

## **ANALISIS PENERAPAN PRODUKSI BERSIH MENUJU INDUSTRI NATA DE COCO RAMAH LINGKUNGAN**

### ***ANALYSIS OF CLEANER PRODUCTION IMPLEMENTATION FOR GREENING NATA DE COCO INDUSTRY***

**Melia Ariyanti<sup>1\*</sup>, P. Purwanto<sup>1,2</sup>, S. Suherman<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana,  
Universitas Diponegoro, Semarang

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Semarang

\*Email : melia\_ariyanti31@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 8 Juni 2014, disetujui tanggal 4 September 2014

#### **ABSTRACT**

*The application of cleaner production in industry nata de coco can reduce the negative impact to the environment. This study aims to analyze alternative implementation of cleaner production in industry nata de coco. The method used were observation, calculation and interviews. The results showed that the implementation of cleaner production can provide positive benefits in terms of the environment and the economy. Economic benefits in the form of economies scale and increased profits earned IDR 55.40683 million, - per year. Environmental benefits such as reduction of waste generation at 919,341.5 liters/year (a reduction of 72.8% effluent), while the reduction in solid waste generation as much as 127.246 kg/ year (a reduction of solid waste generation by 98.2%). The impact on cleaner production application decreased Non Product Output by 6.95%. Application of cleaner production would reduce the impact on the environment toward nata de coco industry more environmentally friendly.*

**Keywords:** cleaner production, environment, industry, nata de coco

#### **ABSTRAK**

Penerapan produksi bersih pada industri *nata de coco* dapat mengurangi dampak negatif ke lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penerapan produksi bersih di salah satu industri *nata de coco*. Metode yang digunakan adalah observasi, perhitungan dan wawancara. Hasil menunjukkan bahwa penerapan produksi bersih yang dilakukan dapat memberikan manfaat positif dari sisi lingkungan dan ekonomi. Manfaat ekonomi berupa penghematan biaya produksi dan peningkatan keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 55.406.830,- per tahun. Sedangkan manfaat lingkungan berupa pengurangan timbulan limbah cair sebesar 919.341,5 liter/ tahun (pengurangan limbah cair sebesar 72,8%) dan pengurangan timbulan limbah padat sebanyak 127.246 kg/ tahun (terjadi pengurangan timbulan limbah padat sebesar 98,2%). Penerapan produksi bersih akan menurunkan persentase Keluaran Bukan Produk (NPO) sebesar 6,95 %. Langkah penerapan produksi bersih akan mengurangi dampak terhadap lingkungan menuju industri *nata de coco* yang lebih ramah lingkungan.

**Kata kunci:** industri, lingkungan, nata de coco, produksi bersih

#### **PENDAHULUAN**

Industri pengolahan *nata de coco* merupakan salah satu agroindustri yang dalam proses produksinya menghasilkan limbah baik itu berupa limbah cair, maupun limbah padat. Limbah yang dihasilkan dari industri *nata de coco* dapat berpotensi menimbulkan pencemaran lingkungan apabila tidak ditangani dengan benar seperti timbulnya bau yang dapat mengganggu lingkungan sekitarnya dan

pencemaran air. Sesuai dengan Undang-Undang Nomor 32 tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, maka setiap usaha disamping mendapatkan keuntungan/ profit hendaknya juga menjaga kelestarian lingkungan dengan meminimasi timbulan limbah bahkan mengolah limbah hingga menjadi produk yang bernilai.

Produksi bersih bertujuan 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 (Indrasti & Fauzi, 2009). Penerapan konsep produksi bersih ini akan memberikan keuntungan bagi perusahaan dan mengurangi aktivitas penanganan limbah (Hakimi & Budiman, 2006). 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*).

