

ISSN 2087-0965

JURNAL RISET

TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI

Vol. 5, No. 2, November 2014

Analisis Penerapan Produksi Bersih Menuju Industri *Nata de Coco*
Ramah Lingkungan
Melia Ariyanti, P. Purwanto dan S. Suherman

Pengaruh Daur Ulang Air Limbah Industri Tahu Terhadap Mutu Tahu,
Penggunaan Air dan Energi serta Pengurangan Whey
Basir dan Aniek Yuniati Sisworo

Karakteristik Cerobong Boiler Industri Di Propinsi Jawa Tengah
Sebagai Bentuk Upaya Pentaatan Pengelolaan Lingkungan
Ikha Rasti Juliasari dan Januar Arif Fatkhurrahman

Pengolahan Air Limbah Industri Teh Botol dengan Teknologi Biologis
Anaerobik UASB - Wetland
Misbachul Moenir, Sartamtomo dan Sri Moertinah

Pemanfaatan Limbah Cair Garam Bahan Baku 30°Be Untuk
Pengasinan Ikan Gabus Rendah NaCl dan Mengandung Mg
Nilawati

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI

VOLUME 5, NOMOR 2 - NOVEMBER 2014

JURNAL RISET Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri	Vol. 5	No. 2	Halaman 37 - 80	Semarang, November 2014	ISSN No. 2087-0965
---	--------	-------	--------------------	----------------------------	--------------------



Diterbitkan Oleh :
BADAN PENGKAJIAN KEBIJAKAN, IKLIM DAN MUTU INDUSTRI
BALAI BESAR TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri adalah majalah ilmiah berkala yang memuat karya tulis ilmiah di bidang pencegahan pencemaran industri, diterbitkan secara teratur dua kali per tahun oleh Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI) Semarang, Kementerian Perindustrian

DEWAN REDAKSI

Penanggung Jawab / Ketua Pengarah
Kepala BBTPPI Semarang

Pengarah
Kepala Bidang Penelitian dan Pengembangan, Kepala Bidang Pelayanan Jasa Teknis,
Kepala Bagian Tata Usaha

Pemimpin Redaksi
Drs. Misbachul Moenir, M.Si

Wakil Pemimpin Redaksi
Drs. Sigit Kartasanjaya

Mitra Bestari
Prof. Dr. Ir. Eddy Hermawan, M.Sc (Meteorologi) – Dr. Bambang Cahyono, M.Sc (Kimia Organik)
Prof. Dr. Ir. Purwanto, DEA (Teknologi Kimia) – Prof. Dr. Drs. Karna Wijaya, M.Eng (Kimia Energi dan Kimia Bahan)

Dewan Redaksi
Ir. Nani Hariastuti, M.Si (Teknologi Lingkungan) – Dr. Aris Mukimin, S.Si, M.Si (Kimia Lingkungan)
Cholid Syahroni, S.Si, M.Si (Kimia Lingkungan) – Silvy Djayanti, ST, M.Si (Ilmu Lingkungan)
Bekti Marlana, ST, M.Si (Ilmu Lingkungan) – Dra. Muryati, Apt. (Simulasi dan Kontrol Proses)
Ir. Marihati (Simulasi dan Kontrol Proses) – Ikha Rasti Juliasari, ST, M.Si (Ilmu Lingkungan)
Ir. Djarwanti (Teknologi Lingkungan)

Redaksi Pelaksana
Hanny Vistanty, ST, MT
Silvy Djayanti, ST, M.Si
Farida Chrisnaningtyas, ST

Sekretaris
Subandriyo, S.Si, M.Si
Aniek Yuniati Sisworo, ST

Setting / Tata Naskah dan Tata Kelola Website
Nur Zen, ST
Rado Hanna Piala, ST
Januar Arif Fatkhurrahman, ST

Distribusi
Eko Widowati, SH
Santoso

Alamat Redaksi
Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri (BBTPPI)
Jl. Kimangunsarkoro No.6 Semarang, Telp. 024-8316315, Fax. 024-8414811
email : jurnalrisetppi@kemenperin.go.id

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

DAFTAR ISI

Hasil Penelitian	Halaman
Penggunaan Khamir <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> untuk Biosensor BOD Menggunakan Elektroda Emas	37 – 43
Analisis Penerapan Produksi Bersih Menuju Industri <i>Nata de Coco</i> Ramah Lingkungan.	45 – 50
Karakteristik Cerobong Boiler Industri Di Propinsi Jawa Tengah Sebagai Bentuk Upaya Pentaatan Pengelolaan Lingkungan	51 – 58
Pengolahan Air Limbah Industri Teh Botol dengan Teknologi Biologis Anaerobik UASB- <i>Wetland</i>	59 – 66
Pemanfaatan Limbah Cair Garam Bahan Baku 30° Be Untuk Pengasinan Ikan Gabus Rendah NaCl dan Mengandung Mg.....	67 – 73

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

PENGANTAR REDAKSI

Pada Kebijakan Industri Nasional ditegaskan bahwa pembangunan industri kedepan didasarkan pada pengembangan industri yang berwawasan lingkungan (Green Industry) yang diantaranya dilakukan dengan pencegahan dan pengendalian pencemaran. Dengan melaksanakan kebijakan ini, pemerintah terus mendorong inovasi baru dalam pencegahan pencemaran yang dilakukan dalam proses industri maupun teknologi pengolahan limbah.

Pada terbitan ini redaksi menyajikan artikel hasil penelitian para peneliti mengenai;

1. Penggunaan Khamir *Rhodotorula mucilaginosa* untuk Biosensor BOD Menggunakan Elektroda Emas
2. Analisis Penerapan Produksi Bersih Menuju Industri Nata de Coco Ramah Lingkungan
3. Karakteristik Cerobong Boiler Industri Di Propinsi Jawa Tengah Sebagai Bentuk Upaya Pentaatan Pengelolaan Lingkungan
4. Pengolahan Air Limbah Industri Teh Botol dengan Teknologi Biologis Anaerobik UASB - Wetland
5. Pemanfaatan Limbah Cair Garam Bahan Baku 30° Be Untuk Pengasinan Ikan Gabus Rendah NaCl dan Mengandung Mg

Kami masih menerima sumbangan naskah penelitian dari berbagai pihak untuk dipublikasikan dan kritik serta saran untuk meningkatkan mutu Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri

PEDOMAN PENULISAN NASKAH

Ruang Lingkup Jurnal

Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri adalah majalah ilmiah yang berdedikasi sebagai media diseminasi dari hasil penelitian atau kajian teknologi. Jurnal ini terbuka bagi semua peneliti dan semua pihak dengan kontribusi yang difokuskan pada studi eksperimental dan analisis teoritis fenomena yang terkait dengan teknologi lingkungan serta pengembangan proses dan simulasi, desain peralatan dan fabrikasi, bahan atau material yang digunakan dalam upaya pencegahan pencemaran industri. Artikel bertujuan untuk memecahkan masalah yang dihadapi dalam bidang teknologi pencegahan pencemaran industri melalui pengembangan di bidang: bioteknologi, teknologi industri hijau, konservasi energi, dan pemulih sumber daya dan daur ulang.

Naskah dapat ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang baik dan benar. Naskah tersebut belum pernah diterbitkan dan tidak direncanakan diterbitkan dalam publikasi yang lainnya.

Tata Cara Pengiriman

Naskah disampaikan dalam bentuk softcopy dan dikirimkan ke redaksi Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri ke email: jurnalrisetppi@kemenperin.go.id. Redaksi berhak menolak naskah atau artikel yang dianggap tidak layak untuk diterbitkan.

Petunjuk Penulisan

1. Naskah ditulis menggunakan format file dengan ekstensi **.docx** atau **.doc**, font arial, spasi 1,5 pada kertas A4 (kwarto), margin kiri-kanan 30 mm bawah-atas 25 mm. Naskah tidak lebih dari 10.000 (sepuluh ribu) kata atau maksimal 15 halaman.
2. Format naskah yang berasal dari hasil penelitian adalah: Judul, Nama penulis dan alamat instansi, email koresponden, Abstraks Bahasa Indonesia, Kata kunci berbahasa Indonesia, Abstrak berbahasa Inggris, Keywords, Pendahuluan, Metode, Hasil dan pembahasan, Kesimpulan, Ucapan terimakasih (kalau ada) dan Daftar pustaka. Naskah yang bukan hasil penelitian maka formatnya disesuaikan dengan kaidah ilmiah yang berlaku.
3. Judul: ditulis dengan huruf besar font 14 pt bold, singkat, jelas, menggambarkan isi naskah dan maksimal 16 kata
4. Nama penulis: ditulis dengan font 12 pt bold yang berisi nama lengkap, tanpa gelar akademik. Apostrof ditulis dibelakang nama penulis dengan format superscript. Jika penulis lebih dari satu dan instansinya berbeda maka ditandai dengan contoh: Zen¹, Rado², Janu³. Jarak antara judul dengan nama penulis adalah 2 spasi.

5. Abstrak: ditulis dalam dua bahasa (Bahasa Indonesia dan Bahasa Inggris) dan maksimal 250 kata. Abstrak memuat perumusan masalah, tujuan, metode, hasil utama, kesimpulan hasil penelitian. Judul abstrak ditulis dengan font 11 pt bold. Isi abstrak dalam bahasa Inggris ditulis dengan font 11 pt italic dengan jarak 1 spasi. Jarak nama dengan abstrak adalah 2 spasi.
6. Kata kunci dan Key words: maksimal 5 kata. Judul kata kunci ditulis dengan font 11 pt bold. Isi ditulis dengan font 11 pt italic. Jarak abstrak/*abstract* dengan kata kunci/*keywords* 2 spasi.
7. Isi naskah: ditulis dengan font arial 12 pt dan 1,5 spasi.
8. Gambar dan tabel diberi nomer urut. Judul tabel ditulis di atas tabel, sedangkan judul gambar ditulis di bawah gambar. Gambar hendaknya beresolusi tinggi. Jumlah gambar dan tabel tidak melebihi 30% dari keseluruhan naskah.
9. Sitasi: ditulis di dalam teks dengan identitas nama dan tahun dalam tanda kurung. Sitasi ditempatkan sebelum tanda baca, contoh
 - Bahan ini digunakan dalam berbagai macam aplikasi (Zen dkk., 2009)
 - Hasil ini kemudian dibantah oleh Becker dan Seligman (Hariastuti, 2007)
 - Efek ini telah banyak dipelajari (Subandrio, 2004; Marlina dkk., 2010; Hanny, 2011).
10. Daftar pustaka: disusun menurut contoh sebagai berikut:

Buku

Carter CB., Norton MG., 2013, Ceramic Materials: Science and Engineering , 2nd edn., Springer, New York

Jurnal

Hanaor DAH., Sorrell CC., 2011, Review of the anatase to rutile phase transformation, J Mater Sci 46(2):855-874.

Artikel terpublikasi online

Kaplan WD., Chatain D., Wynblatt P., Carter WC., 2013, A review of wetting versus adsorption, complexions, and related phenomena: the Rosetta stone of wetting, J Mater Sci. doi: 10.1007/s10853-- 009-3874-0

Dokumen online

Barthelmy D., 2007 Cryptomelane. <http://webmineral.com/data/Cryptomelane.shtml>. Accessed 28 July 2013

Skripsi/thesis/Disertasi

Blanford CF., 2000, Synthesis and electron microscopy of inorganic and hybrid organic-inorganic mesoporous and macroporous materials. PhD Dissertation, University of Minnesota

Prosiding

Moertinah S., 2009, Teknologi pengolahan air limbah tenun sintesis, Dalam prosiding Seminar Nasional HKI, Semarang

11. Naskah yang masuk akan dievaluasi oleh dewan redaksi dengan kriteria penilaian meliputi: kesesuaian ruang lingkup jurnal, kebenaran isi, orisinalitas dan kejelasan uraian. Naskah yang tidak dapat dimuat akan diberitahukan kepada penulis.
12. Pendapat atau pernyataan ilmiah merupakan tanggung jawab penulis
13. Hal-hal yang belum jelas dapat menghubungi redaksi

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

Rame (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)

Penggunaan Khamir *Rhodotorula mucilaginosa* untuk Biosensor BOD Menggunakan Elektroda Emas
JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 37 - 43

Aplikasi biosensor BOD pada dasarnya meningkat seiring dengan berkembangnya keperluan manusia dan kemajuan IPTEK. Tetapi secara umum tetap didominasi untuk aplikasi dibidang medis dan lingkungan hidup. Biosensor BOD berdasarkan metabolisme khamir dikembangkan dalam rangka mempersingkat waktu pengukuran nilai BOD untuk monitoring lingkungan. Pengembangan biosensor dibuat melalui imobilisasi khamir pada film tipis dalam matrik agarose dengan Nafion sebagai membran untuk proses pertukaran ion. Khamir diambil dari fermentasi *Rhodotorula mucilaginosa*. Film tipis kemudian dilekatkan pada emas sebagai elektroda kerja. Biosensor BOD dikalibrasi menggunakan larutan yang mengandung glukosa yang setara sebagai sampel standar. Kondisi optimum diamati dengan waktu tunggu pengukuran 20 menit pada potensial 500 mV (vs Ag/AgCl). Untuk analisis glukosa, waktu tunggu adalah 20 menit dengan batas deteksi 1 mg/l. Hubungan linier yang baik diperoleh dari larutan standar glukosa yaitu, R2 0.99 dan estimasi kesalahan pengukuran 2,45%. Nilai BOD yang diperoleh dari biosensor menunjukkan perbandingan yang baik dengan konvensional.

(Rame)

Kata Kunci : biosensor BOD, *Rhodotorula mucilaginosa*, elektroda emas, lingkungan.

Melia Ariyanti (Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang)

Analisis Penerapan Produksi Bersih Menuju Industri Nata de Coco Ramah Lingkungan

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 45 - 50

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 cocoyang* lebih ramah lingkungan

(Melia Ariyanti, P. Purwanto dan S. Suherman)

Kata Kunci : industri, lingkungan, nata de coco, produksi bersih

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

Rame (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)
The application of *Rhodotorula mucilaginosa* yeast for BOD Biosensor Using Gold Electrode
JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 37 - 43

*BOD biosensor applications actually increased along with the development of human needs and the progress of science and technology. But in general still predominantly for applications in the field of medical and environmental. A BOD biosensor based on khamir metabolism was developed in order to shorten the measurement time of BOD value for environmental monitoring. The developed biosensor was fabricated by immobilizing khamir on a thin film in agarose matrix with Nafion® acting as the membrane for ion exchange process. The khamir was harvested from the fermentation *Rhodotorula mucilaginosa*. The film was then attached to gold as the working electrodes. The BOD biosensor was calibrated by using a solution containing the equivalent amount of glucose a standard sample solution. Optimum condition was observed in a waiting measurement time of 20 min at an applied potential of 500 mV (vs. Ag/AgCl). For analysis of glucose, the response time was observed 20 minutes with detection limit 1 mg/l. Good linear range with oxygen standard solution was observed, R^2 0.99 and the estimation of measurement error of 2.45%. The observed BOD value by biosensor showed a good comparison with the conventional.*

(Rame)

Keywords : BOD biosensor, Rhodotorula mucilaginosa, gold electrode, environmental

Melia Ariyanti (Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang)
Analysis of Cleaner Production Implementation for Greening Nata De Coco Industry
JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 45 - 50

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.

(Melia Ariyanti, P. Purwanto dan S. Suherman)

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

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

Ikha Rasti Juliasari (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)
Karakteristik Cerobong Boiler Industri Di Propinsi Jawa Tengah Sebagai Bentuk Upaya Pentaataan
Pengelolaan Lingkungan
JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 51 - 58

Industri dalam proses produksinya tidak lepas dari pemakaian bahan bakar baik minyak, batubara, maupun gas untuk menjalankan unit proses yang ada, dari mulai heater, boiler, oven, generator set (genset) sampai incenerator dimana dalam pembakaran menghasilkan emisi. Emisi ini dikeluarkan ke lingkungan melalui cerobong udara, dimana pembangunannya mengacu dalam Keputusan Kepala Bapedal Nomor Kep. 205/ Bapedal/ 07/ 1996 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran cerobong di wilayah Propinsi Jawa Tengah dalam 4 level keterlaksanaan pemantauan kualitas udara sebagai bagian kriteria aspek pentaataan dalam PROPER. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Lingkup penelitian dibatasi pada 30 cerobong boiler industri di Propinsi Jawa Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik cerobong boiler industri di Propinsi Jawa Tengah 66,67% telah memenuhi persyaratan dasar pengambilan contoh udara emisi sebagai salah satu prasyarat pentaataan lingkungan; 20% industri sudah memiliki lubang sampling tanpa adanya platform atau kelengkapan tambahan; 6,67% sudah lengkap dengan fasilitas tambahan dan hanya 6,67% dari populasi sampel yang belum mempunyai persyaratan dasar pengambilan contoh.

(Ikha Rasti Juliasari dan Januar Arif Fatkhurrahman)

Kata Kunci : karakteristik cerobong boiler, pentaataan udara, industri jawa

Misbachul Moenir (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)
Pengolahan Air Limbah Industri Teh Botol dengan Teknologi Biologis Anaerobik UASB - Wetland
JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014:59 - 66

Industri minuman ringan merupakan salah satu industri yang mengeluarkan air limbah dengan beban organik yang cukup tinggi. Sistem pengolahan air limbah yang berkategori low rate seperti sistem activated sludge yang sekarang diterapkan di industri kurang sesuai lagi untuk mengolah air limbah yang mengandung cemaran organik tinggi dan bersifat kompleks terlarut. Sistem Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) adalah salah satu proses anaerobik dengan efisiensi tinggi yang dapat beroperasi pada beban organik tinggi. Proses pengolahan dengan wetland sebagai pengolahan lanjutan dapat menurunkan kadar cemaran organik lebih lanjut. Pada penelitian digunakan air limbah yang berasal dari salah satu industri teh botol di Jawa Tengah. Sumber mikroba anaerob yang digunakan sebagai seeding reaktor UASB (2 unit paralel) berasal dari lumpur anaerob yang terbentuk pada pengolahan air limbah industri tahu yang telah berfungsi dengan baik. Waktu tinggal dalam reaktor UASB secara total selama 19 jam dengan debit 2.297 l/hari. Pengolahan lanjutan dari reaktor UASB dilakukan dengan pengolahan wetland. Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor UASB I dan II dapat mereduksi COD dengan efisiensi tertinggi 88,51% dan pengolahan dengan wetland tertinggi 85,02%, selanjutnya pengolahan air limbah dengan kombinasi UASB dan wetland dapat mereduksi beban cemaran COD antara 97,65 – 98,90 % dan hasil effluen sudah memenuhi baku mutu air limbah industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD₅ = 13,44 mg/l.

(Misbachul Moenir, Sartamtomo dan Sri Moertinah)

Kata Kunci : air limbah industri teh botol, pengolahan biologi, anaerob UASB, wetland, effluen memenuhi baku mutu

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

Ikha Rasti Juliasari (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)
Industrial Stack Boiler Characteristic on Central Java Province As Effort in Environmental Compliance and Management

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 51 - 58

Industry in the production process can not be separated from good fuel oil, coal, or gas to run the existing process units, from the heater, boiler, oven, generator sets (gensets) to the incinerator where the combustion resulting in emissions. These emissions released into the environment through the air chimney, which refers to the construction simulation of air dispersion No. Kep. 205 / BAPEDAL / 07/1996 on Technical Guidelines for Air Pollution Control. This study aims to describe the chimney in the province of Central Java in 4 levels of adherence to monitoring air quality as part of the criteria in the compliance aspect PROPER. The method used is descriptive qualitative. The scope of the study is limited to 30 chimneys of industrial boilers in Central Java Province. The results showed that the characteristics of the boiler chimney industry in Central Java Province 66.67% has met the basic requirements of sampling air emissions as one of the prerequisites pentaaatan environment; 20% of the industry already has a sampling hole in the absence of a platform or additional fittings; 6.67% is complete with extra amenities and only 6.67% of the sample population who do not have the basic requirements of sampling.

(Ikha Rasti Juliasari and Januar Arif Fatkhurrahman)

Keywords : characteristics of flue boiler, air compliance, central java industry

Misbachul Moenir (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)
Wastewater Treatment of Bottled Tea Industry by Biological Technology UASB - Wetland

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 59 - 66

Wastewater of bottled tea industries one of the wastewater that have high organic load. Wastewater treatment plan as activated sludge systems where are now applied in many industries is not recommended because that systems is Low Rate category less fit again to treat wastewater containing high organic contaminant sand dissolved complex. Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) system is one of the anaerobic process with high efficiency that can reduced at high organic load. Because the UASB process as initial treatment and thus to be followed by the wet land as an further treatment can reduce of organic contamination.

