

PENGARUH pH, KONSENTRASI BIOSORBEN DAN WAKTU REAKSI TERHADAP PENURUNAN LOGAM BERAT Pb DENGAN MEMANFAATKAN LIMBAH INDUSTRI BIR DALAM BENTUK PELET SEBAGAI BIOSORBEN.

(EFFECT OF pH, BIOSORBENT CONCENTRATION AND REACTION TIME TO DECREASE HEAVY METAL Pb BY USING PELLET FROM BEER WASTE INDUSTRY AS A BIOSORBENT)

Emmy Ratnawati

Balai Besar Kimia dan Kemasan, Kementerian Perindustrian RI
Jl. Balai Kimia 1, Pekayon, Pasar Rebo, Jakarta Timur

Email : emmyratna.hs@gmail.com

ABSTRAK

Proses biosorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme seperti bakteri, khamir (*yeast*), dan *algae* sebagai biosorben. Pada skala industri, biaya pengadaan biomassa mikroorganisme ini secara ekonomi kurang menguntungkan, oleh karena itu limbah biomassa seperti limbah hasil samping fermentasi dari industri bir dapat dimanfaatkan karena harganya murah dan keberadaannya melimpah. *Saccharomyces cerevisiae* digunakan sebagai ragi dalam pembuatan bir, sehingga dalam limbah yang dihasilkan dari produk samping proses fermentasi bir juga mengandung *Saccharomyces cerevisiae*. Dalam penelitian ini *sludge* dari limbah bir dikeringkan dan dibuat pelet, kemudian diaplikasikan sebagai biosorben pada limbah cair sintesis yang mengandung logam berat Pb dengan konsentrasi 10 mg/L dan diteliti pengaruh pH, konsentrasi biosorben dan waktu reaksi terhadap penurunan konsentrasi logam berat Pb tersebut. Rendemen pelet dari limbah bir yang diperoleh adalah sebesar 24 g pelet per liter limbah bir dengan kadar air 9 %. Dari hasil penelitian untuk penentuan kondisi optimum biosorpsi dengan variabel pH, berat (konsentrasi) biosorben dan waktu kontak diperoleh hasil optimum pada pH 9, berat biosorben 0,5 g/500 mL limbah dan waktu kontak 0,5 jam. Dengan kondisi optimum ini dapat menurunkan konsentrasi logam Pb yaitu konsentrasi awal sebesar 10 mg/L menjadi 0,27 mg/L atau pengurangan sebesar 97,3 %. Bila kondisi optimum ini diaplikasikan pada pengolahan limbah di industri dengan proses biosorpsi, maka konsentrasi Pb dalam limbah dapat diturunkan dan memenuhi baku mutu limbah cair (sebesar 0,30 mg/L).

Kata kunci : Pelet biosorben, Limbah bir, *Saccharomyces cerevisiae*, Biosorpsi, Logam berat Pb

ABSTRACT

Biosorption process can use microorganisms such as bacteria, yeast and algae as a biosorbent. In industrial scale. The use of biomass from microorganism is not beneficial, so the use biomass waste such as fermentation side product of beer industry can be use as a biosorbent, since its low price and abundant. Saccharomyces Cerevisiae used as yeast for beer production, so in the waste of fermentation side product in beer industry still remain content of Saccharomyces cerevisiae. On this research sludge from waste of beer industry dried in the pellet form and applied as a biosorbent in synthetic waste water containing Pb in 10 mg/L concentration and get to know the impact of Ph, biosorbent cobcentration and reation time to decrease Pb heavy metal concentration. Rendemen of pellet from waste of beer industry is 24 g per-litre of beer waste water with water content 9.0 %. From this research we found that the optimum variable at pH 9, biosorbent concentration 0.5 g/500 mL of waste and contact time 0.5 hours (30 minutes). On this optimum condition could reducing Pb concentration from 10 mg/L to 0.27 mg/L, its about 97.3 %. If this optimum condition applied for waste water treatment in industry with biosorption process the concentration of heavy metal Pb can reduced and fulfill the stated waste water standard requirement (0.30 mg/L).

Key words : Biosorbent pellet, Beer waste water, *Saccharomyces cerevisiae*, Biosorption, Pb heavy metal

PENDAHULUAN

Dalam beberapa tahun terakhir ini banyak perhatian diberikan dalam mengembangkan teknik-teknik inovatif untuk mereduksi logam berat hingga ketinggian yang diinginkan (Yan dan Bai, 2005). Pengolahan secara biologi untuk mengurangi logam berat pada limbah tercemar diketahui sebagai teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan dibandingkan dengan proses kimia.

