

BIOSORPSI LOGAM Zn PADA LIMBAH SINTETIK MENGGUNAKAN BIOMASSA CAMPURAN *Pseudomonas aeruginosa* DAN *Pseudomonas sp*

Biosorption of Zinc on Synthetic Waste Using Pseudomonas aeruginosa and Pseudomonas sp Biomass Consortia

Hidayati*, Uray Lusiana dan Yoyon Suyono

Baristand Industri Pontianak, Jl. Budi Utomo No. 41, Pontianak

*e-mail: hidayati@kemenperin.go.id

Diterima: 12 Agustus 2013, Revisi akhir: 7 November 2013 dan disetujui untuk diterbitkan: 18 November 2013

ABSTRAK

Salah satu logam berat yang berbahaya dari hasil kegiatan industri adalah logam Zn (seng). Biosorpsi logam Zn pada limbah sintetik dilakukan dengan menggunakan biomassa campuran *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas sp*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas biomassa dalam mengadsorpsi logam Zn pada limbah sintetik. Biosorpsi logam Zn dilakukan pada kondisi pH 4, temperatur ruang dan pengadukan 800 rpm. Variasi waktu kontak dilakukan pada 30, 60 dan 120 menit dan menggunakan jumlah biomassa 0,01 g, 0,02 g, 0,03g, 0,04 g dan 0,05 g. Kapasitas biosorpsi logam Zn tertinggi diperoleh sebesar 25,43% pada waktu 120 menit dengan jumlah biomassa 0,01 g. Kondisi optimum biosorpsi logam Zn berdasarkan korelasi antara data eksperimen dan model matematika diperoleh pada penambahan jumlah biomassa sebesar 0,04 g baik untuk kapasitas biosorpsi logam Zn maupun efisiensi removal logam Zn dengan nilai koefisien korelasi (R^2) masing-masing adalah 1 dan 0,965.

Kata Kunci : Biosorpsi, koefisien korelasi, Zn, *Pseudomonas*

ABSTRACT

Zinc is one of the heavy metals that could be harmful for environment. This metal usually arises from industrial activities. Biosorption of zinc in synthetic waste was conducted using biomass mixture of Pseudomonas aeruginosa and Pseudomonas sp. This research aims to determine the zinc adsorption capacity of the biomass in synthetic waste water. Zinc biosorption was performed at pH 4, room temperature and stirring 800 rpm. Variation of contact time used was 30, 60 and 120 min; and the amount of biomass used was 0.01 g, 0.02 g, 0.03 g, 0.04 g and 0.05 g. The highest zinc biosorption capacity was obtained 25.43% at the time of 120 minutes and the amount of biomass used 0.01 g. The optimum condition for biomass biosorption and removal capacity based on the correlation between experimental data and mathematical models was obtained with the addition of 0.04 g of biomass with correlation coefficient (R^2) 1 and 0,965 respectively.

Keywords: Biosorption, correlation coefficient, Zn, *Pseudomonas*

PENDAHULUAN

Saat ini, pengolahan limbah secara biologis untuk mengurangi ion logam berat dari air tercemar menjadi teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan. Ada beberapa cara pengolahan limbah, salah satunya adalah biosorpsi yang memanfaatkan kemampuan pertukaran ion, pembentukan kompleks dan penyerapan

mikroorganisme untuk menyerap logam berat (Kresnawaty dkk., 2007). Secara umum, keuntungan pemanfaatan mikroorganisme sebagai biosorben adalah (1) biaya operasional rendah, (2) efisiensi dan kapasitas pengikatan logam yang tinggi, (3) meminimumkan terbentuknya *sludge*, (4) kemungkinan untuk *recovery* logam, (5) biosorben dapat diregenerasi, (6) bahan

bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak, dan (7) tidak memerlukan tambahan nutrisi jika menggunakan mikroba yang sudah mati (Gazsó, 2001; Ahalya *et al.*, 2004).

Mikroba telah lama diketahui dapat menyerap logam-logam berat dari lingkungan eksternalnya secara efisien (Horsfall *et al.*, 2006; Chergui *et al.*, 2007). Bakteri *genus Pseudomonas* banyak digunakan sebagai biomaterial biosorben karena memiliki kemampuan menyerap berbagai logam seperti chromium (VI), copper (Cu), cadmium (Cd), Plumbum (Pb), zinc (Zn) dengan pH proses mendekati netral (4-7) dan waktu kontak mulai 1 jam hingga 24 jam (Vijayaraghavan *et al.*, 2008).

