awal dilaksanakan untuk memberikan gambaran mengenai penerapan produksi bersih di suatu perusahaan dengan mengumpulkan dan mengembangkan beberapa informasi dasar. Informasi ini digunakan sebagai bahan pada kajian rinci dan evaluasi kelayakan. Kajian awal menggunakan diagram alir proses dan peninjauan lapangan. Diagram alir proses merupakan salah satu metode terbaik untuk memperoleh informasi pada setiap langkah proses meliputi semua input (bahan baku, bahan penolong, air, listrik) dan output (produk, produk samping, limbah). Kajian menggunakan diagram alir proses akan memberikan informasi mengenai bahan baku, air, energi dan timbulan limbah serta emisi pada setiap langkah proses.

Peninjauan lapangan dilakukan dengan mengamati setiap langkah proses untuk mengidentifikasi timbulan limbah, pemborosan dan menentukan peluang perbaikan. Pengamatan langsung pada industri dapat mencermati pengelolaan pabrik, melihat kondisi tata letak pabrik, menemukan sumber kebocoran, ceceran bahan, dan melihat tata letak peralatan yang kurang efisien.

Kajian awal dapat dilengkapi dengan daftar periksa tentang masalah-masalah yang ada pada gudang, proses, kerumahtanggaan, staf, limbah, pemasaran, dan lingkungan secara umum. Hasil kajian awal meliputi analisis diagram, peninjauan lapangan dan daftar periksa merupakan masukan untuk menentukan peluang produksi bersih dengan membuat kesimpulan awal sebagai berikut :

- Identifikasi timbulan limbah pada setiap langkah proses
- Prioritaskan pada limbah yang mempunyai nilai tinggi, bersifat racun atau bervolume besar.
- Kembangkan ide untuk mencegah atau mengurangi timbulan limbah dan meningkatkan efisiensi dan produktivitas.
- Informasi mengenai peluang penerapan ditindaklanjuti dalam kajian rinci.

Kajian rinci digunakan untuk mengevaluasi kinerja lingkungan, efisiensi pemakaian bahan dan timbulan limbah. Kajian rinci memerlukan data secara kualitatif dan akurat sehingga dapat menentukan peluang produksi bersih dengan tepat. Pada kajian ini diperlukan pula informasi mengenai perusahaan, informasi peraturan perundangan dan standar lingkungan, neraca massa dan energi serta struktur biaya produksi.

Langkah kajian rinci meliputi :

a. Pengumpulan informasi umum perusahaan

Pengumpulan informasi perusahaan meliputi data kapasitas produksi, kebutuhan bahan baku dan bahan pembantu, kebutuhan air dan energi serta jumlah karyawan yang terlibat dalam proses produksi.

b. Neraca massa dan energi

Neraca massa dan energi dihitung berdasarkan input dan output dari setiap tahapan proses produksi. Data neraca massa dan energi meliputi konsumsi bahan baku dan pembantu, air dan energi dan jumlah produk serta limbah dan NPO yang dihasilkan. Perhitungan neraca massa dan energi dihitung selama satu tahun. Menurut GTZ-ProLH (2009), perhitungan NPO lebih sulit dianalisis karena :

- Terdapat produk antara yang berasal dari satu proses produksi dan merupakan masukan pada proses selanjutnya dan berakhir dalam produk akhir yang dikehendaki.
- Terdapat NPO seperti buangan, limbah padat, air limbah, bahan yang terkandung di air limbah, panas dan emisiss dari tiap proses produksi yang tidak berakhir pada produk akhir.

c. Perhitungan biaya produksi dan limbah

Perhitungan biaya produksi dan limbah diperoleh dari perhitungan neraca massa dan energi serta informasi harga bahan baku, bahan pembantu, air dan energi kemudian diperoleh biaya produksi dan biaya limbah per satuan berat produk. Berdasarkan hasil perhitungan biaya produksi dan limbah yang dihasilkan maka dapat diketahui pada tahapan proses produksi yang mana yang memberikan kontribusi biaya paling tinggi dan signifikan.

