

TEKNOLOGI REDUKSI CO₂ DARI CEROBONG INDUSTRI DENGAN FOTO BIO-REAKTOR MIKROALGA SEBAGAI SALAH SATU IMPLEMENTASI GREEN INDUSTRY

TECHNOLOGY CO₂ REDUCTION FROM INDUSTRY CHIMNEY PHOTO BIO-REACTOR WITH MICROALGAE AS ONE OF THE IMPLEMENTATION OF THE GREEN INDUSTRY

Arif Dwi Santoso, Rahmania A. Darmawan dan Kardono

Pusat Teknologi Lingkungan BPPT

Jl. M.H. Thamrin No. 8 Gedung BPPT Lantai 19 Jakarta 10340

ABSTRAK

Peningkatan konsentrasi gas karbondioksida (CO₂) yang merupakan salah satu gas rumah kaca dominan diduga sebagai penyebab dalam permasalahan pemanasan global. Salah satu metode dalam upaya untuk mengurangi emisi gas CO₂ adalah penggunaan mikroalga dalam fotobioreaktor. Mikroalga dipilih untuk membantu mereduksi emisi CO₂ karena kemampuannya dalam mengabsorpsi CO₂ dalam proses fotosintesisnya. Penelitian penyerapan gas CO₂ oleh aktivitas fotosintesis mikroalga pada fotobioreaktor (FBR) telah dilakukan BPPT sejak tahun 2008. Pada penelitian sistem batch, secara meyakinkan dihasilkan bahwa CO₂ dengan konsentrasi sekitar 12% dapat direduksi hingga 0% dalam kisaran waktu 7 hari oleh *Chlorella sp* dan 13 hari oleh *Chaetoceros sp*. Kemudian pada tahun 2009, uji coba secara kontinyu juga menunjukkan kemampuan mikroalga dalam menyerap gas CO₂. Pada tahap ini dapat diketahui bahwa kemampuan mikroalga dalam mereduksi gas CO₂ adalah sebesar 0,8 – 1 gr CO₂/liter media/hari. Pada tahun 2010 ini, FBR sistem kontinyu dipasang di pabrik susu. Hasil dari eksperimen ini menunjukkan bahwa FBR tipe multi tubular air lift reactor lebih efektif dibanding tipe single tubular air lift reactor. Kapabilitas reaktor yang dihasilkan dalam reaktor 1,2,3 dan 4 adalah 0,927 ± 0,592 g CO₂/liter media/hari, 1,083 ± 0,734 gr CO₂/liter media/ hari, 0,871 ± 0,294 gr CO₂/liter media/ hari dan 0,883 ± 0,298 gr CO₂/liter media/ hari. Dalam eksperimen ini pula dibuktikan bahwa FBR mempunyai 2 fungsi sebagai penyerap gas CO₂ dan sebagai penghasil gas O₂.

Kata kunci: alga, gas karbon dioksida, fotobioreaktor

ABSTRACT

*Increasing concentrations of greenhouse gases in the atmosphere, especially carbon dioxide (CO₂) that dominated by anthropogenic activities cause various negative impacts on the environment and surroundings. There are some techniques to mitigate against the increase of CO₂, which one is the utilization of phytoplankton cultured in a photo bioreactor (FBR) as an absorber naturally. The Agency for Assessment and Application of Technology (BPPT) in 2008 has been tested culture of freshwater phytoplankton and sea water in an airlift FBR batch system. The result showed that phytoplankton able to reduce CO₂ significantly. CO₂ concentration of about 12% at the beginning of the experiment can be reduced to 0% in about 7 days by species of *Chlorella sp.*, while approximately 13 days by species of *Chaetoceros sp.* In 2009, testing of CO₂ absorption by phytoplankton in the FBR culture was changed in system continuously. At this advanced testing confirmed previous results about the ability of phytoplankton to absorb CO₂. Three times experiments of this continuous system of experiment showed that the absorption of CO₂ around 0.8 to 1.01 g CO₂/liter/day. In 2010, FBR continuous system has been install at a milk factory. Experiment of the FBR continuous system showed that the multi tubular air lift reactor more effective than the single tubular air lift reactor. The capability of reaktor 1,2,3 and 4 were 0,927 ± 0,592 g CO₂/liter media/day, 1,083 ± 0,734 gr CO₂/liter media/ day, 0,871 ± 0,294 gr CO₂/liter media/ day and 0,883 ± 0,298 gr CO₂/liter media/ day. In this reasearch stated that FBR have two functions, as absorber gas CO₂, and as a supply gas O₂.*

Keywords: microalgae, carbon dioxide gases, photobioreactor

PENDAHULUAN

Topik penelitian tentang *Carbon Capture Storage (CCS)* telah menjadi perhatian utama di kalangan saintis dan akademisi dalam kurun waktu 5-10 tahun belakangan ini. Topik ini di tahun-tahun mendatang diprediksi akan semakin menonjol mengingat semakin banyak pihak yang tertarik pada teknologi ini dalam

upaya pencegahan terhadap gejala pemanasan global.

Gas Karbondioksida (CO₂) merupakan salah satu gas rumah kaca yang dominan diduga sebagai penyebab dalam permasalahan pemanasan global (Ancien, 2000). Secara luas telah diketahui bahwa setiap aktivitas pembakaran bahan bakar fosil, khususnya dari

industri, akan menghasilkan emisi CO₂ dalam konsentrasi yang cukup tinggi (10-12%), yang membutuhkan penanganan yang serius. Karena itulah dibutuhkan solusi teknologi untuk mengurangi lingkungannya emisi CO₂ yang dibuang ke atmosfer. Berbagai metode dalam teknologi CCS telah diterapkan di dunia, seperti penstabilan emisi CO₂ menjadi bentuk cair untuk diinjeksikan ke formasi geologi, pengoksidasian emisi gas CO₂ menjadi senyawa lain melalui sebuah *artificial tree*, dan beberapa upaya fisika/kimia lainnya.