Pengolahan air limbah dengan suatu teknologi alternatif yang ramah lingkungan, biaya rendah dan mempunyai efisiensi yang tinggi untuk mengolah limbah cair, antara lain diantaranya dengan pemanfaatan kemampuan beberapa mikroorganisme sebagai penyerap logam berat atau biosorben.

Biosorpsi merupakan teknologi pengolahan limbah untuk mengikat logam berat yang berada dalam suatu larutan yaitu dengan cara pertukaran ion dimana ion-ion pada dinding sel mikroorganisme digantikan oleh ion-ion logam berat (Martias *et.al.*, 2006)

Biosorpsi dapat dilakukan dengan menggunakan bakteri, khamir (*yeast*), dan algae sebagai biosorben (Parvathi *et.al.*, 2007). Pada skala industri, biaya pengadaan biomassa mikroorganisme ini secara ekonomi kurang menguntungkan, oleh karena itu limbah biomassa dari limbah industri fermentasi seperti industri bir dapat dimanfaatkan karena harganya murah dan keberadaannya melimpah..

Salah satu mikroorganisme yang dapat digunakan untuk proses biosorpsi adalah *Saccharomyces cerevisiae*. Dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* menghasilkan banyak senyawa Methalotionein (MT) yang dapat menginduksi ion-ion logam berat. Pembentukan senyawa MT pada *Saccharomyces cerevisiae* terdapat pada kromosomnya (Toyohama, *et.al.*, 1995). *Saccharomyces cerevisiae* diketahui memiliki kemampuan mengakumulasi logam berat seperti cadmium (Cd), timbal (Pb) dan uranium (U) (Zimmermann and Wolf, 2002). Sedangkan sisi pengikatan utama logam berat pada dinding sel khamir adalah gugus karboksil, gugus amino, dan gugus hidroksil (Kapoor and Viraraghavan, 1995). Muatan negatif dari gugus karboksil, gugus hidroksil dan gugus amino pada senyawa polimer penyusun dinding sel khamir memungkinkan terjadinya ikatan dengan ion logam yang bermuatan positif (Zimmerman and Wolf, 2002). Kapasitas biosorpsi logam sangat tergantung pada gugus fungsional yang terdapat

pada dinding sel *Saccharomyces cerevisiae* yaitu gugus fungsional glukon, karboksil, dan gugus fosfat (Vieira and Volesky, 2000)

Seperti kita ketahui bahwa *Saccharomyces cerevisiae* digunakan sebagai ragi dalam pembuatan bir, sehingga didalam limbah yang dihasilkan dari produk samping proses fermentasi bir juga mengandung *Saccharomyces cerevisiae* (Zimmermann and Wolf, 2002) sedangkan polutan logam berat Pb banyak terdapat pada limbah industri antara lain industri baterai basah (*accu*), *printing*, dan pigmen.

Oleh karena itu limbah produk samping dari proses fermentasi bir yang mengandung *Saccharomyces cerevisiae* dapat dimanfaatkan sebagai biosorben untuk mengikat logam berat Pb dengan mengeringkan dan membuatnya dalam bentuk pelet sehingga mudah dalam aplikasinya. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menurunkan limbah berat Pb dari limbah industri tinta cetak dengan menggunakan hasil samping fermentasi industri bir dengan terlebih dahulu limbah bir tersebut dibuat dalam bentuk pelet.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah sintetis berupa larutan Pb dengan konsentrasi 10 mg/L, limbah produk samping dari industri bir yang diperoleh dari perusahaan tinta cetak di Jakarta, air suling (*aquadest*), NaOH 50%, HNO₃ pekat, K₂Cr₂O₇, H₂SO₄, HgSO₄, AgSO₄, kalium hidrogen ptalat, barium klorida, natrium sulfat, alkohol 70%, *Buffered Peptone Water* (peptone, NaCl, dinatrium hidrogen phosphate, kalium dihidrogen phosphate, dan air suling), *Potato Dextrose Agar* (*infusion from white potatoes*, dextrose, agar dan air suling), asam tartrat 10%, dan antibiotik *Streptomycine*.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstruder, oven, *jar test*, kertas saring, lampu spiritus, cawan petri (100x15) mm, botol pengencer steril, pipet steril ukuran 1 ml dan 10 ml steril, lemari inkubasi (suhu 25 °C), mikroskop, timbangan analitik (Toledo, kapasitas 100 g), penangas air (*water bath*), oven, tanur (*furnace*), desikator, labu *erlenmeyer* 250 mL, cawan porselen, gelas

centrifuge, centrifuge (Type H-103N), beaker glass 250 mL, gelas ukur, pH Meter (Horiba F-22), pengaduk magnet (*Magnetic Stirrer*), corong, lempeng pemanas (*hot plate*), *Atomic Absorbtion Spectrophotometer (AAS)* SHIMADZU 6501