d. Identifikasi penyebab timbulan limbah dan keluaran bukan produk

Identifikasi penyebab timbulan limbah dan keluaran bukan produk di dalam proses produksi dapat dicari dengan menggambarannya dalam peta pikiran atau yang biasa disebut dengan metode *mind mapping*. Penyebab timbulan limbah dan keluaran bukan produk dapat berupa kerusakan bahan saat dalam tahap penyimpanan, bahan yang kadaluarsa karena stok yang berlebihan, kebocoran atau tumpahan bahan di penyimpanan maupun dalam proses produksi, pengendalian proses yang kurang baik, prosedur operasi yang tidak dilaksanakan dengan baik, kerusakan alat karena perawatan yang kurang baik, dan kurangnya pengetahuan atau kesadaran dari pekerja.

e. Penentuan peluang produksi bersih

Apabila sumber penyebab timbulan limbah dan keluaran bukan produk sudah diketahui maka langkah selanjutnya adalah mencari beberapa alternatif upaya perbaikan untuk mengurangi timbulan limbah dan keluaran bukan produk. Alternatif peluang produksi bersih berdasarkan prinsip produksi bersih yaitu pencegahan, pengurangan, penggunaan kembali, daur ulang, dan pemungutan kembali serta dilakukan dalam tindakan bersih yang meliputi tata kelola yang baik (*good housekeeping*), perbaikan prosedur kerja, penggantian bahan baku, modifikasi teknologi dan proses, penggantian teknologi dan penyesuaian spesifikasi produk.

### **3. Analisis Kelayakan**

Berbagai alternatif peluang penerapan produksi bersih yang sudah ditemukan kemudian dilanjutkan untuk dilakukan analisis kelayakan. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan alternatif penerapan produksi bersih yang bisa diterapkan dengan benefit yang paling tinggi. Analisis kelayakan tersebut meliputi analisis kelayakan lingkungan, kelayakan teknis, dan kelayakan ekonomi.

Analisis kelayakan lingkungan terkait dengan alternatif penerapan produksi bersih tersebut dapat memberikan dampak terhadap lingkungan seperti keberhasilan dalam hal mengurangi limbah baik secara kuantitas maupun jenis limbah serta keberhasilan dalam mengurangi emisi gas rumah kaca.

Analisis kelayakan teknis berhubungan dengan kemampuan industri dalam penerapan alternatif produksi bersih yang meliputi beberapa hal seperti kesesuaian dengan proses yang ada saat ini, dapat memertahankan kualitas produk atau bahkan menaikkan kualitas produk, alternatif penerapan tersebut aman dan dapat dipahami oleh tenaga kerja.

Analisis kelayakan ekonomi terkait dengan biaya investasi yang harus dilakukan untuk menerapkan alternatif perbaikan produksi bersih dan penghematan yang diperoleh serta waktu pengembalian modal (*pay-back period*) dari investasi tersebut. Biaya investasi alternatif produksi bersih terbagi menjadi tiga yaitu, tanpa biaya, dengan biaya investasi rendah dan dengan biaya investasi tinggi. Penentuan kategori biaya investasi tergantung pada kemampuan masing-masing industri.

### **4. Implementasi**

Implementasi alternatif peluang produksi bersih meliputi penyediaan dukungan pembiayaan, kesiapan tim pelaksana yang melibatkan karyawan sebagai bagian dari pekerjaan rutinnnya, pembuatan jadwal pelaksanaan, sistem monitoring dan pengukuran keberhasilan. Untuk mengetahui sejauh mana implementasi produksi bersih, evaluasi dilakukan dengan sasaran yang meliputi efisiensi, produktivitas, pengurangan timbulan limbah dan peningkatan kesehatan dan keselamatan kerja.



## 5. Monitoring dan Evaluasi

Berdasarkan indikator kinerja kunci, kemudian dilakukan monitoring pencapaian alternatif penerapan produksi bersih secara berkala. Evaluasi terhadap pencapaian alternatif perbaikan yang telah dilakukan dibandingkan dengan target yang diinginkan. Jika target tidak tercapai maka perlu dilakukan identifikasi masalahnya dan cara penyelesaiannya.