Konsep keefisiensi dan produksi bersih hampir serupa. Menurut Purwanto (2000), perbedaan yang jelas diantara keduanya adalah keefisiensi bermula dari isu efisiensi ekonomi yang mempunyai manfaat lingkungan positif, sedangkan produksi bersih bermula dari isu efisiensi lingkungan yang mempunyai manfaat ekonomi positif. Menurut *World Business Council for Sustainable Development* (2000), *Ecological Economic Efficiency* atau keefisiensi merupakan filosofi manajemen yang mendorong suatu usaha atau perusahaan untuk mencari perbaikan lingkungan dan dapat menghasilkan manfaat ekonomi secara parallel. Penerapan keefisiensi membantu bisnis di Jepang dalam proses produksi dan konsumsi menuju keberlanjutan bisnis (Burritt & Saka, 2006), keefisiensi juga diterapkan pada proses produksi keju di Belanda (van Middelaar *et al.*, 2011). Menurut Park & Behera (2014), penggunaan indikator keefisiensi untuk simbiosis jaringan industri berdasarkan *World Business Council for Sustainable Development* (WBCSD) berupa indikator ekonomi dan tiga indikator lingkungan yaitu penggunaan bahan, konsumsi energi dan emisi CO<sub>2</sub>.

Produksi bersih atau keefisiensi dapat diterapkan di semua sektor industri kecil dan menengah seperti hasil penelitian Fernández-Viñé *et al.*, (2010) di Venezuela untuk produk ramah lingkungan. Rao dkk (2006), menyatakan bahwa indikator-indikator lingkungan yaitu bahan baku, energi, air dan limbah pada industri kecil menengah di negara berkembang (studi kasus di negara Filipina) berhubungan secara signifikan terhadap kinerja lingkungan industri. Alternatif penerapan produksi bersih pada industri kerupuk dapat berupa *good housekeeping, recycle, reduce dan reuse* (Probawati & Burhan, 2011). Penelitian sebelumnya dari Hakimi & Budiman (2006), menyebutkan opsi produksi bersih pada penanganan limbah *nata de coco* di Kota Bogor adalah pemanfaatan kotoran hasil penyaringan,

perebusan dan pembersihan kulit untuk pembuatan pupuk.

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 (Pambayun, 2002). Agroindustri *nata de coco* berpotensi untuk dikembangkan di daerah pesisir seperti di daerah Yogyakarta karena dekat dengan sumber bahan baku kelapa yang banyak ditemuiserta untuk memperkecil biaya produksi. Proses produksi *nata de coco* terdiri dari penyaringan, perebusan, penempatan dalam wadah fermentasi, pendinginan, penambahan starter, fermentasi (pemeraman) selama 7 hari pada suhu kamar, pemanenan, pembersihan kulit, dan pemotongan. Potensi limbah cair yang banyak dihasilkan berupa air bekas pencucian dan perendaman nata, air bekas pencucian alat serta cairan sisa fermentasi, sedangkan potensi limbah padat yang dihasilkan dari *nata de coco* tidak sempurna (*reject*) yang dibuang, koran bekas, kulit ari dari pembersihan nata, serta kotoran hasil penyaringan. Sejauh ini belum ada pengelolaan lingkungan pada industri kecil tersebut karena belum mempunyai IPAL sehingga limbah langsung dibuang ke lingkungan tanpa proses terlebih dahulu. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisis langkah penerapan produksi bersih di salah satu industri *nata de coco* di daerah Yogyakarta berdasarkan kelayakan secara lingkungan, teknis, dan ekonomi sehingga industri menjadi lebih ramah lingkungan dengan adanya pengurangan pemakaian air, bahan, dan energi.

