

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengertian 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). Kementerian Lingkungan Hidup mendefinisikan produksi bersih adalah 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 sumber daya alam, mencegah terjadinya pencemaran lingkungan dan mengurangi terbentuknya limbah pada sumbernya sehingga dapat meminimasi resiko terhadap kesehatan dan keselamatan manusia serta kerusakan lingkungan. Dari pengertian mengenai produksi bersih maka kata kunci yang dipakai untuk pengelolaan lingkungan adalah: pencegahan, terpadu, peningkatan efisiensi, minimisasi resiko.

Pada proses industri, produksi bersih berarti meningkatkan efisiensi pemakaian bahan baku, energi, mencegah atau mengganti penggunaan bahan - bahan berbahaya dan beracun, mengurangi jumlah dan tingkat racun semua emisi dan limbah sebelum meninggalkan proses.

Pada produk, produksi bersih bertujuan untuk mengurangi dampak lingkungan selama daur hidup produk, mulai dari pengambilan bahan baku sampai ke pembuangan akhir setelah produk tersebut tidak digunakan.

Adapun keberhasilan penerapan produksi bersih di industri (Purwanto, 2005), jika ditandai dengan :

1. Berkurangnya pemakaian air, sehingga industri memiliki kelebihan pasokan air,
2. Peningkatan efisiensi energi, sehingga industri memiliki kelebihan daya dan masih dapat dimanfaatkan,
3. Adanya penanganan limbah industri yang bisa dimanfaatkan sebagai bahan baku,

4. Adanya penurunan timbulan limbah cair maupun padat, sehingga kapasitas instalasi pengolahan air limbah (IPAL) dan incinerator berlebih.

Penerapan ekofisiensi hampir sama dengan konsep produksi bersih, di mana pengelolaan lingkungan dilakukan ke arah pencegahan pencemaran yang mengurangi terbentuknya limbah, mulai dari pemilihan bahan baku sampai dengan produk yang dihasilkan. Ekofisiensi bermula dari isu efisiensi ekonomi yang mempunyai manfaat lingkungan, sedangkan produksi bersih bermula dari isu efisiensi lingkungan yang mempunyai manfaat ekonomi. Produksi bersih bertujuan untuk mencegah dan meminimalkan terbentuknya limbah atau bahan pencemar lingkungan di seluruh tahapan produksi (Sari et al., 2012).

Tujuan produksi bersih adalah untuk memenuhi kebutuhan kita akan produk secara berkelanjutan dengan menggunakan bahan yang dapat diperbarui, bahan tidak berbahaya, dan penggunaan energi secara efisien dengan tetap mempertahankan keanekaragaman. Sistem produksi bersih berjalan dengan pengurangan penggunaan bahan, air, dan energi (Kunz et al., 2003).

2.2 Prinsip Produksi Bersih

Pola pendekatan produksi bersih dalam melakukan pencegahan dan pengurangan limbah yaitu dengan strategi 1E4R (*Elimination, Reduce, Reuse, Recycle, Recovery/Reclaim*) (UNEP, 1999). Prinsip-prinsip pokok dalam strategi produksi bersih dalam Kebijakan Nasional Produksi Bersih (KLH, 2003) dituangkan dalam 5R (*Re-think, Re-use, Reduce, Recovery and Recycle*).

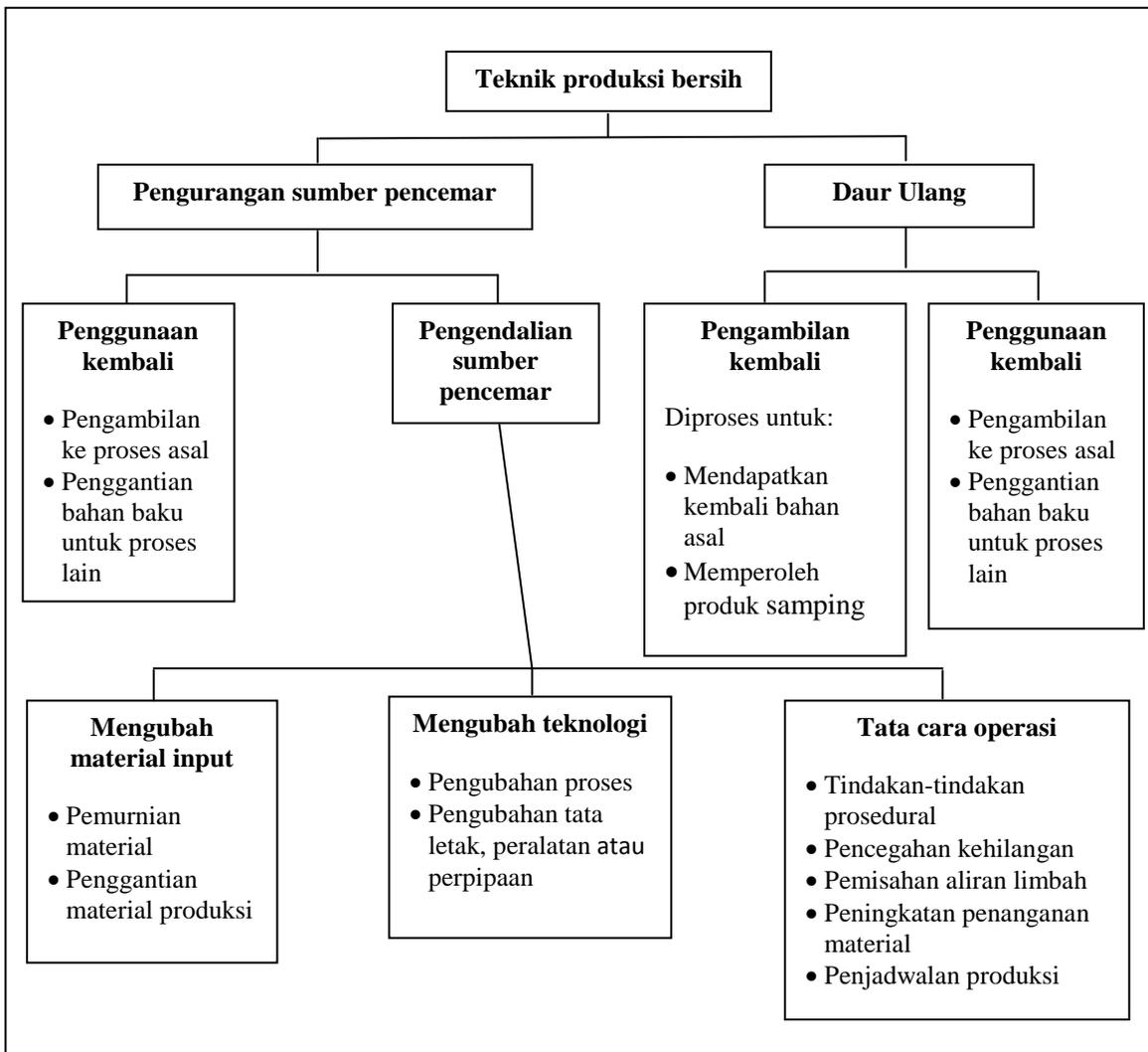
1. *Elimination* (pencegahan) adalah upaya untuk mencegah timbulan limbah langsung dari sumbernya, mulai dari bahan baku, proses produksi sampai produk.
2. *Re-think* (berpikir ulang), adalah suatu konsep pemikiran yang harus dimiliki pada saat awal kegiatan akan beroperasi, dengan implikasi:
 - Perubahan dalam pola produksi dan konsumsi berlaku baik pada proses maupun produk yang dihasilkan, sehingga harus dipahami betul analisis daur hidup produk