### 2.4 Keluaran Bukan Produk atau *Non Product Output* (NPO)

Keluaran bukan produk didefinisikan sebagai seluruh materi, energi, dan air yang digunakan dalam proses produksi namun tidak terkandung dalam produk akhir (GTZ-ProLH, 2009). Biaya keluaran bukan produk adalah hasil penjumlahan semua biaya KBP yang muncul selama proses produksi, yang meliputi biaya KBP dari input, biaya KBP dari proses produksi dan biaya KBP dari output. Secara umum, total biaya KBP berkisar antara 10-30% dari total biaya produksi. Bentuk keluaran bukan produk diidentifikasi sebagai berikut :

- a. Bahan baku yang kurang berkualitas
- b. Barang jadi yang ditolak atau diluar spesifikasi produk yang ditentukan
- c. Pemrosesan kembali (Reprocess)
- d. Limbah padat (B3 maupun non B3)
- e. Limbah cair (keseluruhan air yang tidak terkandung dalam produk akhir)
- f. Energi yang tidak terkandung dalam produk akhir
- g. Emisi (termasuk kebisingan dan bau)
- h. Kehilangan dalam penyimpanan
- i. Kerugian pada saat penanganan dan transportasi
- j. Pengemasan barang
- k. Klaim dari pelanggan dan *trade return*.
- l. Kerugian karena kurangnya perawatan
- m. Kerugian karena permasalahan kesehatan dan lingkungan.

Untuk mengetahui keseluruhan biaya keluaran bukan produk pada setiap tahap proses produksi maka digunakan neraca massa. Prinsip perhitungan neraca massa yaitu input yang masuk = keluaran produk + keluaran bukan produk. Dalam

perhitungan keluaran bukan produk ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yaitu :

1. Lebih baik perhitungan kasar yang benar daripada terlalu teliti namun salah.
2. Memikirkan apa yang akan direduksi bila keluaran bukan produk dikurangi.
3. Ada kemungkinan yang berbeda dalam mengalokasikan biaya keluaran bukan produk.
4. Hindari terjadinya penghitungan ganda.
5. Tidak perlu berlebihan dalam memperhitungkan penghematan.

## 2.5 Emisi Gas Rumah Kaca

Gas rumah kaca adalah gas yang terkandung dalam atmosfer, baik alami maupun antropogenik yang menyerap dan memancarkan kembali radiasi inframerah (Perpres No.71 tahun 2011). Berdasarkan Perpres No. 71 tahun 2011, ada 6 jenis gas yang digolongkan sebagai Gas Rumah Kaca, yaitu : Karbondioksida (CO<sub>2</sub>), Dinitro Oksida (N<sub>2</sub>O), Sulfur heksafluorida (SF<sub>6</sub>), Perfluorokarbon (PFCs), dan Hidroflorocarbon (HFCs). Emisi Gas Rumah Kaca adalah terlepasnya gas rumah kaca ke atmosfer pada suatu area tertentu dalam jangka waktu tertentu (Perpres No.71 tahun 2011).

Berdasarkan *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) yaitu sebuah panel antar pemerintahan dunia untuk masalah perubahan iklim disebutkan bahwa terdapat enam jenis gas yang digolongkan sebagai GRK dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2.1. Jenis-jenis gas rumah kaca, sumbernya dan potensi pemanasan global

Jenis GRK		Sumber Utama	Potensi Pemanasan Global
Karbondioksida	CO <sub>2</sub>	Pembakaran Bahan Bakar Fosil	1
Metana	CH <sub>4</sub>	Dekomposisi sampah, sistem gas alam, fermentasi	21
Dinitro Oksida	N <sub>2</sub> O	Tanah pertanian, pembakaran bahan bakar fosil	296

Hidroflouorkarbon HFCs	Emisi dari bahan pengganti perusak ozon dan emisi HFC-23 dalam masa produksi HFC-22.	140-11.700
Perfluorokarbon PEC <sub>8</sub>	Transmisi kelistrikan dan distribusi listrik	6.500-9.200
Sulfur Heksafluorida SF <sub>6</sub>	Semi konduktor, produk sampingan dari aluminium.	22.200