Di Indonesia upaya penelitian CCS lebih mengarah ke penggunaan mikroalga dalam penyerapan gas CO₂ dibanding metode-metode di atas yang lebih banyak memerlukan biaya. Kemampuan mikroalga dalam berfotosintesis, seperti tumbuhan darat lainnya, dapat dimanfaatkan untuk menyerap gas CO₂. Dari reaksi proses fotosintesis dapat diketahui bahwa jumlah gas CO₂ yang dipakai oleh fitoplankton adalah sebanding dengan jumlah materi organik (CH₂O_n) yang dihasilkan, sehingga proses fotosintesis ini menjadi mesin utama dalam penyerapan gas CO₂ (Lihua et al, 2006).

Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) pada tahun 2008 telah melakukan uji coba kultur fitoplankton air tawar dan air laut dalam sebuah FBR *airlift* sistem *batch*. Pada uji coba tersebut telah dihasilkan penurunan gas CO₂ secara meyakinkan, yakni konsentrasi CO₂ sekitar 12% pada awal percobaan dapat diturunkan menjadi mendekati 0% dalam waktu sekitar 7 hari oleh species *Chlorella sp.*, dan sekitar 13 hari oleh species *Chaetoceros sp* (Santoso, 2009).

Pada tahun 2009, uji coba penyerapan gas CO₂ dengan kultur fitoplankton dalam FBR diubah dengan sistem kontinyu dengan gas input dari gen set. Pada uji coba lanjutan ini memperlegas hasil sebelumnya tentang kemampuan fitoplankton dalam menyerap gas CO₂. Dari tiga kali eksperimen sistem kontinyu ini dihasilkan data kapabilitas penyerapan oleh sistem FBR terhadap gas sebesar 0,8 – 1,01 gr CO₂/liter media/hari. Konsentrasi awal gas CO₂ dalam percobaan ini adalah sekitar 9%, laju alir gas 1 l/menit, dalam volume FBR sebesar 75 liter (Santoso, 2009a).

Pada tahun 2010 ini, Uji coba kemampuan fitoplankton dalam menyerap gas CO₂

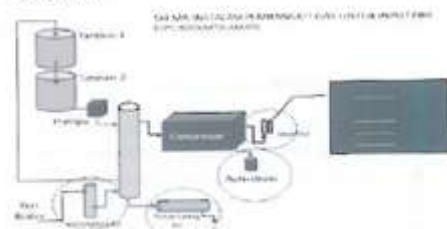
dilakukan di industri. Input gas CO₂ yang menjadi *feed intake* disuplay dari cerobong boiler pabrik. Dalam makalah ini akan disajikan secara global keseluruhan tahapan operasional uji coba di industri.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan uji coba penyerapan gas CO₂ oleh mikroalga dalam fotobioreaktor dengan menggunakan gas buang dari boiler pabrik susu. Dari teknis operasional uji coba ini diharapkan dapat memberi masukan tentang penanganan penurunan temperature gas dari boiler, penanganan pembangkit gas ke reaktor dan variabel-variabel dasar untuk menentukan peningkatan penyerapan gas CO₂.

METODE PENELITIAN

Rancangan Percobaan

Pelaksanaan uji coba penyerapan gas CO₂ oleh mikroalga dalam fotobioreaktor dilakukan di pabrik susu di kawasan Jakarta Timur. Sampai bulan Mei 2010, telah selesai dilakukan uji coba tahap 1, dan ditargetkan pada tahun ini dapat dilakukan 2 tahap. Input gas CO₂ dari cerobong pabrik disedot menggunakan compressor. Sebelum melalui kompressor gas dilakukan pada perangkat penurun panas (*heat exchanger*) dan perangkap air (Gambar 1). Gas kemudian diinjeksikan ke dalam 4 reaktor dengan laju alir konstan sekitar 2 liter/menit secara kontinyu hingga akhir uji coba. Reaktor yang digunakan terdiri atas 4 buah dengan dua jenis yaitu 2 buah jenis single tubular air-lift dan 2 buah jenis multi tubular air lift. Media dalam reaktor adalah air tawar dan pupuk an-organik dengan inokulasi awal *Scoenedesmus sp* 100.000 sel/ml. Selama uji coba dilakukan pengukuran kualitas air media, dinamika gas, dinamika biomass, dan intensitas cahaya matahari.



Gambar 1. Skema instalasi pembangkit gas untuk input FBR

Inokulasi

Biakan murni *Chaetoceros gracilis* diperoleh dari koleksi kultur mikroalgae di Puslit oseanografi, LIPI. Biakan tersebut hasil isolasi dari perairan Teluk Jakarta dengan metode bioreaktor, biakan *C. gracilis* ditumbuhkan dalam air laut steril yang diperkaya dengan medium F/2 dalam gelas erlenmeyer dalam volume 100 mL, salinitas media 28 psu. Biakan diinkubasikan dalam ruangan AC bersuhu $22 \pm 1^\circ\text{C}$ dengan intensitas penyinaran sekitar 2000 luks selama 12 jam per hari. Biakan *C. gracilis* selalu disegarkan kembali setelah mencapai stasioner akhir, subkultur dibuat dengan interval 2-3 minggu. Sebanyak 1 mL biakan *C. gracilis* diinokulasikan ke dalam 100 mL medium F/2 yang baru. Kepadatan sel pada stasioner akhir pengenceran sebelum digunakan dan menunggu persiapan sekitar 3 juta sel/mL (Harrison, 2005).

Populasi fitoplankton dihitung setiap hari di bawah mikroskop dengan menggunakan *Neobauer Hemocytometer*. Hasil perhitungan populasi kemudian digunakan untuk menghitung laju pertumbuhan spesifik fitoplankton, dengan rumus :

$$u = \frac{\ln(N_2/N_1)}{t_2 - t_1}$$

dimana, N_2 dan N_1 adalah populasi masing-masing fitoplankton (sel/L) pada hari ke t_2 dan t_1 (Wood, 2005).