- Upaya produksi bersih tidak dapat berhasil dilaksanakan tanpa adanya perubahan dalam pola pikir, sikap dan tingkah laku dari semua pihak terkait pemerintah, masyarakat maupun kalangan usaha
3. *Reduce* (pengurangan) adalah upaya untuk menurunkan atau mengurangi timbulan limbah pada sumbernya.
 4. *Reuse* (pakai ulang/penggunaan kembali) adalah upaya yang memungkinkan suatu limbah dapat digunakan kembali tanpa perlakuan fisika, kimia atau biologi.
 5. *Recycle* (daur ulang) adalah upaya mendaur ulang limbah untuk memanfaatkan limbah dengan memrosesnya kembali ke proses semula melalui perlakuan fisika, kimia dan biologi.
 6. *Recovery/ Reclaim* (pungut ulang, ambil ulang) adalah upaya mengambil bahan-bahan yang masih mempunyai nilai ekonomi tinggi dari suatu limbah, kemudian dikembalikan ke dalam proses produksi dengan atau tanpa perlakuan fisika, kimia dan biologi.

Dari semua teknik tersebut, yang paling penting dan perlu diperhatikan untuk mencapai keberhasilan program produksi bersih adalah mengurangi penyebab timbulnya limbah. Penjelasan secara rinci diperlihatkan pada Gambar 1.

Tujuh faktor kunci dalam keefisiensi atau produksi bersih yang diidentifikasi oleh *World Business Council for Sustainability Development* (WBCSD) menurut KNLH-GTZ, 2007, yaitu:

- a. mengurangi jumlah penggunaan bahan
- b. mengurangi jumlah penggunaan energi
- c. mengurangi pencemaran
- d. memperbesar daur ulang bahan
- e. memaksimalkan penggunaan sumber daya alam yang dapat diperbarui
- f. memperpanjang umur pakai produk
- g. meningkatkan intensitas pelayanan



Gambar 1. Teknik-Teknik Produksi Bersih (USAID, 1997)

Meskipun prinsip produksi bersih dengan strategi 1E4R atau 5R, namun perlu ditekankan bahwa strategi utama perlu ditekankan pada Pencegahan dan Pengurangan (1E1R) atau 2R pertama. Bila strategi 1E1R atau 2R pertama masih menimbulkan pencemar atau limbah, baru kemudian melakukan strategi 3R berikutnya (*reuse, recycle, dan recovery*) sebagai suatu strategi tingkatan pengelolaan limbah. Tingkatan terakhir dalam pengelolaan lingkungan adalah pengolahan dan pembuangan limbah apabila upaya produksi bersih sudah tidak dapat dilakukan dengan langkah-langkah:

- Treatment (pengolahan) dilakukan apabila seluruh tingkatan produksi bersih telah dikerjakan, sehingga limbah yang masih ditimbulkan perlu untuk dilakukan pengolahan agar buangan memenuhi baku mutu lingkungan.
- Disposals (pembuangan) limbah bagi limbah yang telah diolah. Beberapa limbah yang termasuk dalam kategori berbahaya dan beracun perlu dilakukan penanganan khusus. Tingkatan pengelolaan limbah dapat dilakukan berdasarkan konsep produksi bersih dan pengolahan limbah sampai dengan pembuangan. Penekanan dilakukan pada pencegahan atau minimisasi timbulnya limbah, dan pengolahan maupun penimbunan merupakan upaya terakhir yang dilakukan bila upaya dengan pendekatan produksi bersih tidak mungkin untuk diterapkan.

2.3 Perangkat Produksi Bersih

Perangkat produksi bersih menurut Purwanto, (2006) dan GTZ-Pro LH, (2007) meliputi:

1. *Good Housekeeping/ GHK* (Tata kelola yang baik) merupakan serangkaian kegiatan yang dilakukan oleh perusahaan atas kemauannya sendiri dalam memberdayakan sumber daya yang dimiliki untuk mengatur penggunaan bahan baku, air dan energi secara optimal dan bertujuan untuk meningkatkan produktivitas kerja dan upaya pencegahan pencemaran lingkungan (KLH, 2003). Upaya-upaya tersebut berkaitan dengan langkah praktis yang dapat segera dilaksanakan oleh perusahaan. Tiga manfaat *Good Housekeeping*: Penghematan biaya, kinerja lingkungan hidup lebih baik, penyempurnaan organisasional.

Konsep *Good Housekeeping*:

- a. Rasionalisasi pemakaian masukan bahan baku, air dan energi, sehingga mengurangi kerugian masukan bahan berbahaya dan karenanya mengurangi biaya operasional.
- b. Mengurangi volume dan atau toksisitas limbah, limbah air, dan emisi yang berkaitan dengan produksi.
- c. Menggunakan limbah dan atau mendaur ulang masukan primer dan bahan kemasan secara maksimal.

- d. Memperbaiki kondisi kerja dan keselamatan kerja dalam perusahaan.
- e. Mengadakan perbaikan organisasi.

Dengan menerapkan *Good Housekeeping* maka perusahaan mendapat berbagai keuntungan selain itu juga dapat mengurangi dampak negatif yang dapat ditimbulkan oleh kegiatan perusahaan.

Sebagai pedoman untuk mengidentifikasi langkah-langkah apa yang dapat dilaksanakan untuk menerapkan *Good Housekeeping* dalam perusahaan maka dapat disusun dalam bentuk daftar periksa yang mencakup 6 bidang kegiatan yang berkaitan dengan *Good Housekeeping* yang meliputi bahan, limbah, penyimpanan dan penanganan bahan, air dan air limbah, energi, proteksi keselamatan dan kesehatan tempat kerja. Masing-masing daftar periksa membuat serangkaian pertanyaan yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi masalah yang mungkin timbul, penyebabnya dan tingkat korektif yang dapat diambil dalam lingkungan perusahaan pada keenam bidang tersebut (Moertinah, 2008).