This research used the wastewater of the tea bottles industry in Central Java. Anaerobic microbial sources are used for seeding UASB reactor (2 parallel units) derived from anaerobic sludge of tofu industry. Residence time of the UASB reactor designed in total for 19 hours with a debit 2297 l/day. Advanced treatment of UASB reactoris done by processing wetland

The results showed that UASB reactors I and II can reduce COD up 88.51% and the highest efficiency of processing with wetland 85.02%, Next wastewater treatment with a combination of UASB and wetlands can reduce COD between 97.65 to 98,90% and the effluent fullfill the effluent standard beverage industry according to the Central Java Province Regulation No. 5/2012, where the COD=35.44mg/l, TSS=16 mg/l, and BOD5=13.44mg/l.

(Misbachul Moenir, Sartamtomo and Sri Moertinah)

Keywords : industrial waste waterbottled tea, biological treatment, anaerobic UASB, wetland, effluent fullfill standards

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

Nilawati (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)
Pemanfaatan Limbah Cair Garam Bahan Baku 30° Be Untuk Pengasinan Ikan Gabus Rendah NaCl dan Mengandung Mg
JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 67 - 73

Pengasinan merupakan metode pengawetan yang sudah lama dengan menggunakan garam krosok namun pengasinan dengan limbah cair garam 30° Be belum banyak dilakukan. Keuntungan dengan metode ini akan menghasilkan produk ikan asin yang rendah NaCl dan tinggi kandungan Mg. Penelitian ini menggunakan 1 variabel yaitu konsentrasi limbah cair garam 30° Be yaitu B0 (0 persen-kontrol), B10 (10 persen), B20 (20 persen), B30 (30 persen), B40(40 persen), B50 (50 persen) dan kontrol B100 (100 persen) serta kontrol pembanding penggaraman kering dengan garam bahan baku G100 (100 persen) atau dikenal garam krosok. Hasil penelitian diperoleh kandungan NaCl murni pada pemakaian larutan 30° Be sebanyak 10 persen sebesar 6,952 persen. Dan pada konsentrasi limbah cair garam 30° Be dengan konsentrasi 50 persen diperoleh kandungan NaCl murni sebesar 15,478 persen, namun untuk kontrol yang menggunakan garam krosok maka NaCl nya paling tinggi, sedangkan kontrol dengan 100 persen larutan 30° Be kandungan NaCl murninya sampai 25,134 persen, yang menggunakan garam bahan baku kandungan NaCl sebesar 43,864 persen. Perlakuan yang terbaik diperoleh pada pemakaian larutan garam 30° Be pada konsentrasi 40 persen. Kandungan Magnesium pada penelitian ini berkisar antara 0,387 Sampai 3,444 persen. Perlakuan mulai konsentrasi 30 persen keatas penampakannya ikan asin putih kecoklatan, empuk, bersih, namun kalau dibawah 30 persen penampakannya kecoklatan muda, daging liat agak keras namun NaCl nya rendah.

(Nilawati)

Kata Kunci : air limbah garam 30° Be, rendah NaCl, pengasinan ikan

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI
(RESEARCH JOURNAL OF INDUSTRIAL POLLUTION PREVENTION TECHNOLOGY)
Volume 5, Nomor 2, November 2014

Nilawati (Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri, Semarang)

Utilization of Salt Wastewater 30° Be in Making Low NaCl and Mg-Containing Salted Cork Fish

JURNAL RISET TEKNOLOGI PENCEGAHAN PENCEMARAN INDUSTRI, 5 (2) 2014 : 67 - 73

Salting is a preservation method that has long been using salt krosok but salting with salt liquid waste 30° Be not much done. The advantage with this method will produce a low salted fish products and low NaCl of high Mg content. This study used one variable that 30° Be salt concentration of the liquid waste that is B0 (0 percent - control) , B10 (10 percent) . B20 (20 percent) , B30 (30 percent) , B40 (40 percent) , B50 (50 percent) and control B100 (100 percent) and the control comparator dry salting with salt raw materials G100 (100 percent) or known salt krosok . The results of the research on the use of pure NaCl content 30° Be solution as much as 10 percent of 6.952 percent . And the liquid salt 30° Be with concentration 50 percent earned content of 15.478 percent pure NaCl , but to control the salt used krosok then its highest NaCl , whereas the control with a 100 percent solution of NaCl content 30° Be to 25.134 percent pure , which uses salt NaCl content of the raw materials for 43.864 percent . the best treatment is obtained on the use 30° Be saline solution at a concentration of 40 percent . The content of magnesium in the study ranged between 0.387 To 3.444 percent . Treatment began concentrations above 30 percent of white salted fish sightings brown , soft , clean , but if under 30 percent brownish appearance of young , tough meat a bit hard but its low NaCl .

(Nilawati)

Keywords : salt wastewater 30° Be, low NaCl, salted fish

PENGUNAAN KHAMIR *RHODOTORULA MUCILAGINOSA* UNTUK BIOSENSOR BOD MENGGUNAKAN ELEKTRODA EMAS

THE APPLICATION OF RHODOTORULA MUCILAGINOSA YEAST FOR BOD BIOSENSOR USING GOLD ELECTRODE

Rame

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
Jl. Ki Mangunsarkoro no. 6, Semarang
Email : rame@kemenperin.go.id

Naskah diterima tanggal 30 Juni 2014, disetujui tanggal 29 September 2014

ABSTRACT

*BOD biosensor applications actually increased along with the development of human needs and the progress of science and technology. But in general still predominantly for applications in the field of medical and environmental. A BOD biosensor based on khamir metabolism was developed in order to shorten the measurement time of BOD value for environmental monitoring. The developed biosensor was fabricated by immobilizing khamir on a thin film in agarose matrix with Nafion® acting as the membrane for ion exchange process. The khamir was harvested from the fermentation *Rhodotorula mucilaginosa*. The film was then attached to gold as the working electrodes. The BOD biosensor was calibrated by using a solution containing the equivalent amount of glucose a standard sample solution. Optimum condition was observed in a waiting measurement time of 20 min at an applied potential of 500 mV (vs. Ag/AgCl). For analysis of glucose, the response time was observed 20 minutes with detection limit 1 mg/l. Good linear range with oxygen standard solution was observed, R^2 0.99 and the estimation of measurement error of 2.45%. The observed BOD value by biosensor showed a good comparison with the conventional.*

Keywords: BOD biosensor, *Rhodotorula mucilaginosa*, gold electrode, environmental.

ABSTRAK

Aplikasi biosensor BOD pada dasarnya meningkat seiring dengan berkembangnya keperluan manusia dan kemajuan IPTEK. Tetapi secara umum tetap didominasi untuk aplikasi dibidang medis dan lingkungan hidup. Biosensor BOD berdasarkan metabolisme khamir dikembangkan dalam rangka mempersingkat waktu pengukuran nilai BOD untuk monitoring lingkungan. Pengembangan biosensor dibuat melalui imobilisasi khamir pada film tipis dalam matrik *agarose* dengan *Nafion* sebagai membran untuk proses pertukaran ion. Khamir diambil dari fermentasi *Rhodotorula mucilaginosa*. Film tipis kemudian dilekatkan pada emas sebagai elektroda kerja. Biosensor BOD dikalibrasi menggunakan larutan yang mengandung glukosa yang setara sebagai sampel standar. Kondisi optimum diamati dengan waktu tunggu pengukuran 20 menit pada potensial 500 mV (vs Ag/AgCl). Untuk analisis glukosa, waktu tunggu adalah 20 menit dengan batas deteksi 1 mg/l. Hubungan linier yang baik diperoleh dari larutan standar glukosa yaitu, R^2 0.99 dan estimasi kesalahan pengukuran 2,45%. Nilai BOD yang diperoleh dari biosensor menunjukkan perbandingan yang baik dengan konvensional.

Kata kunci: biosensor BOD, *Rhodotorula mucilaginosa*, elektroda emas, lingkungan.

PENDAHULUAN

Kontrol kualitas air sangat diperlukan, baik sebagai parameter kelayakan untuk dikonsumsi, maupun digunakan untuk

keperluan aktifitas manusia lainnya. Sumber daya air di lingkungan dalam bentuk aliran sungai, danau, air terjun dan reservoir air lainnya, selayaknya dimonitoring kualitasnya secara periodik, sehingga dapat diketahui

karakteristik polutan, sumbernya serta penanganannya. Sumber polutan dapat berasal dari proses alamiah atau merupakan konsekuensi dari perilaku manusia (*antropogenik*). Salah satu sumber utama limbah cair sebagai material polutan adalah kegiatan industri. Limbah cair mempunyai sifat mudah tersebar pada media lingkungan air, baik pada air permukaan atau air tanah sehingga sangat berbahaya bagi keberlangsungan suatu ekosistem, jika tidak dilakukan usaha pencegahan dan pengolahan (Cossu, Lai et al. 2012).

Salah satu parameter kualitas air adalah *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) yang menyatakan kebutuhan oksigen oleh mikroorganisme dalam penguraian zat organik. Hasil uji BOD merepresentasikan kandungan polutan organik yang terdapat dalam air (Raud, Tenno et al. 2012). Berbagai sumber polutan menyebabkan menurunnya kualitas air. Polutan mempunyai efek mengganggu atau merusak kualitas suatu lingkungan. BOD menjadi salah satu parameter penting untuk monitoring tingkat pencemaran air. Pada metode BOD konvensional dibutuhkan waktu selama 5 hari pada 20°C, sehingga disebut BOD₅. Hasil uji BOD₅ merupakan representasi sebagian dari total BOD (Raud, Tenno et al. 2012). Untuk proses oksidasi biokimiawi sempurna zat-zat organik dalam sampel air menurut konvensi dibutuhkan waktu selama 20 hari. Hal tersebut tentu tidak praktis untuk kebutuhan lapangan, sehingga yang banyak digunakan adalah tes BOD₅. Hasil uji BOD₅ merupakan estimasi kebutuhan oksigen alami, karena lingkungan laboratorium tidak dapat mereproduksi kondisi alami sebenarnya seperti suhu, sinar matahari, populasi biologis dan pergerakan air (Cossu, Lai et al. 2012).

BOD bisa digunakan sebagai indikator kualitas air pada kegiatan monitoring lingkungan. Namun beberapa masalah muncul dari pengujian BOD sesuai standard SNI 6989-72-2009 tentang cara uji kebutuhan oksigen biokimia (BOD) di Indonesia yaitu, (1) Pengujian laboratorium yang memerlukan alat, bahan, dan skill operator. (2) Waktu pengujian relatif lama yaitu 5 hari. (3) Hasil pengulangan untuk sampel yang sama (*repeatability*) relatif rendah. (4) Bias pengukuran dari penanganan sampel atau terjadi degradasi sampel.

Di sisi lain, kenaikan permintaan monitoring dan pengujian dari kalangan industri maupun Instansi lingkungan hidup mengakibatkan makin meningkatnya jumlah layanan pengujian BOD yang harus dilakukan. Beberapa kondisi darurat juga memerlukan hasil analisa BOD harus keluar dalam interval waktu relatif cepat. Misal pengujian yang dilakukan di sistem distribusi air konsumsi,

produksi, maupun lingkungan sekitar. Sehingga tindakan preventif terkini sebagai reaksi terhadap masalah operasional sebelum berdampak pada konsumen dan untuk mengurangi biaya operasional harus secepatnya dilakukan. Pentingnya mengetahui kondisi terkini suatu proses industri sudah menjadi suatu keharusan, dalam rangka menciptakan proses yang efisien, hemat energi, dan sedikit polusi.

Pengukuran BOD dapat dilakukan dengan lebih cepat menggunakan bantuan sensor. Sensor mikroba sudah lazim digunakan di negara-negara maju. Keunggulan sensor mikroba adalah waktu pengukuran yang lebih singkat dan hasil yang tidak jauh berbeda dengan metode konvensional (Raud, Tenno et al. 2012). Mikroorganisme yang sudah dimanfaatkan untuk pengukuran BOD antara lain *Clostridium butyricum* (Karube, Matsunaga et al. 2009), *Arxula adenivorans* (Chan, Lehmann et al. 2000), *Bacillus polymyxa D-21* (Su, Huang et al. 1986), *Photobacterium phosphoreum* (Hyun, Tamiya et al. 1993), *Bacillus subtilis* dan *Bacillus licheniformis 7B* (Li, Tan et al. 1994), *yeast* (SPT1 dan SPT2) (Trosok, Driscoll et al. 2001), *Trichosporon cutaneum* (Suriyawattanukul, Surareungchai et al. 2002), *Escherichia coli* (Sakaguchi, Kitagawa et al. 2003), *Saccharomyces cerevisiae* (Nakamura, Suzuki et al. 2007), *Vibrio fischeri* (Cheng, Kuo et al. 2010), *Candida maltosa VKM Y-2359*, *Candida blankii VKM Y-2675*, dan *Debaryomyces hansenii VKM Y-2482* (Aryapov, Kamanin et al. 2012), *Aeromonas hydrophila* dan *Pseudomonas fluorescens* (Raud, Tenno et al. 2012).

Sensor BOD secara elektrokimia merupakan metode yang menjanjikan karena waktu pengukuran lebih singkat. Selain itu metode elektrokimia mempunyai beberapa keuntungan yang relatif lebih unggul dibanding metode lain, yaitu kompatibilitas secara lingkungan, versatilitas, efisiensi energi, aman, selektivitas, otomatisasi, dan efektivitas harga. Material elektroda merupakan kunci utama keberhasilan sensor. Material ini harus mempunyai sifat: (1) stabil secara kimia atau fisika, (2) kapasitas oksidasinya besar, (3) konduktif, (4) overpotensial oksigen tinggi untuk sistem dalam air. Jenis material yang mempunyai sifat di atas adalah platina (Pt), emas (Au), dan karbon yang sangat sesuai untuk sensor. Elektroda kerja yang telah digunakan untuk pengukuran BOD adalah platina (Karube, Matsunaga et al. 2009), MnO₂ (Wu, Liu et al. 2009), *graphite* (Oota, Hatae et al. 2010), serta *glassy carbon* (Liu, Zhang et al. 2012). Elektroda emas dikembangkan sebagai sensor oksigen untuk pengukuran BOD menggunakan khamir lokal *Rhodotorula*

mucilaginosa sebagai biosensor. Imobilisasi khamir akan dilakukan dengan media agarose.

METODE

Bahan yang digunakan

Mikroorganisme yang digunakan: *Rhodotorula mucilaginosa*. Bahan medium terdiri dari medium pembiakan menggunakan *Yeast Malt Agar* (YMA): pepton, *yeast extract*, *malt extract*, glukosa, agar (media agar miring). Untuk medium persiapan biomassa khamir digunakan *Yeast Peptone Glucose Broth* (YPGB): *yeast extract*, pepton, glukosa. Bahan kimia terdiri dari: kawat Pt, kawat Ag/AgCl, lempeng Au, KH_2PO_4 [Merck], K_2HPO_4 [Merck], *agarose* [Merck], glukosa [Merck], 1- propanol, akuademin, membran nafion, gas nitrogen, gas oksigen, KCl dan aquades.

Alat yang Digunakan

Peralatan laboratorium seperti cawan petri, tabung reaksi, erlenmeyer, botol timbang, batang pengaduk, kaca preparat, labu ukur, pipet tetes, pipet ukur, beaker glass, spatula, *crusible* tong, dan jarum ose. Peralatan pendukung terdiri dari: autoklaf, inkubator, *shaker*, oven, timbangan analitik, *magneticstirrer*, *powersupply* DC, sonikator, pH meter. Peralatan analisis terdiri dari: Spektrofotometer UV-Vis. Peralatan uji kinerja sensor BOD: Potensiostat dengan Ag/AgCl sebagai elektroda standar, Lutron DO meter (DO-5509), reaktor sel elektrokimia, pompa paristaltik, flow meter.

Prosedur Kerja

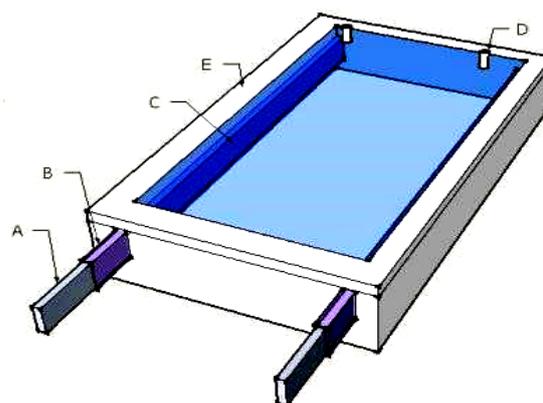
Pembuatan biomassa khamir

Yeast Malt Agar (YMA). Medium YMA dibuat sebanyak 250 mL. Sebanyak 0,75 g *yeast extract*, 0,75 g *malt extract*, 1,25 g *pepton*, 2,5 g glukosa, 5 g *bacto* agar dilarutkan ke dalam akuades hingga volume mencapai 250 mL, kemudian dipanaskan dan diaduk hingga homogen. Medium dimasukkan kedalam tabung reaksi masing-masing sebanyak 6 mL kemudian disterilisasi selama 15 menit dengan autoklaf pada suhu 121 °C dan tekanan 2 atm.

Yeast Peptone Glucose Broth (YPGB). Sebanyak 1 g *yeast extract*, 8 g glukosa, dan 1 g *pepton* dilarutkan dalam 100 mL akuades, kemudian dipanaskan dan diaduk hingga homogen. Medium selanjutnya ditambahkan akuades sampai volume 200 mL, kemudian dipanaskan sambil diaduk hingga homogen. Medium YPGB yang dibuat dimasukkan kedalam 4 buah erlenmeyer 100 mL, masing-masing sebanyak 50 mL. Kemudian disterilisasi pada suhu 121 °C, tekanan 2 atm, selama 15 menit.

Elektroda kerja biosensor BOD

Rancangan sel yang dibuat adalah seperti pada Gambar 1. Sel terbuat dari fiber dan memiliki tutup. Biomembran diletakkan pada elektroda kerja. Elektroda kerja yang digunakan adalah tipe Clark dan diletakkan pada salah satu dinding. Sebagai elektroda pendukung digunakan Pt dan diletakkan pada dinding sel yang berseberangan dengan elektroda kerja Au. Sebagai elektroda pembanding digunakan kawat Ag yang dioksidasi dalam larutan HCl.



Keterangan :

- A. Elektroda kerja
- B. Membran semipermeabel,
- C. Elektrolit
- D. Sampel inlet,
- E. Badan sel

Gambar 1. Skema biosensor:

Pembersihan secara mekanik dilakukan dengan mengamplas salah satu sisi permukaan dengan Alpha-alumina 0,5 mikrometer sampai permukaannya mengkilap seperti kaca. Setelah itu elektroda disonikasi dalam 1-propanol dan akuademin masing-masing selama 10 menit. Selanjutnya elektroda dikeringkan.

Larutan bufer fosfat pH 7 dimasukkan kedalam model sel elektrokimia yang akan diuji. Bufer fosfat kemudian di purging dengan gas nitrogen selama 1 menit untuk mengusir gas oksigen. Setelah itu dilakukan pengukuran *cyclic voltametry* (CV) dengan potensial antara - 1000 mV sampai +1000 mV dengan *scan rate* 100 mV/s. Kemudian dilakukan peningkatan konsentrasi oksigen terlarut dalam larutan bufer fosfat, dengan cara di aerasi selama 10 detik dan diikuti dengan pengukuran CV dalam rentang potensial yang sama. Aerasi dilakukan kembali dengan interval tiap 10 detik.

Penentuan waktu optimum pengukuran BOD

Elektroda emas diaplikasikan untuk sensor BOD dengan mendeteksi waktu

optimum nilai BOD. Tahap ini dilakukan dengan menggunakan teknik

Multi Pulse Amperometry (MPA) dengan memvariasikan waktu pengukuran selama 5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit dan 25 menit, dengan potensial 500 mV terhadap Ag/AgCl.