Perhitungan Massa Gas CO₂

Prinsip perhitungan massa gas CO₂ dapat dilakukan dengan berdasar pada berat kering biomassa dan perhitungan persamaan gas ideal. Prinsip perhitungan melalui metode berat kering biomassa adalah dengan mengasumsikan bahwa setiap gas CO₂ yang digunakan untuk proses fotosintesis akan menghasilkan biomassa fitoplankton. Jadi berat kering biomassa fitoplankton tersebut dianggap sama dengan berat gas CO₂ yang terserap selama pertumbuhan fitoplankton tersebut.

Massa gas CO₂ yang diinjeksikan dalam FBR juga dapat dihitung dengan memperhitungkan massa molekul gas CO₂ Menurut hukum persamaan gas ideal yang diturunkan dari hukum Boyle, hukum Charles dan hukum Gay-

Lussac menyatakan bahwa massa suatu zat setara dengan massa molekul zat tersebut yang dinyatakan dalam 1 (satu) mol. Dengan asumsi hukum-hukum di atas, maka massa gas CO₂ dapat dihitung dari jumlah mol dan volume gas CO₂ yang masuk dalam FBR.

Rincian penurunan rumus perhitungan gas CO₂ adalah sebagai berikut :

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$$

$$P \cdot V = \frac{(m/Mr) R \cdot T}{n} \longrightarrow m/V = P \cdot Mr / R \cdot T$$

dimana :

P = tekanan gas

V = volume gas

n = jumlah mol

R = konstanta gas universal

T = suhu mutlak gas

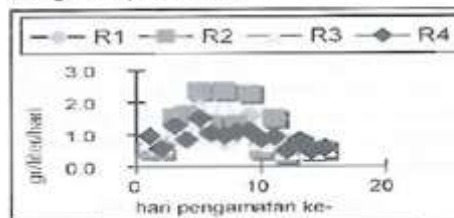
Persamaan ini dikenal dengan julukan hukum gas ideal atau persamaan keadaan gas ideal. Setelah mengetahui berat jenis gas CO₂, maka untuk menentukan massa gas CO₂ adalah dengan mengalikan berat jenis gas dengan volume gas yang dialirkan dalam reaktor.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Misi dari percobaan ini adalah untuk mengetahui seberapa besar fotobioreaktor dapat mengurangi konsentrasi CO₂ yang diberikan melalui proses fotosintesis yang terjadi seiring dengan meningkatnya kepadatan fitoplankton dalam fotobioreaktor. Dari hasil percobaan didapatkan bahwa konsentrasi input gas CO₂ dari boiler pabrik sekitar 11% vol mengalami penurunan secara berfluktuasi tergantung pada kondisi fitoplankton dan kondisi lingkungan (cuaca). Kisaran penurunan konsentrasi gas CO₂ dari boiler setelah melewati fotobioreaktor berkisar 1-4% vol/hari. Populasi *Scenedesmus sp.* dengan inokulasi awal sekitar 100.000 sel/ml tidak mengalami kenaikan sampai pada ke-2 baru kemudian mulai berkembang pada hari ke-3 sekitar 160.000 sel/ml. Lamanya proses adaptasi mikroalga ini dimungkinkan karena lingginya konsentrasi gas CO₂ boiler yakni sekitar 11%. Setelah hari ke-3 dan 4' dalam menyerap gas CO₂ selama uji coba Gambar 2. Grafik hubungan antara kapabilitas reaktor dan populasi mikroalga



populasi *Scenedesmus sp* terus meningkat dan mencapai titik puncak pada hari ke-5, 6, 7 dengan populasi sekitar 2 juta sel/ml. Dari Gambar 2 tampak jelas terlihat bahwa pertumbuhan *Scenedesmus sp.* seiring dengan kenaikan penyerapan gas CO₂ oleh FBR. Pada saat awal pertumbuhan alga masih rendah, penyerapan CO₂ juga masih relative kecil, kemudian meningkat bertahap seiring dengan pertumbuhan alga. Pada eksperimen hari ke-8, dimana populasi *Scenedesmus sp.* mengalami penurunan,



Gambar 3. Grafik kemampuan reaktor 1,2,3

diwaktu itu pula penyerapan gas CO₂ juga mengalami penurunan. Hal ini mengindikasikan adanya pemanfaatan CO₂ terlarut oleh *Scenedesmus sp.* secara simultan.

Dari hasil analisis data penyerapan gas CO₂ yang diperoleh kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus gas ideal menghasilkan data kapabilitas reaktor sebagai berikut kapabilitas reaktor 1,2,3 dan 4 adalah $0,927 \pm 0,592$ gr CO₂/liter media/hari, $1,083 \pm 0,734$ gr CO₂/liter media/hari, $0,871 \pm 0,294$ gr CO₂/liter media/hari dan $0,883 \pm 0,298$ gr CO₂/liter media/hari. Dari hasil di atas dapat diketahui bahwa reaktor jenis multi tubular air lift lebih efektif digunakan dalam misi ini dibanding jenis single tubular air lift.

Hal ini dimungkinkan karena pada reaktor jenis multi tubular, proses percampuran/pengadukan antara media dan gas dalam reaktor lebih efektif dibanding jenis single. Seperti dalam proses fotosintesis pada

tumbuhan tingkat tinggi yang mengeluarkan O₂, proses fotosintesis dalam fotobioreaktor ini juga menghasilkan gas O₂ dengan laju produksi sekitar 1,291 %/hari. Dari data produksi O₂ ini dapat dijadikan point yang menguntungkan untuk lebih mengialkan riset di bidang CCS ini. Selain berfungsi sebagai penyerap gas CO₂, fungsi lain dari fotobioreaktor adalah sebagai penuplai O₂.