2. Pengelolaan bahan berbahaya dan beracun, merupakan upaya penanganan bahan yang dapat membahayakan lingkungan hidup, kesehatan, kelangsungan hidup manusia, serta makhluk hidup lainnya.
3. Penggantian bahan baku, merupakan upaya untuk mengganti dengan bahan yang kurang berbahaya dan kurang beracun, bahan yang tidak mudah rusak, dan bahan yang menimbulkan limbah yang dapat diurai di lingkungan.
4. Perbaikan prosedur operasi, merupakan upaya untuk mengembangkan dan memodifikasi prosedur operasional standard dengan langkah yang lebih praktis dan efisien.
5. Modifikasi proses dan peralatan, merupakan upaya memodifikasi proses maupun peralatan produksi sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan menurunkan timbulan limbah.
6. Penggantian teknologi, merupakan upaya mengganti teknologi produksi untuk meningkatkan efisiensi dan menurunkan timbulan limbah, mengubah urutan proses produksi menjadi lebih efisien, serta memperbaiki tata letak

peralatan produksi (*lay out*) untuk lebih meningkatkan produktifitas dan penggunaan bahan, air dan energi yang lebih efisien.

7. Modifikasi dan reformulasi produk, merupakan upaya memodifikasi spesifikasi produk untuk meminimalkan resiko terhadap lingkungan selama proses produksi, dan setelah produk tersebut digunakan.

2.4 Kendala Penerapan Produksi Bersih

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

1. Kendala Ekonomi

Kendala ekonomi timbul apabila kalangan usaha tidak merasa mendapatkan keuntungan dalam penerapan 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/ 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

2.5 Industri Nata de coco

Menurut Undang-Undang Nomor 5 Tahun 1984, definisi industri adalah kegiatan ekonomi yang mengolah bahan mentah, bahan baku, barang setengah jadi, dan atau barang jadi menjadi barang dengan nilai yang lebih tinggi untuk penggunaannya, termasuk kegiatan rancang bangun dan perekayasaan industri.

Nata adalah biomassa yang sebagian besar terdiri dari selulosa, berbentuk agar dan berwarna putih. Massa ini berasal pertumbuhan *Acetobacter xylinum* pada permukaan media cair yang asam dan mengandung gula (Tarwiyah, 2001). Nata dalam bahasa Spanyol dapat juga diartikan sebagai krim (*cream*). Nata de coco sebenarnya adalah selulosa murni produk kegiatan mikroba *Acetobacter xylinum*. Produk ini dibuat dari air kelapa dan dikonsumsi sebagai makanan berserat yang menyehatkan. Di samping itu nata de coco dapat pula dipergunakan sebagai bahan baku industri. Nata de coco adalah makanan yang banyak mengandung serat, mengandung selulosa kadar tinggi yang bermanfaat bagi kesehatan dalam membantu pencernaan. Kandungan kalori yang rendah pada nata de coco merupakan pertimbangan yang tepat bagi produk nata de coco sebagai makanan diet. Dari segi penampilannya makanan ini memiliki nilai estetika yang tinggi, penampilan warna putih agak bening, tekstur kenyal, aroma segar. Dengan penampilan tersebut maka nata sebagai makanan desert memiliki daya tarik yang tinggi (Misgiyarta, 2007). Dari segi ekonomi produksi nata de coco menjanjikan nilai tambah. Nata de coco dibentuk oleh spesies bakteri asam asetat pada permukaan cairan yang mengandung gula, sari buah, atau ekstrak tanaman lain. Nata de coco juga tidak terbatas sebagai bahan makanan tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai satu material untuk industri elektronik.

Pemanfaatan limbah pengolahan kelapa berupa air kelapa merupakan cara mengoptimalkan pemanfaatan buah kelapa. Limbah air kelapa cukup baik digunakan untuk substrat pembuatan nata de coco. Dalam air kelapa terdapat berbagai nutrisi yang bisa dimanfaatkan bakteri penghasil nata de coco. Air kelapa mempunyai potensi yang baik untuk dibuat menjadi minuman fermentasi, karena kandungan zat gizinya, kaya akan nutrisi yaitu gula, protein, lemak dan relatif

lengkap sehingga sangat baik untuk pertumbuhan bakteri penghasil produk pangan. Kandungan air kelapa dapat dilihat pada Tabel 2.

Kandungan gula maksimum 3 gram per 100 ml air kelapa. Jenis gula yang terkandung adalah sukrosa, glukosa, fruktosa dan sorbitol. Gula-gula inilah yang menyebabkan air kelapa muda lebih manis dari air kelapa yang lebih tua. (Warisno, 2004). Disamping itu air kelapa juga mengandung mineral seperti kalium dan natrium. Mineral-mineral itu diperlukan dalam poses metabolisme, juga dibutuhkan dan pembentukan kofaktor enzim-enzim ekstraseluler oleh bakteri pembentuk selulosa. Selain mengandung mineral, air kelapa juga mengandung vitamin-vitamin seperti riboflavin, tiamin, biotin. Vitamin-vitamin tersebut sangat dibutuhkan untuk pertumbuhan maupun aktivitas *Acetobacter xylinum* pada saat fermentasi berlangsung sehingga menghasilkan selulosa bakteri. Oleh karena itulah air kelapa dapat dijadikan sebagai bahan baku untuk pembuatan selulosa bakteri atau *nata de coco*, disamping untuk memanfaatkan limbah air kelapa sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang diakibatkan limbah air kelapa tersebut.

Tabel 1. Kandungan Zat Gizi Air Kelapa Tua dan Muda per 100 gram

Zat Gizi	Muda	Tua
Kalori (K)	17,0	-
Protein (gram)	0,20	0,14
Lemak (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 : (Kemenristek, 2001)

Selulosa merupakan hasil fermentasi dari air kelapa oleh bantuan bakteri *Acetobacter xylinum* dan asam asetat. Gula dari air kelapa di ubah menjadi asam asetat dan benang - benang selulosa, yang lama kelamaan akan membentuk suatu massa yang mencapai ketebalan beberapa sentimeter. Dengan demikian selulosa bakteri yang berbentuk padat, berwarna putih transparan, bertekstur kenyal seperti

kolong – kaling dan umumnya dikonsumsi sebagai makanan ringan (Pambayun, 2002). Bakteri *Acetobacter xylinum* tumbuh baik dalam media yang memiliki pH 3 – 4. Jika pH lebih dari empat atau kurang dari tiga, maka proses fermentasi tidak akan dapat berjalan optimum. Suhu optimum untuk pertumbuhan bakteri *Acetobacter xylinum* adalah pada suhu kamar (suhu 26 – 28°C) (Pambayun, 2002).