Sumber : EPA dan IPCC

Perhitungan emisi berdasarkan sumbernya terbagi menjadi tiga yaitu :

#### 1. Perhitungan emisi primer

Emisi primer adalah emisi yang dihasilkan dari konsumsi energi secara langsung seperti pemakaian bahan bakar fosil. Perhitungan emisi dari konsumsi bahan bakar adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum A_i \times \text{EF}_i$$

Keterangan :

$\sum A_i$  = Konsumsi bahan bakar fosil (KI)

$\text{EF}_i$  = Faktor emisi bahan bakar fosil

#### 2. Perhitungan emisi sekunder

Emisi sekunder adalah emisi yang dihasilkan dari konsumsi energi secara tidak langsung seperti penggunaan listrik. Perhitungan emisi dari penggunaan listrik adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 = \sum A_i \times \text{EF}_i$$

Keterangan :

$\sum A_i$  = Konsumsi listrik (KWh)

$\text{EF}_i$  = Faktor emisi listrik (0.854 kg CO<sub>2</sub>/KWh berdasarkan data RUPTL PLN tahun 2016-2025)

Sedangkan perhitungan konsumsi energi listrik dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{KWh} = \frac{\text{Daya Peralatan (watt)} \times \text{Lama Pemakaian Dalam 1 Bulan (jam)}}{1000}$$

### 3. Perhitungan emisi lain-lain

Emisi gas rumah kaca juga berasal dari selain penggunaan energi misalnya gas rumah kaca yang dihasilkan limbah cair. Emisi gas rumah kaca jenis ini tergolong emisi yang tidak langsung karena emisi yang dihasilkan tidak langsung dari sumbernya tetapi memerlukan proses terlebih dahulu. Pada limbah cair, proses degradasi biokimia limbah cair yang dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca, yaitu CH<sub>4</sub> (metana) dan N<sub>2</sub>O (dinitrogen oksida) (IPCC, 2006).

Dalam menentukan emisi gas rumah kaca dari limbah cair, pengambilan sampelnya dilakukan dengan mengambil sampel air yang berasal dari saluran pipa buangan yang berada di rumah (*point source*) kemudian diukur nilai COD nya. Rumus perhitungan emisi CO<sub>2</sub> berdasarkan data COD adalah sebagai berikut :

$$\text{Emisi CO}_2 \text{ limbah cair} = \sum Q_i \times \text{COD} \times \text{BO} \times \text{MFC} \times \text{GWP CH}_4$$

Keterangan :

$\sum Q_i$  = Kuantitas Limbah Cair (m<sup>3</sup>)

COD = Konsentrasi COD

BO = Bangkitan Metana (0,25 kg CH<sub>4</sub>/kg COD, IPCC 2006)

MFC = Faktor Koreksi Metana (untuk industri kecil = 0,8, IPCC 2006)

GWP CH<sub>4</sub> = Potensi Pemanasan Global (21, IPCC 2006)

Berdasarkan penelitian Phairat dan Harnpon (2015) di Thailand utara, menjelaskan bahwa rata-rata emisi gas karbondioksida yang dihasilkan dalam proses produksi tepung tapioka adalah 594 Kg CO<sub>2</sub>e untuk setiap ton tepung yang diproduksi. Menurut penelitian lain, emisi gas karbondioksida rata-rata untuk setiap ton tepung tapioka yang dihasilkan di Nigeria adalah 700 Kg CO<sub>2</sub>e (GIZ,2013) dan berdasarkan laporan penelitian AFF (organisasi industri tepung eropa) emisi gas karbondioksida rata-rata yang dihasilkan dalam proses pembuatan tepung tapioka di benua eropa sebesar 877 Kg CO<sub>2</sub>e per ton tepung (An V dkk, 2012).