KESIMPULAN

Mikroalga jenis *Scenedesmus sp.* yang dikultur dalm fotobioreaktor dapat digunakan sebagai agent penyerap emisi gas CO₂ dari cerobong industri. Kapabilitas fotobioreaktor jenis rektor jenis multi tubular air lift lebih efektif digunakan dalam misi ini dibanding jenis single tubular air lift. Dalam uji coba awal kapabilitas reaktor 1,2,3 dan 4 adalah $0,927 \pm 0,592$ gr CO₂/liter media/hari, $1,083 \pm 0,734$ gr CO₂/liter media/hari, $0,871 \pm 0,294$ gr CO₂/liter media/hari dan $0,883 \pm 0,298$ gr CO₂/liter media/hari. Selain berfungsi sebagai penyerap gas CO₂, fotobioreaktor juga berfungsi sebagai penghasil gas O₂.

Daftar Pustaka

- Acien et al., 2000. Scale-up of tubular photobioreactors. . Journal of Applied Phycology (2005)12: 355-368
- Harrison, P.J., and Berges, J.A., 2005. Marine Culture media. In: Algal Culturing Techniques (ANDERSEN, R.A. Ed). Elseviers Acad.Press. p 21-33.
- Lihua Cheng, Lin Zhang, Huanlin Chen dan Congjie Gao, 2006. Carbon dioxide removal from air by microalgae cultured in a membrane-photobioreactor. Separation and Purification Technology journal. Volume 50, Issue 3, Pages 324-329
- Santoso, A.D., Rahmania A. Damawan, dan Agus Setiawan, 2009. Studi Kemampuan *Chaetoceros sp.* dalam Penurunan Gas CO₂ dalam Fotobioreaktor Sistem Batch. Jurnal Hidrosfir Indonesia (2009) Vol. 3 No. 2.
- Santoso, A.D., 2009a. Technical Report 'Analisa data dan hasil uji coba kemampuan serapan CO₂ oleh kultur mikroalga pada fotobioreaktor Pusat Teknologi Lingkungan. Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 17 hal.
- Wood, A.M., Everroad, R.C., Wingard, R.M., 2005. Measuring growth rates in mikroalgal cultures. In: Algal Culturing Techniques (ANDERSEN, R.A. Ed). Elseviers Acad.Press. p 269-284.

**PERBAIKAN PROSES PRODUKSI GARAM KONSUMSI BERYODIUM DARI SUMUR AIR
GARAM UNTUK MASYARAKAT PERBATASAN UTARA KALIMANTAN TIMUR**

**PRODUCTION PROCESS IMPROVEMENT OF IODIZED SALT CONSUMPTION FROM
SALTWELL FOR THE COMMUNITY OF NORTH BORDER OF EAST KALIMANTAN**

Fauziati, Yuni Adningsih dan Sulharman
Balai Riset dan Standardisasi Industri Samarinda
Jl. Harmonika No. 3, Samarinda

ABSTRAK

Desa Long Bawan Kecamatan Krayan kabupaten Nunukan berbatasan langsung dengan Negara tetangga Malaysia, telah memproduksi garam konsumsi yang berasal dari sumur garam yang mengandung yodium secara alami. Proses produksi dilakukan dengan memasak air garam dalam drum yang dipotong menjadi 2 bagian sebanyak 3 buah dan dimasak selama 24 jam. Drum yang digunakan bersifat korosif dan berkarat, sehingga dalam penelitian ini dilakukan perbaikan proses dengan cara pembuatan sarana produksi dari bahan yang tara pangan. Dengan menggunakan sarana yang baru dimana alat terbuat dari bahan stainless steel dan dilengkapi pengaduk manual, diperoleh peningkatan kapasitas produksi dari 15 kg/hari menjadi 25 kg/hari dengan pengurangan waktu proses sampai 50%. Hasil uji produk garam curai menunjukkan semua parameter uji sesuai SNI 01-3556-2000. Dari evaluasi tekno ekonomi, alat mempunyai BEP sebesar 37,63% dengan waktu kembali modal 2 tahun 10 bulan.

Kata kunci: Daerah perbatasan, sumur garam, sarana produksi, produk garam konsumsi

ABSTRACT

The village of Long Bawan in the district of Krayan and in the regency of Nunukan has direct border to the neighbour country Malaysia it has produced consumptive salt taken from salt well contain natural iodium. Salt water is collected in to tank made of a half of iron drum in three step process and allowed to boil and evaporate during 24 hours. This drum is corrosive and become rusty, so in the research the process of producing salt will be improved. The improvement is done by making the production equipment with a food grade material, such as stainless steel. This research, replace the previous drum made of iron with a new drum made of stainless steel and the new one is equipment with a manual stirrer. This new design increase the capacity of evaporation equipment from 15 kg/day of salt to 25 kg/dny of salt and reduce the processing time up to 50%. The quality of bulk salt product full fiel of the requirement of Indonesia for iodied salt consumption (SNI 01-3556-2000).