Keberadaan starter bakteri *Acetobacter xylinum* sangat diperlukan dalam pembuatan nata. Tanpa adanya bakteri ini, lapisan nata tidak dapat terbentuk. Volume larutan induk (starter) besar sekali pengaruhnya terhadap ketebalan nata yang dihasilkan. Semakin besar volume larutan induk, maka semakin banyak jumlah bakteri *A.xylinum* yang ada (Nurfiningsih, 2009). Menurut penelitian penambahan starter *Acetobacter xylinum* pada perlakuan penambahan 100 ml starter per 1000 mL media minimum, air kelapa 1000 mL, cuka 10 mL, dan gula pasir 100 gram dapat menghasilkan *nata de coco* dengan produktifitas (tebal dan berat) maksimal. Semakin besar volume starter, maka jumlah bakteri semakin banyak. Dalam penelitian Pratiwi et al, (2005) menunjukkan bahwa jumlah koloni *Acetobacter xylinum* per 1 ml starter adalah $2,2 \times 10^2$ CFU's/ml.

Di dalam pertumbuhannya, *Acetobacter xylinum* memerlukan sumber nutrisi C, H, dan N serta mineral dan dilakukan dalam proses yang terkontrol dalam medium air kelapa. Air kelapa mengandung sebagian sumber nutrisi yang dibutuhkan akan tetapi kebutuhan akan substrate makro seperti sumber C dan N masih harus tetap ditambah agar hasil nata yang dihasilkan optimal, sehingga kekurangan nutrisi yang diperlukan harus ditambahkan dalam proses fermentasi. Penambahan sumber nitrogen dalam pembuatan nata de coco memberikan perolehan nata de coco lebih baik bila tanpa penambahan. Sumber nitrogen yang dapat dipakai yaitu urea, ZA dan yeast ekstrak. Urea dengan jumlah 5 gram dalam 500 ml air kelapa memberikan hasil fermentasi yang lebih baik dengan perolehan yield sebanyak 87,36% dan ketebalan nata yang dihasilkan sebesar 8,6 mm (Hamad & Kristiono, 2013). Hasil penelitian Laras dkk, (2012) menunjukkan penambahan gula pasir yang optimal untuk berat basah, ketebalan, dan kadar abu *Nata de Coco* adalah penambahan 75 gram gula pasir. Perlakuan terbaik

organoleptik *Nata de Coco* adalah tanpa penyimpanan air kelapa dengan penambahan gula pasir sebanyak 75g dengan karakteristik 3,00 (agak cerah), 3,52 (agak kenyal) dan 3,12 (agak disukai) dengan rerata berat basah 850 g, rerata ketebalan 17mm, rerata kadar abu 0,88%, dan rerata kadar air 98,59%. Kondisi operasi optimum produksi nata de coco dari hasil penelitian sebelumnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 2. Kondisi Operasi Optimum Produksi Nata de Coco

Tahap Proses	Kondisi optimum	Hasil penelitian
Bahan baku (air kelapa)	Air kelapa umur 0-6 hari	Layuk dkk, 2007
Pencampuran	- Air kelapa 1 liter, gula 100 ml, asam cuka 10 ml - Penambahan gula 5 % - Rasio C/N = 20	Pratiwi et al, 2005 Layuk dkk, 2007 Pambayun, 2002
Perebusan	- Urea 5 gr dalam 500 ml air kelapa - Dosis ZA/ urea 0,3 %	Hamad & Kristiono, 2013 Layuk dkk, 2007
Penambahan starter	- 100 ml starter untuk 1 ltr air kelapa - Umur bibit 3-5 hari	Pratiwi et al, 2005 Layuk dkk, 2007
Fermentasi	pH 3-4, suhu kamar (26 – 28°C) selama 7 hari	Pambayun, 2002

Salah satu kunci utama bagi keberhasilan setiap industri termasuk industri nata de coco adalah penguasaan teknik/proses produksi. Keunggulan teknik mulai dari seleksi bakteri, penyiapan inokulum/bibit, penanganan medium untuk pembuatan nata de coco sampai kondisi selama inkubasi berlangsung merupakan faktor penentu produk yang dihasilkan. Aspek penting lainnya adalah efisiensi dari setiap unsur di dalam proses produksi tersebut karena merupakan bagian penting dalam penentuan biaya produksi, yang akhirnya dapat menjadi penunjang utama dalam persaingan mutu dan harga nata de coco di pasaran. Efisiensi proses produksi selain dengan menentukan komposisi medium yang sesuai, dengan memperhatikan ketersediaan bahan penyusun medium tersebut dan juga efisiensi jumlah inokulum yang digunakan ke dalam medium sehingga tidak mengganggu kelancaran proses produksi. Jumlah inokulum/jumlah populasi bakteri berpengaruh terhadap aktivitas bakteri dalam menghasilkan

produk bioselulosa. Makin banyak jumlah inokulum/ bakteri yang diberikan kedalam suatu medium tertentu, maka makin banyak produk yang dihasilkan dan waktu yang dibutuhkan cenderung lebih sedikit karena mikroba dengan jumlah populasi yang tinggi dalam medium yang terbatas akan menghasilkan produk lebih cepat dan lebih banyak (Melliawati & Nuryati, 2011).

Salah satu permasalahan penting dalam fermentasi nata de coco secara tradisional adalah produksi yang tidak konsisten dikarenakan adanya keberagaman komunitas mikrobia yang terlibat dalam proses fermentasi. Dinamika populasi bakteri yang terdapat pada fermentasi nata de coco merupakan faktor penting dalam menentukan kualitas nata secara tradisional yang dipengaruhi oleh perubahan pH selama proses fermentasi dan kondisi semi-aseptik dalam fermentasi nata secara tradisional menyediakan inokulum bakteri yang menguntungkan untuk menghasilkan nata yang berkualitas bagus (Seumahu et al., 2007).