## METODE

Penelitian ini bersifat deskriptif kuantitatif dengan obyek penelitian yang diamati adalah sebuah industri kecil *nata de coco* di daerah Bantul, Yogyakarta pada bulan Juni 2014. Data primer berupa hasil wawancara, pengamatan langsung di lapangan, pengukuran yang digabung dengan data sekunder yang telah dianalisis. Tahapan penelitian terdiri dari 3 tahap yaitu melakukan pengamatan dan identifikasi terhadap proses produksi *nata de coco*, penggunaan bahan, air dan energi serta *Non Product Output* (NPO) dengan metode *mind mapping*, dan analisis hasil penerapan

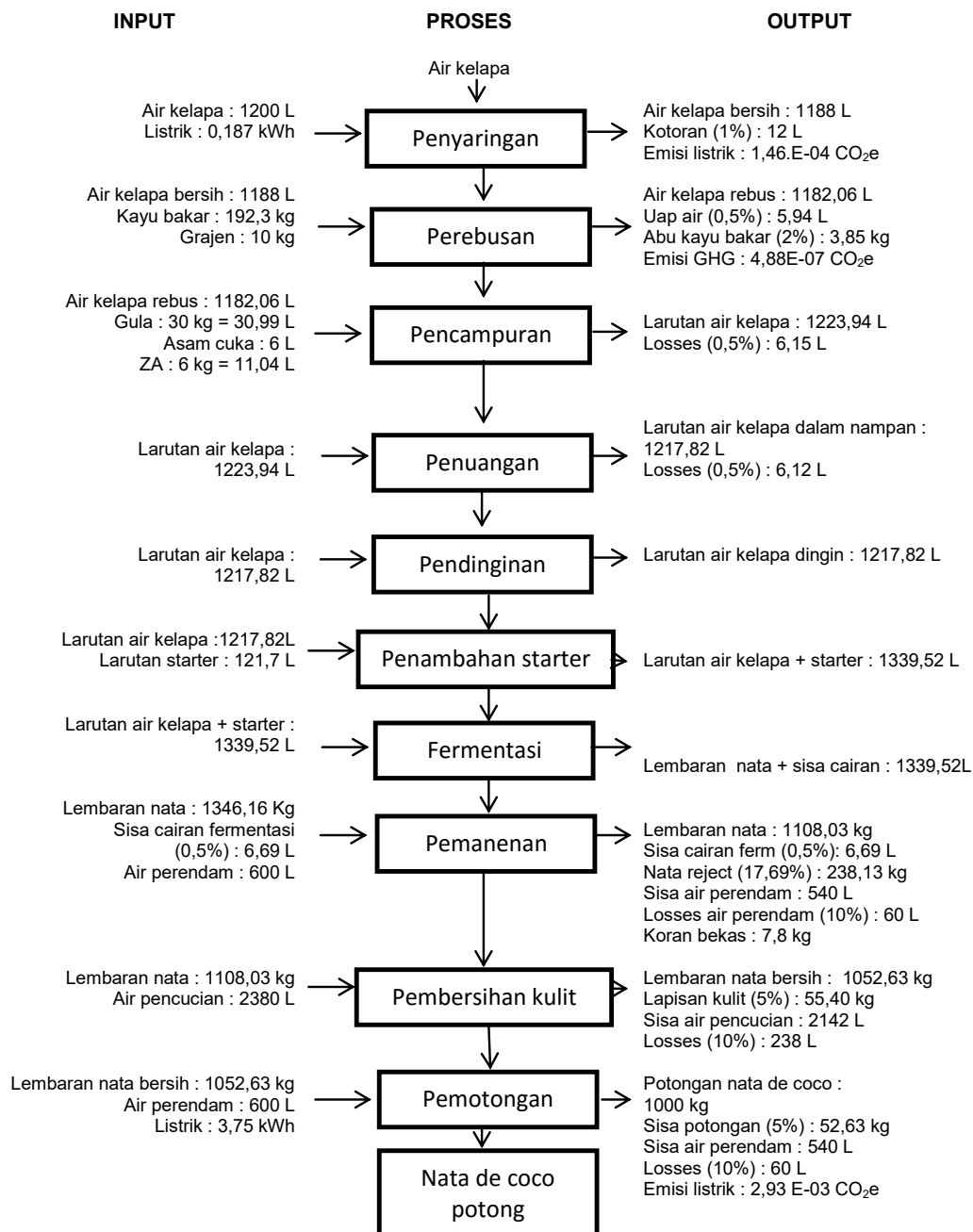
alternatif produksi bersih. Analisis data dilakukan perhitungan terhadap data hasil pengamatan dan pengukuran ditambah dengan data sekunder dari industri.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Proses Pengolahan *Nata de coco*