Pengukuran *repeatability*

Biosensor di uji dalam larutan glukosa 0,5 mM dalam buffer fosfat pH 7 tanpa dengan menggunakan lapisan imobilisasi *Rhodotorula mucilaginosa* pada media agarose sebanyak lima belas kali dengan teknik *cyclic voltametry* pada kisaran potensial -1000 mV sampai 1000 mV dengan *scan rate* optimum 100 mV/s.

Pengujian kesetaraan pengukuran BOD konvensional

Pengujian perbandingan pengukuran nilai BOD konvensional dengan metode biosensor, dilakukan dengan menguji sampel dengan cara uji analisis BOD (dilakukan di laboratorium) dan dengan sensor kimia, menggunakan teknik *Multi Pulse Amperometry* pada potensial 500 mV dengan waktu optimum 20 menit dengan tiga contoh sampel, yaitu sampel glukosa dengan nilai BOD 25, 50, dan 75.

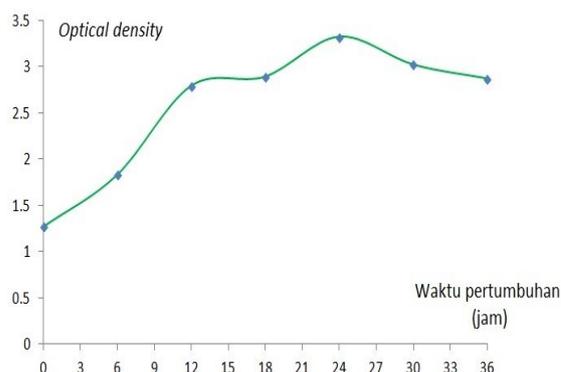
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan biomassa khamir

Rhodotorula mucilaginosa banyak digunakan untuk sensor karena sifatnya yang tahan terhadap kondisi ekstrim, seperti sampel dengan kadar Cu tinggi (Irazusta, Estevez et al. 2012), *nitrobenzene* (Zheng, Zhou et al. 2009), inulin (Zhao, Chi et al. 2011), tellurium (Ollivier, Bahrou et al. 2011).

Pada penelitian ini, waktu maksimum pertumbuhan khamir *Rhodotorula mucilaginosa* ditentukan dengan metode *optical density* (OD) dengan Spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 600 nm. Pada awal pertumbuhan, khamir memasuki fase lag atau fase adaptasi. Selanjutnya khamir memasuki fase eksponensial, dimana terjadi penambahan khamir seiring bertambahnya waktu. Kemudian mikroorganisme memasuki fase stasioner dimana jumlah khamir yang hidup sama dengan jumlah khamir yang mati atau jumlah sel tetap. Sebelum memasuki fase stasioner, khamir mengalami pertumbuhan yang optimum sehingga waktu untuk fase ini digunakan dalam penumbuhan khamir dalam penelitian. Sementara fase kematian merupakan fase berkurangnya khamir karena nutrisi dalam lingkungan mulai menurun. Dari kurva pertumbuhan *Rhodotorula mucilaginosa* pada

Gambar 2., pertumbuhan optimum terjadi pada saat memasuki waktu 24 jam.



Gambar 2. Kurva pertumbuhan *Rhodotorula mucilaginosa*

Suspensi khamir yang telah didapatkan dari proses fermentasi, kemudian dilakukan perlakuan imobilisasi dengan membuat biomembran dari 2% agarose dalam larutan buffer fosfat. Larutan agarose dipanaskan sampai mendidih kemudian didinginkan pada 36 °C dan 2 mL suspensi khamir ditambahkan ke dalamnya. Hasil campuran kemudian disebarkan ke membran Nafion dengan ukuran 2 cm x 3 cm. Dua buah potongan kaca digunakan untuk meratakan sejumlah 0,3 mL campuran. Lapisan imobilisasi kemudian disimpan dalam larutan buffer fosfat untuk disimpan dalam temperatur ruang. Setiap kali akan dipakai, membran dipotong dan dilekatkan ke sel elektrokimia.

Elektroda kerja biosensor BOD

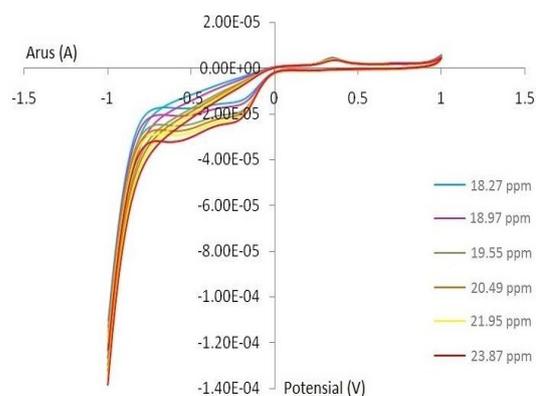
Rancangan sel elektrokimia menggunakan dengan tiga elektroda. Sel elektrokimia terdiri dari elektroda kerja (*working electrode*), elektroda pembanding (*reference electrode*), dan elektroda pendukung (*counter electrode*). Elektroda kerja berupa kepingan Au. Kepingan Au memiliki dimensi 1 cm x 1 cm x 1 mm dimana diameter elektroda kerja yang kontak dengan larutan sebesar 3 mm. Ag/AgCl (KCl jenuh) digunakan sebagai elektroda pembanding, sedangkan kawat platina berbentuk spiral digunakan sebagai elektroda pendukung. Potensiostat digunakan untuk pengukuran sensor BOD pada khamir terimobilisasi dalam matriks agarose.

Elektroda Au dan elektroda Pt harus dibersihkan dari pengotor sebelum digunakan karena pengotor dapat mempengaruhi data yang dihasilkan. Elektroda Au dan Pt disonikasi dalam sonikator dengan pelarut 2-propanol dan akuademin selama dua puluh menit. Akuademin memiliki sifat polar sehingga dapat digunakan untuk melarutkan pengotor yang memiliki sifat polar, sedangkan 2-propanol memiliki sifat nonpolar sehingga dapat digunakan untuk melarutkan pengotor yang

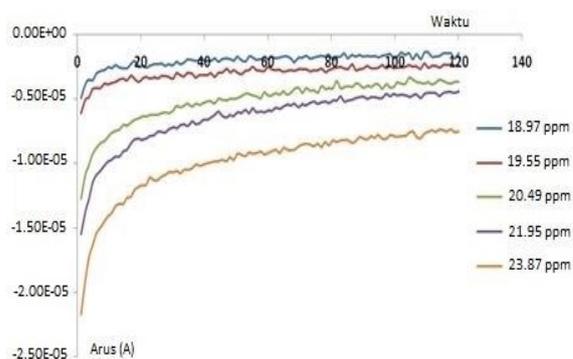
sifatnya nonpolar. Sel elektrokimia terdiri dari elektroda Au sebagai elektroda kerja, elektroda Pt sebagai elektroda pendukung dan elektroda Ag/AgCl sebagai elektroda pembanding yang dihubungkan ke potensiostat. Sensor BOD berbasis mikroba yang diimobilisasi di atas permukaan elektroda menggunakan prinsip bahwa laju konsumsi oksigen yang di butuhkan oleh mikroorganisma untuk mengurai zat polutan organik dalam air pada selang waktu tertentu setara dengan nilai BOD sampel.

Uji sensor oksigen dilakukan dengan pendekatan *Cyclic voltammetry (CV)* sebagai salah satu teknik analisis yang dapat menghasilkan data arus terukur saat dilakukan variasi potensial dalam sel elektrokimia. Arus yang terukur berbanding lurus terhadap konsentrasi oksigen. CV dilakukan pada sel elektrokimia yang terdiri atas tiga elektroda. Susunan elektroda yang di gunakan adalah emas berdiamater 3 mm sebagai working electrode yang dilapisi membran *nafion* 50 mikron. Membran *nafion* adalah membran yang permeable terhadap gas oksigen. Membran ini memisahkan elektrolit dari permukaan elektroda, sehingga diharapkan hanya gas oksigen saja yang tereduksi di elektroda emas. Sebagai *reference electrode* digunakan Ag/AgCl (*saturated KCl*). Sedangkan *counter electrode* menggunakan kawat platina.

Potensial reduksi oksigen dapat ditentukan dengan *cyclic voltametry*. Saat dilakukan perubahan potensial maka diamati perubahan arus yang terjadi pada sel elektrokimia. Potensial divariasikan secara sistematis sehingga zat kimia tersebut mengalami oksidasi dan reduksi di permukaan elektroda. Arus diukur selama *scanning* (penyapuan) dari potensial awal (-1000 mV) ke potensial akhir (1000 mV) untuk mendapatkan arus anodik dan kembali ke potensial awal lagi untuk mendapatkan arus katodik. Potensial yang akan ditentukan adalah nilai potensial reduksi dari O₂ sehingga arus yang diamati adalah arus katodik. Potensial reduksi dari O₂ dapat ditentukan dari nilai puncak katodik yang merupakan puncak yang terbentuk saat terjadi arus reduksi paling negatif. Penentuan potensial reduksi oksigen dilakukan pada larutan buffer fosfat dengan oksigen terlarut pada berbagai variasi konsentrasi. Scan rate yang digunakan adalah 100 mV/s. Hasil dari *cyclic voltametry* dapat dilihat pada Gambar 3. Dari gambar tersebut terlihat bahwa cyclic voltamogram memiliki puncak katodik sekitar -1,50 x 10⁻⁵ V dan -3,50 x 10⁻⁵ V.



Gambar 3. Cyclic voltamogram larutan oksigen dengan elektroda emas



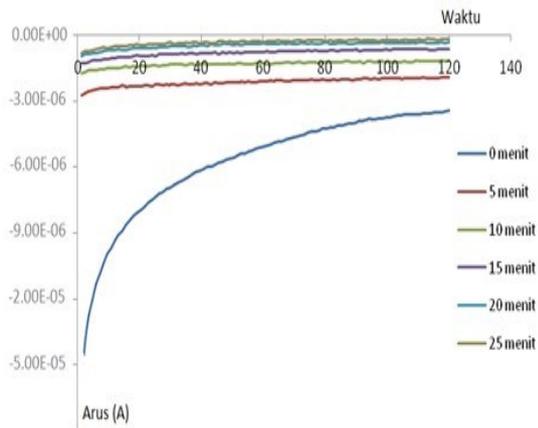
Gambar 4. Amperogram respon arus reduksi dan konsentrasi oksigen

Respon arus reduksi semakin bernilai negatif seiring dengan pertambahan konsentrasi oksigen dalam larutan. Jumlah sel khamir yang digunakan pada setiap larutan adalah sama sehingga jumlah oksigen sisa atau oksigen yang tidak dikonsumsi oleh mikroorganisme semakin banyak seiring dengan bertambahnya kadar oksigen terlarut dalam larutan. Kurva kalibrasi linear ditentukan dengan mengukur konsentrasi oksigen. Larutan glukosa divariasikan konsentrasinya 0,1 mM; 0,2 mM; 0,3 mM; 0,4 mM; dan 0,5 mM. Semakin besar konsentrasi oksigen terlarut maka semakin negatif nilai arus reduksinya.

Penentuan waktu optimum sensor BOD

Sensor BOD tidak dapat digunakan secara langsung karena mikroorganisme memerlukan waktu untuk beradaptasi dengan lingkungan barunya dan membutuhkan waktu untuk mengkonsumsi oksigen yang terlarut dalam sistem. Semakin lama konsentrasi oksigen dalam larutan semakin berkurang dan sistem elektrokimia akan mendeteksi penurunan konsentrasi oksigen terlarut. Penentuan waktu optimum sensor BOD dilakukan dengan memvariasikan waktu pengukuran yaitu 5, 10, 15, 20 dan 25 menit.

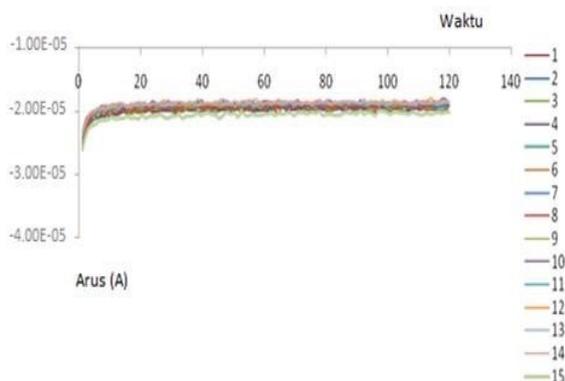
Waktu 0 menit merupakan saat sel khamir belum bereaksi, sedangkan waktu 5 menit sampai 25 menit adalah waktu saat sel khamir menggunakan oksigen untuk metabolisme. Pengukuran dilakukan dengan teknik multi pulse amperometry pada potensial -500 mV selang waktu 5 menit. Gambar 5 menunjukkan waktu pengukuran sensor BOD untuk khamir *Rhodotorula mucilaginosa* dan didapat waktu optimum pengukuran sensor BOD pada waktu 20 menit.



Gambar 5. Amperogram penentuan waktu optimum pengukuran sensor BOD

Repeatability biosensor BOD

Pengukuran *repeatability* elektroda emas yang diimobilisasi *Rhodotorula mucilaginosa* dilakukan dalam media agarose pada 4,5 mL larutan buffer fosfat pH 7 yang mengandung oksigen terlarut 23,87 ppm dan 0,5 mL glukosa 1 ppm. Pengukuran reproducibility dilakukan dengan metode *Multi Pulse Amperometry*. Amperogram hasil pengukuran menunjukkan presisi data yang baik selama 15 kali pengukuran.



Gambar 6. Repeatability elektroda emas diimobilisasi *Rhodotorula mucilaginosa*

Kesetaraan BOD konvensional

Metode konvensional yang digunakan adalah metode titrimetri yang mengukur nilai BOD₅ berdasarkan perubahan konsentrasi

oksigen. Nilai BOD akurat yang digunakan adalah 25, 50, dan 75. Sedangkan nilai BOD yang teramati adalah 25, 51, dan 76. Hasil pengujian dengan cara uji analisis BOD konvensional dan estimasi biosensor menunjukkan korelasi linier yang baik dengan nilai regresi $R^2 = 0,99$ dan estimasi kesalahan pengukuran 2,45%. Pengukuran memberikan nilai yang baik untuk rentang konsentrasi oksigen <75 ppm. Kesamaan yang baik antara nilai BOD dari metode konvensional dan estimasi biosensor menunjukkan bahwa biosensor BOD berpeluang untuk diaplikasikan sebagai metode alternatif untuk pengukuran BOD pada monitoring lingkungan.

KESIMPULAN

Biosensor BOD berdasarkan metabolisme khamir *Rhodotorula mucilaginosa* dapat mempersingkat waktu pengukuran nilai BOD sehingga memiliki potensi untuk aplikasi nyata dalam monitoring lingkungan. Kondisi optimum biosensor dengan waktu tunggu pengukuran 20 menit dengan potensial yang diterapkan sebesar 500 mV (vs Ag / AgCl). Hubungan linier yang baik diperoleh dari larutan standar glukosa dengan nilai R^2 0,99 dan estimasi kesalahan pengukuran 2,45%. Nilai BOD yang diperoleh dari biosensor menunjukkan kesamaan yang baik antara nilai BOD dari metode konvensional dan estimasi biosensor dengan waktu pengukuran yang lebih singkat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Iwandini Tribidasari Anggraningrum dan Dr. Endang Saepudin di Departemen Kimia, FMIPA, Universitas Indonesia yang telah memberi dukungan teknis dan finansial terhadap penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Arylapova, V., Kamanina, S., Ponamorevaa, O., Reshetilov, A.(2012). "Biosensor analyzer for BOD index express control on the basis of the yeast microorganisms *Candida maltosa*, *Candida blankii*, and *Debaryomyces hansenii*." *Enzyme Microb Technol* 50(4-5): 215-220.
- Chana, C., Lehmann, M., Chana, K., Chana, P., Chana, C., Gruendig, B., Kunz, G., Renneberg, R.,(2000). "Designing an amperometric thick-film microbial BOD sensor." *Biosens Bioelectron* 15(7-8): 343-353.
- Cheng, C. Y., Jong-Tar Kuo, J. T., Lin, Y. C., Liao, Y. R., Chung, Y. C., (2010).

- "Comparisons of *Vibrio fischeri*, *Photobacterium phosphoreum*, and recombinant luminescent using *Escherichia coli* as BOD measurement." *J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng* 45(2): 233-238.
- Cossu, R., Lai, T., Sandon, A., (2012). "Standardization of BOD₅/COD ratio as a biological stability index for MSW." *Waste Manag.*
- Hyun, C. K., Tamiya, E., Takeuchi, T., Karube, I., Inoue, N., (1993). "A novel BOD sensor based on bacterial luminescence." *Biotechnol Bioeng* 41(11): 1107-1111.
- Irazusta, V., Estevez, C., Amoroso, M. J., Figueroa, L. I. C., (2012). "Proteomic study of the yeast *Rhodotorula mucilaginosa* RCL-11 under copper stress." *Biometals* 25(3).
- Karube, I., Matsunaga, T., Mitsuda, S., Suzuki, S., (2009). "Microbial electrode BOD sensors." *Biotechnol Bioeng. Vol. XIX, Pgs. 1535-47 (1977).*" *Biotechnol Bioeng* 102(3): 660-672.
- Li, F., Tan, T. C., Lee, Y. K., (1994). "Effects of pre-conditioning and microbial composition on the sensor efficacy of a BOD biosensor." *Biosens Bioelectron* 9(3): 197-205.
- Liu, L., Zhang, S., Xing, L., Zhao, H., Dong, S., (2012). "A co-immobilized mediator and microorganism mediated method combined pretreatment by TiO₂ nanotubes used for BOD measurement." *Talanta* 93: 314-319.
- Nakamura, H., Suzuki, K., Ishikuro, H., Kinoshita, S., Koizumia, R., Okumaa, S., Gotoha, M., Karube, I., (2007). "A new BOD estimation method employing a double-mediator system by ferricyanide and menadione using the eukaryote *Saccharomyces cerevisiae*." *Talanta* 72(1): 210-216.
- Ollivier, P. R., Bahrou, A. S., Bahrou, A. S., Church, T. M., Hanson, T. E., (2011). "Aeration controls the reduction and methylation of tellurium by the aerobic, tellurite-resistant marine yeast *Rhodotorula mucilaginosa*." *Appl Environ Microbiol* 77(13): 4610-4617.
- Oota, S., Hatae, Y., Amadac, K., Koyac, H., Kawakami, M., (2010). "Development of mediated BOD biosensor system of flow injection mode for shochu distillery wastewater." *Biosens Bioelectron* 26(1): 262-266.
- Raud, M., Tenno, T., Jögi, E., Kikas, T., (2012). "Comparative study of semi-specific *Aeromonas hydrophila* and universal *Pseudomonas fluorescens* biosensors for BOD measurements in meat industry wastewaters." *Enzyme Microb Technol* 50(4-5): 221-226.
- Sakaguchi, T., Kitagawa, K., Ando, T., Murakami, Y., Morita, Y., Yamamura, A., (2003). "A rapid BOD sensor system using luminescent recombinants of *Escherichia coli*." *Biosens Bioelectron* 19(2).
- Su, Y. C., Huang, J. H., Liu, M. L., (1986). "A new biosensor for rapid BOD estimation by using immobilized growing cell beads." *Proc Natl Sci Counc Repub China B* 10(2): 105-112.
- Suriyawattanukul, L., Surareungchai, W., Sritongkam, P., Tanticharoen, M., Kirtikara K., (2002). "The use of coimmobilization of *Trichosporon cutaneum* and *Bacillus licheniformis* for a BOD sensor." *Appl Microbiol Biotechnol* 59(1): 40-44.
- Trosok, S. P., Driscoll, B. T., Luong, J. H., (2001). "Mediated microbial biosensor using a novel yeast strain for wastewater BOD measurement." *Appl Microbiol Biotechnol* 56(3-4): 550-554.
- Wu, F., Liu, Z., Zhou, S., G., Wang, Y. Q., Huang, S. H., (2009). "Development of a low-cost single chamber microbial fuel cell type BOD sensor." *Huan Jing Ke Xue* 30(10): 3099-3103.
- Zhao, C. H., Chi, Z., Zhang, F., Guo, F. J., Li, M., Song, W. B., Chi, Z. M., (2011). "Direct conversion of inulin and extract of tubers of Jerusalem artichoke into single cell oil by co-cultures of *Rhodotorula mucilaginosa* TJY15a and immobilized inulinase-producing yeast cells." *Bioresour Technol* 102(10): 6128-6133.
- Zheng, C., Zhou, J., Wang, J., Qu, B., Wang, J., Lu, H., Zhao, H., (2009). "Aerobic degradation of nitrobenzene by immobilization of *Rhodotorula mucilaginosa* in polyurethane foam." *J Hazard Mater* 168(1): 298-303.
- Zihnioglu, F. (2003). "Immobilization of glutathione-s-transferase within cross-linked gelatin cylindrical molds." *Artif Cells Blood Substit Immobil Biotechnol* 31(1): 47-57.