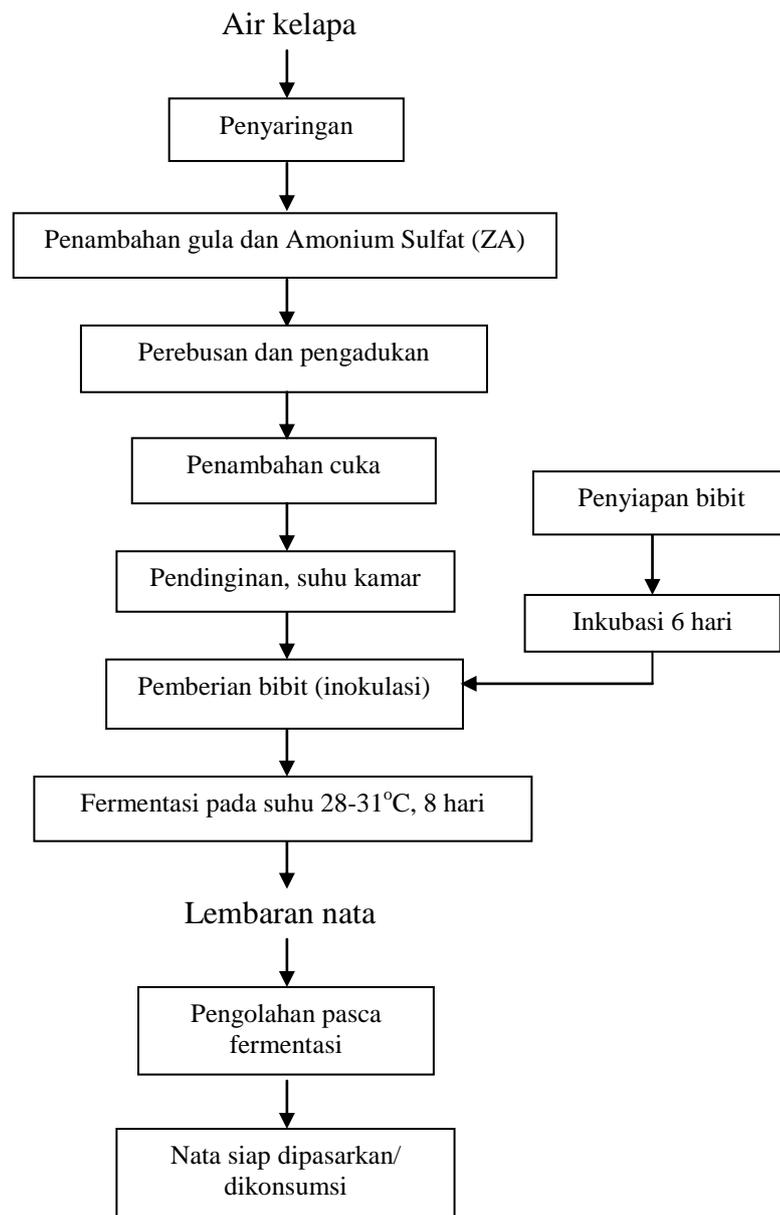
Proses produksi *nata de coco* terdiri dari penyaringan, perebusan, penempatan dalam wadah fermentasi, pendinginan, penambahan starter, fermentasi (pemeraman), pemanenan, pembersihan kulit, dan pematangan. Diagram alir proses pembuatan nata de coco dapat dilihat pada Gambar 2.

Produk utama CV. Bima Agro Makmur adalah *nata de coco* dalam bentuk lembaran. Pada saat dijual, wujud produk tersebut ada yang tetap berbentuk lembaran, tetapi juga ada yang sudah dalam bentuk potongan kecil-kecil, tergantung permintaan pemesan. *Nata de coco* dibuat dari 100 % air kelapa murni yang telah disaring dan direbus kemudian diberi gula, cuka dan amonium zulfat. Untuk sampai jadi *nata de coco*, air kelapa rebus yang telah bercampur gula, cuka dan amonium zulfat serta diberi bibit harus didiamkan selama 7 hari dalam proses fermentasi. *Nata de coco* yang telah jadi dan siap dipasarkan selanjutnya dimasukkan ke dalam drum-drum plastik dan diberi sedikit air agar tetap dalam kondisi basah. Jika air diganti secara teratur, *nata de coco* tersebut dapat bertahan selama 1 bulan.

Menurut penelitian Hakimi & Budiman, (2006) diperoleh opsi produksi bersih berdasarkan proses produksi pembuatan nata de coco dan starter di

Kabupaten Bogor yaitu: pemanfaatan kotoran hasil penyaringan, perebusan dan pembersihan kulit untuk pembuatan pupuk, pemanfaatan kembali sisa cairan fermentasi, pemanfaatan kembali air sisa rendaman, air pembersihan kulit dan pencucian, sisa air perendam potongan nata serta air perebusan potongan nata, pemanfaatan sisa potongan nata untuk pembuatan minuman jelly drink, pemanfaatan sisa potongan nata untuk pembuatan pupuk, serta menjual sisa plastik pengemasan. Selain opsi produksi bersih, juga terdapat peluang untuk menerapkan *good housekeeping* di industri nata de coco diantaranya dengan menghindari tumpahan air kelapa, serta bahan-bahan pembuat nata de coco, menghemat aliran energi listrik ke *sealer*, menjaga kebersihan peralatan, ruang produksi dan ruang kantor, melakukan material handling, pengendalian persediaan, melakukan pemisahan limbah padat, semi padat dan cair untuk memudahkan dalam proses pemanfaatannya.

Produk *nata de coco* yang beredar di pasaran harus memenuhi syarat Standar Nasional Indonesia (SNI) nata dalam kemasan dari Badan Standarisasi Nasional (BSN) yang diatur dalam SNI 01-4317-1996. Nata dalam kemasan adalah produk makanan berupa gel selulosa hasil fermentasi air kelapa, air tahu atau bahan lainnya oleh bakteri asam cuka (*Acetobacter xylosum*) yang telah diolah dengan penambahan gula dan atau tanpa bahan tambahan makanan yang diizinkan dikemas secara aseptik (Badan Standarisasi Nasional 1996). Persyaratan mutu nata dalam kemasan dapat dilihat pada Tabel 4.



Gambar 2. Diagram alir proses pembuatan *nata de coco* secara umum

Sumber : (Pambayun, 2002)

Tabel 3. Syarat mutu SNI Nata dalam kemasan berdasar SNI 01-4317-1996

No	Jenis uji	Satuan	Persyaratan
1	Kedaaan		
1.1	Bau	-	Normal
1.2	Rasa	-	Normal
1.3	Warna	-	Normal
1.4	Tekstur	-	Normal
2	Bahan asing	-	Tidak boleh ada
3	Bobot tuntas	%	Min. 50
4	Jumlah gula (dihitung sebagai sakarosa)	%	Min. 15
5	Serat makanan		Maks. 4,5
6	Bahan Tambahan Makanan		
6.1	Pemanis buatan :		
	- Sakarin		Tidak boleh ada
	- Siklambat		Tidak boleh ada
6.2	Pewarna tambahan		Sesuai SNI 01-0222-1995
6.3	Pengawet (Na Benzoat)		Sesuai SNI 01-0222-1995
7	Cemaran Logam :		
7.1	Timbal (Pb)	mg/kg	Maks. 0,2
7.2	Tembaga (Cu)	mg/kg	Maks. 2
7.3	Seng (Zn)	mg/kg	Maks. 5,0
7.4	Timah (Sn)	mg/kg	Maks. 40,0/250,0*)
8	Cemaran Arsen (As)		Maks. 0,1
9	Cemaran Mikroba :		
9.1	Angka lempeng total	Koloni/g	Maks. 2,0 x 10 ²
9.2	Coliform	APM/g	< 3
9.3	Kapang	Koloni/g	Maks. 50
9.4	Khamir	Koloni/g	Maks. 50

*) Dikemas dalam kaleng

Sumber: (Badan Standarisasi Nasional, 1996)

2.6 Penerapan Produksi Bersih pada Industri

Penerapan produksi bersih di industri dipengaruhi oleh faktor internal dan faktor eksternal. Adanya faktor pendorong dalam pengelolaan lingkungan khususnya produksi bersih menyebabkan industri lebih memperhatikan aspek lingkungan dengan dasar peningkatan efisiensi proses (Kusumawati, 2011).