Keywords: border region, salt well, production equipment, consumption product of salt

PENDAHULUAN

Kabupaten Nunukan adalah pintu gerbang wilayah utara Indonesia Tengah dengan kekayaan alam yang melimpah disepanjang pesisir Timur Kalimantan. Disamping hasil pertanian ada sumber bahan baku garam rakyat yang berupa sumur garam, berada di gunung tepatnya desa Long Bawan Kecamatan Krayan Kabupaten Nunukan dan merupakan satu-satunya daerah yang memiliki sumur garam di Kalimantan Timur. Akses kegiatan perdagangan di Nunukan lebih dekat ke negara tetangga dapat ditempuh dengan jalan darat dari pada ke Indonesia khususnya ke Samarinda sebagai ibu kota propinsi Kalimantan Timur yang ditempuh dengan transportasi udara. Warga desa long Bawan dan sekitarnya termasuk desa Long Midang

(lokasi sumber sumur air garam) kecamatan Krayan Kab. Nunukan mempunyai mata pencaharian sebagian besar sebagai petani , sampai saat ini masih kesulitan untuk mendapatkan barang dan kebutuhan pokok dari dalam negeri sendiri karena jarak yang ditempuh harus dengan udara ,sehingga mendapatkannya harus kenegara tetangga dengan harga bahan pokok yang cukup mahal seperti garam dapur dibeli seharga Rp. 35.000,- /kg. Sedangkan garam rakyat berasal dari sumur garam tersebut adalah merupakan bahan baku yang digunakan oleh masyarakat setempat untuk membuat garam konsumsi yang digunakan sebagai kebutuhan lokal dan bahkan sudah dijual kenegara tetangga seperti Malaysia dan Brunai Darussalam dengan harga Rp 20.000,-/kg dan konon berdasarkan informasi dari masyarakat yang

mengkonsumsinya baik lokal maupun Negara tetangga seperti Brunei Darussalam menyatakan bahwa garam ini mempunyai kelebihan karena bila digunakan untuk memasak sayur, maka hijau daun (klorofil) sayur tetap berwarna hijau dan tetap segar.

Dan kelebihan bahan baku air garam yang berasal dari sumber sumur air garam tersebut mengandung yodium. Teknologi proses pembuatan garam konsumsi yang dilakukan pelani tersebut sangat sederhana yaitu dengan memasak air sumur garam menggunakan drum yang dibelah menjadi 2 bagian sebanyak 3 drum, kapasitas produksi 240 liter menghasilkan produk garam curai 15 kg dengan waktu pemasakan selama 24 (dua puluh empat) jam tanpa proses pengadukan dan dilanjutkan pengeringan sinar matahari selama 6 jam. Dengan proses produksi yang sangat sederhana yaitu menggunakan drum yang bersifat korosif dan menghasilkan produk tidak higienes, maka dalam hal ini perlu ditingkatkan teknologi proses produksinya dengan membuat sarana produksi yang memenuhi syarat.

Tujuan Penelitian

Untuk memperbaiki proses produksi yang ada dengan membuat sarana produksi dan pemenuhan kualitas produk yang memenuhi syarat.

METODE PENELITIAN

Bahan dan Peralatan

Bahan yang digunakan untuk penelitian adalah plat stainless steel tebal 5 mm, air garam, garam curai produksi sarana lama, amyfum dan bahan uji analisa garam curai. Peralatan yang digunakan adalah alat uji garam konsumsi sesuai SNI 01-3556-2000.

Tahapan Penelitian

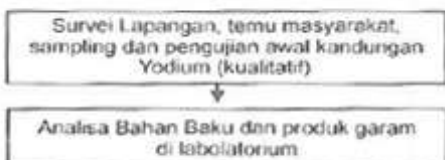
Tahapan kegiatan penelitian ini disajikan secara skematik sebagaimana gambar 1 sebagai berikut :

Survei lapangan

Dilakukan dengan kegiatan temu masyarakat pengelola garam dan pengguna garam di lokasi dalam rangka perubahan teknologi baru. Sampling bahan baku air garam dan pengujian awal kandungan yodium di lokasi secara kualitatif.

Analisa bahan baku dan produk garam di laboratorium.

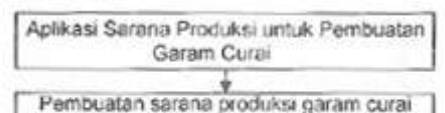
Analisa bahan baku dan produk garam dilakukan sesuai dengan SNI 01-3556-2000.



HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembuatan Sarana Produksi

Dibuat sarana produksi garam sesuai kondisi di lapangan kapasitas 240 lite dilengkapi pengaduk dengan spesifikasi sebagai berikut : Bahan terbuat dari stainless steel tebal 5 mm, diameter 84 cm, tinggi 44 cm dilengkapi dengan gear box untuk memudahkan pengadukan.



Gambar 1. Flow chart Tahapan Proses Penelitian

Pembuatan Sarana Produksi Garam Curai

Dibuat sarana produksi dari bahan stainless steel ketebalan 5 mm, diameter 84 cm dan tinggi 44 cm dilengkapi dengan pengaduk serta gear box untuk mempermudah proses pengadukan.

Aplikasi Sarana Produksi untuk Pembuatan Garam Curai

Dilakukan pembuatan garam curai dengan menggunakan sarana produksi baru yang dilengkapi pengaduk dengan kapasitas produksi 240 liter.

Analisa Bahan Baku (Air Garam)

Bahan baku berasal dari sumur air garam, dimana pemunculan sumur-sumur tersebut berada di kaki-kaki perbukitan dengan diameter sumur antara (30-80) cm, kedalaman sumur antara (270-304) cm di bawah permukaan tanah setempat, kedudukan permukaan air garam antara (90-214) cm di bawah permukaan tanah setempat. Hasil

analisa secara kualitatif menunjukkan bahwa air sumur garam mengandung Yodium dengan perubahan warna yang sangat signifikan.