Penelitian biomaterial bakteri *Pseudomonas* dalam biosorpsi logam sudah banyak dipublikasikan (Vijayaraghavan *et al.*; Wang *et al.*, 2009), seperti berikut: (1) Biosorpsi logam Chromium (VI) (Cr^{+6}) oleh bakteri *Pseudomonas sp* (Ziagova *et al.*, 2007). (2) Biosorpsi logam Copper (Cu) oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* (Chang *et al.*, 1997), *Pseudomonas cepacia* (Savvaidis, *et al.*, 2003), *Pseudomonas putida* (Pardo *et al.*, 2003; Uslu dan Tanyol *et al.*, 2006), *Pseudomonas putida* CZI (Chen *et al.*, 2005), dan *Pseudomonas stutzeri* IAM 12097 (Nakajima *et al.*, 2001). (3) Biosorpsi logam Cadmium (Cd) oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* PU21 (Lu *et al.*, 1997), *Pseudomonas putida* (Pardo *et al.*, 2003) dan *Pseudomonas sp* (Ziagova *et al.*, 2007). (4) Biosorpsi logam Plumbum (Pb) oleh bakteri *Pseudomonas aeruginosa* PU21 (Chang *et al.*, 1997; Lin dan Lai, 2006) dan *Pseudomonas putida* (Pardo *et al.*, 2003; Uslu dan Tanyol *et al.*, 2006). (5) Biosorpsi logam Zinc (Zn) oleh bakteri *Pseudomonas putida* (Pardo *et al.*, 2003) dan *Pseudomonas putida* CZI (Chen *et al.*, 2005).

Pemanfaatan biomaterial didasarkan pada sifat biologi berupa kapasitas pengikatan logam (*metal-binding capacities*) dengan metode biosorpsi. Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai interaksi tidak langsung secara fisika-kimia antara logam/radionukleotida dan sel mikroba (Shumate dan Stranberg, 1985 dalam Alluri, *et al.*, 2007). Mekanisme biosorpsi berdasarkan metabolisme sel dapat dibagi

dua yaitu *metabolisme dependent* dan *non-metabolisme dependent*. Tempat dimana logam dapat diserap dari larutan salah satunya adalah melalui *cell surface sorption* (permukaan sel).

Mekanisme *non-metabolisme dependent* dengan *cell surface sorption* dapat menggunakan bakteri pasif (*non living cells*) melalui interaksi fisika-kimia antara logam dengan gugus fungsional yang terdapat pada dinding sel. Dinding sel tersusun atas polisakarida, liposakarida, glikoprotein yang mampu mengikat logam. Metode ini relatif cepat, reversibel (Kuyucak dan Volesky, 1988 dalam Ahalya, *et al.*, 2004) dan tanpa penambahan nutrisi (Hussein, *et al.*, 2004). Tahapan biosorpsi meliputi pemilihan biomaterial, *pretreatment* biomaterial, imobilisasi biosorben (pembuatan biosorben) dan biosorpsi (Alluri, *et al.*, 2007).

Biomassa berupa bakteri pasif/mati diimobilisasi menggunakan Ca-alginat didasarkan pada penggunaan sel bebas yang memiliki keterbatasan, diantaranya ukuran kecil, densitas rendah, kekuatan mekanis rendah, kurang rigid yang dapat memberikan masalah pemisahan padat-cair (*solid-liquid*), *swelling* (menambah besar) biomassa, tidak dapat digunakan ulang dan terjadi pengembangan tetesan tekanan tinggi dalam kolom. Tekanan tinggi dapat menyebabkan disintegrasi biomassa bebas dan masalah tersebut dapat diatasi melalui penggunaan sistem imobilisasi sel (Gupta, *et al.*, 2000).