Produksi bersih menawarkan pemecahan yang paling baik dalam mereduksi dampak lingkungan dan efisiensi dalam segi ekonomis (reduksi bahan baku, energy, dan utilitas). Dalam aplikasinya produksi bersih dapat dijalankan

secara parallel dengan program GMP, HACCP, dan produksi nir limbah (Fransiska, 2010).

Menurut Purwanto, (2005), penerapan produksi bersih pada industri secara sistematis meliputi 5 (lima) langkah, yaitu :

1. Perencanaan dan Organisasi

Langkah ini memerlukan komitmen dari manajemen untuk melakukan penerapan produksi bersih. Kebanyakan industri kecil tidak mempunyai struktur organisasi, manajemen perusahaan dilakukan oleh pemilik perusahaan secara langsung. Komitmen, visi dan misi perusahaan untuk mengelola lingkungan dikomunikasikan kepada seluruh karyawan, sehingga karyawan dapat mengetahui dan bekerjasama dengan pemilik untuk melakukan kegiatan industri yang dapat mengurangi potensi timbulnya limbah.

2. Kajian dan Identifikasi Peluang

Langkah ini membuat diagram alir proses sebagai metode untuk memperoleh informasi aliran bahan, energi dan timbulan limbah. Identifikasi peluang penerapan produksi bersih dilakukan dengan peninjauan ke lapangan dengan mengamati setiap proses, kemungkinan peningkatan efisiensi dan pencegahan timbulnya limbah dari sumbernya. Kajian penerapan produksi bersih dilakukan untuk mengevaluasi kinerja lingkungan, efisiensi pemakaian bahan dan timbulan limbah.

3. Analisis Kelayakan

Analisis kelayakan penerapan produksi bersih atau keefisiensi meliputi kelayakan lingkungan, teknis dan ekonomi. Kelayakan lingkungan untuk mengetahui apakah penerapan produksi bersih dapat mengurangi timbulnya limbah baik kuantitas maupun kualitas. Kelayakan teknis berhubungan dengan penerapan teknologi dalam proses produksi, sedangkan kelayakan ekonomi dilakukan untuk menghitung investasi, waktu pengembalian modal dan besarnya penghematan dari penerapan produksi bersih.

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

- a. 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,
- b. pertimbangan ekonomi yaitu modal dan biaya operasi, serta *pay-back period* (Indrasti & Fauzi, 2009).

4. Implementasi

Langkah implementasi ini memerlukan penanggungjawab pelaksana dan sumber daya yang diperlukan dalam penerapan produksi bersih. Sumber daya meliputi dukungan biaya dan kesiapan karyawan untuk memahami bahwa produksi bersih merupakan bagian dari pekerjaan. Indikator kinerja, efisiensi, lingkungan, kesehatan dan keselamatan kerja digunakan untuk mengetahui sejauh mana implementasi produksi bersih.

5. Monitoring dan Evaluasi

Langkah ini melakukan tinjauan secara periodik terhadap pelaksanaan penerapan produksi bersih dan dibandingkan dengan sasaran yang akan dicapai. Evaluasi dilakukan dengan mengumpulkan data sebelum dan sesudah penerapan produksi bersih.

Menurut Indrasti & Fauzi, (2009), beberapa peluang penerapan produksi bersih dapat diberikan skor 1 sampai dengan 3 untuk masing-masing penilaian baik teknis, ekonomi dan lingkungan. Penilaian teknis meliputi teknologi dan biaya untuk melaksanakan langkah penerapan produksi bersih. Penilaian ekonomi dianalisis berdasarkan kemampuan alternatif penerapan produksi bersih dalam memberikan nilai tambah dan keuntungan bagi industri. Sedangkan penilaian lingkungan dilihat dari dampak positif terhadap perbaikan lingkungan jika alternatif penerapan dilaksanakan di industri. Skala penilaian penentuan prioritas produksi bersih dapat dilihat pada Tabel 5 di bawah ini.

Tabel 4. Skala Penilaian penentuan prioritas produksi bersih

Skala	Teknis	Ekonomi	Lingkungan
3	Mudah sekali untuk dilaksanakan	Tanpa biaya investasi (<i>no cost</i>)	Memberikan efek yang signifikan terhadap perbaikan lingkungan
2	Relatif mudah untuk dilaksanakan	Memerlukan biaya rendah (<i>low cost</i>)	Sedikit efek terhadap perbaikan lingkungan
1	Susah untuk dilaksanakan	Memerlukan biaya tinggi (<i>high cost</i>)	Tidak ada efek terhadap perbaikan lingkungan

(Sumber : Indrasti & Fauzi, 2009)

Kriteria evaluasi teknis antara lain dilihat dari:

- a. Proses :
 - Kesesuaian prosedur operasi dengan kondisi yang ada
 - Peningkatan efisiensi proses
 - Kesesuaian produksi dengan kondisi yang ada
- b. Bahan:
 - Kualitas produk dapat dipertahankan
 - Kapasitas utilitas tersedia
 - Efisien dalam penggunaan bahan
- c. Peralatan :
 - Ketersediaan tempat
 - Perawatan mesin
- d. Tenaga kerja :
 - Sistemnya aman bagi pekerja
 - Tersedia sumber daya manusia

Evaluasi ekonomi kelayakan penerapan produksi bersih yang dikembangkan oleh EPA Queensland (1999) dalam Purwanto, (2013) ditunjukkan pada Tabel 6.

Tabel 5. Analisis kelayakan ekonomi

Peluang	Item
Biaya investasi	Peralatan Instalasi
Biaya investasi total	
Biaya tahunan	Biaya produksi Perawatan Bahan baku
Biaya tahunan total	
Keuntungan	Kenaikan penjualan Penjualan produk samping Penghematan - Bahan baku - Air - Energi - Pengolahan limbah
Keuntungan total	
Keuntungan bersih	
Payback period	

(Sumber: Purwanto, 2013)

Keputusan akhir prioritas penerapan peluang produksi bersih dari kelayakan ekonomi berturut-turut dimulai dari tanpa biaya (*no cost*), dengan biaya rendah (*low cost*), dan memerlukan biaya tinggi (*high cost*).