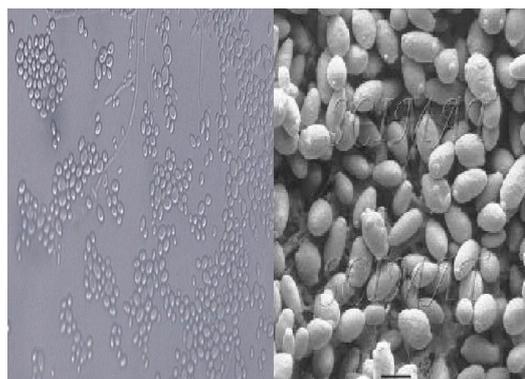
Metode

Dilakukan pengujian kandungan logam berat Pb dalam limbah sintesis dengan AAS, untuk konsentrasi sebesar 10 mg/L juga uji karakteristik limbah bir dan uji cemaran mikroba. Kemudian dilakukan pembuatan pelet biosorben dengan cara mengeringkan *sludge* limbah bir pada oven bersuhu 80 °C selama 2 hari kemudian dibentuk pelet dengan menggunakan alat ekstruder. Proses biosorpsi dilakukan dengan memasukkan pelet biosorben limbah bir ke dalam larutan logam berat Pb sebanyak 500 mL kemudian dengan menggunakan alat *jar test* kemudian diaduk dengan kecepatan 250 rpm. Variabel proses biosorpsi adalah pH 5; 6; 7; 8; 9; 10 dan 11; berat biosorben 0,25 g; 0,5 g; 1,0 g; 1,5 g; 2,0 g; 2,5 g dan 3,0 g serta waktu reaksi 0,5 jam; 1 jam; 1,5 jam; 2 jam; 2,5 jam dan 3 jam. Uji penurunan logam berat Pb setelah proses biosorpsi optimum untuk tiga variabel diatas.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji karakteristik limbah bir dan uji cemaran mikroba

Karakteristik limbah produk samping ragi bir yang dijadikan biosorben untuk proses biosorpsi logam berat Pb, dianalisis berdasarkan SNI No. 19-2897-1997 tentang uji cemaran mikroba kelompok kapang dan khamir. Analisis dilaksanakan dengan perlakuan kontrol/tanpa pengenceran (10^0) dan pengenceran (10^2). Setelah dilakukan pengamatan dibawah mikroskop, untuk kontrol belum terlihat koloni yang tumbuh, sedangkan untuk pengenceran (10^2) koloninya terlihat banyak sekali hampir menutupi seluruh permukaan media dan susah dilakukan penghitungan jumlahnya dengan metode *Total Plate Count (TPC)*. Koloninya terlihat mengkilat, licin, dan lembab/basah; dengan bentuk bulat dan agak lonjong. Menurut Walker (1998) biakan ini merupakan khamir *Saccharomyces cerevisiae*, dapat tumbuh dan



Gambar 1. Hasil uji identifikasi khamir *Saccharomyces Cerevisie*

Tabel 1. Karakteristik limbah hasil samping proses fermentasi bir

No.	Parameter Uji	Konsentrasi (mg/L)
1.	TSS	13.720
2.	TVSS	8.400
3.	MLSS	25.000
4.	MLVSS	15.000

Keterangan:

TSS (*Total Suspended Solid*)

TVSS (*Total Volatile Suspended Solid*)

MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*)

MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solid*)

berkembang biak dengan cepat secara vegetatif (*budding*) serta dapat dipanen dalam 3 hari.

Hasil uji identifikasi khamir yang dilakukan menunjukkan adanya *Saccharomyces Cerevisiae* seperti terlihat pada Gambar 1.