Teknik imobilisasi menggunakan media Ca-alginat dipilih karena berasal dari alga coklat yang merupakan bahan dasar alginat yang banyak dibudidayakan di Indonesia serta diharapkan mempunyai nilai ekonomis (Widjaja, 2008). Disamping itu, Ca-alginat telah banyak digunakan dalam beberapa penelitian (Alluri *et al.*, 2007), seperti (1) adsorpsi logam Cd oleh biomassa *Luffa cylindrical* (Iqbal *et al.*, 1997), (2) adsorpsi logam Cu dan Ni oleh biomassa *Chryseomonas luteola* (Guven *et al.*, 2005), (3) adsorpsi logam Cu, Cd dan Pb oleh biomassa *Laminaria digitata* (Sergios *et al.*, 2006), (4) adsorpsi logam Pb oleh biomassa *Bacillus cereus* (Paul *et al.*, 2006), (5) adsorpsi logam Cr(VI) oleh biomassa *Cyanobacterium* (Bala, *et al.*, 2007) dan (6)

adsorpsi logam Cr, Mn, Fe, Ni, Cu dan Pb oleh *Polyporus squamosus* (Wuyep, et.al., 2007). Imobilisasi sel/biomassa dalam struktur solid dapat menghasilkan material biosorben dengan ukuran yang tepat, kekuatan mekanis, rigid, dan porositas yang diperlukan untuk penggunaannya dalam proses pengolahan (*treatment*). Faktor-faktor yang mempengaruhi biosorpsi antara lain adalah pH larutan, temperatur, jumlah biosorben, ukuran biosorben, konsentrasi awal, kecepatan pengadukan, waktu dan kekuatan ion (Vijayaraghavan et.al., 2008).

Dalam upaya pengembangan biodiversitas lokal khususnya bakteri resisten logam yang berasal dari lokasi industri pelapisan seng di Kalimantan Barat sebagai biomaterial biosorben maka dilakukan pengolahan limbah cair yang mengandung logam Zn dengan metode biosorpsi menggunakan biomassa campuran bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas sp.* Disamping itu juga untuk mendapatkan kondisi optimum biosorpsi dengan mekanisme *non-metabolisme dependent* dengan proses *cell surface sorption/precipitation* menggunakan mikroorganisme pasif/mati (*non living cells*).

METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan adalah biomaterial berupa campuran bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas sp* hasil isolasi dan identifikasi pada tanah/lokasi dekat instalasi pengolahan air limbah (IPAL) industri pelapisan seng Kalbar (dekat titik *outlet*), Na-Alginat, NaCl, CaCl₂ dan bahan-bahan untuk pengujian logam Zn. Peralatan yang digunakan meliputi timbangan analitik, timbangan *top loading*, cawan petri, jarum ose, pipet ukur, labu ukur, gelas kimia, erlenmeyer, oven, *hot plate stirrer*, pinset, pH meter, termometer, *atomic absorption spectroscopy* (AAS) dan *centrifuge*. Rancangan penelitian menggunakan faktor berupa jumlah biosorben dengan variasi berat 0,01 g, 0,02 g, 0,03 g, 0,04 g dan 0,05 g dan waktu kontak proses biosorpsi selama 30, 60 dan 120 menit pada kondisi pH 4.

Pembuatan Sel Kering (*Dry Cell*)

Biomassa berupa campuran bakteri

Pseudomonas aeruginosa dan *Pseudomonas sp* yang resisten logam berat ditumbuhkan dalam *Casamino Acid Media* (CAA) pada suhu 25-35°C selama 24-28 jam pada *rotary shaker* 200 rpm. Selanjutnya biomassa dipisahkan dari medium menggunakan *centrifuge* 8000 rpm selama 15 menit. *Suspended* yang dihasilkan selanjutnya dikeringkan pada suhu 70°C selama 120 menit sehingga diperoleh sel kering (*dry cell*).

Pembuatan Biosorben

Sel kering dihaluskan dan ditimbang dengan berat masing-masing 0,01 g, 0,02 g, 0,03 g, 0,04 g dan 0,05 g. Selanjutnya masing-masing dicampurkan ke dalam 10 ml larutan Na-Alginat 2% dan diaduk menggunakan vortex. Campuran tersebut diteteskan ke dalam larutan CaCl₂ hingga terbentuk butiran (*beads*) dan didiamkan selama 1 (satu) malam. Biosorben dalam bentuk butiran disaring menggunakan kertas saring dan dibilas dengan larutan NaCl 1% sebanyak 3 kali dan terakhir dengan akuades.