Proses produksi dan neraca massa *nata de coco* dapat dilihat pada Gambar 1. Proses produksi *nata de coco* dalam sehari ada tiga kali perebusan air kelapa masing-masing sebanyak 400 Liter. Tahapan proses yang paling banyak

menghasilkan limbah cair pada pencucian dan pembersihan kulit nata serta alat-alat produksi karena banyak menggunakan sumber daya air, sedangkan limbah padat terbanyak dihasilkan pada pemanenan berupa *nata* yang gagal panen (*reject*) kemungkinan dikarenakan ruang fermentasi yang tidak higienis atau pekerja yang kurang higienis sehingga terjadi kontaminasi jamur pada saat fermentasi larutan kelapa. Potensi timbunan limbah cair selama setahun sebesar 1.261.715 liter, sedangkan potensi limbah padat dari industri *nata de coco* selama satu tahun sebesar 129.475,5 kg.



Gambar 1. Diagram Alir Proses Produksi *Nata de coco* potong per hari

Dari identifikasi titik-titik penghasil limbah atau keluaran bukan produk (KBP) terbanyak tersebut, peluang tindakan produksi bersih dapat diterapkan sehingga dapat mengurangi timbunan limbah. Pada penerapan produksi bersih di industri *nata de coco* Kabupaten Bogor memberikan keuntungan bagi perusahaan karena adanya penghematan biaya pemakaian bahan, air, dan energi serta mengurangi aktivitas penanganan limbah (Hakimi & Budiman, 2006). Sedangkan menurut Gerben-Leenes *et al* (2003), tiga indikator yang peregulasi air kelapa.

### Analisis Penerapan Tindakan Produksi Bersih

Analisis kelayakan langkah produksi bersih yang diterapkan pada industri *nata de coco* mencakup kelayakan secara lingkungan, teknis, dan ekonomi (Purwanto, 2013). Industri *nata de coco* menghasilkan 1000 kg *nata de coco* potong setiap hari. Peluang penerapan tindakan produksi bersih pada agroindustri *nata de coco* berdasarkan strategi 1E4R (*Elimination, Reduce, Reuse, Recycle, Recovery*). Analisis kelayakan peluang penerapan produksi bersih dihitung per tahun.

- a. Pemanfaatan kotoran hasil penyaringan, pembersihan kulit nata dan nata reject untuk pembuatan pupuk

Untuk pembuatan pupuk dari limbah padat industri *nata de coco*, total limbah sebesar 7881,38 kg per bulan dikumpulkan dalam wadah kemudian ditambahkan kapur tohor untuk menetralkan pH bahan pupuk. Dalam 100 kg limbah padat ditambahkan 10 kg kapur tohor, setelah tercampur rata maka pupuk sudah siap untuk digunakan (Warisno, 2004). Total investasi yang diperlukan untuk pembelian baskom, saringan, gayung dan pengaduk sebesar Rp. 554.000,-. Langkah ini memerlukan 1 orang tenaga kerja tambahan yang bertugas untuk mengumpulkan limbah padat untuk dicampurkan dengan kapur tohor dengan upah harian Rp 20.000,- tetapi secara ekonomi meningkatkan keuntungan perusahaan sebesar Rp 2.632.590,- per bulan dengan *payback period* 6,3 hari atau total Rp 31.591.080,- per tahun. Manfaat dari segi lingkungan adalah berkurangnya limbah padat yang dihasilkan sebanyak 106.095,5 kg per tahun. Secara teknis langkah ini relatif mudah untuk dilaksanakan dengan biaya investasi rendah (*low cost*). Alternatif lain adalah dengan mengolah limbah industri *nata de coco* menjadi biogas. Menurut Zaitun (2004), pemanfaatan limbah padat *nata de coco* sebagai energi alternatif menjadi gas bio dengan perlakuan

menggambarkan keberlanjutan adalah penggunaan lahan, air, dan energi

Upaya mengurangi timbunan limbah cair pada proses pencucian dan pembersihan dilakukan dengan penyaringan dan pemakaian ulang (*reuse*) air perendaman dan pembilasan. Sedangkan upaya produksi bersih pemanfaatan limbah padat dengan pemanfaatan kotoran hasil penyaringan, pembersihan kulit *nata* dan *nata reject* untuk pembuatan pupuk serta dipakai sebagai campuran bahan bakar pada proses