ANALISIS PENERAPAN PRODUKSI BERSIH MENUJU INDUSTRI NATA DE COCO RAMAH LINGKUNGAN

ANALYSIS OF CLEANER PRODUCTION IMPLEMENTATION FOR GREENING NATA DE COCO INDUSTRY

Melia Ariyanti^{1*}, P. Purwanto^{1,2}, S. Suherman^{1,2}

¹Program Studi Magister Ilmu Lingkungan, Program Pasca Sarjana,
Universitas Diponegoro, Semarang

²Jurusan 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 CO₂.

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* (Probowati & 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 cocodi* 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 cocodi* 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

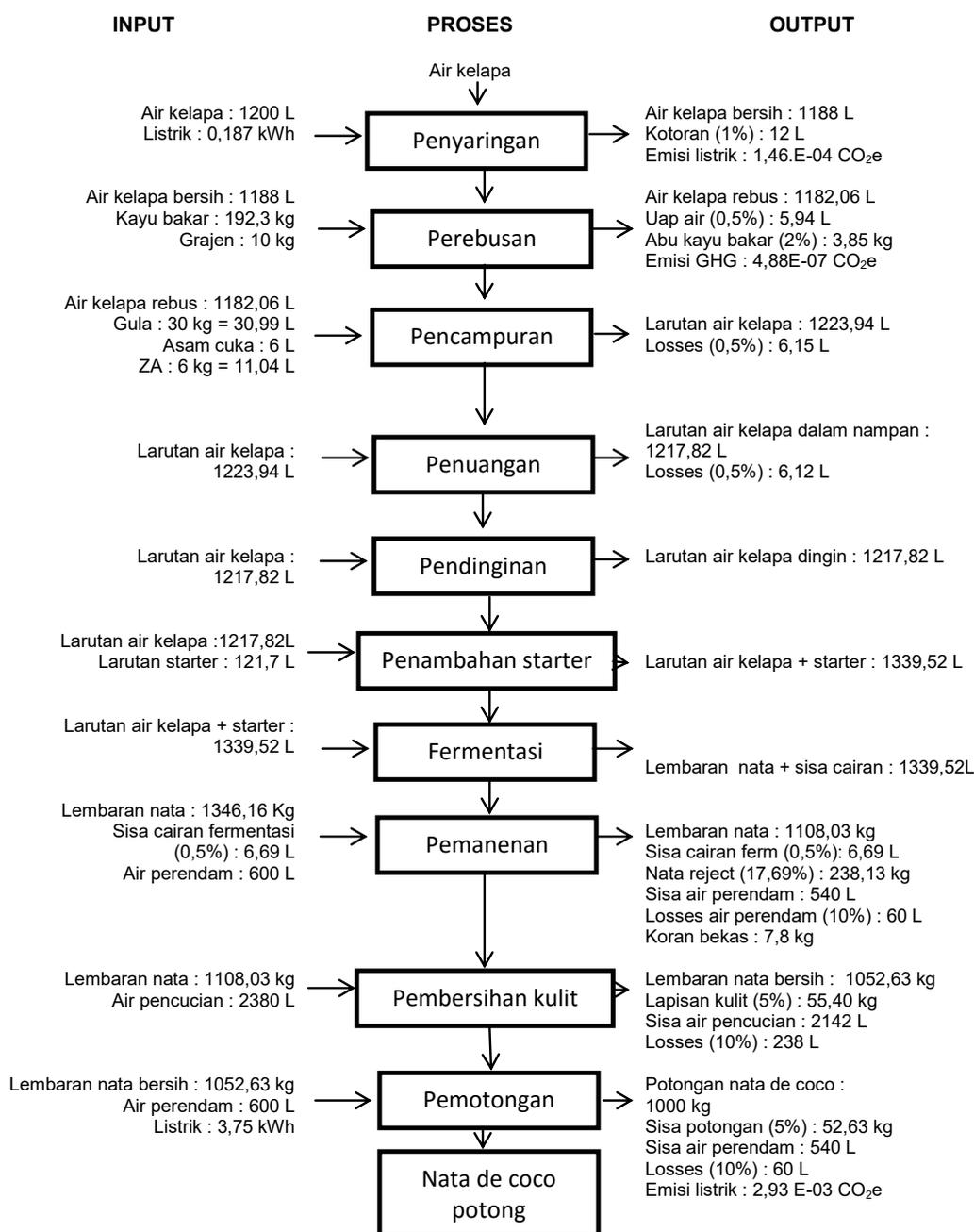
alternatif produksi bersih. Analisis data dilakukan perhitungan terhadap data hasil pengamatan dan pengukuran ditambah dengan data sekunder dari industri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengolahan *Nata de coco*

Proses produksi dan neraca massa *nata de cocod* dapat dilihat pada Gambar 1. Proses produksi *nata de cocod* 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 timbulan 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 timbulan 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 perebusan 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 timbulan 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 timbulan limbah padat dengan mengurangi timbulan 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 CO₂ atau NH₃ 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 Probowati & 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.

KARAKTERISTIK CEROBONG BOILER INDUSTRI DI PROPINSI JAWA TENGAH SEBAGAI BENTUK UPAYA PENTAATAN PENGELOLAAN LINGKUNGAN

INDUSTRIAL STACK BOILER CHARACTERISTIC ON CENTRAL JAVA PROVINCE AS EFFORT IN ENVIRONMENTAL COMPLIANCE AND MANAGEMENT

Ikha Rasti Julia Sari dan Januar Arif Fatkhurrahman
Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
Jl. Ki Mangunsarkoro No. 6 Semarang
Email : ikharasti@kemenperin.go.id

Naskah diterima tanggal 27 Agustus 2014, disetujui tanggal 24 Oktober 2014

ABSTRACT

Industry in the production process can not be separated from good fuel oil, coal, or gas to run the existing process units, from the heater, boiler, oven, generator sets (gensets) to the incinerator where the combustion resulting in emissions. These emissions released into the environment through the air chimney, which refers to the construction simulation of air dispersion No. Kep. 205 / BAPEDAL / 07/1996 on Technical Guidelines for Air Pollution Control. This study aims to describe the chimney in the province of Central Java in 4 levels of adherence to monitoring air quality as part of the criteria in the compliance aspect PROPER. The method used is descriptive qualitative. The scope of the study is limited to 30 chimneys of industrial boilers in Central Java Province. The results showed that the characteristics of the boiler chimney industry in Central Java Province 66.67% has met the basic requirements of sampling air emissions as one of the prerequisites pentaataan environment; 20% of the industry already has a sampling hole in the absence of a platform or additional fittings; 6.67% is complete with extra amenities and only 6.67% of the sample population who do not have the basic requirements of sampling.

Keywords: *characteristics of flue boiler, air compliance, central java industry*

ABSTRAK

Industri dalam proses produksinya tidak lepas dari pemakaian bahan bakar baik minyak, batubara, maupun gas untuk menjalankan unit proses yang ada, dari mulai heater, boiler, oven, generator set (genset) sampai incenerator dimana dalam pembakaran menghasilkan emisi. Emisi ini dikeluarkan ke lingkungan melalui cerobong udara, dimana pembangunannya mengacu dalam Keputusan Kepala Bapedal Nomor Kep. 205/ Bapedal/ 07/ 1996 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gambaran cerobong di wilayah Propinsi Jawa Tengah dalam 4 level keterlaksanaan pemantauan kualitas udara sebagai bagian kriteria aspek pentaatan dalam PROPER. Metode yang digunakan adalah deskriptif kualitatif. Lingkup penelitian dibatasi pada 30 cerobong boiler industri di Propinsi Jawa Tengah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa karakteristik cerobong boiler industri di Propinsi Jawa Tengah 66,67% telah memenuhi persyaratan dasar pengambilan contoh udara emisi sebagai salah satu prasyarat pentaataan lingkungan; 20% industri sudah memiliki lubang sampling tanpa adanya platform atau kelengkapan tambahan; 6,67% sudah lengkap dengan fasilitas tambahan dan hanya 6,67% dari populasi sampel yang belum mempunyai persyaratan dasar pengambilan contoh.

Kata Kunci : karakteristik cerobong boiler, pentaatan udara, industri jawa tengah

PENDAHULUAN

Perkembangan industrialisasi di Jawa Tengah mengalami peningkatan yang signifikan dari tahun ke tahun. Pada tahun 2011 tercatat sebesar 3.850 unit perusahaan yang masuk dalam kategori industri sedang dan besar (jateng.bps.go.id:2013). Industri dalam proses produksinya tidak lepas dari pemakaian bahan bakar baik minyak, batubara, maupun gas untuk menjalankan unit proses yang ada, dari mulai heater, boiler, oven, generator set (genset) sampai incenerator. Ditinjau dari dua jenis bahan bakar yang umum digunakan di industri, pada tahun 2011 industri menggunakan 530.598.982 liter batu bara dan 108.867.133 liter solar (jateng.bps.go.id:2013).

Proses pembakaran bahan bakar minyak dan batubara menghasilkan produk samping sisa pembakaran berupa cemaran udara, yang lazim disebut emisi udara. Dalam Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara menyatakan bahwa emisi adalah zat, energi dan/atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan/ atau dimasukkannya ke dalam udara ambien yang mempunyai dan/ atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar. Emisi ini dikeluarkan ke lingkungan melalui cerobong udara.

Dalam Keputusan Kepala Bapedal Nomor Kep. 205/ Bapedal/ 07/ 1996 tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara dalam lampiran 3 disyaratkan bahwa cerobong udara dibuat dengan mempertimbangkan aspek pengendalian pencemaran udara yang didasarkan pada lokasi dan tinggi cerobong. Rancang bangun atau desain cerobong disesuaikan dengan kondisi pabrik dengan mempertimbangkan emisi yang dikeluarkan tidak melebihi baku mutu emisi udara yang ditetapkan. Disamping itu ada beberapa persyaratan perencanaan cerobong harus mengakomodir sarana dan prasarana yang diperlukan petugas pengambil sampel udara emisi sesuai dengan metode uji yang digunakan. Persyaratan tersebut diantaranya adalah lubang sampling, lantai kerja, tangga besi dan selubung pengaman.

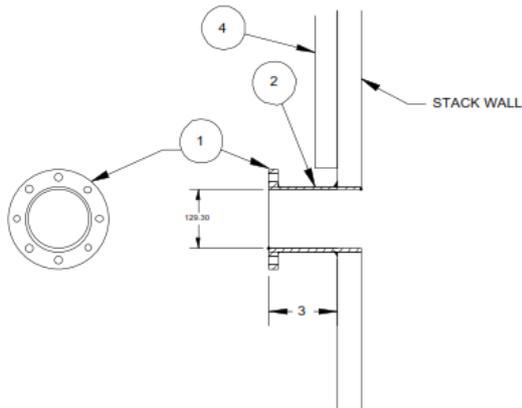
Pengendalian pencemaran dan/ atau kerusakan lingkungan hidup dilaksanakan oleh Pemerintah, pemerintah daerah, dan penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan sesuai dengan kewenangan, peran, dan tanggung jawab masing-masing sesuai yang

tercantum dalam Undang-undang Republik Indonesia No. 32 Tahun 2009. Pemantauan kualitas udara merupakan bagian dari upaya pengendalian pencemaran lingkungan dan salah satu dari empat aspek yang masuk di dalam kriteria Program Penilaian Kinerja Perusahaan (PROPER). Program ini sudah dimulai sejak tahun 1996 oleh Kementerian Lingkungan Hidup, yang merupakan kegiatan pengawasan dan program pemberian insentif dan/ atau disinsentif kepada penanggung jawab usaha dan/ atau kegiatan. PROPER merupakan instrumen penaatan alternatif yang dikembangkan untuk bersinergi dengan instrumen penaatan lainnya guna mendorong penaatan perusahaan melalui penyebaran informasi kinerja kepada masyarakat. PROPER mengadopsi pola insentif dan disinsentif, dan pengawasan atas kinerja perusahaan. Kriteria penilaian terdiri dari penilaian ketaatan dan penilaian ketaatan lebih atau penilaian lebih (*beyond compliance*) dengan kriteria yang tercantum dalam Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2011 tentang Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup. Dari hasil laporan PROPER Tahun 2010-2011 tingkat ketaatan berada pada range 50-75% industri peserta PROPER di Propinsi Jawa Tengah.

Saat ini belum adanya data tentang karakteristik cerobong industri di Propinsi Jawa Tengah yang sebenarnya sangat diperlukan tim PROPER dalam melihat pentaatan industri dalam aspek pengendalian pencemaran udara mengingat jumlah peserta PROPER akan meningkat dari tahun ke tahun.

Penelitian ini bertujuan untuk melihat gambaran cerobong di wilayah Propinsi Jawa Tengah serta menjamin keterlaksanaan pemantauan kualitas udara. Karakteristik cerobong diklasifikasikan berdasarkan ketersediaan sarana dan kelengkapan tambahan pengambilan sampel yang merupakan bagian dari pentaatan lingkungan. (Environment Agency, 2010) mengklasifikasikan cerobong dalam 4 level sesuai beberapa poin dari keempat level cerobong industri, sebagai berikut;

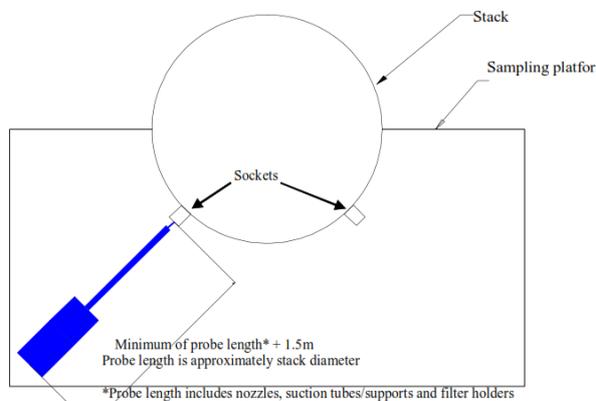
1. Belum adanya sarana pengambilan sampel baik lubang sampling, platform maupun kelengkapan tambahan
2. Ketersediaan Lubang sampling, lubang sampling dibuat cukup besar untuk menampung peralatan penguji / probe, ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Standar Lubang Sampling A (Environment Agency, 2010)

Diameter flange (1), 125mm, dengan panjang (2) 125 mm. Sementara ketebalan flange minimal (3) 75 mm dari dinding cerobong, dan (4) merupakan dudukan monorail yang ditempatkan secara vertikal.

- Platform kerja / bordes, disesuaikan dengan diameter cerobong yang ada. Area kerja tersebut harus mampu mendukung kenyamanan dan keselamatan pekerja, serta mencukupi untuk penempatan peralatan kerja. Untuk cerobong dengan diameter kurang dari 3,6 meter dapat digambarkan dalam gambar 2, berikut;

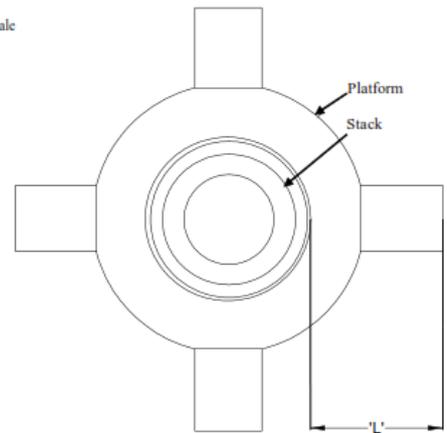


Gambar 2. Standar Area Kerja / Bordes dengan Diameter Cerobong <3,6 meter (Environment Agency, 2010)

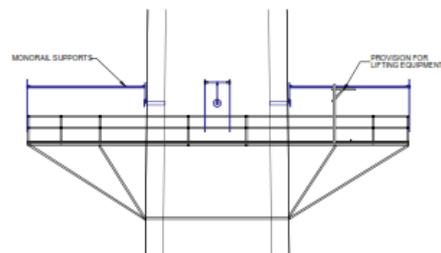
Cerobong dengan diameter kurang dari 3,6 dapat menggunakan area kerja atau bordes seluas separuh ukuran cerobong. Yang terpenting, area kerja mampu menampung total panjang probe, peralatan, dan petugas pengambil sampel. Sementara itu, jika cerobong mempunyai diameter lebih dari 3,6 meter, desain area kerja / bordes dapat digambarkan seperti gambar 3;

Sampling should be carried out from four sample holes on these large stacks

Figure not to scale



L (Length) = Probe length (includes nozzles, suction tubes/supports and filter housing) + 1.5m
Probe length is approximately stack diameter / 2.



Gambar 3. Standar Area Kerja / Bordes dengan Diameter Cerobong >3,6 meter (Environment Agency, 2010)

Seperti halnya standar area kerja pada cerobong dengan diameter cerobong < 3,6 meter, cerobong dengan diameter > 3,6 meter harus mampu menampung panjang probe yang mempunyai panjang lebih dari diameter cerobong tersebut atau setengah dari diameter cerobong tersebut jika sampel diambil dari 4 lubang sampling yang berbeda.

- Kelengkapan tambahan, meliputi kelengkapan safety dalam hal kekuatan area kerja, bahan pembuatan yang tahan korosif dan isolator.

Dari keempat tingkatan profil cerobong tersebut dijadikan masukan kepada tim PROPER dalam membina dan mengawasi pentaatan lingkungan udara. Dari sisi industri dapat menjadi masukan perbaikan pentaatan lingkungan udara berdasarkan tingkatan profil cerobong tersebut.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan deskriptif kualitatif. Pendekatan tersebut dilakukan dengan observasi, wawancara dan dokumentasi. Observasi yang dilakukan bersifat partisipatif. Penulis

berpartisipasi langsung melakukan pengamatan dan wawancara langsung dengan pihak industri.

Lingkup penelitian ini dibatasi pada cerobong dari unit utilitas boiler sebanyak 30 cerobong industri yang ada di wilayah Propinsi Jawa Tengah dengan meninjau dari sisi sarana dan kelengkapan tambahan pemantauan lingkungan.

Identifikasi cerobong boiler diklasifikasikan menjadi 4 (empat) tingkatan yang disebut dengan profil cerobong industri di Jawa Tengah (Environment Agency, 2010);

1. Tidak adanya sarana pengambilan sampling (Level 1)
2. Ada atau tidaknya lubang sampling (Level 2)
3. Ada atau tidaknya bordes/ platform dan lubang sampling (Level 3)
4. Ada atau tidaknya kelengkapan safety bordes/ platform dan lubang sampling (level 4)

Tahapan penelitian ini disajikan dalam 3 tahapan utama, yaitu pengumpulan data, analisis dan hasil pembahasan seperti tercantum dalam gambar 4.



Gambar 4. Skematik Penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Industri di Propinsi Jawa Tengah

Industri di Jawa Tengah yang umumnya merupakan industri menengah, dengan unit utilitas yang sebagian besar menggunakan boiler sebagai penyedia steam pada proses produksinya. Bahan bakar yang digunakan bervariasi dari penggunaan solar, MFO, batubara sampai biomassa. Hasil pembakaran bervariasi, hal ini selain

bergantung pada efektifitas proses pembakaran, penggunaan alat pengendali cemaran serta ukuran dan ketinggian cerobong asap.

Desain suatu cerobong merupakan perhitungan yang didasarkan pada diagram moody dan perhitungan tentang geometrik yang untuk membuang udara ke lingkungan pada ketinggian tertentu. Tahapan yang pertama adalah menentukan bilangan Reynold untuk mengetahui tipe alirannya dan diplotkan pada diagram moody, seperti dalam hasil penelitian Sanda (2011) dimana cerobong bau/ozon dengan ketinggian 12,5 m dan diameter sebesar 630 mm serta diameter hisap limbah sebesar 500 mm yang terbuat dari bahan galvanized iron, dimana keluaran ozon ke udara dianggap masih dalam keadaan normal, yaitu 0,01 – 0,02 ppm.