Biosorpsi Logam Zn

Biosorben dengan variasi berat 0,01 g, 0,02 g, 0,03 g, 0,04 g, dan 0,05 g dicampurkan dalam larutan 100 ml limbah sintetik yang mengandung logam seng dengan konsentrasi ± 7-10 mg/L dan pengadukan 700 rpm. pH diatur 4 pada suhu kamar. Waktu kontak masing-masing proses adalah 30, 60 dan 120 menit. Setelah kontak, larutan yang mengandung biosorben disaring. Bagian filtratnya dilakukan pengujian menggunakan AAS untuk mengetahui logam berat yang terserap (Sesuai SNI 06-6989.7-2004).

Perhitungan Logam Zn yang Terserap

Konsentrasi (C) logam Zn yang terserap untuk tiap waktu dihitung dengan Persamaan (1):

$$C = (C_{awal} - C_{akhir}) \dots\dots\dots (1)$$

Biosorpsi logam Zn oleh biomassa dihitung dari perbedaan kadar Zn awal yang diinteraksikan pada biomassa dan kadar Zn pada filtrat setelah diinteraksikan pada

biomassa dengan menggunakan Persamaan (2) (Vijayaraghavan *et.al.*, 2008).

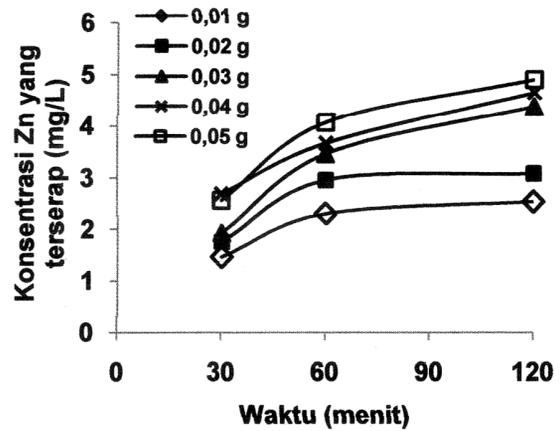
$$Q = \frac{(C_o - C_t)V}{W} \dots\dots\dots (2)$$

dengan Q = jumlah ion logam yang terserap (mg adsorbat/g adsorban), C_o = konsentrasi awal ion logam dalam larutan (mg/L), C_t = konsentrasi akhir ion logam setelah setimbang (mg/L), V = volume larutan ion logam (L) dan W = jumlah biosorben yang ditambahkan (g).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Konsentrasi Logam Zn yang Terserap

Gambar 1 menunjukkan konsentrasi logam Zn yang terserap seiring dengan bertambahnya waktu dan penambahan biomassa. Semakin banyak jumlah biomassa yang ditambahkan seiring dengan bertambahnya waktu maka semakin besar jumlah logam Zn yang terserap. konsentrasi logam Zn yang paling banyak terserap diperoleh pada waktu 120 menit dengan jumlah biomassa 0,05 g adalah 4,8933 mg/L pada kondisi pH 4.



Gambar 1. Hubungan antara waktu biosorpsi dengan konsentrasi Zn yang terserap pada berbagai jumlah biomassa

Kapasitas Biosorpsi Logam Zn

Kapasitas Biosorpsi logam Zn (Q) dihitung dengan menggunakan Persamaan (2) pada kondisi temperatur ruang, pH 4, pengadukan 800 rpm, volume larutan logam Zn (V) 0,1 L dan konsentrasi awal logam Zn (C_o) 7,6071 mg/L. Hasil perhitungan kapasitas biosorpsi logam Zn dan efisiensinya dapat dilihat pada Tabel 3.

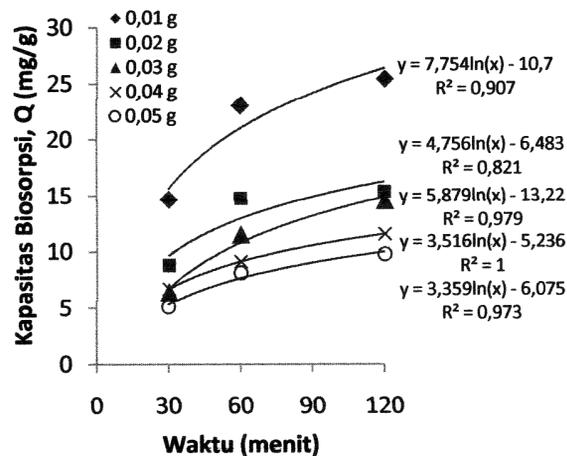
Tabel 3. Biosorpsi logam Zn

Pada Tabel 3 dapat dilihat bahwa kapasitas biosorpsi logam Zn meningkat seiring dengan