Pada Tabel 1 dapat dilihat nilai konsentrasi dari padatan tersuspensi total (*Total Suspended Solid* /TSS) sebesar 13.720 mg/L, nilainya lebih besar dibanding nilai TVSS (*Total Volatile Suspended Solid*) sebesar 8.400 mg/L. Hal ini disebabkan karena TSS merupakan total suspensi terlarut maupun yang tidak terlarut di dalam larutan, sedangkan TVSS merupakan total material/volatile dari suspensi yang terlarut maupun yang tidak terlarut setelah dipanaskan pada temperatur 600 °C.

Nilai konsentrasi MLSS (*Mixed Liquor Suspended Solid*) yang didapat lebih besar dibanding MLVSS, karena MLSS merupakan total biomass dan mineral yang tersuspensi, termasuk mikroorganisme yang berada dalam cairan tersebut. Kemudian diukur MLVSS (*Mixed Liquor Volatile Suspended Solid*) yang nilainya lebih kecil dibanding nilai MLSS, hal ini

disebabkan karena *MLVSS* merupakan komposisi bahan mikrobial baik yang hidup maupun yang mati dan mineral yang tersuspensi setelah dipanaskan pada temperatur 600 °C.

Pembuatan Pelet Biosorben dari limbah bir

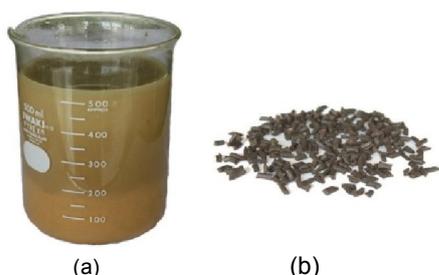
Dari hasil pembuatan pelet yang berasal dari produk samping industri bir, diperoleh rendemen sebesar 480 g/20 L atau 24 g/L limbah bir dengan kadar air 9 %. Berikut ini diperlihatkan gambar limbah bir sebelum dan sesudah menjadi pelet (Gambar 2)

Proses Biosorpsi Pada Limbah Sintetis Pb Menggunakan Pelet Biosorben Limbah Bir

Untuk mengetahui kecenderungan penurunan konsentrasi Pb, dilakukan proses biosorpsi pada limbah sintetis yang mengandung logam Pb 10 mg/L dengan menggunakan pelet biosorben dari limbah bir. Variabel proses biosorpsi meliputi pH, konsentrasi (berat) biosorben dan waktu reaksi.

Dari Tabel 2 dan Gambar 3 di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan logam Pb mulai pH 5 dan optimum pada pH 9. Semakin tinggi nilai pH, semakin besar persen penurunan logam Pb, namun pH yang terlalu tinggi dapat mempengaruhi presipitasi dari kompleks logam (Wang and Chen, 2006). Mapolelo and Torto (2004) telah membuktikan bahwa kemampuan biosorpsi dari Cd^{2+} , Cr^3 , Cr^{6+} , Cu^{2+} , Pb^{2+} dan Zn^{2+} sangat tergantung pada pH, dan nilai pH optimal untuk semua ion logam tersebut berkisar di atas pH 5.

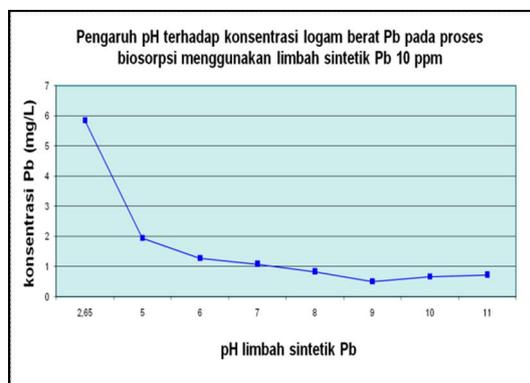
Pada percobaan biosorpsi dengan pH optimal 9,0 dan variabel berat biosorben mulai dari 0,25 g; 0,5 g; 1g; 1,5 g; 2 g; 2,5 g dan 3 g diperoleh hasil optimal penurunan logam Pb



Gambar 2. (a) Limbah produk samping industri bir; (b) Limbah bir setelah berbentuk pelet

Tabel 2. Pengaruh pH terhadap penurunan logam berat Pb pada proses biosorpsi pada limbah sintetis Pb 10 ppm, menggunakan pelet biosorben dari limbah bir.