Berdasarkan dokumentasi dan pengamatan laboratorium pengujian BBTPPI, cerobong di industri dibangun tanpa pertimbangan teknis pemantauan dan pentaatan lingkungan, dalam hal ini baik lokasi penempatan cerobong, ketinggian cerobong, dimensi cerobong, sampai kepada lokasi pentaatan lingkungan atau titik sampling seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini



Gambar 5. Contoh cerobong Proses di Industri Jawa Tengah (BBTPPI, 2014)

Rata – rata cerobong proses di industri Jawa Tengah seperti gambar 5 menunjukkan minimnya pemahaman industri terkait kebutuhan pemantauan lingkungan yang merupakan prasyarat pentaatan lingkungan udara sebagai bagian kriteria penilaian dalam PROPER.

Profil Cerobong Industri di Jawa Tengah

Data sampel cerobong boiler industri di Propinsi Jawa Tengah yang dilaksanakan melalui dokumentasi dan observasi, maupun wawancara dengan pihak industri, diperoleh sebanyak 30 sampel, dari data tersebut diolah dan diklasifikasikan cerobong industri seperti terlihat dalam tabel 1.

Dari tabel 1. Tabulasi Data Cerobong Industri dari 30 sampel dari unit utilitas boiler, dimana penggunaan bahan bakar bervariasi dari solar, MFO, batubara dan biomassa. Klasifikasi bahan bakar secara umum tidak mencerminkan ketaatan industri dalam karakteristik cerobong yang ada, hal ini nampak tidak adanya korelasi anatara bahan bakar dengan ketaatan cerobong industri. Dari 30 sampel identifikasi cerobong industri, dapat diklasifikasikan tingkatan profil cerobong dari level 1 sampai level 4, sebagai berikut;

1. Industri dengan cerobong yang tidak mempunyai lubang sampling, platform, dan kelengkapan tambahan, sebesar 6,67% dari keseluruhan sampel, cerobong industri jenis ini masuk dalam klasifikasi level 1. Industri yang masuk dalam kategori ini hendaknya mendapatkan pembinaan dan pengawasan dari pihak terkait.

2. Industri dengan cerobong yang hanya mempunyai lubang sampling, namun tidak mempunyai platform dan kelengkapan tambahan, sebesar 20% dari keseluruhan sampel, cerobong industri jenis ini masuk dalam klasifikasi level 2.

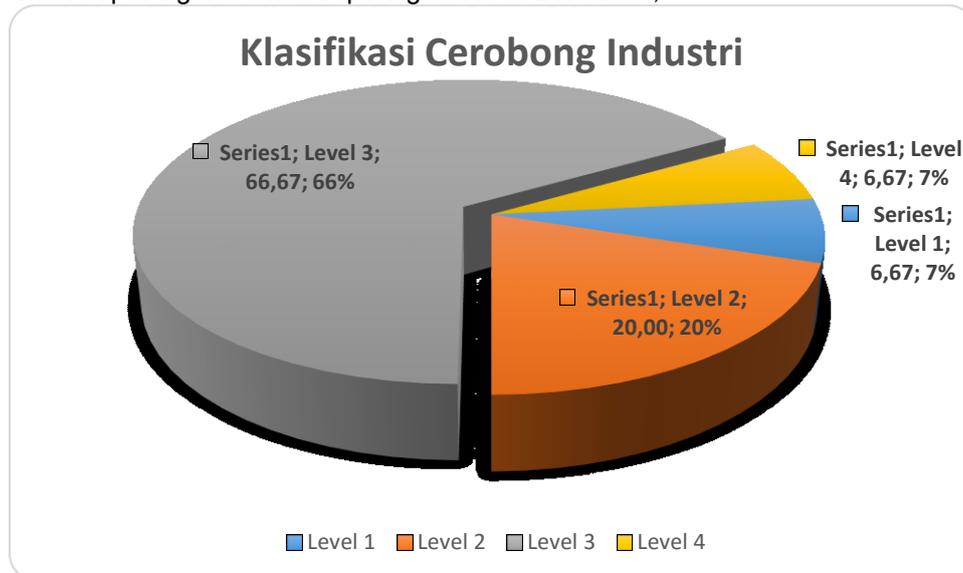
3. Industri dengan cerobong yang mempunyai lubang sampling dan platform, namun tidak memiliki kelengkapan tambahan, sebesar 66,67% dari keseluruhan sampel, cerobong industri jenis ini masuk dalam klasifikasi level 3.

4. Industri dengan cerobong dengan kelengkapan pengambilan contoh udara emisi, sebesar 6,67% dari keseluruhan sampel, cerobong industri jenis ini masuk dalam klasifikasi level 4.

Tabel 1. Tabulasi Data Cerobong Industri

No	Nama Industri	Nama Boiler	Kapasitas Boiler	Bahan Bakar Boiler	Tinggi Cerobong (meter)	Diameter Cerobong (meter)	Klasifikasi Cerobong		
							Lubang Sampling	Platform	Kelengkapan Tambahan
1	PT. DM	VKK Standard Kessel	10 ton	Batubara	20	1,2	Ada	Ada	Tidak Ada
2	PT. DM	VKK Standard Kessel	10 ton	Batubara	30	1,2	Ada	Ada	Tidak Ada
3	PT. DM	WUXI Xineng	3.000.000 kKal/jam	Batubara	24	1,2	Ada	Ada	Tidak Ada
4	PT. CC	Boiler 1	5 ton	CNG	10	0,8	Ada	Ada	Tidak Ada
5	PT. CC	Boiler 2	3,2 ton	CNG	10	0,8	Ada	Ada	Tidak Ada
6	PT. CC	Boiler 3	4 ton	CNG	10	0,6	Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
7	PT. DL	Boiler 2	10,5 ton	Batubara	14	1	Ada	Ada	Tidak Ada
8	PT. DL	Boiler 3	10,5 ton	Batubara	14	1	Ada	Ada	Tidak Ada
9	PT. DL	Boiler 4	1.000.000 kKal/jam	Batubara	14	1	Ada	Ada	Tidak Ada
10	PT. DT	Boiler Standard Kessel	10 ton	Batubara	25	1,2	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
11	PT. HI	Boiler 1	5 ton	MFO	25	1	Ada	Ada	Tidak Ada
12	PT. HI	Boiler 2	5 ton	Biomassa	25	1	Ada	Ada	Tidak Ada
13	PT. IF	Boiler 1	0,75 ton	Solar	8	0,5	Ada	Ada	Tidak Ada
14	PT. IF	Boiler 2	0,75 ton	Solar	8	0,5	Ada	Ada	Tidak Ada
15	PT. JB	Boiler Alstoom	10 ton	Biomassa	24	1	Ada	Ada	Tidak Ada
16	PT. JB	Boiler Loos	5 ton	Solar	12,5	1	Ada	Ada	Tidak Ada
17	PT. LP	Boiler WEN	20 ton	Batubara	30	1	Tidak Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
18	PT. LP	Boiler Cheng Chen	30 ton	Batubara	24	2,98	Ada	Ada	Tidak Ada
19	PT. PP	Boiler Hokken 5	5 ton	Solar	11	0,4	Ada	Ada	Ada
20	PT. PP	Boiler Hokken 4	5 ton	Solar	11	0,4	Ada	Ada	Ada
21	PT. PX	Boiler Alstoom	10 ton	Batubara	24	1	Ada	Ada	Tidak Ada
22	PT. PX	Boiler Alstoom	10 ton	Batubara	24	1	Ada	Ada	Tidak Ada
23	PT. PX	Boiler THT	5 ton	Batubara	20	0,8	Ada	Ada	Tidak Ada
24	PT. PY	Boiler 1	10 ton	Batubara	25	1,3	Ada	Ada	Tidak Ada
25	PT. SG	Boiler Miura	0,75 ton	Solar	3	0,3	Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
26	PT. SF	Boiler Basuki	10 ton	Biomassa	18	1	Ada	Tidak Ada	Tidak Ada
27	PT. TK	Boiler Aalborg	10 ton	MFO	12	0,6	Ada	Ada	Tidak Ada
28	PT. TS	Boiler 1	5 ton	Batubara	20	1	Ada	Ada	Tidak Ada
29	PT. KL	Boiler Daelim	30 ton	Biomassa	28	1,7	Ada	Ada	Tidak Ada
30	PT. KL	Boiler Shandong	2 ton	Biomassa	17	0,5	Ada	Tidak Ada	Tidak Ada

Dalam pie chart dapat digambarkan seperti gambar 6. Berikut ini;



Gambar 6. Klasifikasi Cerobong Industri

Berdasarkan data 30 sampel acak tersebut, dapat disimpulkan bahwa sebagian besar dari cerobong industri pada unit boiler di Jawa Tengah berada pada level 3, dimana terdapat lubang sampling dan platform/ bordes, namun alat kelengkapan tambahan yang ada belum maksimal.

Pada cerobong industri dengan klasifikasi level 1, sebesar 6,67% dari seluruh populasi sampel, dari observasi lapangan, diperoleh beberapa hal yang menyebabkan cerobong tersebut tidak mempunyai persyaratan dasar pengambilan contoh, diantaranya (Diskusi dengan Bapak Ahmad – PT. DT, 2013);

1. Kurangnya informasi dan pengetahuan bagian lingkungan, mengenai persyaratan pentaatan lingkungan udara.
2. Sosialisasi yang kurang dari lembaga pengawas maupun pembina lingkungan industri

Sedangkan pada cerobong industri dengan klasifikasi level 2, dengan presentase sebesar 20% dari seluruh populasi sampel, merupakan perusahaan baru yang baru pertama kali melaksanakan pengambilan contoh udara emisi, dan pada saat konstruksi cerobong tidak memperhitungkan faktor pentaatan lingkungan. Sementara itu, observasi lapangan pada cerobong industri level 3, meskipun secara umum telah mencukupi untuk pengambilan contoh udara emisi, masih ditemukan kekurangan dari sebagian besar cerobong di level 3 ini, yaitu;

1. Bordes dan tangga yang keropos, faktor safety tentunya menjadi berkurang dengan adanya bordes dan tangga yang keropos, hal ini dikarenakan bordes seharusnya mampu menopang dengan aman beban petugas dan peralatan yang dapat mencapai total 500 kg.



Gambar 7. Penampang bordes dan tangga yang keropos (BBTPPI, 2013)

2. Bordes yang terlalu kecil



Gambar 8. Penampang Bordes yang Terlalu Kecil

Bordes atau area kerja yang terlalu kecil akan menyulitkan petugas dalam melaksanakan pengambilan sampel. Peralatan kerja yang digunakan juga kesulitan untuk dipasang pada lubang sampling.

Sementara itu, keseluruhan cerobong industri di Jawa Tengah dari seluruh populasi sampel belum mempunyai klasifikasi cerobong dengan Level 4, hal ini perlu dicermati dikarenakan pada level 4 ini lebih mengedepankan segi safety atau keamanan di cerobong, baik keamanan konstruksi maupun keamanan pengambilan contoh sebagai salah satu faktor pentaatan lingkungan.

(Bell, 2001) menyatakan bahwa salah satu faktor yang dapat mempengaruhi pengukuran adalah tidak tercapainya representasi tempat pengukuran yang sesuai. Dalam hal ini salah satunya adalah faktor safety yang dapat menyebabkan ketidaknyamanan petugas dalam menjalankan pengukuran dan pengambilan data. (Ministry of Environment, Macedonia, 2014) menyebutkan beberapa faktor yang perlu dicermati sebagai safety factor dalam pengambilan contoh emisi;

- a. Keseluruhan lokasi cerobong maupun bordes harus terlindung dari bahaya kejatuhan benda.
- b. Bordes dan tangga harus mampu menopang beban petugas dan peralatan
- c. Tangga tidak diperkenankan menempel langsung pada dinding cerobong untuk mencegah rambatan panas

- d. Bordes harus dilengkapi dengan monorail di atas lubang sampling untuk menopang peralatan sampling,

Faktor safety merupakan hal penting yang diperlukan dalam pengambilan contoh emisi pada cerobong industri. Industri perlu meningkatkan klasifikasi cerobong industrinya termasuk di dalamnya faktor safety.

KESIMPULAN

Karakteristik cerobong boiler industri di Propinsi Jawa Tengah 66,67% telah memenuhi persyaratan dasar pengambilan contoh udara emisi sebagai salah satu prasyarat pentaataan lingkungan; 20% industri sudah memiliki lubang sampling tanpa adanya platform atau kelengkapan tambahan; 6,67% sudah lengkap dengan fasilitas tambahan dan hanya 6,67% dari populasi sampel yang belum mempunyai persyaratan dasar pengambilan contoh.

Peran instansi pengawas dan pembina industri maupun tim PROPER perlu ditingkatkan untuk meningkatkan kesadaran dan ketaatan industri terhadap pentaatan lingkungan, termasuk menekankan faktor safety dalam pengambilan sampel udara emisi.

DAFTAR PUSTAKA

Environment Agency, 2010. Technical Guidance Note, "Sampling Requirement for Stack Emission Monitoring".

- Keputusan Kepala Badan Pengendali Dampak Lingkungan Nomor : Kep. 205/ Bapedal/ 07/ 1996 Tentang Pedoman Teknis Pengendalian Pencemaran Udara
- Ministry of Macedonia, 2014. Emission Stack Monitoring Handbook
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 05 Tahun 2011 tentang Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan (Proper) dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999 tentang Pengendalian Pencemaran Udara
- Sanda. 2012. Disain Blower dan Cerobong untuk Membuang Limbah Bau dan Ozon Irradiator Gamma 500 kCi. Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah. Volume 15 Nomor 1, Juli 2012. Pusat Teknologi Limbah Radiokatif.
- Sekretariat PROPER Kementerian Lingkungan Hidup. 2011. Laporan Hasil Penilaian Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup
- Stephanie Bell, 2001. A beginner's guide to uncertainty of measurement, Centre for Basic, Thermal and Length Metrology, National Physical Laboratory, NPL, Measurement Good Practice Guide No. 11 (Issue 2), 41 p., 2001
- Undang Undang Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup

PENGOLAHAN AIR LIMBAH INDUSTRI TEH BOTOL DENGAN TEKNOLOGI BIOLOGIS ANAEROBIK UASB – WETLAND

WASTEWATER TREATMENT OF BOTTLED TEA INDUSTRY BY BIOLOGICAL TECHNOLOGY UASB - WETLAND

Misbachul Moenir, Sartamtomo dan Sri Moertinah
Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
Jl. Ki Mangunsarkoro 6 Semarang
e-mail : mismoen@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 3 Juli 2014, disetujui tanggal 5 September 2014

ABSTRACT

Wastewater of bottled tea industry is one of the wastewater that have high organic load. Wastewater treatment plan as activated sludge systems where are now applied in many industries is not recommended because that systems is Low Rate category less fit again to treat wastewater containing high organic contaminants and dissolved complex. Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) system is one of the anaerobic process with high efficiency that can reduced at high organic load. Because the UASB process as initial treatment and thus to be followed by the wetland as an further treatment can reduce of organic contamination.

This research used the wastewater of the tea bottles industry in Central Java. Anaerobic microbial sources are used for seeding UASB reactor (2 parallel units) derived from anaerobic sludge of tofu industry. Residence time of the UASB reactor designed in total for 19 hours with a debit 2297 l / day. Advanced treatment of UASB reactor is done by processing wetland

The results showed that UASB reactors I and II can reduce COD up 88.51% and the highest efficiency of processing with wetland 85.02%, Next wastewater treatment with a combination of UASB and wetlands can reduce COD between 97.65 to 98,90% and the effluent fullfill the effluent standard beverage industry according to the Central Java Province Regulation No. 5/2012, where the COD = 35.44 mg / l, TSS = 16 mg / l, and BOD₅ = 13.44 mg / l.

Keywords : *industrial waste water bottled tea, biological treatment, anaerobic UASB, wetland, effluent fullfill standards*

ABSTRAK

Industri minuman ringan merupakan salah satu industri yang mengeluarkan air limbah dengan beban organik yang cukup tinggi. Sistem pengolahan air limbah yang berkategori low rate seperti sistem activated sludge yang sekarang diterapkan di industri kurang sesuai lagi untuk mengolah air limbah yang mengandung cemaran organik tinggi dan bersifat kompleks terlarut. Sistem Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) adalah salah satu proses anaerobik dengan efisiensi tinggi yang dapat beroperasi pada beban organik tinggi. Proses pengolahan dengan wetland sebagai pengolahan lanjutan dapat menurunkan kadar cemaran organik lebih lanjut. Pada penelitian digunakan air limbah yang berasal dari salah satu industri teh botol di Jawa Tengah. Sumber mikroba anaerob yang digunakan sebagai seeding reaktor UASB (2 unit paralel) berasal dari lumpur anaerob yang terbentuk pada pengolahan air limbah industri tahu yang telah berfungsi dengan baik. Waktu tinggal dalam reaktor UASB secara total selama 19 jam dengan debit 2.297 l/hari. Pengolahan lanjutan dari reaktor UASB dilakukan dengan pengolahan wetland

Hasil penelitian menunjukkan bahwa reaktor UASB I dan II dapat mereduksi COD dengan efisiensi tertinggi 88,51% dan pengolahan dengan wetland tertinggi 85,02%, selanjutnya pengolahan air limbah dengan kombinasi UASB dan wetland dapat mereduksi beban cemaran COD antara 97,65 – 98,90 % dan hasil effluen sudah memenuhi baku mutu air limbah industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD₅ = 13,44 mg/l.

Kata kunci : air limbah industri teh botol, pengolahan biologi, anaerob UASB, wetland, effluen memenuhi baku mutu

PENDAHULUAN

Dalam proses produksi teh botol selain produk yang bernilai ekonomi juga dihasilkan limbah yang apabila tidak dikelola secara benar dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan. Air limbah industri teh botol berasal dari proses industri seperti pencucian botol, mesin filler, crutter dan sisa teh yang terikut dalam botol bekas serta air limbah yang berasal dari unit demineralizer

Karakteristik air limbah industri minuman ringan teh botol dapat dilihat pada Tabel 1 berikut

Tabel 1. Karakteristik Air Limbah Industri Minuman Ringan Teh Botol

No.	Parameter	Satuan	Nilai	Baku Mutu Air Limbah Industri Minuman Ringan
1.	Ph	-	5,1 – 7,2	6,0 - 9,0
2.	BOD	mg/l	500 – 989	50
3.	COD	mg/l	4.040 – 6.154	100
4.	TSS	mg/l	317	30
5.	Minyak dan Lemak	mg/l	12	3

Sumber : Data laboratorium PT. Sinar Sosro, 2012

Air limbah dengan beban organik tinggi seperti diatas biasanya lebih sesuai diolah dengan menggunakan sistem biologi anaerob maupun aerob. Pada prinsipnya pengolahan biologi bertujuan untuk merombak bahan organik dalam air limbah menjadi bahan yang lebih sederhana dengan bantuan mikroorganisme dalam suasana tanpa oksigen (anaerob) atau dengan oksigen (aerob).

Pada saat ini industri teh botol sudah melakukan pengolahan air limbahnya sebelum dibuang ke lingkungan yaitu dengan sistem biologi aerobik lumpur aktif (activated sludge) langsung tanpa pengolahan tahap pertama sehingga memerlukan konsumsi oksigen yang sangat tinggi dalam bak lumpur aktif yang menyebabkan biaya operasional IPAL yang ada menjadi sangat besar.

Untuk mengatasi permasalahan diatas telah dicoba penelitian pengolahan air limbah industri teh botol dengan sistem anaerobik UASB sebagai pengolahan pendahuluan yang dilanjutkan dengan teknik wetland. Hal ini didasarkan bahwa pengolahan biologi anaerobik dapat melakukan perombakan (degradasi) bahan organik tinggi COD > 1.500 mg/l (Benefield D & R. Clifford, 1980).

Penguraian senyawa organik yang terdapat dalam air limbah secara anaerobik seperti karbohidrat, lemak dan protein dengan proses akan menghasilkan biogas yang mengandung metana (50-70%), CO₂ (25-45%)

dan sejumlah kecil nitrogen, hidrogen dan hidrogen sulfida.

Reaksi sederhana penguraian senyawa organik secara anaerob :



Sebenarnya penguraian bahan organik secara anaerobik mempunyai reaksi yang begitu kompleks dan mungkin terdiri dari ratusan reaksi yang masing-masing mempunyai mikroorganisme dan enzim aktif yang berbeda-beda.