25% limbah padat *nata de coco* + 75% kotoran sapi dan investasi usaha pembuatan gas bio layak untuk dilakukan.

- b. Penggunaan kembali (*reuse*) air bekas sisa perendaman nata, air pembersihan nata dan air bekas pencucian botol serta nampan

Langkah ini memerlukan peralatan tambahan berupa drum penyaringan dan penampung air dengan total investasi Rp 215.000,-. Limbah cair yang dihasilkan sebanyak 68.120 L/ bulan dapat dipakai kembali untuk menghemat pemakaian air. Dari segi lingkungan terjadi pengurangan potensi pencemaran perairan akibat limbah cair sebesar 917.000 liter per tahun. Secara teknis relatif mudah untuk dilaksanakan dengan biaya sedikit (*low cost*). Bahan pengisi bak penyaring secara berurutan berupa batu bata, kerikil, arang kelapa, batu zeolite, ijuk, pasir dan ijuk (Hakimi dkk, 2008). Penilaian ekonomi memberikan penghematan biaya pemakaian air bersih sebesar Rp 252.702 per bulan atau Rp 3.032.424 per tahun.

- c. Penjualan koran bekas penutup nampan fermentasi kepada pihak ketiga

Banyaknya koran bekas dari penutup nampan pada proses pemanenan nata dapat menambah keuntungan pihak industri karena masih dapat dijual kembali ke pengumpul barang bekas daripada hanya dibakar saja dengan potensi pemasukan sebesar Rp 2.730.000,- per tahun. Sebulan total limbah koran bekas sebanyak 202,8 kg dan dihargai Rp 1000 per kilo. Dari sisi lingkungan akan memperpanjang masa pakai kertas koran dan mengurangi timbunan limbah padat dengan mengurangi timbunan limbah padat sebanyak 2.730 kg per tahun. Secara teknis sangat mudah dilaksanakan dan tanpa biaya investasi (*no cost*), hanya perlu jejaring komunikasi untuk mencari pihak ketiga seperti perajin barang bekas yang mau memanfaatkan kembali.

d. Pemanfaatan kembali sisa cairan fermentasi untuk pembuatan starter

Bibit nata (*starter*) rawan terkontaminasi dan rusak sehingga penanganan sebaiknya dalam kondisi higienis. Indikator kualitas bibit yang baik dan dapat dipakai adalah kekeruhan yang timbul secara merata, dan tidak terbentuk buih. Kekeruhan yang tidak merata menandakan bibit mungkin terkontaminasi oleh spora jamur, sedangkan terbentuknya buih menunjukkan adanya gas seperti CO<sub>2</sub> atau NH<sub>3</sub> yang terbentuk akibat adanya mikrobia kontaminan. Agar dihasilkan bibit yang berkualitas baik harus dipastikan nutrisi yang dibutuhkan oleh bakteri *A. xylinum* tercukupi (Pambayun, 2002). Total limbah sisa cairan fermentasi sebanyak 173,94 liter/ bulan. Dari sisi lingkungan, langkah ini mengurangi potensi pencemaran perairan akibat limbah cair sisa cairan fermentasi sebesar 2.341,5 liter per tahun. Secara teknis langkah ini sulit untuk dilakukan karena membutuhkan ketelatenan dan ketelitian dalam prosesnya berhubungan dengan bibit nata yang mempengaruhi produk akhir. dan secara ekonomis akan menghemat biaya pembuatan starter sebesar Rp 2.436.000,- untuk 3.480 botol setahun.