No.	Perlakuan	Konsentrasi Pb (mg/L)
1.	Limbah sintetis (pH 2,62) + biosorben 1 g	5,85
2.	Limbah sintetis (pH 5) + biosorben 1 g	1,95
3.	Limbah sintetis (pH 6) + biosorben 1 g	1,28
4.	Limbah sintetis (pH 7) + biosorben 1 g	1,09
5.	Limbah sintetis (pH 8) + biosorben 1 g	0,84
6.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 1 g	0,51
7.	Limbah sintetis (pH 10) + biosorben 1 g	0,67
8.	Limbah sintetis (pH 11) + biosorben 1 g	0,73

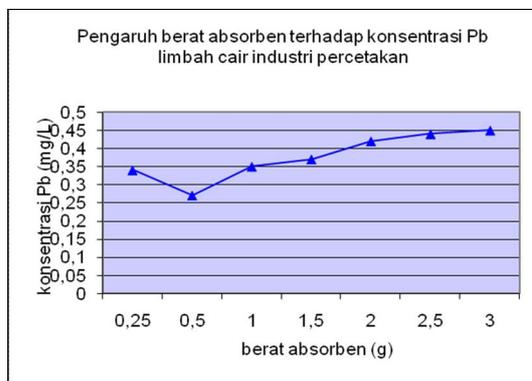


Gambar 3. Grafik pengaruh pH terhadap penurunan logam berat Pb pada proses biosorpsi pada limbah sintetis Pb 10 mg/L, menggunakan pelet biosorben dari limbah bir

pada berat absorben 0,5 g (Tabel 3 dan Gambar 4). Makin berat biosorben, kemampuan biosorpsi nya makin turun karena Pb yang tertinggal makin tinggi. Menurut Kim *et.al* (2005), kemampuan biosorpsi logam Pb oleh khamir dipengaruhi oleh berat biosorben, dimana konsentrasi biosorben yang tinggi dapat menyebabkan aglomerasi sel dan reduksi dalam ruang intraseluler, serta penangkapan (*uptake*) logam yang semakin tinggi apabila ruang intraselulernya makin besar yang terbentuk apabila konsentrasi biosorbennya rendah.

Tabel 3. Pengaruh berat (konsentrasi) biosorben terhadap penurunan logam berat Pb pada proses biosorpsi pada limbah sintetik Pb 10 ppm, menggunakan pelet biosorben dari limbah bir

No.	Perlakuan	konsentrasi Pb (mg/l)
1.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,25 g	0,38
2.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,50 g	0,33
3.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 1,0 g	0,40
4.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 1,5 g	0,42
5.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 2,0 g	0,44
6.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 2,5 g	0,44
7.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 3,0 g	0,45



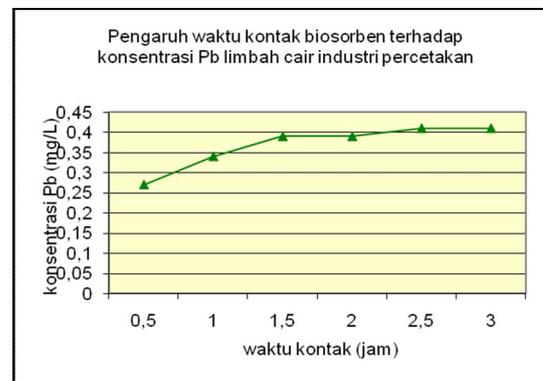
Gambar 4. Grafik pengaruh berat (konsentrasi) biosorben terhadap penurunan logam berat Pb pada proses biosorpsi pada limbah sintetik Pb 10 mg dengan pH optimum 9, menggunakan pelet biosorben dari limbah bir.

Dengan menggunakan pH optimal 9,0 dan berat biosorben optimal 0,5 g, proses biosorpsi dilanjutkan untuk variabel waktu kontak 0,5 jam, 1 jam, 1,5 jam, 2 jam, 2,5 jam dan 3 jam seperti pada Tabel 4 dan Gambar 5.

Dari Tabel 4 dan Gambar 5 dapat dilihat bahwa hasil dari proses biosorpsi dengan pH optimum 9, berat biosorben 0,5 g, waktu kontak yang optimum adalah 0,5 jam dengan konsentrasi Pb sebesar 0,27 mg/L dimana nilai ini sudah memenuhi baku mutu limbah cair untuk logam Pb, yaitu 0,3 mg/L.

Tabel 4. Pengaruh waktu kontak terhadap penurunan logam berat Pb pada proses biosorpsi pada limbah sintetik Pb 10 ppm, dengan pH optimum 9,0 dan berat biosorben 0,5 g, menggunakan pelet biosorben dari limbah bir.