Berdasarkan hasil studi kelayakan yang dilakukan oleh Hakimi & Budiman (2006), diperoleh opsi yang memperoleh prioritas tertinggi adalah pemanfaatan sisa potongan nata untuk pembuatan pupuk dengan total skor 15.5 serta keuntungan Rp. 611582,4 dan payback period 0,4578 bulan.

2.7 Kinerja Ekonomi

Kinerja ekonomi merupakan hasil sistem manajemen biaya berorientasi lingkungan yang bertujuan untuk memberikan informasi untuk pengambilan keputusan perbaikan perusahaan berupa adanya potensi penghematan biaya. Kinerja ekonomi perusahaan didefinisikan sebagai nilai keuangan yang dihasilkan oleh kegiatan industri selama periode tertentu (biasanya per tahun). Perhitungan

ekonomi dilakukan terhadap setiap proses yang menggunakan materi/ bahan, energi, tenaga kerja dan peralatan. Indikator yang umum dipakai untuk menghitung kinerja ekonomi adalah:

- Jumlah barang yang diproduksi, adalah ukuran fisik dari produk yang diproduksi, diserahkan atau dijual ke konsumen dengan cara diukur atau dihitung dalam massa, volume, atau jumlah.
- Penjualan bersih adalah total penjualan tercatat dikurangi potongan penjualan dan retur penjualan dan tunjangan.
- Konsumsi energi, yaitu total energi yang dikonsumsi sama dengan energi yang dibeli atau diperoleh (misalnya minyak bumi, gas alam) dikurangi energi yang digunakan seperti listrik, uap.
- Konsumsi bahan, adalah jumlah dari berat dari semua bahan yang dibeli atau diperoleh dari sumber lain seperti bahan baku, bahan penunjang dan barang pra atau semi manufaktur untuk proses produksi
- Konsumsi air, adalah jumlah dari semua air baku yang dibeli dari pemasok air atau diperoleh dari sumber permukaan atau air tanah.

2.8 Kinerja Lingkungan (Environmental Performance)

Kinerja lingkungan merupakan hasil terukur dari sistem manajemen lingkungan yang berhubungan dengan kontrol aspek-aspek lingkungannya. Pengukuran kinerja lingkungan dapat dilakukan secara kuantitatif (hasil proses), misalnya jumlah limbah yang dihasilkan dan kualitatif (in proses). Kinerja lingkungan kuantitatif adalah hasil terukur dari sistem manajemen lingkungan yang berhubungan dengan kontrol aspek lingkungan fisik. Kinerja lingkungan kualitatif adalah hasil terukur dari sistem manajemen lingkungan dari aspek non fisik, misalnya prosedur kerja, motivasi, inovasi, semangat kerja untuk mewujudkan kebijakan lingkungan organisasi (Purwanto, 2000).

Indikator lingkungan membantu untuk meringkas data lingkungan secara luas yang berkaitan dengan operasi sebuah perusahaan, dimana berkaitan dengan aspek lingkungan dan dampaknya. Indikator lingkungan dapat digunakan untuk

mengukur kinerja lingkungan. Indikator kinerja lingkungan (*environmental performance indicator*) meliputi indikator input dan output. Indikator input meliputi penggunaan bahan baku, energi dan air. Sedangkan indikator output yaitu limbah (Rao et al., 2006).

Dampak lingkungan dari produksi pangan sangat sedikit diketahui. Metode pengukuran menggunakan tiga indikator yang mengarah ke isu lingkungan global: penggunaan energi (dari bahan bakar fosil dan energi terbarukan), lahan, dan air. Hasil akhir ditunjukkan dalam 3 indikator yaitu total penggunaan lahan, energi dan air yang dibutuhkan setiap kilogram dari produk pangan yang tersedia (Gerbens-Leenes et al., 2003).

Perhitungan konsumsi energi bahan bakar dinyatakan dalam perhitungan emisi gas-gas rumah kaca (GRK) atau sering disebut dengan gas CO₂e, didasarkan pada jenis penggunaan bahan bakar dengan menggunakan pendekatan faktor emisi (IPCC, 2006). Jenis bahan bakar yang biasa digunakan dalam industri kecil *nata de coco* adalah LPG, minyak tanah atau kayu bakar untuk keperluan perebusan. Nilai kalori dan faktor emisi dari masing-masing bahan bakar dapat dilihat pada Tabel 7. Perhitungan biaya pengolahan untuk emisi gas rumah kaca berdasar standard Protokol Kyoto. Untuk pengolahan 1 ton emisi CO₂e diperlukan biaya sebesar 30 Euro, dimana 1 Euro = Rp. 15.608 (konversi pada tanggal 20 Mei 2014), sehingga untuk biaya pengolahan 1 ton emisi CO₂e adalah sebesar Rp.468.240,-.

Tabel 6. Nilai Kalori dan Faktor emisi Bahan Bakar

Jenis	Nilai Kalori (Kcal/Liter(Kg))	Faktor emisi CO ₂ (Kg/TJ)	Faktor Emisi CH ₄ (Kg/TJ)	Faktor Emisi N ₂ O (Kg/TJ)
Minyak Tanah	8498,75	71.900	3	0,6
LPG	6302,58	63.100	1	0,1
Kayu bakar	3,948	112.000	30	4

Sumber: IPCC, Volume 2 (2006)