e. Penjualan sisa potongan nata kepada pedagang minuman jelly drink

Sisa potongan nata yang masih tertinggal di mesin atau bak penampung sebanyak 52,63 kg/ hari masih dapat dimanfaatkan kembali dengan menjualnya ke pihak ketiga yaitu pedagang minuman nata/ *jelly drink* untuk diolah terlebih dahulu dengan pencucian dan perebusan dalam air gula atau sirup untuk mereka jual kembali sehingga memperpanjang umur produk. Langkah ini akan berdampak positif terhadap lingkungan dengan pengurangan limbah padat sisa potongan nata sebanyak 18.420,5 kg per tahun. Secara teknis juga mudah dilaksanakan serta tanpa biaya investasi (*no cost*). Dengan harga jual Rp 1000,-/ kg untuk sisa potongan nata, maka keuntungan yang diperoleh mencapai Rp 18.420.500,- per tahun.

Analisa perhitungan biaya produk dan keluaran bukan produk (NPO) pada industri *nata de coco* sebelum penerapan produksi bersih menghasilkan NPO sebesar 7,03 %, sedangkan setelah penerapan produksi bersih terjadi penurunan persentase NPO menjadi 0,08 %. Penurunan ini menunjukkan bahwa penerapan langkah produksi bersih secara efektif meminimalisir limbah yang dihasilkan dari proses pengolahan *nata de coco*.

Langkah perbaikan untuk meningkatkan efisiensi di tiap tahapan proses produksi dan mengurangi timbulan NPO menuju industri *nata de coco* lebih ramah lingkungan dilakukan dengan cara menerapkan tindakan produksi bersih dan *good housekeeping* (tata kelola yang baik), yaitu:

1. Membuat standar operasi proses produksi untuk mengontrol jalannya proses produksi *nata de coco* sehingga meminimalisir terjadinya kesalahan prosedur.
2. Melengkapi alat pelindung diri untuk kesehatan dan keselamatan pegawai seperti pemakaian masker, sarung tangan, sepatu karet, serta penutup kepala untuk menghindari kecelakaan kerja.
3. Melakukan pemisahan limbah padat, dan cair untuk memudahkan dalam proses pemanfaatan atau pembuangannya.
4. Menghindari terjadinya tumpahan/ ceceran bahan –bahan pembuat *nata de coco* dengan memberikan pengarahan dan pelatihan pada karyawan di bagian produksi.
5. Menghindari terjadinya pemborosan penggunaan air dengan menutup kebocoran selang air serta penggunaan *spray* di ujung selang untuk mengurangi debit air yang keluar.
6. Menjaga kebersihan dan kelembaban ruang produksi terutama ruangan fermentasi karena dapat mempengaruhi keberhasilan proses fermentasi dengan pengendalian suhu ruangan pada kisaran suhu 28°C-32°C (Pambayun, 2002).
7. Melaksanakan *material handling* yang baik dalam penyimpanan dan penggunaan bahan.
8. Melakukan upaya peningkatan efisiensi energi dengan cara menghemat pemakaian air sehingga menurunkan beban kerja pompa dan menghemat pemakaian listrik, mematikan lampu ketika siang hari, segera mematikan alat pemotong nata ketika sudah selesai digunakan, serta memberikan atap/ naungan pada tempat penyimpanan kayu bakar untuk menjaga kayu tetap kering saat digunakan sehingga akan meningkatkan efisiensi penggunaan kayu bakar pada proses perebusan air kelapa. Penghematan bahan bakar kayu dapat pula dilakukan dengan modifikasi tungku disertai dengan pengeluaran asap melalui lubang asap pada tungku yang menuju luar ruangan. Upaya ini telah dilakukan oleh Probawati & Burhan (2011), sehingga menghemat penggunaan bahan bakar kayu sebanyak 5 % dengan nilai penghematan Rp 1.200.000,- selama 1 tahun.

## KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat ditarik kesimpulan bahwa

1. Penerapan produksi bersih di industri *nata de coco* akan memberikan manfaat ekonomi penghematan biaya produksi dari segi penggunaan bahan baku, bahan penunjang, dan penggunaan air serta peningkatan keuntungan yang diperoleh sebesar Rp 55.406.830,- per tahun. Sedangkan manfaat lingkungan berupa pengurangan timbulan limbah cair sebesar 919.341,5 liter/ tahun (72,8%), dan pengurangan timbulan limbah padat sebanyak 127.246 kg/ tahun (98,2%).
2. Pelaksanaan produksi bersih menurunkan persentase keluaran bukan produk (NPO) dari proses produksi *nata de coco* sebesar 6,95 %.

## DAFTAR PUSTAKA

- Case Studies From Japan, *Journal of Cleaner Production*, 14, pp.1262–1275.
- Fernández-Viñé, MB, Gómez-Navarro, T, & Capuz-Rizo, SF, 2010, Eco-efficiency In The SMEs Of Venezuela, Current Status And Future Perspectives, *Journal of Cleaner Production*, 18(8), pp.736–746.
- Gerbens-Leenes, PW, Moll, HC, Uiterkamp, SAJM, 2003, Design & Development of a Measuring Method for Environmental Sustainability in Food Production Systems, *Ecological Economics Journal*, 46(2), pp.231-248.
- Hakimi, R& Budiman D, 2006, Aplikasi Produksi Bersih (Cleaner Production) Pada Industri Nata De Coco, *Jurnal Teknik Mesin*, 3(2), pp.89–98.
- Hakimi, R, Mutiara, V.I, Budiman, D, 2008, Penerapan Produksi Bersih (Cleaner Production) pada Industri Nata de Coco di Kota Padang (Ipteks).
- Indrasti, N & Fauzi, A, 2009, *Produksi Bersih*, Bogor: IPB Press.
- Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) Republik Indonesia, 2003, *Panduan Produksi Bersih dan Sistem Manajemen Lingkungan untuk Usaha/ Industri Kecil dan Menengah*, Jakarta.
- Pambayun, R, 2002, *Teknologi Pengolahan Nata De Coco*, Yogyakarta: Kanisius.
- Park, HS, & Behera SK, 2014, Methodological Aspects Of Applying Eco-Efficiency Indicators To Industrial Symbiosis Networks, *Journal of Cleaner Production*, 64, pp.478–485.
- Peraturan**
- Probowati, BD, Burhan, 2011, Studi Penerapan Produksi Bersih Untuk Industri Kerupuk, *Agrointek*, Volume 5, No 1, pp. 74-81.
- Purwanto, 2000, Pengukuran Kinerja Lingkungan, Available at: <http://andietri.tripod.com>, diakses tgl 27 Oktober 2014.
- Purwanto, 2013, *Teknologi Produksi Bersih*, Cetakan Pertama, Badan Penerbit Universitas Diponegoro, Semarang.
- Rao, P Castillo, O, Intal P, Sajid A, 2006, Environmental Indicators for Small and Medium Enterprises in The Philippines: An Empirical Research, *Journal of Cleaner Production*, (14), pp.505–515.
- Undang-Undang Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, Jakarta.
- Van Middelaar, CE, Berentsen PBMDolman, Ma de Boer, IJM, 2011, Eco-Efficiency In The Production Chain Of Dutch Semi-Hard Cheese, *Livestock Science*, 139(1-2), pp.91–99.
- Warisno, 2004, *Mudah dan Praktis Membuat Nata de Coco I*, Jakarta: Agromedia Pustaka.
- WBCSD, 2000, Eco-Efficiency, <http://www.wbcd.ch/ecoeff1.htm>, diakses tgl 10 September 2013.
- Zaitun, 2004. *Pengelolaan Limbah Padat Industri Kecil Nata de Coco Melalui Teknologi Produksi Gas Bio dan Pemanfaatannya Sebagai Pupuk Organik Cair*. Thesis. Sekolah Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.