Menurut Van Lier Jules B, 2008 beberapa keunggulan dari proses penguraian bahan organik secara anaerobik adalah teknologi yang sederhana dengan efisiensi pengolahan tinggi dan dengan *loading rate* dapat mencapai 20 – 30 kg COD/m³, produksi lumpur yang sedikit, mengurangi kebutuhan lahan dan apabila diinginkan gas methane yang dihasilkan dapat diambil sebagai sumber energi. Namun demikian proses anaerobik mempunyai kelemahan yaitu waktu *start up* yang cukup lama sekitar 8 – 12 minggu apabila tidak menggunakan *granular anaerobic seed* dan proses anaerobik ini merupakan proses pengolahan pendahuluan, sehingga harus diteruskan dengan proses lanjutan. Disamping itu apabila dalam zat organik mengandung unsur S dan N maka dalam proses pengolahan secara anaerob akan dihasilkan pula gas H₂S dan NH₃ (Said Nusa Idaman, 2002)

Menurut Millis dan Pittard, 1982 dan Trihadiningrum, 1989, berdasarkan kebutuhan makanan bakteri yang berperan dalam perombakan secara anaerob dapat dibagi menjadi tiga golongan yaitu golongan bakteri hidrolitik, acetogenik dan metanogenik.

Golongan bakteri hidrolitik berfungsi untuk mendegradasi makromolekul- makromolekul menjadi produk yang dapat larut dan dengan bantuan enzim protease, lipase, karbohidrase dan esterase dirombak menjadi molekul organik ranrai pendek yang dapat larut. Golongan ini terdiri dari bermacam-macam bakteri fakultatif anaerob dan bakteri obligat anaerob baik bersifat gram positif maupun gram negatif dan berbentuk batang. Golongan bakteri acetogenik berperan dalam fermentasi asam-asam amino, glucose dan β-oksidasi asam lemak untuk menghasilkan asetat atau H₂.

Golongan bakteri metanogenik ini yang mampu menggunakan substrat dengan atom C₁ (CH₃ NH₂, CH₃. OH) dan atom C₂ (CH₃COOH) untuk menghasilkan methan dan proses ini berjalan dengan baik pada pH 6,7 – 8,0. Tahap methanasi merupakan tahap yang dapat mereduksi COD air limbah paling tinggi dan

apabila diinginkan maka gas metan dapat dipakai sebagai sumber energi.

Menurut Bahgat, M. and A. Dewedar, 2009, pengolahan biologi anaerobik mempunyai beberapa tipe berdasarkan jenis reaktornya yaitu : *Suspended Growth*, termasuk disini adalah *Complete Mixed Suspended growth*, *Anaerobic Contact process*, *Anaerobic Sequencing Batch Reactor (ASBR)*,

1. *Anaerobic Sludge Blanket*. termasuk disini adalah *Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB)*, *Anaerobic Baffle Reactor (ABR)*, *Anaerobic Migrating Blanket Reactor (AMBR)*
2. *Attached Growth*, termasuk disini adalah *Upflow Packed-bed Reactor*, *Anaerobic Expanded-bed Reactor*, *Anaerobic Fluidized-bed Reactor*
3. *Covered Anaerobic Lagoon*

Pada penelitian pengolahan air limbah industri teh botol ini sistem biologi anaerob yang dipilih adalah UASB, dengan pertimbangan UASB adalah salah satu proses anaerobik yang mempunyai efisiensi tinggi dan dapat mengolah air limbah dengan beban organik relatif tinggi. Pada kondisi mesofilik dengan beban volumetrik ≥ 25 kg COD/m³.hari dan waktu tinggal ≤ 5 jam, sistem pengolahan dengan UASB ini dapat mereduksi COD $\geq 85\%$ (Lettinga, et al., 1983).

Prinsip kerja UASB adalah air limbah masuk dari bagian bawah reaktor lalu dialirkan secara vertikal ke atas. Air limbah pertama-tama akan melewati suatu lapisan yang dinamakan *sludge bed*. Pada lapisan ini air limbah yang masuk akan mengalami kontak dengan mikroba anaerob yang berbentuk granula (*pellet*) yang menyusun *sludge bed* tersebut. Biogas yang terbentuk dari metabolisme anaerob akan bergerak ke atas dan mengakibatkan terjadinya proses vertical mixing di dalam reaktor. Dengan demikian, tidak diperlukan alat mekanik untuk pengadukan di dalam reaktor. Kecepatan aliran keatas (*up flow*) harus dipertahankan sedemikian rupa sehingga dapat menciptakan pembentukan *sludge blanket* yang dapat memberikan area yang luas untuk kontak antara *sludge* dan air limbah. Kecepatan tipikal aliran ke atas yang disarankan oleh Lettinga dan Hulshoff Pol (1991) adalah 1 - 1,25 m/jam meskipun sebaiknya kurang dari 1 m/jam. Pada bagian atas reaktor terdapat dua jenis saluran, yaitu saluran untuk mengeluarkan limbah hasil olahan (*effluent*) serta saluran untuk mengeluarkan biogas. Karena gas dan effluent bergerak ke atas, maka diperlukan suatu struktur untuk menahan granula agar tidak ikut terbawa ke aliran effluent

dan struktur inilah yang dinamakan *Gas-Liquid-Solid separator (GLSS)*.

Karena proses anaerobik merupakan proses pendahuluan maka pada penelitian ini dilanjutkan dengan proses wetland. Definisi wetland sangat beragam tapi pada dasarnya wetland adalah area yang setidaknya tergenangi air secara intermiten (Campbell and Ogden, 2005). Sedangkan menurut Eddy dan Metcalf, 1993, wetland adalah suatu lahan yang jenuh air dengan kedalaman air tipikal yang kurang dari 0,6 m yang mendukung pertumbuhan tanaman air yang sederhana. Menurut Hammer (1998) *Wetland* adalah pengolahan limbah secara alami yang terdiri dari tiga faktor utama, yaitu (1) Area yang digenangi air dan mendukung hidupnya tanaman air, (2) Media tumbuh berupa batuan yang selalu digenangi air, (3) Pertumbuhan mikroorganisme.

Menurut Vymazal Jan 2010, beberapa variabel dalam membuat konstruksi wetland adalah (1) Debit yang mengalir; (2) Bahan organik tertentu; (3) Kedalaman media batuan (4) Pemeliharaan tanaman selama proses pengolahan. Keunggulan sistem wetland menurut Harbel & Langergraber, 2002 adalah efisiensi pengolahan cukup tinggi sekitar 80 %, mempunyai toleransi yang tinggi terhadap fluktuatif debit air limbah, mampu mengolah air limbah dengan berbagai perbedaan jenis polutan maupun konsentrasinya dan memungkinkan pemanfaatan kembali dan daur ulang air limbah. Dan menurut Tangahu & Warmadewanthi (2001) keunggulan sistem wetland adalah dapat mengolah air limbah domestik, pertanian dan sebagian limbah industri termasuk logam berat serta biaya perencanaan, pengoperasian dan pemeliharaan relatif murah dan tidak membutuhkan ketrampilan yang tinggi.

METODE

Air limbah yang digunakan pada penelitian ini adalah air limbah yang berasal dari salah satu industri teh botol yang ada di Jawa Tengah. Sumber mikroba anaerob yang digunakan berasal dari lumpur anaerob yang terbentuk pada pengolahan air limbah industri tahu yang telah berfungsi dengan baik. Lumpur yang mengandung mikroba anaerob dimasukkan kedalam reaktor UASB dengan jumlah $\pm 40\%$ volume reaktor. Karena pH air limbah awal bersifat basa maka perlu dinetralkan dengan menambah asam. Rangkaian penelitian proses pengolahan air limbah teh botol yang terdiri dari tangki umpan,

reaktor UASB, pompa dan rangkaian penelitian yang dimaksud dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rangkaian peralatan penelitian pengolahan air limbah industri teh botol

Reaktor UASB yang digunakan dalam penelitian ini terdiri 2 (dua) unit dan terbuat dari *stainless steel* dengan masing-masing berdiameter 770 mm, tinggi silinder 2290 mm dan volume 1.165 L. Kelengkapan unit UASB adalah pipa inlet dan out let air limbah serta pipa out let gas metan.

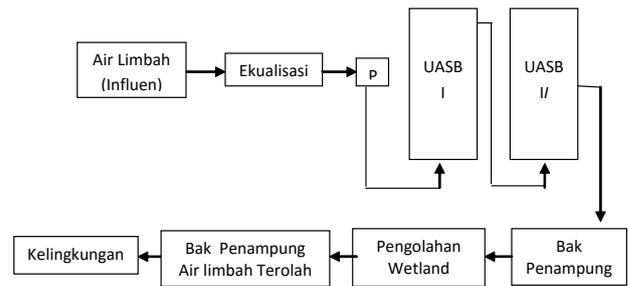
Penambahan makronutrien dimasukkan ke dalam tangki umpan yang terdiri dari urea sebagai sumber N dan K_2HPO_3 sebagai sumber P dengan perbandingan COD : N : P = 100 : 2,5 : 0,5. pH umpan reaktor UASB dipertahankan antara 6,5 – 7,0. Dengan pompa air limbah dialirkan dari tangki umpan ke reaktor UASB dengan debit sebesar 2,297 L/hari, sehingga waktu tinggal dalam reaktor UASB I dan II diperkirakan selama 19 jam (Sri Moertinah dkk, 2011) dan waktu tinggal dalam unit wetland selama 24 jam. Effluen reaktor UASB dan dari unit wetland ditampung dan dianalisa, unit pengolahan lanjut dari reaktor UASB (wetland) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Unit Pengolahan Wetland

Secara lengkap diagram alir proses pengolahan air limbah industri teh botol dengan sistem

biologi anaerob UASB-Wetland dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Diagram alir proses pengolahan air limbah industri teh botol dengan kombinasi anaerobik UASB dan wetland

Air limbah yang keluar dari reaktor UASB dan dari unit wetland dilakukan analisa parameter pH dan COD berdasarkan Standard Methods for Examination of Water and Waste Water (APHA, 2005) sebelum dan sesudah perlakuan pada setiap tahapan dengan menghitung persen penurunan COD sebelum dan sesudah diolah. Setelah kondisi optimal dicapai dilakukan analisa seluruh parameter air limbah effluen sesuai dengan baku mutunya yang ditetapkan pemerintah (Perda Provinsi Jawa Tengah No. 5 Tahun 2012).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Air Limbah

Karakteristik air limbah yang digunakan berasal dari salah satu industri teh botol di Jawa Tengah seperti pada tabel 2

Tabel 2. Karakteristik Air Limbah yang Digunakan Untuk Percobaan

No.	Parameter	Satuan	Konsentrasi
1	pH	-	6,4 – 7,8
2	BOD	mg/l	893 – 1.327
3	COD	mg/l	2.979 – 7.756
4	TSS	mg/l	115

Dari Tabel 2 menunjukkan bahwa air limbah industri teh botol mengandung cemaran organik cukup tinggi dengan kisaran nilai COD 2.979 – 7.756 mg/L dan BOD 893 – 1.327 mg/L dengan rasio BOD dan COD berkisar antara 3,3 – 5,8. Menurut Mangkoediharjo, 2010, air limbah dengan rasio BOD dan COD antara 0,2 – 0,5 (zona biodegradable) dapat diolah secara biologi, namun menurut Rakhma Putri, Arifani, dkk, 2013 rasio BOD/COD optimal untuk proses biologi aerobik adalah 0,1, proses biologi fakultatif pada rasio 0,2 dan proses biologi Anaerob rasionya > 0.2.

Dari hasil analisa TSS menunjukkan bahwa cemaran padatan tersuspensi air limbah relatif rendah. Karakteristik air limbah seperti

tersebut di atas cukup efektif bila diolah dengan proses anaerobik khususnya dengan reaktor UASB.

Pengolahan Air Limbah dengan Reaktor UASB

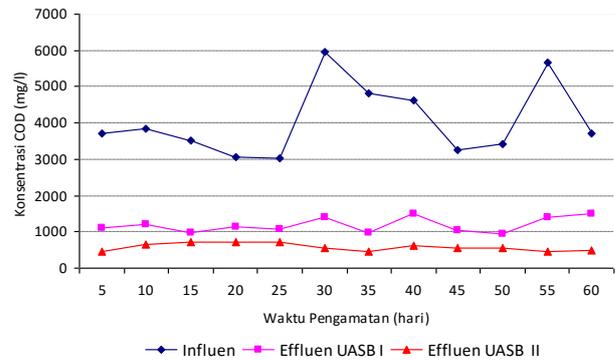
Percobaan pengolahan air limbah dari industri teh botol dilakukan dengan reaktor UASB dengan waktu tinggal dalam reaktor UASB I dan II selama 19 jam dilanjutkan dengan proses wetland dengan waktu tinggal 8 jam, 16 jam dan 24 jam

Pada tahap awal, air limbah diolah terlebih dahulu di dalam reaktor UASB yang diberi seeding dari lumpur anaerob yang terbentuk pada pengolahan air limbah industri tahu yang telah berfungsi dengan baik dan dioperasikan dengan waktu tinggal 19 jam selama 2 bulan. Nilai influen dan efluen reaktor UASB I dan II serta efisiensi pengolahan untuk parameter COD dapat terlihat pada Tabel 3 dan Gambar 4

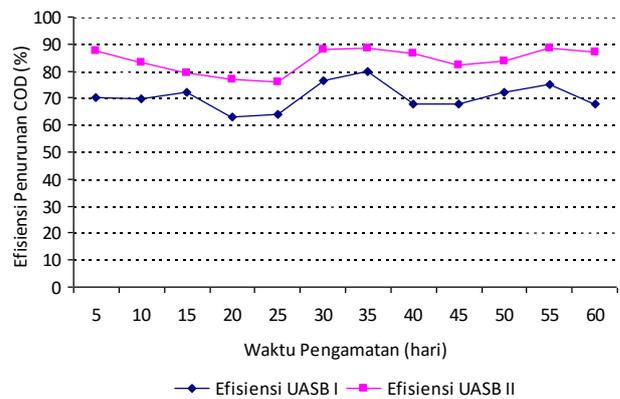
Tabel 3. Nilai Influen dan Effluen Unit UASB I dan UASB II Parameter COD

Pengamatan ke	Influen	Effluen UASB I	Effluen UASB II
1	3.705	1.112	461,4
2	3.846	1.192	647,2
3	3.525	984,8	726,5
4	3.066	1.134	701,2
5	3.026	1.089	722,7
6	5.946	1.401	748,3
7	4.810	962,5	465,1
8	4.639	1.484	631,7
9	3.253	1.041	554,9
10	3.429	960,1	552,8
11	5.651	1.413	649,5
12	3.721	1,201	476,6

Pelaksanaan penelitian tersebut dilakukan dengan konsentrasi COD air limbah sebagai umpan reaktor UASB I berkisar antara 3.026 – 5.946 mg/L kondisi dan waktu tinggal dalam reaktor UASB I dan I selama 19 jam serta pengamatan berlangsung selama 60 hari. Konsentrasi COD efluen UASB I berkisar antara 960,1 – 1.201 mg/l dan effluen UASB II berkisar antara 461,4 – 726,5 mg/l. Efisiensi reduksi konsentrasi COD secara total (UASB I dan UASB II) tertinggi dapat mencapai 88,51% dan nilai ini lebih tinggi daripada percobaan UASB oleh Wongnoi dan Phalakornkule (2004) yang mencapai efisiensi reduksi COD sebesar 80 %.



Gambar 3. Nilai Influen dan Effluen Reaktor UASB I dan UASB II Selama 60 hari



Gambar 4. Efisiensi Reaktor UASB I dan UASB II Selama 60 hari

Dari hasil tersebut apabila dibandingkan dengan percobaan Ganesh dkk, (2007) juga lebih besar efisiensi penurunan COD dimana efisiensi UASB I antara 63,01 – 74,99% dan UASB II antara 76,12 – 88,51%. Sedang Ganesh dkk yang juga menggunakan dua reaktor UASB secara paralel dan diperoleh hasil efisiensi reduksi COD UASB I sebesar 26,1 – 71,2% dan untuk UASB II 28,5 – 70,2%. Perbedaan yang cukup terlihat adalah pada nilai efisiensi reduksi COD optimal sebesar 88,51% lebih tinggi daripada percobaan (Ganesh, dkk, 2007) dengan nilai 71,2% dan 70,2%. Nilai efisiensi reduksi COD inipun masih lebih tinggi daripada hasil yang diperoleh dari percobaan UASB lain yang dilakukan oleh Von Sperling, et all 2001) yang memperoleh efisiensi reduksi COD hingga 84%

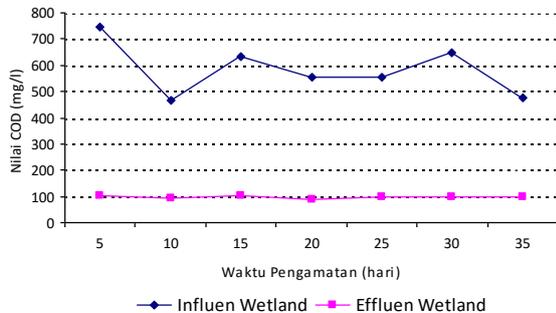
Pengolahan Air Limbah dengan Wetland

Untuk menyempurnakan kualitas air limbah selanjutnya air limbah hasil pengolahan dengan reaktor UASB dilanjutkan dengan pengolahan wetland

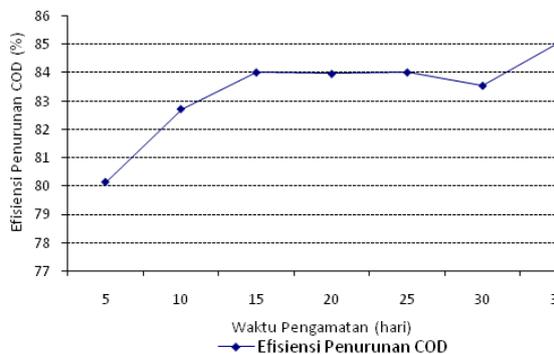
Hasil nilai penurunan COD pada pengolahan dengan wetland terdapat pada Tabel 4 dan Gambar 5 dibawah ini serta efisiensi penurunan COD terdapat pada Gambar 6

Tabel 4. Nilai Influen dan Effluen pengolahan Dengan Wetland Parameter COD

Pengamatan ke	Influen Wtland	Effluen Wetland
1	748,3	102,7
2	465,1	92,4
3	631,7	101,1
4	554,9	89,1
5	552,8	88,5
6	649,5	97,3
7	476,6	87,9



Gambar 5. Nilai Influen dan Effluen Pengolahan dengan Wetland Selama 35 hari



Gambar 6. Efisiensi Pengolahan dengan Wetland Selama 35 hari

Pada dasarnya pengolahan limbah dengan sistem wetland sangat mengandalkan kemampuan tanaman air dan bakteri yang berada disekitar perakaran tanaman dalam mengolah limbah (Suriawiria, U., 1993), sehingga kinerja sistem pengolah limbah ini akan sangat dipengaruhi oleh kondisi suhu dan pH larutan limbah, karena kedua parameter tersebut merupakan faktor pembatas kehidupan mikroorganisme air. Dari hasil penelitian menunjukkan, bahwa suhu air limbah pada influen sebesar 29,6 °C pada pagi hari dan 31,5 °C pada sore hari serta pH influen = 6,8 pada pagi hari dan pH = 7,1 pada sore hari. Dengan kondisi pH limbah yang relatif netral, maka sangat menunjang untuk kehidupan mikroorganisme. Terjadinya penurunan beban

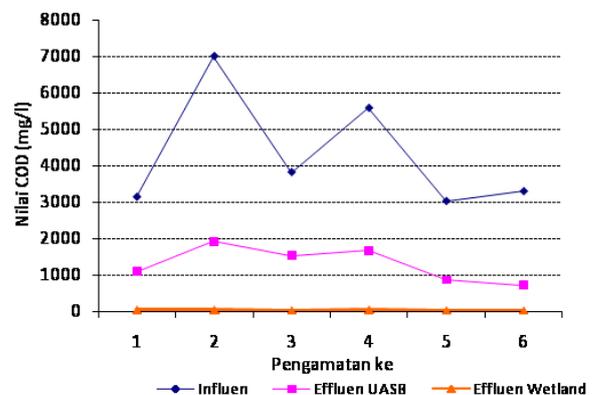
cemaran organik dalam air limbah dengan pengolahan wetland tersebut, menurut Wood dalam Tangahu & Warmadewanthi (2001) terjadi karena adanya mekanisme aktivitas gabungannya antara mikroorganisme dan tanaman, melalui proses oksidasi oleh bakteri aerob yang tumbuh disekitar *rhizosphere* tanaman maupun kehadiran bakteri heterotrof didalam air limbah. Akar tanaman tidak saja berperan dalam penyerapan hara (baik melalui aliran massa, kontak langsung maupun difusi), tetapi juga sangat besar pengaruhnya terhadap perubahan kondisi rizosfer. mikroorganisme tanah, seperti bakteri, jamur dan aktinomisetes lebih banyak dijumpai di daerah *rizosfer* daripada non-*rizosfer*. Menurut Haberl dan Langergraber (2002), bahwa proses fotosintesis pada tanaman air (*hydrophyta*), memungkinkan adanya pelepasan oksigen pada daerah sekitar perakaran (*zona rhizosphere*). Dengan kondisi *zona rhizosphere* yang kaya akan oksigen, menyebabkan perkembangan bakteri aerob di zona tersebut.