Jumlah Biomassa (g)	Waktu (menit)	Konsentrasi akhir larutan Zn (mg/l)	Efisiensi (%)	Q (mg logam/g biomassa)
0,01	30	6,1388	19,30	14,68
	60	5,3038	30,28	23,03
	120	5,0638	33,43	25,43
0,02	30	5,8462	23,15	8,80
	60	4,6538	38,82	14,77
	120	4,5275	40,48	15,40
0,03	30	5,6775	25,37	6,43
	60	4,1488	45,46	11,53
	120	3,2325	57,51	14,58
0,04	30	4,9162	35,37	6,73
	60	3,9450	48,14	9,16
	120	2,9662	61,01	11,60
0,05	30	5,0425	33,71	5,13
	60	3,5450	53,40	8,12
	120	2,7138	64,33	9,79

bertambahnya waktu kontak. Nilai Kapasitas biosorpsi (Q) logam Zn tertinggi diperoleh pada waktu 120 menit dengan jumlah biomassa 0,01 g yaitu 25,43 mg/g. Tabel 3 menunjukkan bahwa kapasitas biosorpsi logam Zn meningkat seiring dengan meningkatnya waktu tetapi penambahan jumlah biomassa tidak berpengaruh terhadap kapasitas biosorpsi logam Zn karena biomassa yang digunakan berupa mikroorganisme pasif/mati (*non living cells*). Penambahan biomassa berupa mikroorganisme pasif menyebabkan kejenuhan pada proses penyerapan logam Zn, hal ini sesuai dengan pernyataan Vijayaraghavan et al. (2006) dalam Vijayaraghavan, K. dan Yeung-Sang Yun (2008) yang menyatakan bahwa jumlah biosorben yang rendah menghasilkan *uptake* yang tinggi tetapi persentase efisiensi removal rendah.

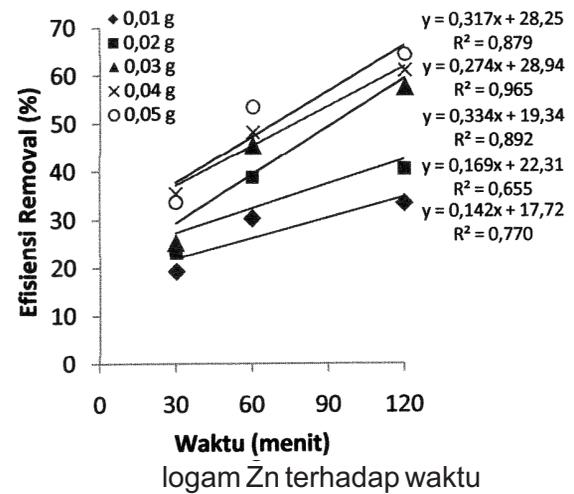
Hubungan kapasitas biosorpsi logam Zn terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 merupakan grafik regresi tipe logaritma yang menggambarkan korelasi antara data eksperimen dengan persamaan model matematika untuk kapasitas biosorpsi logam Zn. Nilai koefisien korelasi terbaik diperoleh pada kondisi jumlah biomassa 0,04 g dengan nilai koefisien korelasi $R^2 = 1$.



Gambar 2. Hubungan Kapasitas biosorpsi logam Zn terhadap waktu

Efisiensi removal logam berbanding terbalik dengan serapan (*uptake*). Efisiensi tertinggi diperoleh pada waktu kontak 120 menit dengan jumlah biomassa 0,05 g yaitu

64,33%. Efisiensi removal logam Zn dapat dilihat pada Gambar 3. Pada Gambar 3 menunjukkan adanya korelasi antara data eksperimen dengan model matematika. Nilai koefisien korelasi tertinggi dan mendekati 1 diperoleh pada kondisi jumlah biomassa 0,04 g yaitu $R^2 = 0,965$.