Dari hasil analisa di laboratorium diperoleh kandungan NaCl bahan baku garam 2,62 % sedangkan berdasarkan hasil penelitian (Djoko Wilarso dkk) menunjukkan bahwa kandungan NaCl pada air laut sebesar 2,67 % dan menurut Anthoni dalam The Chemical Composition of Seawater (2006) menunjukkan kandungan NaCl dalam air laut berkisar antara 3,2% – 4,0%. Kebanyakan air laut didunia memiliki kadar NaCl yang berbeda-beda dimana yang paling tawar adalah di timur teluk Finlandia dan di utara teluk Bothnia dan yang paling asin adalah Laut Merah (World Acean Atlas, 2001). Senyawa impurities yang terkandung di dalam bahan baku garam seperti kalsium, magnesium, sulfat dan zat tidak larut memenuhi syarat masih berada di bawah batas maksimum yang dipersyaratkan. Untuk parameter cemaran logam seperti timbal (Pb), tembaga (Cu), raksa (Hg) dan cemaran arsen (As) memenuhi syarat masih berada di bawah batas maksimum yang dipersyaratkan. Hasil analisa air garam secara alami mengandung Iodium (KIO_3) sebesar 47,02 mg/kg. Sedangkan PH larutan garam sebesar 6,67. Adapun hasil analisa bahan baku garam dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisa Bahan Baku Garam

Parameter	Satuan	Nilai Uji	Syarat Mutu
Kadar air	%	96.11	
NaCl	%	2.62	Maks. 1,0
Kalsium (Ca)	% b/b	0.03	Maks. 1,0
Magnesium (Mg)	% b/b	0.01	
Sulfat (SO_4^{2-})	% b/b	0.003	Maks. 2,0
Zat tidak larut	%b/b	0,3	Maks. 0,5
Cemaran Logam			
Timbal (Pb)	mg/kg	0.31	Maks. 10,0
Tembaga (Cu)	mg/kg	Ttd	Maks. 10,0
Raksa (Hg)	mg/kg	0,0008	Maks. 0,1
Cemaran Arsen	mg/kg	Ttd	Maks. 0,1
Iodium (KIO_3)	mg/kg	47.02	
pH		6.67	

Uji Coba Proses Produksi untuk Pembuatan Garam Curai

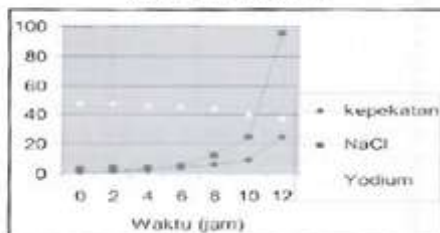
Dilakukan pembuatan garam menggunakan sarana produksi baru dengan kapasitas 240 liter bahan baku. Dengan bantuan pagedukan dan pemanasan antara 75-90 °C dengan waktu pemanasan selama 12 jam, kepekatan larutan

25 Be kemudian dilakukan pengeringan dengan sinar matahari selama 6 jam (bila sinar matahari maksimal) dihasilkan garam curai sebanyak 25 Kg dari bahan baku 240 liter. Adapun data pembuatan garam curai dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 . Data Pembuatan Garam Curai

Waktu (jam)	Suhu (°C)	Volum (l)	Kepekatan (°Be)	NaCl (%)	Yodium (mg/kg)
0	75	240	1	3.20	47.02
2	75	220	1.5	3.50	47.00
4	80	180	2	3.75	46.70
6	80	100	3.5	5.75	45.50
8	90	80	6.0	12.50	45.30
10	90	30	9.0	25.05	40.60
12	90	10	25 (kristal basah)	95.15	38.05

Gratik pengaruh waktu pemanasan terhadap NaCl, kepekatan dan kandungan Yodium dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Grafik Pengaruh Waktu pemanasan terhadap Kadar NaCl, Kepekatan dan Kandungan Yodium pada pembuatan garam curai

Adapun modifikasi sarana produksi yang lama dan baru dapat terlihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Modifikasi Sarana Produksi Pembuatan Garam

Gambar 3 menunjukkan bahwa semakin lama waktu pemanasan diperoleh kepekatan larutan dan kandungan NaCl semakin tinggi dan diperoleh waktu optimal pembuatan garam (Kristal basah) selama 12 jam dengan derajat kepekatan sebesar 25°Be dan kandungan NaCl 95,15%, kandungan yodium 38,05 mg/kg.

Kandungan Yodium pada pembuatan garam curai semakin menurun dengan semakin lama pemanasan.

Analisa Produk Garam Dengan Sarana Produksi Lama

Dilakukan analisa produk garam yang dihasilkan dari sarana produksi lama dengan hasil pengujian sesuai tabel 3.

Tabel 3. Hasil Analisa Pengujian Garam Curai dengan Sarana Produksi Lama

Parameter	Selatan	Garam Curai	Syarat Mutu (SNI 01-3556-2000)
Kandungan Bau	%	Normal Putih	Normal Putih
Warna	%	Asin	Normal
Kena	mg/kg	3,00	Asin
Kadar air	mg/kg	95,78	Maks 7
NaCl	mg/kg	31,52	Min 94,7
Iodium (I ₂)	mg/kg	10,40	Min 20
Cemaran Logam	%	Td	Maks 10
-Timbal (Pb)	%	0,155	Maks 10
-Sembaga (Cu)		Td	Maks 0,1
-Bakau (Hg)		0,00	Maks 1,0
-Arsen (As)		0,47	Maks 1,0
Kalsium (Ca)			Maks 1,0
Magnesium (Mg)			

Dari hasil analisa produk garam curai di laboratorium semua parameter memenuhi persyaratan SNI 01-3556-2000, kecuali parameter Pb.

Kemurnian garam cukup tinggi hal tersebut dapat dilihat dari kandungan NaCl yang cukup tinggi yaitu sebesar 95,78 % dengan kandungan impuritis rendah seperti kalsium sebesar 0,06 % dan Magnesium sebesar 0,47%.