## 2.6 Penelitian Terdahulu Tentang Produksi Bersih di Industri Pangan

Penelitian yang terkait dengan kajian penerapan peluang produksi bersih sudah banyak dilakukan di berbagai industri khususnya industri pangan. Penelitian-penelitian tersebut antara lain :

- a. *Eco-innovation and Benchmarking of Carbon Footprint Data for Vineyards and Wineries in Spain and France* ( Alejandra Navarro, dkk, 2016)

Beberapa rekomendasi yang dapat diterapkan yaitu menggunakan kembali air panas dari proses sterilisasi botol untuk proses pembilasan tahap kedua atau untuk aktivitas lainnya yang membutuhkan air panas. Alternatif ini selain mampu menghemat konsumsi air juga dapat mengurangi jumlah limbah cair yang dihasilkan. Penggunaan botol yang lebih ringan 10% mampu mengurangi potensi emisi gas rumah kaca sebesar 4% atau 43 gram CO<sub>2</sub> eq per botol sedangkan dengan botol yang lebih ringan 30% mampu mengurangi potensi emisi gas rumah kaca hingga 11% atau 120 gram CO<sub>2</sub> eq per botol. Penggantian botol gelas menjadi karton untuk kemasan anggur mampu mengurangi potensi gas rumah kaca secara signifikan hingga 51% dari semula 1,25 kg CO<sub>2</sub> eq menjadi hanya 0,62 kg CO<sub>2</sub> eq.

- b. *Cleaner Production Strategy for Improving Environmental Performance of Small Scale Cracker Industry* ( Kumalasari, dkk, 2015)

Alternatif *good housekeeping* yang dapat diterapkan adalah meningkatkan kepedulian pekerja terhadap proses produksi dan membersihkan kotoran pada alat produksi sebelum dicuci. Implementasi ini berhasil meningkatkan kinerja lingkungan dari perusahaan, yang terlihat dari perbedaan konsentrasi air limbah sebelum dan sesudah implementasi. Hasil pengukuran menunjukkan konsentrasi BOD dan COD turun menjadi 74,6 ml/L dan 122,97 ml/L atau masing-masing turun 76,67% dan 84%. Selain itu, konsumsi air untuk proses pembilasan juga berkurang karena berkurangnya jumlah kotoran pada alat produksi.

Kebutuhan air untuk sekali proses produksi berkurang 22,04% dari 515 L menjadi 401,5 L.

c. *Cleaner Production Implementation in a Fruit Juice Production Plant* (Razuana Rahim dan Abdul Aziz Abdul Raman, 2014)

Opsi penerapan produksi bersih yang dapat diterapkan pada penelitian ini adalah meningkatkan temperatur ruangan dari 16°C ke 20°C, mengurangi waktu operasional dari 10 jam menjadi 8 jam per hari, mengurangi frekuensi membuka ruangan. Meningkatkan temperatur ruangan dari 16°C ke 20°C dilakukan tanpa biaya investasi dan mampu memberikan penghematan yang cukup signifikan. Berdasarkan perhitungan yang dilakukan, alternatif ini mampu menghemat 26.496 KWh atau mampu mengurangi biaya produksi sebesar 2.913,6 USD dan mengurangi emisi CO<sub>2</sub> sebesar 17.752,8 Kg CO<sub>2</sub> per tahunnya.

Rekomendasi lainnya yaitu waktu operasi harian tidak lebih dari 8 jam dan *air conditioner* harus dimatikan 1 jam sebelum proses produksi dihentikan. Alternatif ini mampu menghemat konsumsi listrik 6.684 KWh atau sekitar 728,4 USD dan estimasi pengurangan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 4.437,6 Kg CO<sub>2</sub> per tahunnya. Mengurangi frekuensi membuka ruangan juga dapat mengurangi konsumsi listrik sebesar 4.584 KWh atau sekitar 504 USD serta estimasi pengurangan emisi CO<sub>2</sub> sebesar 3.070,8 Kg CO<sub>2</sub>.

d. *Kajian Peluang Penerapan Produksi Bersih di Industri Kecil Slondok "Telomoyo Putra" Kabupaten Magelang* (Hana Fais Prabowo, 2014)

Peluang-peluang tindakan produksi bersih yang dapat diterapkan adalah penghematan air dari perpanjangan masa pakai air di proses pencucian sebesar 1.500 l per bulan. Proses pencucian berlangsung empat kali proses cuci dengan masing-masing 50 kg singkong sehingga 90 l air digunakan untuk mencuci 200 kg singkong. Upaya perbaikan yang dilakukan, air proses pencucian diperpanjang masa pakainya sehingga nantinya 90 l air dapat digunakan untuk mencuci 300 kg singkong.