No.	Perlakuan	konsentrasi Pb (mg/l)
1.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,5 g, 0,5 jam	0,27
2.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,5 g, 1 jam	0,34
3.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,5 g, 1,5 jam	0,39
4.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,5 g, 2 jam	0,39
5.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,5 g, 2,5 jam	0,40
6.	Limbah sintetis (pH 9) + biosorben 0,5 g, 3 jam	0,40



Gambar 5. Grafik pengaruh waktu kontak terhadap penurunan logam berat Pb pada proses biosorpsi pada limbah sintetik 10 mg/L dengan pH optimum 9, berat biosorbent 0,5 g, menggunakan pelet biosorben dari limbah bir

KESIMPULAN

Saccharomyces cerevisiae terdapat dalam limbah hasil samping fermentasi industri bir yang dapat digunakan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi logam berat dalam limbah sintetik Pb .

Kondisi optimum biosorpsi dengan variabel pH, berat biosorben dan waktu kontak diperoleh hasil optimum pada pH 9, berat biosorben 0,5 g/500mL limbah dan waktu kontak 0,5 jam. Dengan kondisi optimum ini dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb dari

konsentrasi awal 10 mg/L menjadi 0,27 mg/L atau pengurangan sebesar 97,3 %.

Pelet yang dihasilkan dari pengeringan *sludge* limbah hasil samping fermentasi bir ini berpotensi untuk diproduksi dan digunakan sebagai biosorben pada proses biosorpsi untuk mengolah limbah industri, khususnya industri yang mengandung cemaran logam berat Pb.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Avery, S.V. 2001. Metal toxicity in yeast and the role of oxidative stress. *Adv. Appl. Microbiol.* 49: 111-142.
- [2] Blackwell, K.J., Singleton, L., and Tobin, J.M. 1995. Metal cation uptake by yeast; A review. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 43: 579-584.
- [3] Brady, D., and Duncan, J.R. 1994. Binding of heavy metals by the cell walls of *Saccharomyces cerevisiae*. *Enzyme Microb. Technol.* 16: 633-638.
- [4] Cho, D.H., and Kim, E.Y. 2003. Characterization of Pb²⁺ biosorption from aqueous solution by *Rhodotularia glutinis*. *Bioprocess Biosyst. Eng.* 25: 271-277.
- [5] Dewan Standardisasi Nasional – DSN. 1992. *Standar Nasional Indonesia (SNI) No. 19 – 2897 – 1992. Tentang Cara Uji Cemaran Mikroba.* Departemen Perindustrian Jakarta.
- [6] Gupta, R., Ahuja, P., Khan, S., Saxena, R.K., and Mohapatra, H. 2000. Microbial biosorbents: Meeting Challenges of Heavy Metals Pollution in Aqueous Solutions. *Current Science.* 78(8): 967-973.
- [7] Japanese Standards Association. 2002. Japanese Industrial Standard (JIS), JIS K 0102 : 1998, *Testing Methods for Industrial Wastewater*, Minatoku Tokyo, Japan.
- [8] Kim, T.Y., Park, S.K., Cho, S.Y., Kim, H.B., Yong Kang, Kim, S.D., Kim, S.J. 2005. Adsorption of Heavy Metals by Brewery Biomass. *Korean J Chem Eng.* No.22(1) : 91-98.
- [9] Mapolelo, M., and Torto, N. 2004. Trace enrichment of metal ions in aquatic environments by *Saccharomyces cerevisiae*. *Talanta;* 64 : 39-47.
- [10] Mortimer, R.K., Contopoulou, C.R., and King, J.S. 1992. *Genetic and physical maps of Saccharomyces cerevisiae*, Edition 11. *Yeast* 8 : 817-902.
- [11] Parvathi, K., Nagendran, R., and Narehkumar, R. 2007. Lead Biosorption Onto Waste Beer Yeast By-Product, A Means To De-contaminate Effluent Generated From Battery Manufacturing Industry. *Elec-tronic Journal of Biotechnology*, Vol.10, No.1.
- [12] Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Microorganime: Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremoval By Micro-Organisms : A Literature Study). *Institute for Science and Technology Studies (ISTECS)-Chapter Japan*, disampaikan pada Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21.
- [13] Zimmermann, M., and Wolf, K. 2002. Biosorption of Metals. *The Mycota, Industrial Application.* Vol.10; 355-364.