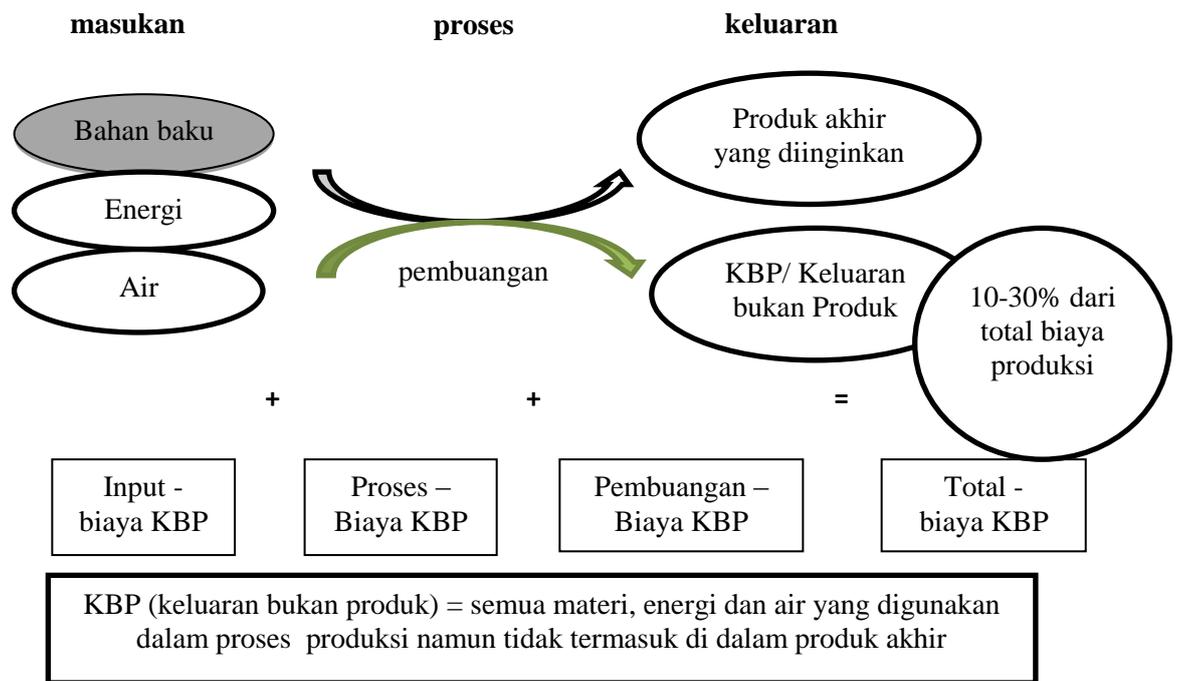
2.9 Keluaran Bukan Produk (KBP/ NPO)

Keluaran bukan produk (KBP) atau *Non Product Output* (NPO) didefinisikan sebagai seluruh materi, energi dan air yang digunakan dalam proses produksi namun tidak terkandung dalam produk akhir (GTZ-ProLH, 2007)

Total biaya KBP merupakan penjumlahan 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. Pemahaman atas keluaran bukan produk (KBP) atau Non Produk Output (NPO) merupakan langkah awal dalam melakukan analisis sebelum penerapan konsep produksi bersih. Dengan menganalisa masukan dan keluaran proses produksi dengan cara terperinci perusahaan mempunyai peluang untuk melihat lebih dekat operasi mereka dan mengidentifikasi peluang lebih lanjut guna mengurangi biaya dan meningkatkan produktifitas. Dengan melihat keluaran KBP merupakan pendekatan yang efektif untuk mengidentifikasi peluang perbaikan lebih lanjut. Dengan melihat serta menganalisa input (masukan) dan output (keluaran) dari setiap proses produksi secara terperinci, perusahaan dapat melihat proses produksi secara lebih dekat untuk mengidentifikasi peluang produksi bersih yang dapat diterapkan lebih lanjut dalam rangka mengurangi biaya produksi dan meningkatkan produktifitas. Konsep keluaran bukan produk (KBP) dapat dilihat pada Gambar 3.

Bentuk keluaran bukan produk dapat dirinci sebagai berikut:

- a. Bahan baku yang kurang berkualitas
- b. Barang jadi yang ditolak atau di luar spesifikasi produk yang ditentukan (semua tipe)
- c. Pemrosesan kembali (*reprocessing*)
- d. Limbah padat (beracun/ tidak beracun)
- e. Limbah cair (jumlah dari kontaminan, keseluruhan air yang tidak terkandung dalam produk final)
- f. Energi yang tidak terkandung dalam produk akhir (seperti uap, listrik, oli, diesel, dan lain-lain)
- g. Emisi (termasuk kebisingan dan bau)
- h. Kehilangan dalam penyimpanan



Gambar 3. Konsep Keluaran Bukan Produk (KBP)

(Sumber: Eimer dalam Kementerian Negara Lingkungan Hidup, 2003)

Neraca massa digunakan untuk menghitung keseluruhan kuantitas mulai dari pemasukan bahan (input) hingga keluaran (output) dan besarnya keluaran bukan produk (KBP) pada setiap tahap proses produksi sehingga dapat diketahui besarnya input dan output untuk menentukan perbaikan akibat adanya KBP. Prinsip perhitungan neraca massa untuk penggunaan bahan baku dan sumber daya yaitu input yang masuk = *product output* + Keluaran Bukan Produk. Untuk menganalisis sebab timbulnya KBP digunakan metode *Mind Mapping*.

Metode *Mind Mapping* atau peta pikiran merupakan salah satu metode membuat catatan tentang materi yang kita pelajari. Peta pikiran (*Mind mapping*) adalah alternatif pemikiran keseluruhan otak terhadap pemikiran linear. Buzan (2007) mengungkapkan bahwa mind mapping adalah alat berpikir kreatif yang mencerminkan cara kerja alami otak. Mind mapping merupakan cara termudah untuk menempatkan informasi ke dalam otak dan mengambil informasi ke luar dari otak.

Mind Map adalah sebuah metode untuk mengelola informasi secara menyeluruh. Secara lengkap Mind Map dapat digunakan untuk menyimpan informasi, mengorganisasikan informasi, membuat prioritas, melakukan review serta mengingat informasi secara lengkap. Panduan utama Mind Mapping adalah menggunakan kata kunci dan gambar (Noer, 2014).

2.10 Baku Mutu Limbah Cair Industri

Limbah cair industri merupakan salah satu ukuran kinerja lingkungan. Kinerja lingkungan baik jika limbah cair industri memenuhi baku mutu air limbah yang ditentukan. Air limbah industri yaitu sisa dari suatu kegiatan industri yang berwujud cair yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (Kusumawati, 2011). Persyaratan baku mutu air limbah bagi usaha *nata de coco* termasuk di dalam industri yang diatur dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2008 tentang baku mutu air limbah bagi usaha dan/atau kegiatan pengolahan kelapa yang dapat dilihat pada Tabel 8.

Limbah yang dihasilkan dari suatu industri harus memenuhi kriteria baku mutu limbah yang ditetapkan sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku. Kajian terhadap penerapan produksi bersih pada industri merupakan langkah yang dapat dilakukan untuk meningkatkan kinerja lingkungan. Air limbah industri adalah salah satu parameter dalam mengukur kinerja lingkungan (Kusumawati, 2011).

Tabel 7. Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No 13 Tahun 2008 Baku Mutu Air Limbah bagi Usaha dan/atau Kegiatan Pengolahan Kelapa

Parameter	Kadar Maksimum* (mg/ L)	Beban Pencemaran Maksimum* (Kg/ Ton)
BOD	75	1,1
COD	150	2,2
TSS	100	1,5
Minyak-lemak	15	0,2
pH		6-9
Kuantitas air limbah maksimum		15 M ³ / ton produk

*) kecuali untuk pH dan kuantitas air limbah
Sumber: (KLH, 2008)