Analisa Produk garam dengan Menggunakan Sarana Produksi Baru

Dilakukan analisa produk garam yang dihasilkan dari sarana produksi baru dengan hasil pengujian sesuai Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Analisa Pengujian Garam Curai dengan Sarana Produksi Baru

Parameter	Selatan	Garam Curai	Syarat Mutu (SNI 01-3556-2000)
Kandungan Bau	%	Normal Putih	Normal Putih Normal
Warna	%	Asin	Asin
Kena	mg/kg	3,0	Maks 7
Kadar air	mg/kg	95,75	Min 94,7
NaCl	mg/kg	38,05	Min 30
Iodium (I ₂)	mg/kg	0,5	Maks 10
Cemaran Logam	mg/kg	Td	Maks 10
-Timbal (Pb)	%	0,05	Maks 0,1
-Sembaga (Cu)	%	Td	Maks 0,1
-Bakau (Hg)		0,00	Maks 1,0
-Arsen (As)		0,30	Maks 1,0
Kalsium (Ca)			
Magnesium (Mg)			

Tabel 4 menunjukkan bahwa garam curai yang diproduksi dengan Sarana Produksi Baru, setelah dilakukan analisa di laboratorium memenuhi persyaratan SNI 01-3556-2000 kecuali parameter Pb.

Kemurnian garam cukup tinggi hal tersebut dapat dilihat dari kandungan NaCl yang cukup tinggi yaitu sebesar 95,78 % dengan kandungan impuritis rendah seperti kalsium sebesar 0,06 % dan Magnesium sebesar 0,47%.

hasil analisa garam Dari menunjukkan bahwa semua parameter uji memenuhi syarat mutu SNI 01-3556-2000. Untuk parameter cemaran logam khususnya Pb pada proses produksi dengan menggunakan sarana produksi lama mengandung Pb diatas persyaratan maksimum yakni 10,40 mg /kg sedangkan dengan menggunakan sarana produksi baru mengandung Pb sebesar 0,5 mg/kg.

Kemurnian garam cukup tinggi dapat dilihat dari kandungan NaCl sebesar 95,75 % dan kandungan impuritis yang sangat rendah yaitu Kalsium 0,05 % ,Magnesium 0,35% dan kandungan Iodium secara alami tanpa yodisasi sebesar 38,05

Kemurnian garam cukup tinggi dapat dilihat dari kandungan NaCl sebesar 95,75 % dan kandungan impuritis yang sangat rendah yaitu Kalsium 0,05 % ,Magnesium 0,35% dan kandungan Iodium secara alami tanpa yodisasi sebesar 38,05 mg/Kg Garam yang dihasilkan berupa kristal halus berwarna putih.

Evaluasi Tekno Ekonomi

Untuk melihat indikasi apakah suatu usaha garam curai mempunyai suatu prospek, dilakukan analisis tekno ekonomi. Prospek dan efisiensi ekonomi proses produksi garam dengan menggunakan sarana produksi baru (hasil modifikasi) dipengaruhi oleh berbagai faktor utamanya tanah, bangunan, mesin peralatan, bahan bakar dan tenaga kerja. Tabel 5 menunjukkan hasil analisis tekno ekonomi usaha pembuatan garam curai sesuai dengan teknik yang dilaksanakan dalam penelitian ini.

Tabel 5. Hasil analisa tekno ekonomi usaha pembuatan garam curai

No	KELOMPOK BIAYA	JUMLAH
PERORANGAN MODAL TETAP		
1	Tanah	
	Pembelian 200 m ²	75.000.000
2	Bangunan	
	Bangunan parkir 150 m ²	75.000.000
		150.000.000
3	Mesin & Peralatan	
	a. Aki Pengisian Garam	63.200.000
	b. Seari (2 buah) @ Rp 350.000	700.000
	c. Tembaga (2 buah) @ Rp 100.000	200.000
	d. Perungguan lainnya	300.000
4	Peralatan Kantor	1.000.000
	Catangan konsekuensi dana	1.000.000
		74.700.000
	JUMLAH MODAL TETAP¹⁾	174.200.000
PERORANGAN MODAL KERJA (3 BULAN)		
1	Pembelian	
	a. Bahan bakar kayu Rp 100.000/btn	1.500.000
	b. Air sumbu garam Rp 50.000/btn	150.000
	c. Plastik kemasan 7.500 bungkus / tahun	1.875.000
	Mp. 250 per kemasan	
	d. Tenoropi (Rp 500.000/bulan)	1.500.000
		5.025.000
2	Tenaga Kerja	
	a. Gaj pengisian dan administrasi 1 orang	3.750.000
	1 orang @ 1.250.000	
	b. Tenaga kerja produksi 3 orang @ 1.000.000	3.000.000
		12.750.000
	JUMLAH MODAL KERJA	17.775.000
	KEBUTUHAN INVESTASI AWAL	191.975.000

¹⁾ Sesuai 20 hari kerja

Tabel Perhitungan biaya Produksi selama 1 tahun

No	KELOMPOK BIAYA	JUMLAH
BIAYA TETAP		
1	Gaj (Rp 1.250.000 x 12)	15.000.000
2	Biaya Pemeliharaan	
	a. Mesin (3%)	1.980.000
	b. Bangunan (3%)	2.250.000
2	Penyusutan	
	a. Mesin (10%)	6.620.000
	b. Bangunan (10 %)	7.500.000
3	Bunga Modal	
	a. Modal tetap (12 %)	20.924.000
	b. Modal Kerja (15 %)	2.666.250
4	Biaya Umum 10 % biaya gaj	3.240.000
	JUMLAH	96.166.250

BIAYA TIDAK TETAP		
1	Upan tenaga kerja	36.000.000
2	Bahan bakar kayu Rp 500.000/btn	6.000.000
3	Air sumbu garam Rp 50.000/btn	600.000
4	Plastik kemasan 7.500 bungkus / tahun	7.500.000
	Rp. 250 per kemasan	
		53.100.000
	BIAYA PRODUKSI 1 TAHUN	110.264.250

A. Perhitungan Laba Rugi (dalam 1 tahun)

1	Hasil penjualan 7000 bungkus @ Rp 12 x 7.000	210.000.000
2	Biaya produksi	180.266.250
3	Keuntungan kotor	29.733.750
4	Pajak (metoda progresif)	7.486.687,5
5	Keuntungan bersih per tahun	22.247.062,5