Penggantian bahan bakar dari kayu bakar ke pelet kayu. Tindakan ini mampu menghemat biaya produksi sebesar Rp. 133.000 per bulan. Tindakan lainnya yang dapat diterapkan adalah standarisasi dan pengecekan rutin terhadap alat pengupas kulit singkong sehingga dapat menambah jumlah daginh singkong sebanyak 2%. Penghematan yang diperoleh dari tindakan ini adalah Rp. 260.000 per bulan.

- e. Model Proses Produksi Industri Tepung Tapioka Ramah Lingkungan Berbasis Produksi Bersih: Studi Kasus di Provinsi Lampung (Suroso, 2011)

Alternatif produksi bersih yang dapat diterapkan antara lain, pemanfaatan kembali air sisa dari separator sebanyak 923,52 m<sup>3</sup> mampu menghemat penggunaan air bersih hingga 27% atau sekitar Rp. 25.000.000 per bulan untuk industri dengan skala produksi 800 ton per hari. Alternatif lainnya adalah pemanfaatan limbah meniran untuk dijual sebagai pakan ternak dengan harga Rp. 200.000 per ton. Selain kedua alternatif diatas, ada alternatif untuk memanfaatkan limbah cair tapioka menjadi biogas dengan sistem bioreaktor CIGAR. Biaya instalasi alat yang dibutuhkan Rp. 25.000.000.000 dan hasil konversi gas metana Rp. 3.408.000.000 per bulan dengan *pay-back period* nya 7,33 bulan.

- f. *Clean Production for the Tapioka Starch Industry in Thailand* ( Chavalparit Orathai dan Maneerat Ongwandee, 2009).

Penerapan alternatif produksi bersih yang dapat diterapkan ada beberapa alternatif yaitu penerapan *good housekeeping* dengan pemasangan meteran air sehingga dapat diketahui rekaman konsumsi air untuk setiap ton tepung tapioka yang dihasilkan, menggunakan pompa bertekanan tinggi untuk proses pembersihan lantai, mesin dan lapisan filter pada alat ekstraksi, pemeriksaan berkala dan perbaikan secepatnya apabila ada pipa yang bocor, ambil ceceran limbah padat yang ada di lantai sebelum lantai dibersihkan dengan air untuk mengurangi jumlah limbah padat yang terikut ke dalam limbah cair.

Penerapan produksi bersih pada konservasi air juga dilakukan yaitu dengan memanfaatkan kembali air keluran proses pemisahan pati untuk dipakai pada tahapan pencucian singkong. Alternatif ini dapat menghemat konsumsi air sebesar 5 m<sup>3</sup> untuk setiap ton tapioka, dengan kapasitas produksi rata-rata 180 ton/hari dan kebutuhan air rata-rata 33 m<sup>3</sup> per ton tepung tapioka maka dalam satu tahun penghematan yang diperoleh sekitar 540.000 bath atau Rp. 200.000.000 per tahun.

Untuk mengurangi kehilangan pati, perusahaan juga menerapkan penggantian teknologi pada proses ekstraksi pati dengan mengganti empat *fine-screen extractor* dengan 2 pasang *vertical screen extractor*. Hasil dari penggantian teknologi ini berhasil mengurangi kehilangan pati sebesar 2,5 kg, mengurangi konsumsi air 2 m<sup>3</sup> serta konsumsi listrik sebesar 18 MJ untuk setiap ton tapioka yang diproduksi. Total investasi adalah 400.000 bath dan perusahaan memperoleh penghematan sekitar 975.000 bath.

Konservasi energi juga dilakukan dengan mengganti lampu dari jenis *incandescent* dengan lampu jenis *fluorescent*. Hal ini karena dengan tingkat kecerahan yang sama, lampu jenis *fluorescent* lebih hemat konsumsi listrik. Penggantian sistem pencahayaan dari 80 set lampu *incandescent* ke 2 x 36 W lampu *fluorescent* dapat menghemat 181.000 bath per tahun dengan payback period satu tahun.