

Biosorpsi Krom pada Air Lindi Menggunakan *Biomasa Sargassumcinereum*

Sri Lestari, SlametSantosodanDwiSunuWindyardini

Fakultas Biologi Universitas Jenderal Soedirman

Email:tari.bio@gmail.com

Diterima Januari 2011 disetujui untuk diterbitkan Mei 2011

Abstract

Leachate is liquid resulted from decomposition of organic waste that contains dissolved and suspended materials as product of microorganism degradation. Leachate comprises high concentration of organic material and heavy metal. High concentration of heavy metal in leachate can be optimally reduced without decreasing organic material concentration through biosorption process. Biosorption is metal binding through adsorption using inactive or dead organism. This research is aimed to perceive the number of biomass, contact duration and combination of the number of biomass and contact duration to adsorb chrome in leachate. Research method employed in this research is experimental method arranged in accordance with Complete Random Design with Split Plot Design. The treatment experimented in this research is contact duration of *Sargassum cinereum* with leachate as main plot (1 hour, 2 hours and 3 hours) and biomass *S. cinereum* as sub-plot (200 mg, 300 mg and 400 mg). Data is analyzed using range analysis (ANOVA) and followed by Test of Straight Actual Difference. The result shows that biomass *S. cinereum* is able to adsorb chrome in leachate. The number of chrome adsorbed in each treatment is different, depend on the contact duration and the number of biomass of *S. cinereum*. Three hours is optimum contact duration in adsorbing Cr up to 46,275%, meanwhile 400 mg of biomass *S. cinereum* is optimum concentration to adsorb Cr up to 46,536%. Combination of 3 hours contact duration and 400 mg of biomass *S. cinereum* could adsorb Cr up to 51,249%.

Keywords: biosorption, chromium, leachate, *Sargassumcinereum*

Abstrak

Air lindi adalah cairan hasil dekomposisi sampah organik yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi hasil penguraian oleh mikroba. Air lindi mengandung bahan organik dan logam berat dengan kadar yang tinggi. Upaya mengelola air lindi untuk menurunkan kadar logam berat tanpa mengurangi bahan organik melalui proses biosorpsi. Biosorpsi adalah pengikatan logam melalui adsorpsi menggunakan organisme yang inaktif atau mati. Tujuan penelitian adalah mengetahui jumlah biomasa, lama waktu kontak dan kombinasi antara *biomassa* dan lama waktu kontak untuk mengadsorpsi krom pada air lindi. Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan Split Plot Design. Perlakuan yang dicobakan yaitu lama waktu kontak *Sargassumcinereum* dengan air lindi sebagai main plot (1 jam, 2 jam dan 3 jam) dan *biomassa S. cinereum* sebagai sub-plot (200 mg, 300 mg, 400 mg dan 400 mg). Data dianalisis menggunakan analisis ragam (ANOVA) dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *biomassa S. cinereum* dapat mengadsorpsi krom pada air lindi. Besarnya krom yang teradsorpsi pada masing-masing perlakuan berbeda, tergantung pada waktu kontak dan jumlah *biomassa S. cinereum*. Waktu kontak 3 jam optimum dalam mengadsorpsi Cr yaitu 46,275% dan *biomassa S. cinereum* 400 mg optimum dalam mengadsorpsi Cr yaitu 46,536%. Kombinasi waktu kontak 3 jam dan *biomassa S. cinereum* 400 mg optimal mengadsorpsi Cr sebesar 51,249%.

Kata Kunci : Biosorpsi, krom, leachate, *Sargassumcinereum*

Pendahuluan

Leachate (air lindi) adalah cairan yang mengandung zat terlarut dan tersuspensi hasil dekomposisi bahan organik. Air lindi banyak dihasilkan pada Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah. Menurut Fachrudin (1989) air lindi dicirikan oleh parameter fisik (Total Suspended Solids dan Total Dissolved Solids) dan kimia (Biological Oxygen Demand dan Chemical Oxygen Demand) berkadar tinggi serta mengandung logam berat berbahaya salah satunya adalah krom (Cr). Sumber krom di TPA Gunung Tugel adalah sampah berupa besi-besi bekas yang telah mengalami pelapisan dan bahan-bahan yang terbuat dari kaleng, plastik, gelas atau kaca dan kertas serta bahan-bahan lain yang mengandung krom. Senyawa krom yang sangat berbahaya bagi manusia adalah Cr^{6+} . Krom dalam bentuk kromat dapat mengkatalis suksinat dalam enzim sitokrom oksidase (enzim pernapasan) sehingga orang yang keracunan krom dapat terserang penyakit kanker paru-paru. Kromat dalam proses metabolisme tubuh akan menghambat enzim hidrosilase. Penghambatan terhadap enzim tersebut akan menyebabkan perubahan dalam pertumbuhan sel, sehingga sel tumbuh liar dan tidak terkontrol (kanker). Hal ini yang menjadi dasar penggolongan krom ke dalam kelompok logam berat yang bersifat karsinogenik (Palar, 1994).