A. Perhitungan Batas Laba Rugi (BEP)

$$1. \text{Nilai BEP} = \frac{\text{Biaya Tetap}}{1 - \frac{\text{Biaya Tidak Tetap}}{\text{Hasil Penjualan}}}$$

$$= \frac{\text{Rp. 174.200.000}}{1 - \frac{\text{Rp. 53.100.000}}{\text{Rp. 210.000.000}}}$$

$$= \text{Rp. 79.020.554,24}$$

2. Persentase BEP

$$= \frac{\text{Biaya Tetap}}{\text{Hasil Penjualan} - \text{Biaya Tidak Tetap}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp. 174.200.000}}{\text{Rp. 210.000.000} - \text{Rp. 53.100.000}} \times 100\%$$

$$= 37,63 \%$$

3. Kapasitas = 37,63 % x 22500
= 846.675 bungkus

4. Perhitungan Balik Modal

$$\text{Penyusutan} = \frac{\text{Keuntungan bersih per tahun}}{\text{Investasi Awal}} \times 100\%$$

$$= \frac{\text{Rp. 92.247.062,5}}{\text{Rp. 191.975.000}} \times 100\%$$

$$= 48,05 \%$$

Waktu Balik Modal

$$= \frac{1}{0,4805}$$

$$= 2,08 \text{ tahun}$$

KESIMPULAN

Telah dibuat sarana produksi pengolah garam baru dengan bahan stainless steel dengan kapasitas produksi 240 liter bahan baku, dihasilkan produk garam curai sebanyak 25 Kg. Dibandingkan dengan proses produksi yang lama terjadi penghematan waktu proses produksi sebesar 50 % dengan randomen lebih besar dimana dengan produksi lama dari bahan baku 240 liter dihasilkan garam curai sebesar 15 Kg. Hasil analisa produk garam curai dengan menggunakan sarana produksi baru menunjukkan bahwa semua parameter uji memenuhi syarat mutu SNI 01-3556-2000, Garam konsumsi yang dihasilkan mengandung KIO_3 cukup tinggi yaitu 38,05 mg/Kg tanpa proses yodisasi (alami), dengan kandungan NaCl sebesar 95,75%. Dari hasil evaluasi tekno ekonomi diperoleh BEP sarana produksi sebesar 37,63 % dan waktu balik modal sebesar 2,08 tahun.

Daftar Pustaka

- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2000. Standar Nasional Indonesia SNI 01-3556-2000 Garam Bahan Baku. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Badan Standardisasi Nasional (BSN). 2000. Standar Nasional Indonesia (SNI) 01-4435-2000 Garam Bahan Baku. Badan Standardisasi Nasional. Jakarta.
- Balitbangda Prop. Kaltim. 2008. Penelitian Garam Rakyat di Atas Gunung Desa Long Bawan Kecamatan Krayan Kab. Nunukan. Samarinda.
- Berita Agrokim. 2008. Garam dan Industri Garam Indonesia. http://ikah.depperin.go.id/queri/info.php?action=view&info_id=25. (akses 22/01/2008).
- BPPI Semarang. 1984. Stabilitas Yodat dalam Garam Konsumsi. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang.
- BPPI Semarang. 1985. Laporan Penelitian Peningkatan Teknologi Proses Pengolahan Garam Rakyat Menjadi Garam Industri dengan Tenaga Surya. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Semarang.
- BPPI Banjarbaru. 1989. Usaha Peningkatan Mutu Garam Konsumsi Beryodium. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Banjarbaru. Banjarbaru.
- BPPI Pontianak. 2001. Uji Coba Proses Pengolahan Garam Rakyat Di Kampung Sintang. Balai Penelitian dan Pengembangan Industri Pontianak. Pontianak.
- Departemen Kesehatan. 1978. Kep. Menteri Kesehatan RI No 23/MEN.KES/SK/1978 Tanggal 24 Januari 1978 Tentang Pedoman Cara Produksi yang Baik Untuk Makanan. Dep. Kesehatan. Jakarta.
- Departemen Perindustrian dan UNICEF. 1990. Petunjuk Pembuatan Garam Beriodium. Jakarta.
- Departemen Perindustrian. 1995. SK. Menteri Perindustrian RI No 23/MEN. Kes/SK/1995 Tanggal 16 Februari 1995 Tentang Pengesahan Serta Penerapan Standar Nasional Indonesia dan Penggunaan Tanda SNI secara Wajib terhadap 10 (sepuluh) Macam Produk Industri. Dep. Perindustrian. Jakarta.
- Departemen Perindustrian. 2005. Peraturan Men. Perindustrian RI No 42/M-IND/PER/II/2005. Tentang Pengolahan, Pengemasan dan Pelabelan Garam Beryodium. Dep. Perindustrian. Jakarta.
- Djoko Wilarso dkk. 1995. Laporan Penelitian Peningkatan Teknologi Proses Pengolahan Garam Rakyat Menjadi Garam Industri dengan Tenaga Surya. BPPI Semarang.
- World Ocean Atlas. 2001. Air Laut. http://id.wikipedia.org/wiki/Air_Laut.
- Prasetyo, B.N, Djoko Wilarso, Sigit K, Ag S Nur Widiawati, S. Raharjo, Suparno, Suyono. 1997. Protolipe Alat Washing Garam untuk Skala Industri Garam Rakyat. BPPI Semarang. Semarang.
- Gizi Net Indonesian Nutrition Network. 2005. Stabilitas Kalium Iodat Dalam Garam.
- Sudibyo, A. 2008. Teknologi dan Pengendalian Mutu Pengolahan Garam. BBIA. Bogor.
- Thaheer, H. 2005. Sistem Manajemen HACCP. Bumi Aksara. Jakarta.
- Winarno, F.G dan Surono. 2004. GMP Cara Pengolahan Pangan yang Baik. M-Brio Press cetakan 2. Bogor.