Jumlah biosorben sangat mempengaruhi keberhasilan biosorpsi. Dalam beberapa riset, jumlah biosorben yang rendah menghasilkan serapan (*uptake*) yang tinggi tetapi persentase efisiensi removal rendah (Aksu dan Cagatay, 2006; Vijayaraghavan et al., 2006 dalam Vijayaraghavan et al., 2008) seperti terlihat pada Gambar 2 dan 3. Jumlah biosorben sangat berpengaruh, semakin banyak jumlah biosorben yang terimobilisasi pada Ca-alginat akan meningkatkan jumlah logam Zn yang teradsorpsi (Gambar 1). Peningkatan jumlah logam Zn yang teradsorpsi dapat disebabkan oleh bertambahnya gugus aktif yang mampu berikatan dengan logam (Esposito et al., 2001 dalam Vijayaraghavan et al., 2008).

KESIMPULAN

Biomassa campuran bakteri *Pseudomonas aeruginosa* dan *Pseudomonas sp* dapat digunakan sebagai biosorben yang diimobilisasi Ca-alginat dan mampu menurunkan limbah sintetik Zn pada kondisi operasi pH 4, temperatur ruang dan pengadukan 800 rpm. Kapasitas biosorpsi logam Zn tertinggi diperoleh sebesar 25,43

mg/g pada waktu 120 menit dan jumlah biomassa 0,01 g. Kondisi optimum biosorpsi logam Zn berdasarkan korelasi antara data eksperimen dan model matematika diperoleh pada penambahan jumlah biomassa sebesar 0,04 g baik untuk kapasitas biosorpsi logam Zn maupun efisiensi removal logam Zn dengan nilai R^2 masing-masing adalah 1 dan 0,965.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahalya, N., T.V. Ramachandra dan R.D. Kanamadi. 2004. *Biosorption of Heavy Metals*. Bangalore. India. Centre for Ecological Science. Indian Institute of Science.
- Alluri, H.K., S.R. Ronda, V.S. Settalluri, J. Singh. Bondili, Suryanarayana, V. dan Venkateshwar. 2007. Biosorption: An eco-friendly alternative for heavy metal removal. *African Journal of Biotechnology*. 6 (25): 2924-2931.
- Chergui, A., M.Z. Bhakti, A. Chahboub, S. Haddoum, A. Selatnia dan G. A. Junter. 2007. Simultaneous biosorption of Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr^{6+} from aqueous solution by *Streptomyces rimosus*. *Desalination*. 206:179-184.
- Gazsó, L. G. 2001. The Key Microbial Processes in the Removal of Toxic Metals and Radionuclides from the Environment. *Central European J. Occupational of Environ. Med.*, 7(3):178-185.
- Gupta, R., P. Ahuja, S. Khan, R.K. Saxena, dan H. Mohapatra. 2000. Microbial Biosorbents: Meeting Challenges of Heavy Metal Pollution in Aqueous Solutions. *Curr. Sci*. 78(8):25.
- Horsfall Jnr, M., F.E. Ogban dan E.E. Akporhonor. 2006. Recovery of lead and cadmium ions from metal-loaded biomass of wild cocoyam (*Caladium bicolor*) using acidic, basic and neutral eluent solutions. *Elec. J. Biotech*. 9:152-156.
- Hussein, H., S. F. Ibrahim, K. Kandeel, dan H. Moawad. 2004. Biosorption of Heavy Metals from Waste Water Using *Pseudomonas sp.* *Electronic J. of Biotech*. 7 (1).
- Kresnawaty, I. dan T. Panji. 2007. Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. *Menara Perkebunan*. 75(2):80-92.
- Vijayaraghavan, K. dan Yeoung-Sang Yun. 2008. Bacterial Biosorbents and Biosorption, *Biotechnology Advances*. 26: 266-291.
- Wang, Jianlong dan Can, H. 2009. Biosorbent for Heavy Metals Removal and Their Future. *Biotechnology Advances*. 27:195-226.
- Widjaja, T. 2008. Pengaruh Konsentrasi Ca-ALGINAT pada Produksi Etanol dari Tetes Menggunakan *Zymomonas mobilis* dan *Saccharomyces cerevisiae* dengan Teknik Immobilisasi Sel. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*. Diselenggarakan oleh jurusan Teknik Kimia FTI-ITS. Surabaya.