Logam krom yang terdapat di dalam limbah dapat dipisahkan secara biologis melalui proses biosorpsi. Proses biosorpsi merupakan pengikatan logam melalui adsorpsi dengan menggunakan organisme yang inaktif atau mati. Biosorpsi adalah proses penyerapan dengan menggunakan *biomasa* (Prasetyo, 1994). Viera *et al.* (2000) dan Gadd (1990) menyatakan bahwa proses biosorpsi logam menggunakan *biomasa* dapat dilakukan secara efisien dan ekonomis, karena *biomasa* bersifat selektif dalam menyerap logam dan penyediaannya tidak memerlukan biaya tinggi. Spesies alga yang dianggap mempunyai kemampuan cukup tinggi untuk mengadsorpsi ion-ion logam, baik dalam keadaan hidup maupun dalam bentuk sel mati (*biomasa*) adalah *Sargassum cinereum*. *S. cinereum* memiliki struktur dinding sel berupa getah selaput (masilag) yang mengandung alginat. Alginat merupakan polimer murni dari asam uronat yang tersusun dalam bentuk rantai linier panjang. Alginat pada dinding sel alga cokelat

merupakan komponen utama yang bertanggung jawab dalam pengikatan ion. Alginat terdapat dalam bentuk gel, berpori dan bersifat permeabel. Menurut Sahmoune *et al.* (2008) unsur-unsur yang mengandung alginat merupakan penukar ion logam berat yang sangat efisien. Viera *et al.* (2000) menyatakan bahwa alginat mempunyai gugus fungsi pengikat logam berat karena bermuatan negatif sedangkan krom bermuatan positif sehingga terjadi ikatan ion.

Lestari, *et al.* (2008) menyatakan *Sargassum* sp. mampu menyerap krom heksavalen secara maksimum pada *biomasa* sebanyak 300 mg. Sharma dan Forster (1994) menyatakan bahwa *biomasa Sargassum* sp. dapat mengikat krom sebanyak 82% per 100 ml larutan dengan serapan maksimum pada *biomasa* 100 mg. Yang dan Volesky (1999) menyatakan serapan rata-rata dengan menggunakan rumput laut *Sargassum* sp. yang mengandung alginat mencapai 70 – 80% dengan lama waktu kontak antara 15 menit sampai 3 jam. Aksudan Kutsal (1991) dan Nourbakhsh *et al.* (1994) mengemukakan bahwa waktu kontak maksimal biosorpsi logam berat menggunakan *Sargassum* sp. adalah antara 15 menit sampai dengan 10 hari.

Tujuan penelitian adalah mendapatkan waktu kontak, *biomasa S. cinereum* dan kombinasi keduanya yang mampu mengadsorpsi krom pada air lindi secara optimum.

Materi dan Metodologi

Metode penelitian yang digunakan adalah metode eksperimental yang disusun berdasarkan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan *Spilt Plot Design*. Perlakuan yang dicobakan yaitu lama waktu kontak *S. cinereum* dengan *leachate* sebagai *main-plot* yang terdiri dari 3 taraf yaitu yaitu (1 jam, 2 jam dan 3 jam) dan *biomasa S. cinereum* sebagai *sub-plot* terdiri dari empat taraf yaitu (200 mg, 300 mg, 400 mg dan 500 mg).

Percobaan biosorpsi skala laboratorium dilakukan berdasarkan Hashin dan Chu (2002). Variabel yang digunakan adalah variabel bebas yang terdiri dari *biomasa S. cinereum* dan waktu kontak *S. cinereum* dengan air lindi dan variabel tergantung yaitu kemampuan *biomasa S. cinereum* dalam mengadsorpsi krom.

Parameter utama yang diamati adalah besarnya krom yang teradsorpsi oleh *S. cinereum* yaitu selisih antara besarnya krom yang terdapat air lindi sebelum dan sesudah perlakuan, sedangkan parameter pendukungnya adalah pH perlakuan. Presentase penurunan krom dihitung berdasarkan Yusnita (2007). Data yang diperoleh berupa prosentase adsorpsi krom dianalisis dengan menggunakan uji F kemudian dilanjutkan dengan Uji Beda Jujur (BNJ).