Pengolahan Air Limbah dengan Kombinasi Reaktor UASB dan Wetland

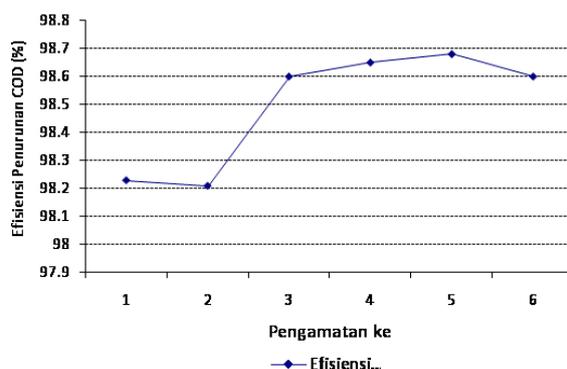
Hasil kualitas effluen hasil pengolahan air limbah industri teh botol dengan kombinasi reaktor UASB dan wetland dapat dilihat pada Tabel 5 berikut.

Tabel 5. Hasil Analisa Kualitas Air Limbah Industri Teh Botol Kombinasi UASB dan Wetland (Parameter COD)

Pengamatan ke	Influen	Effluen UASB	Effluen Wetland	Efisiensi Penurunan
1	3.134	1.092	55,2	98,23
2	6.999	1.729	55,3	98,21
3	3.814	1.536	39,7	98,96
4	5.576	1.665	57,1	97,65
5	3.020	851,8	39,7	98,68
6	3.289	708,7	35,8	98,90



Gambar 7. Nilai Influen dan Effluen Pengolahan Kombinasi UASB dan wetland



Gambar 8. Efisiensi Pengolahan Kombinasi UASB dan Wetland

Gari Gambar 14 dan 15 menunjukkan bahwa sistem kombinasi antara UASB dan Wetland tersebut dapat mencapai reduksi kadar COD dari 3.134 – 6.999 mg/L menjadi 35,8 – 57,1 mg/L Efisiensi reduksi total COD yang dapat diperoleh dengan pengolahan gabungan UASB dan wetland mencapai hingga 98,90%. nilai tersebut masih lebih tinggi dibandingkan dengan percobaan oleh C. A. L. Chernicharo , 2006 sebesar 93%.

Hasil analisa air limbah effluen secara lengkap dapat dililat pada Tabel 6 berikut

Tabel 6. Hasil Pengolahan Kombinasi UASB dan Wetland

Parameter	Influen	Effluen	Effluen	Baku Mutu Air Limbah
		UASB	Wetland	
Suhu ° C	34	29	28,5	38
pH	6,8	7,4	7,6	6 – 9
BOD ₅ mg/L	989,7	385,7	13,44	50
COD mg/L	3.289,	708,8	35,86	100
TSS mg/L	163	56	16	30

Bila dibandingkan dengan baku mutu air limbah untuk industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012 yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD₅ = 13,44 mg/l, maka nilai efluen kombinasi pengolahan UASB dan wetland sudah memenuhi baku mutu.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kinerja UASB cukup efektif dan efisien dalam meningkatkan kualitas efluen pada beban relatif tinggi.dan pengolahan dengan teknologi kombinasi anaerobik UASB dan wetland merupakan salah satu alternatif teknologi yang dapat digunakan untuk mengolah air limbah teh botol sehingga memenuhi baku mutu yang dipersyaratkan. Selain itu ada kemungkinan air limbah terolah dapat didaur ulang.

Dari hasil penelitian dengan waktu tinggal dalam reaktor (*hydraulic retention time*) total selama 19 jam didalam reaktor anaerobik UASB dapat mereduksi beban COD tertinggi sebesar 88,51% dan pengolahan dengan wetland reduksi COD tertinggi sebesar 85,02%, Selanjutnya pengolahan air limbah dengan kombinasi UASB dan wetland dapat mereduksi beban cemaran COD antara 97,65 – 98,90 % dan hasil effluen sudah memenuhi baku mutu air limbah industri minuman dalam botol menurut Peraturan Daerah Provinsi Jawa Tengah Nomor 5 Tahun 2012, yaitu COD = 35,44 mg/l, TSS = 16 mg/l, dan BOD₅ = 13,44 mg/l.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifani Rakhma Putri, Ganjar Samudro dan Dwi Siwi Handayani, 2011, Penentuan Rasio BOD/COD optimal pada reaktor Aerob, Fakultas dan Anaerob, Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Diponegoro
- APHA-AWWA, 2005, Standard Methods for Examination of Water and Waste Water, American Public Health Association, American Water Works Association,
- Bahgat, M. and Dewedar A., 2009, Anaerobic Digestion Appropriate Rural Technology Institute (ARTI), <http://biogaslon.blogspot.com/>, Sunday, December 20, 2009,
- Benefield Larry D & Randall Clifford W, 1980, Biological Process Design for Waste Water Treatment, Prentice – Hall, Inc. Englewood Cliffs, NJ 07632
- Campbell and Ogden, 2005, Application of Biofilm Model in Free Water System Constructed Wetlands, J. Environ. Syst and Eng
- Chernicharo C.A.L., 2006 Post-treatment options for the anaerobic treatment of domestic wastewater Department of Sanitary and Environmental Engineering, Federal University of Minas Gerais, Av. do Contorno 842/701, 300110-060, Belo Horizonte, Brazil
- Eddy & Met Calf, 1993, Wastewater Engineering Treatment And Reuse (Fourth Edition), Mcgraw-Hill, New York
- Ganesh, P. S., Ramasamy, E. V., Gajalakshmi, S., Sanjeevi, R., and Abbasi S. A., 2007. Studies on treatment of low-strength effluents by UASB reactor and its application to dairy industry wash waters. Indian Journal of BiotechnologyVol 6,
- Hammer, 1998, Constructed Wetlands for the Treatment of Black Water Karen Setty, Bren School of Environmental Science

- and Management, University of California, Santa Barbara
- Harber, R & Langergraber, H, 2002, Constructed Wetlands : a chance to solve waste water problems in developing countries, *Wat Sc Technology* 40 : 11 – 17
- Lettinga, G. (1980), *Biotechnology and bioengineering*, 22, 699 –73
- Lettinga G. and L. W. Hulshoff, 1983, UASB-Process Design for Various Types of Wastewaters. Department of Environmental Technology, Agricultural University of Wageningen, Bomenweg 2, 6703 HD Wageningen, The Netherlands
- Mangkoedihardjo dan Ganjar Samudro. 2010. *Review on BOD, COD and BOD/COD ratio: A triangle zone for toxic, biodegradable and stable levels*. *International Journal of Academic Research* Vol.2 No.4 July
- Millis, Nancy F. & Pittard, A. James. (1982). *Microbial physiology and genetics of industrial processes*. Parkville, Vic : Department of Microbiology, University of Melbourne
- Nusa Idaman Said, 2002, *Teknologi Pengolahan Limbah Cair Dengan Proses Biologis, Teknologi Pengolahan limbah Cair Industri* , h 79 – 147, BPPT – BAPEDALDA Samarinda
- Sri Moertinah, Moenir, M. dan Sartamtomo, 2011, *Pengolahan Air Limbah Industri Pulp dan Kertas dengan Teknologi Biologi Anaerob UASB-Wetland*, BBT PPI Semarang ,
- Suriawiria, U., 1993, *Mikrobiologi Air*, Penerbit Alumni, Bandung.
- Tangahu, B.V. dan Warmadewanthi, I.D.A.A., 2001, *Pengelolaan Limbah Rumah Tangga Dengan Memanfaatkan Tanaman Cattail (Typha angustifolia) dalam Sistem Constructed Wetland, Purifikasi*, Volume 2 Nomor 3, ITS – Surabaya
- Trihadiningrum, 1989). *Pengolahan limbah dengan menggunakan mikroorganisme dapat dilakukan secara anaerob dan secara aerob*, *Teknik Lingkungan*, ITS, Surabaya
- Van Lier Jules, B., 2008, *High Rate anaerobic Waste water Treatment : Diversifying from End of Pipe Treatment to Resource Oriented Conversion Techniques* , “ *Water science & Technology (WST)* (57.8.8 : 1137 – 1148
- Von Sperling, M., et al. 2001. *Performance evaluation of a UASB –activated sludge system treating municipal wastewater*, *Water Science and Technology* Vol 43 No 11, 323–328
- Vymazal Jan 2010., “ *Constructed Wetlands For Waste Water Treatment*”, *Water*, ISSN 2073-4431, www.mdpi.com/journal/water,p.530 - 544
- Wongnoi, R., dan Phalakornkule, C., 2004. *Efficiency Enhancement of Up flow Anaerobic Sludge Bed (UASB) by a Modified Three phase Separation* The Joint International Conference on “Sustainable Energy and Environment (SEE)”, Thailand

PEMANFAATAN LIMBAH CAIR GARAM BAHAN BAKU 30° Be UNTUK PENGASINAN IKAN GABUS RENDAH NaCl DAN MENGANDUNG Mg

UTILIZATION OF SALT WASTEWATER 30° Be IN MAKING LOW NaCl AND Mg- CONTAINING SALTED CORK FISH

Nilawati

Balai Besar Teknologi Pencegahan Pencemaran Industri
Jl. Ki Mangunsarkoro 6 Semarang
e-mail : nilawatibbtppi@yahoo.co.id

Naskah diterima tanggal 21 Juni 2014, disetujui tanggal 10 September 2014

ABSTRACT

Salting is a preservation method that has long been using salt krosok but salting with salt liquid waste 30° Be not much done. The advantage with this method will produce a low salted fish products and low NaCl of high Mg content. This study used one variable that 30° Be salt concentration of the liquid waste that is B0 (0 percent - control) , B10 (10 percent) . B20 (20 percent) , B30 (30 percent) , B40 (40 percent) , B50 (50 percent) and control B100 (100 percent) and the control comparator dry salting with salt raw materials G100 (100 percent) or known salt krosok . The results of the research on the use of pure NaCl content 30° Be solution as much as 10 percent of 6.952 percent . And the liquid salt 30° Be with concentration 50 percent earned content of 15.478 percent pure NaCl , but to control the salt used krosok then its highest NaCl , whereas the control with a 100 percent solution of NaCl content 30° Be to 25.134 percent pure , which uses salt NaCl content of the raw materials for 43.864 percent . the best treatment is obtained on the use 30° Be saline solution at a concentration of 40 percent . The content of magnesium in the study ranged between 0.387 To 3.444 percent . Treatment began concentrations above 30 percent of white salted fish sightings brown , soft , clean , but if under 30 percent brownish appearance of young , tough meat a bit hard but its low NaCl .

Keywords : salt wastewater 30° Be, low NaCl, salted fish

ABSTRAK

Pengasinan merupakan metode pengawetan yang sudah lama dengan menggunakan garam krosok namun pengasinan dengan limbah cair garam 30° Be belum banyak dilakukan. Keuntungan dengan metode ini akan menghasilkan produk ikan asin yang rendah NaCl dan tinggi kandungan Mg. Penelitian ini menggunakan 1 variabel yaitu konsentrasi limbah cair garam 30° Be yaitu B0 (0 persen-kontrol), B10 (10 persen), B20 (20 persen), B30 (30 persen), B40(40 persen), B50 (50 persen) dan kontrol B100 (100 persen) serta kontrol pembandingan penggaraman kering dengan garam bahan baku G100 (100 persen) atau dikenal garam krosok. Hasil penelitian diperoleh kandungan NaCl murni pada pemakaian larutan 30° Be sebanyak 10 persen sebesar 6,952 persen. Dan pada konsentrasi limbah cair garam 30° Be dengan konsentrasi 50 persen diperoleh kandungan NaCl murni sebesar 15,478 persen, namun untuk kontrol yang menggunakan garam krosok maka NaCl nya paling tinggi, sedangkan kontrol dengan 100 persen larutan 30° Be kandungan NaCl murninya sampai 25,134 persen, yang menggunakan garam bahan baku kandungan NaCl sebesar 43,864 persen. Perlakuan yang terbaik diperoleh pada pemakaian larutan garam 30° Be pada konsentrasi 40 persen. Kandungan Magnesium pada penelitian ini berkisar antara 0,387 Sampai 3,444 persen. Perlakuan mulai konsentrasi 30 persen keatas penampakan ikan asin putih kecoklatan , empuk, bersih, namun kalau dibawah 30 persen penampakannya kecoklatan muda, daging liat agak keras namun NaCl nya rendah.

Kata kunci : air limbah garam 30° Be, rendah NaCl, pengasinan ikan

PENDAHULUAN

Ikan asin adalah daging ikan yang diawetkan dengan menambahkan banyak garam. Metode pengawetan ini telah lama dan banyak dilakukan sehingga dapat memperpanjang masa simpan ikan selama berbulan-bulan pada suhu kamar dan ditutup rapat. Namun pengasinan dengan limbah cair garam bahan baku 30° Be atau selanjutnya disebut bittern belum banyak dilakukan. Keuntungan dengan metode ini akan menghasilkan produk ikan asin yang rendah NaCl dan mengandung Mg. Produk seperti ini lebih sesuai diperuntukkan untuk penderita hipertensi. Menurut WHO tahun 2011 mencatat didunia ada satu miliar orang yang terkena hipertensi. Di Indonesia, angka mencapai 32 persen. Diperkirakan tahun 2025 penderitanya meningkat 29 persen.

Bittern merupakan cairan yang bewarna kekuningan hasil samping dari pemanenan garam bahan baku di meja kristalisasi garam yang tidak dapat mengkristal lagi dengan kekentalannya lebih besar dari 29⁰Be. Agar garam tidak banyak mengandung Mg biasa pemanenan yang baik dilakukan pada kekentalan 25-29⁰ Be atau disebut *salt point*. Diatas 29⁰ Be larutan ini disebut bittern. Penggunaan bittern 30° Be pada penelitian ini karena batas *end salt point* pemanenan garam pada 29Be sehingga hasil sampingnya keesokan harinya menjadi sekitar 30⁰ Be. Kekentalan 25-29⁰ Be akan terjadi pengendapan NaCl sudah maksimal dan senyawa Magnesium belum mengendap, mulai 28⁰Be baru mulai terjadi pengendapan Mg, dengan demikian bittern 30° Be mempunyai kandungan Mg sudah tinggi sehingga nantinya kalau digunakan untuk pengasinan ikan senyawa ini dapat menghambat penetrasi Natrium kedalam jaringan ikan, dengan demikian diperoleh ikan asin dengan NaCl rendah dan menganandung Mg.

Bittern ini bukan hal yang baru lagi karena sudah banyak dimanfaatkan. Bittern mengandung unsur-unsur yang sangat dibutuhkan oleh tubuh manusia seperti NaCl, MgSO₄, MgCl₂, KCl, NaBr dan unsur mikro seperti yodium, molibdenum, seng, selenium. Dapat digunakan sebagai suplemen minuman, makanan, untuk SPA, dan sebagai pengawet ikan (Sembiring, 2011). Di Jepang dan Amerika Serikat disebut nigari, digunakan untuk penderita penyakit jantung, hipertensi, diabetes, gangguan hati dan migrain. Menurut Levine, 2002, bittern bermanfaat mengurangi sembelit, mencegah osteoporosis, mencegah endapan lemak dalam darah, mencegah pengerasan pembuluh darah dan stroke. Bittern sebagai pengawet dan suplemen telah diteliti oleh

Sudiby, dan I. Susanti, 2009. Penelitian Marihati dan E. Hastuti, 2007. bittern sebagai pengganti formalin pada bakso. Dan dimasyarakat bittern digunakan sebagai koagulan pembuatan tahu. Di Jepang dan Amerika Serikat membutuhkan bittern cukup besar sekitar 50.000 –100.000 liter per-bulan (Sembiring dan Wiryatmadi, 2010).

Selain penelitian tentang pemanfaatan bittern maka penelitian ikan asin juga sudah banyak dilakukan seperti penelitian Aursand, I. G., *et all* 2013, tentang produk rendah garam pada daging, sosis, margarin. Pengasinan dengan garam yang mengandung MgSO₄ dan KCl baik untuk sensori penampakan dan struktur protein. Daging yang diasinkan dengan garam yang mengandung garam MgSO₄ lebih baik teksturnya dari pada yang menggunakan garam NaCl dan KCl. Penelitian Rahmani, dkk, 2014, mengetahui penggaraman basah terhadap karakteristik ikan asin dengan hasil yang terbaik diperoleh perendaman ikan dengan konsentrasi 20 persen selama 24 jam. Kemudian penelitian Borarinsdottir, K.A., *et all*, 2010, pembuatan ikan asih dengan menggunakan sistem penggaraman kering dengan garam 12 sampai 24 persen diperoleh ikan asin dengan kadar NaCl 36-40 persen. Sedangkan penelitian pembuatan ikan asin dengan menggunakan air garam (brine) dan air tua (bittern) telah dilakukan oleh Putri, D.N., 2011; Ardini, V., D.Y., 2011 menggunakan larutan garam dan air tua 10, 17,5 dan 25⁰Be untuk pembuatan ikan asin kembang. Penelitian ini tidak menganalisa kandungan Magnesium, dan kondisi air tua seperti itu kandungan Mg masih rendah, kalau Mg rendah maka senyawa Natrium akan mudah masuk kedalam daging ikan.

Namun yang memberdakan penelitian terdahulu dengan penelitian ini adalah dalam penelitian ini menggunakan bittern yang 30⁰ Be dengan pertimbangan bahwa pada konsentrasi 30° Be sudah banyak pembentukan magnesium dan kandungan NaCl-nya rendah.

Dalam tubuh manusia, jumlah total magnesium mencapai sekitar 25 gram. Sebagian besar ada di dalam tulang dan gigi, namun juga hadir dalam otot dan darah berfungsi menjaga keseimbangan metabolisme tubuh. Jumlah asupan magnesium setiap hari yang direkomendasikan (DRI) untuk pria dewasa membutuhkan asupan magnesium sekitar 400 miligram per hari, sedangkan wanita 310 mg per hari.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cair garam bahan baku 30° Be untuk membuat ikan asin rendah NaCl dan mengandungn Mg untuk penderita hipertensi dan memperpanjang masa simpan ikan karena garam dapat menghentikan reaksi

autolisis dan membunuh bakteri yang terdapat di dalam tubuh ikan.

METODE

Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan, untuk penelitian ini adalah ikan gabus putih dari Pasar Bulu Semarang, limbah cair garam 30° Be diperoleh dari ladang garam Sampang Madura, wadah baskom, tampah dan bahan untuk analisa kimia. Sedangkan alat-alat yang digunakan adalah Baumometer, timbangan, pisau dan alat-alat untuk analisa kimia.

Cara Penelitian

Pertama-tama ikan gabus yang segar dicuci bersih, dibuang insang dan isi perutnya, kemudian ditiriskan 10 menit kemudian dimasukkan kedalam larutan bittern (limbah cair garam bahan baku 30° Be), selanjutnya ikan gabus tersebut direndam selama 1 malam (12 jam), kemudian ikan tersebut ditiriskan diatas saringan. Setelah air dari ikan tidak menetes lagi kemudian ikan-ikan gabus tersebut dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 hari. Setelah kering ikan gabus asin dianalisa di laboratorium meliputi uji kimia terdiri dari kadar air, Cl, Mg, Ca, NaCl murni dan NaCl total, dan uji sensoris meliputi warna, tekstur, penampakan dan rasa.

Rancangan Percobaan

Penelitian ini menggunakan 1 variabel yaitu konsentrasi limbah cair garam bahan baku 30° Be yaitu B0 (0 persen-kontrol), B10 (10 persen), B20 (20 persen), B30 (30 persen), B40(40 persen), B50 (50 persen) dan kontrol B100 (100 persen) seta kontrol pembanding penggaraman kering dengan garam bahan baku G100 (100 persen garam bahan baku)

Analisis Data

Produk ikan asin dianalisa kimia meliputi uji kimia terdiri dari kadar air, Cl, Mg, Ca, NaCl murni dan NaCl total, dengan metode SII 0140-76, dan uji sensoris sesuai dengan : SNI 2721-1:2009 meliputi warna, tekstur, penampakan dan rasa.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian telah dilakukan analisa bittern yang meliputi kadar Mg, Ca, Cl, NaCl murni, K, SO₄ seperti tersaji pada Tabel 1. Menurut Manadiyanto dan F. Y. Arthatiani, 2011 produksi bittern di Madura (Kabupaten Sampang, Pamekasan dan Sumenep) produksinya 766.809,6 meter kubik per-musim.

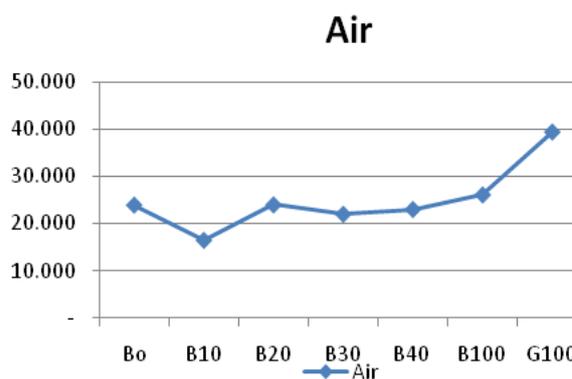
Tabel 1. Karakteristik Air Bittern Asal Pegaraman Sampang Madura

Parameter	Satuan	Nilai
Mg	%	1,9431
Ca	%	0,3126
NaCl	%	29,941
SO ₄	%	1,995
K	%	14,30
OH		7,5
Cl ⁻	%	16,946

Pengaruh Konsentrasi Limbah Cair Garam 30° Be terhadap Hasil Analisa Kimia Ikan Asin Cabus

Kadar Air

Kadar air berkisar antara 16,537 sampai 26,134 persen untuk perlakuan yang menggunakan larutan garam 30° Be, semakin tinggi konsentrasi limbah cair garam 30° Be (bittern) maka kadar air cenderung meningkat, hal ini disebabkan karena terjadinya perbedaan konsentrasi larutan bittern dengan konsentrasi air didalam ikan, sehingga cairan didalam ikan keluar dan larutan garam 30° Be akan masuk ke jaringan ikan. Kadar air akan mempengaruhi masa simpan produk, untuk syarat mutu kadar air ikan asin maksimal 20 persen, berikut grafik kadar air ikan asin gabus dengan meningkatnya konsentrasi bittern. Yang paling tinggi terdapat kontrol dengan menggunakan garam, hal ini disebabkan garam bersifat hidroskopis, kandungan NaCl pada perlakuan garam juga tinggi



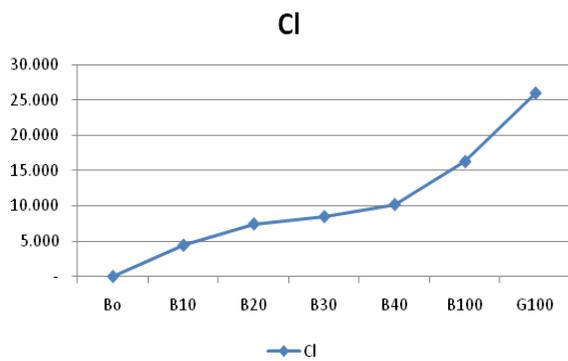
Gambar 1. Pengaruh Konsentrasi Limbah cair garam 30° Be terhadap Kadar Air Ikan Asin Gabus

Clorida (Cl)

Kandungan Cl pada ikan asin semakin tinggi konsentrasi bittern maka semakin tinggi juga kandungan cloridanya

Chlor digunakan tubuh kita untuk membentuk HCl atau asam klorida pada lambung. HCl memiliki kegunaan membunuh kuman bibit penyakit dalam lambung dan juga mengaktifkan pepsinogen menjadi pepsin.

Kadar Cl yang tinggi diperoleh pada perlakuan kontrol garam 100 persen.

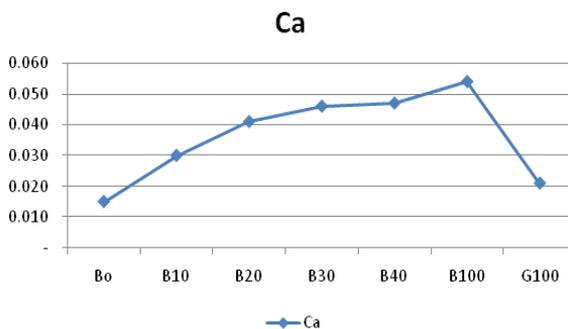


Gambar 2. Pengaruh Konsentrasi Limbah cair garam 30° Be terhadap Kadar Chor Ikan Asin Gabus

Calsium (Ca)

Hasil penelitian ikan asin gabus dengan larutan garam 30Be semakin tinggi konsentrasi maka kandungan Ca juga semakin meningkat, namun pada kontrol penggaraman kering kandungan Ca menurun karena Ca didalam garam lebih kecil dari kandungan Ca pada larutan garam 30° Be. Yang paling tinggi pada kontrol larutan 30° Be penggunaan 100 persen. Untuk kontrol ikan segar gabus, perlakuan kontrol larutan bittern dan kontrol perlakuan penggaraman kering masing-masing 0,015; 0,054 dan 0,021 persen sedangkan untuk perlakuan larutan bittern 10, 20, 30 dan 40 dan 50 persen masing-masing 0,030;

0,041; 0,046 ; 0,047 dan 0,039persen. Peningkatan nilai Ca ikan asin tersaji pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Limbah cair garam 30° Be terhadap Kadar Calsium Ikan Asin Gabus

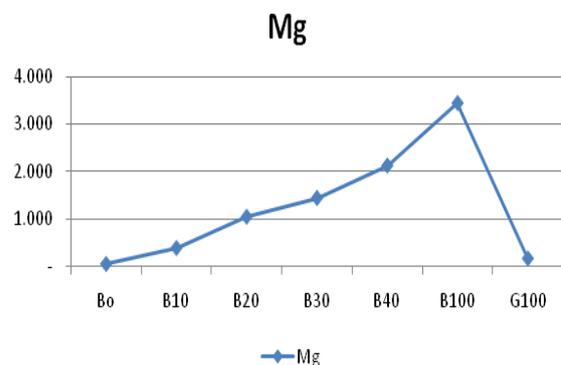
Magnesium (Mg)

Kandungan Mg pada penelitian ini berkisar antara 0,387 Sampai 3,444 persen, semakin tinggi konsentrasi pemakaian bittern maka akan semakin tinggi kandungan Mg pada ikan asin (tersaji pada Gambar 4). Berarti proses penetrasinya berjalan secara optimal. Mg merupakan mineral yang sangat penting bagi tubuh. Kebutuhan magnesium per-hari untuk laki-laki 400 miligram wanita 310 miligram. Kandungan Mg untuk perlakuan bittern 30 dan

40 persen adalah 1,443 dan 2,126 persen. Kalau seandainya dalam sehari mengkonsumsi ikan asin bittern yang perlakuan 30 atau 40 persen bittern sebanyak 5 gram, maka jumlah asupan Mg yang terpenuhi tubuh sebanyak 72,15 miligram atau 106,30 miligram. Jadi kontribusi pemenuhan kebutuhan Mg tubuh (perlakuan bittern 40 persen) untuk wanita sebanyak 34,48 persen dan 26,58 persen untuk laki-laki. Fungsi magnesium adalah sebagai zat yang membentuk sel darah merah berupa zat pengikat oksigen dan hemoglobin. Magnesium dalam pembuatan ikan asin ini menghambat penetrasi Natrium kedalam jaringan ikan sehingga kandungan Na yang masuk jadi rendah, Produk ini sangat sesuai untuk penderita hipertensi.

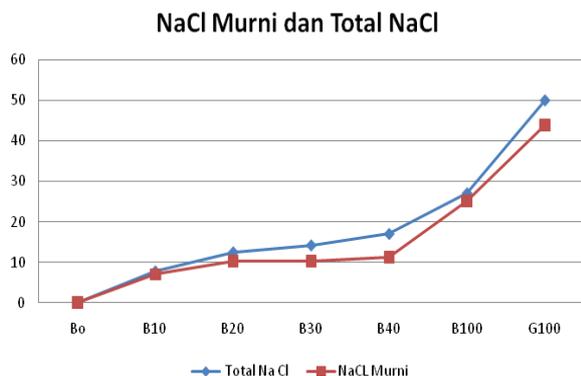
MgSO₄ yang aada didalam larutan perendam yang mana jenis garam ini akan menjadikan tekstur ikan asin menjadi lebih baik, hasil penelitian ini semakin tinggi kandungan Mg dalam ikan asin maka tekstur ikan akan semakin baik . Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Borarinsdottir,K.A, *et all* , 2010, menyatakan bahwa garam MgSo₄ akan menjadikan tekstur ikan lebih baik dibandingkan garam KCl dan NaCl.

Namun semakin tinggi konsentrasi bittern maka rasa ikannyapun semakin getir atau agak pahit *after taste*. Perlakuan yang terbaik diperoleh pada perlakuan konsentrasi bittern 30 dan 40 persen. Pada perlakuan kontrol lonsentrasi bittern 100 persen yang paling tinggi kandungan Mg kondisi ikan juga putih namun lembab dan rasanya getir, Sedangkan kontrol dengan pemakaian garam 100 persen kandungan Mg paling rendah karena didalam garam kandungan Mg nya rendah yaitu 0,167 %.



Gambar 4. Pengaruh Konsentrasi Limbah cair garam 30° Be terhadap Kadar Magnesium Ikan Asin Gabus

NaCl murni dan NaCl Total



Gambar 5. Pengaruh Konsentrasi Limbah cair garam 30° Be terhadap Kadar NaCl Murni dan NaCl Total Ikan Asin Gabus

Hasil analisa NaCl murni maka semakin tinggi konsentrasi bittern maka semakin tinggi kandungan NaCl ikan asin gabus, dimana pada pemakaian bittern 10 persen sebesar 6,952 persen. Dan pada konsentrasi bittern 40 dan 50 persen diperoleh kandungan NaCl murni sebesar 11,238 dan 15,478 persen. .Persyaratan mutu untuk kandungan NaCl maksimal 20 persen. Jadi hasil penelitian ini sampai pemakaian 50 persen masih dibawah 20 persen, namun untuk kontrol pemakaian bittern 100 persen maka kandungan NaCl murni nya sebesar 25,134 persen. Untuk NaCl total nya 37,064 persen, kandungan larutan garam 30Be saja sudah 29,94 persen kandungan NaCl murninya, sedangkan yang menggunakan garam bahan baku kandungan NaCl murni sebesar 43,864 persen dan NaCl total 48,011 persen. Garam yang mengandung magesium (Mg) maupun kalsium (Ca) tinggi akan mempengaruhi mutu ikan asin yang dihasilkan karena unsur tersebut dapat memperlambat penetrasi garam ke dalam tubuh ikan akibat kandungan garam NaCl berkurang. Selama proses penggaraman berlangsung terjadi penetrasi garam ke dalam tubuh ikan dan keluarnya cairan dari tubuh ikan karena adanya perbedaan konsentrasi. Cairan tersebut dengan cepat akan melarutkan kristal garam atau mengencerkan larutan garam. Bersamaan dengan keluarnya cairan dari dalam tubuh ikan, unsur-unsur yang ada didalam larutan bittern seperti magesium, calsium pun masuk ke dalam tubuh ikan namun unsur Na terhambat masuk ke jaringan ikan karena adanya Magnesium. Ikan yang telah mengalami proses penggaraman, sesuai dengna prinsip yang berlaku, akan mempunyai daya simpan tinggi karena garam dapat berfungsi menghambat atau menghentikan reaksi autolisis dan membunuh bakteri yang terdapat di dalam. Di dalam proses osmosis, kepekatan makin lama

makin berkurang karena air dari dalam daging ikan secara berangsur-angsur masuk ke dalam larutan garam, sementara sebagaiian molekul garam masuk ke dalam daging ikan. Karena kecenderungan penurunan kepekatan larutan garam itu, maka proses osmosis akan semakin lambat dan pada akhirnya berhenti. Larutan garam yang lewat jenuh yaitu jumlah garam lebih banyak dari jumlah yang dapat dilarutkan sehingga dapat dipergunakan untuk memperlambat kecenderungan itu. Menurut hasil penelitian Borarinsdottir,K.A, *et all* , 2010. Produk asin rendah garam seperti daging, sosis dengan menggunakan garam MgSO4 akan dihasilkan produk yang lebih baik daripada menggunakan garam NaCl dan KCl.

Hasil penelitian Yuniati, H dan Almasyhuri, 2004, kandungan Nacl ikan asin yang diambil sampelnya dari pasaran yaitu 5,7-21,2%. persen , kalau kandungan NaCl tinggi maka konsumsinya hanya terbatas pada masyarakat biasa sedangkan penderita hipertensi juga ingin mengkonsumsi ikan asin namun kandungan NaCl nya harus rendah.

Uji Sensori

Uji sensori menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi bittern maka penampakan ikan gabus asin nilainya semakin tinggi., nilai dapat dilihat pada Tabel 2. Penilaian panelis untuk penampakan bila nilai 9 = Utuh, rapih, bercahaya menurut jenis, 8= Utuh, bersih, kurang rapih menurut jenis, 7= Utuh, bersih, agak kusam, 6= Utuh, kurang bersih agak kusam, 5= Sedikit rusak fisik, kurang bersih, beberapa bagian berkarat 4 = Sedikit rusak fisik, warna sudah berubah, 3=Sebagian hancur, kotor 1 = Buruk. Untuk tekstur penilaiannya bila nilai 9 =Padat, kompak, lentur, cukup kering

8=Padat, kompak, lentur, kurang kering, , 7=Terlalu keras, tidak rapuh, , 6=Padat, tidak rapuh, 5=Padat, basah, tidak mudah terurai, 3=Kering, rapuh, mudah terurai, 1=Sangat rapuh, mudah terurai. Dan untuk jamur penilaian bila 9=tidak ada, 1=ada. Untuk uji rasa bila 9=suka, tidak terlalu asin. 8 = suka asinnya menengah, 7= kurang suka tidak terlalu asin ada sedikit rasa getir, 6= kurang suka, agak pahit, 5 = kurang suka , pahit, 4=tidak suka, asin, 3= sangat tidak suka, asin, 2= sangat tidak suka , asin dan pahit, 1 = sangat tidak suka sekali , pahit.

Untuk keseluruhan maka perlakuan pemakaian bittern 30 dan 40 p3ersen hasilnya lebih banyak disukai oleh panelis.

Tabel 2. Hasil uji Sensori Ikan Asin Gabus Rata-rata dari 20 orang panelis

Kode	Nilai sensoris Kenampakan	Tekstur	Jamur	Rasa	Keterangan
B0	5	6	9	9	Kecoklatan, daging liat keras
B10	6	6	9	9	Kecoklatan muda, daging liat agak keras
B20	7	8	9	9	Kecoklatan, daging empuk
B30	8	8	9	9	Putih kecocoklatan, empuk, bersih
B40	9	9	9	8	Putih kecocoklatan, empuk, agak lembab, bersih
B50	9	9	9	7	Putih, empuk, agak lembab, bersih
B100	8	8	9	6	Putih, empuk, agak lembab, bersih
G100	6	5	9	4	Putih kecocoklatan, keras dan liat

KESIMPULAN

Pengasinan merupakan metode pengawetan yang sudah lama dengan menggunakan garam krosok namun pengasinan dengan limbah cair garam 30° Be belum banyak dilakukan. Keuntungan dengan metode ini akan menghasilkan produk ikan asin yang rendah NaCl dan tinggi kandungan Mg.

Hasil penelitian dengan menggunakan limbah cair garam 30° Be maka kadar NaCl murni berkisar 6,952 -25,134; NaCl total 7,476 - 27,064; Cl 4,431 - 15,073; Ca 0,030- 0,039; Mg 0,387- 2,404; kadar air 16,537- 23,59. Perlakuan mulai konsentrasi 30 persen keatas penampakan ikan asin putih kecocoklatan, empuk, bersih, namun kalau dibawah 30 persen penampakannya kecocoklatan muda, daging liat agak keras namun NaCl nya rendah.

Jadi perlakuan yang terbaik pada konsentrasi 40 persen, hasil uji sensori memberikan rata-rata-rata nilainya 9. Baik untuk penampakan, tekstur dan jamur. Kandungan NaCl murni 11,238 persen, NaCl total 17,019. Mg 2,126 persen. Cl 10,213 persen, Ca 0,047 persen

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Sdr. Fajar Ari Hidayat analis Laboratorium Makanan Minuman BBT PPI Semarang yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini

DAFTAR PUSTAKA

Ardini, Veni, D.Y, 2011. Studi Komparasi Pengaruh Konsentrasi Larutan Garam (Brine) dan Air Tua (Bittern) terhadap

Karakteristik Ikan Asin Kembang (Rastrelliger sp). <http://elibrary.ub.ac.id/browse?type=author&value=Ardini++D.Y%2C+Veni>

Marihati dan E. Hastuti, 2007. Bittern Sebagai Alternatif Pengganti Formalin pada Produk Bakso Daging Sapi. Bulletin Penelitian dan Pengembangan Industri. ISSN: 0853 - 0319. Vol. II (1), 2007: 11 - 16. Semarang.

Manadiyanto dan Freshty Yulia Arthatiani. 2011. pemanfaatan limbah pembuatan garam sebagai upaya peningkatan pendapat an petambak garam di pulau madura . Fakultas Pertanian Universitas Trunojoyo. Madura

Sudibyo, dan I. Susanti, 2009. Study Pemanfaatan Air Bittern sebagai Suplemen dan Pengawetan Produk Pangan. <http://isjd.pdii.lipi.go.id/index.php/Search.html?act=tampil&id=83882&idc=44>

Sembiring N.2011. Pemanfaatan dan Usaha sari Air Laut Berbasis Masyarakat.. Disampaikan pada Seminar Melalui Teknologi Tepat Guna Kita Tingkatkan Produksi dan kualitas Pergaraman Rakyat. Kementrian Kelautan dan Perikanan, Jakarta. 16 Februari 2011.

Sembiring N dan B Wirjatmadi 2007 . Terapi Sari Air Laut . Swadaya Press Jakarta.

Syafii A . 2006 . Potret Pemberdayaan Petani Garam. Implementasi Konsep & Strategi . Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya. Untag Press

L. Gallart-Jornet^a, J.M. Barat^a, T. Rustad^b, U. Erikson^c,

I. Escriche^a, P. Fito^a, 2007. Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet. f JOURNAL OF FOOD Engineering. Volume 80, Issue 1, Pages 1-376 (May 2007) <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406004286>

Putri, Desiana, N., 2011. Pengaruh Jenis Larutan (Larutan Garam dan Air Tua) dan Lama Penggaraman Terhadap Sifat Fisik, Kimia dan Organoleptik ikan Asin Kembang (Rastrelliger Sp). <http://elibrary.ub.ac.id/handle/123456789/31319>

Ida Grong Aursand, Kirsti Greiff, Ulf Erikson, Lorena Gallart- Jornet, Nebojsa Perisic, Achim Kohler, Nils K Afseth, Ragni Ofstad, Ivar Storrø and Kjell Josefsen, 2013. Low salt products . Final report. SINTEF Fisheries and Aquaculture. Norwegia.

Pórarinsdóttir, K.A, Ingebrigt Bjørkevoll, Sigurjón Arason¹, Mátis, Møreforsking Marin Álesund, Skýrsla. 2010. Production-of-salted-fish-in-the-Nordic-countries. NORA (Journal nr. 510-036). Matis. <http://www2.matis.is/media/matis/utgafa/46>

-10-Production-of-salted-fish-in-the-Nordic-countries.pdf

SNI 2721-1:2009. Ikan Asin Kering. Bagian I. Spesifikasi. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.