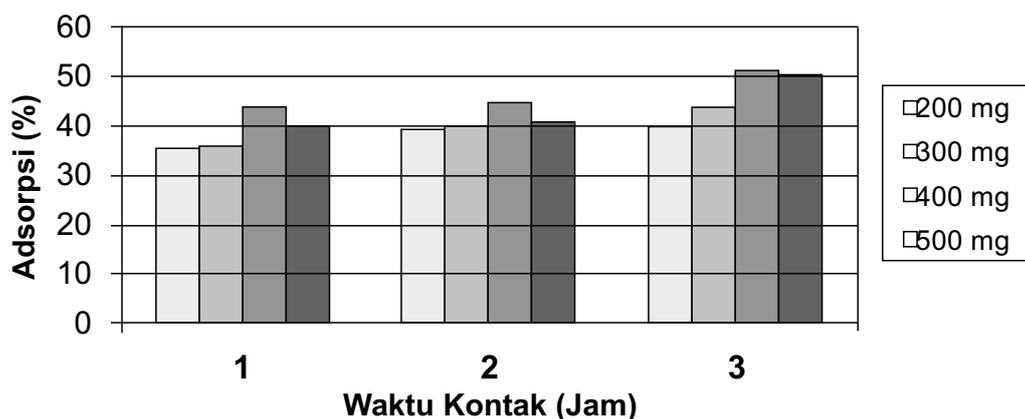
Hasil dan pembahasan

Hasil penelitian menunjukkan adanya perbedaan jumlah konsentrasi krom pada air lindi TPA Gunung Tugel sebelum dengan sesudah perlakuan. Besarnya krom yang teradsorpsi pada masing-masing perlakuan berbeda, tergantung pada lamanya waktu kontak dan *biomasa S. cinereum*. Konsentrasi krom yang terdapat pada air lindi TPA Gunung Tugel sebelum perlakuan berkisar 0,500 – 0,640 mg/l. Hal tersebut menggambarkan bahwa air lindi TPA telah terpapar oleh krom yang berasal dari plastik bekas, residu cat, besi-besi bekas, kaleng dan baterai sehingga dapat berbahaya bagi organisme maupun lingkungan yang berada di sekitarnya.

Berdasarkan hasil pengukuran terhadap sorpsi krom pada air lindi TPA Gunung Tugel dengan perlakuan lama waktu kontak dan *biomasa S. cinereum*, diperoleh adsorpsi krom tertinggi terdapat pada perlakuan waktu kontak 3 jam dan *biomasa* 400 mg yaitu sebesar 51,241% dari konsentrasi awal 0,570 mg/l menjadi 0,233 mg/l. Adsorpsi terendah terdapat pada perlakuan waktu kontak 1 jam dan *biomasa* 200 mg sebesar 35,557% dari konsentrasi awal 0,640 mg/l menjadi 0,433 mg/l. Persentase adsorpsi krom dengan perlakuan waktu kontak dan *biomasa S. cinereum* disajikan selengkapnya pada **Gambar 1**.

Persentase adsorpsi krom pada semua *biomasa S. cinereum* yang diujikan mengalami peningkatan pada waktu kontak 1 jam, 2 jam dan 3 jam (Gambar 1). Peningkatan tersebut diduga karena bertambahnya jumlah *biomasa S. cinereum* maka semakin banyak pula gugus fungsi aktif yang tersedia pada dinding sel yang berinteraksi dengan ion logam. Menurut

Indriani dan Sumiarsih (1999), gugus fungsi pengikat ion logam berupa getah selaput (*masilag*) yang mengandung alginat yang merupakan polimer murni dari asamuronat yang tersusun dalam bentuk linear panjang. Menurut Kadi (2005), alginat merupakan salah satu poli-sakarida yang banyak terkandung dalam talus rumput laut. Alginat tersusun atas asam D-Manuronik dan asam L-Guluronik. Alginat membentuk sodium alginat, potasium alginat dan amonium alginat yang tidak larut dalam air. Gadd (1990) menyatakan bahwa alginat yang terdapat pada dinding selektoral rumput laut merupakan gugus ligan yang bermuatan negatif karena memiliki gugus karboksilat pada asamuronat yang dapat mengikat logam berat.



Gambar 1. Histogram adsorpsi krom pada air lindi dengan perlakuan waktu kontak dan biomasa *S. cinereum*

Figure 1. Histogram of chrome adsorption in leachate with treatments of contact time and biomass of *S. cinereum*

Menurut Suhendrayatna (2001) proses biosorpsi merupakan salah satu mekanisme removal ion logam berat secara pasif. Proses tersebut terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda yaitu (1) pertukaran ion dimana ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat dan (2) formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, hidroksil, fosfat dan hidroksil-karboksil yang berada pada dinding sel. Proses secara aktif terjadi secara simultan sejalan dengan konsumsi ion logam dan akumulasi intraseluler ion logam tersebut.

Berdasarkan hasil analisis varian adsorpsi krom, perlakuan *main plot* (lama waktu kontak) dan *sub-plot* (*biomasa*) serta interaksi keduanya menunjukkan hasil yang berbeda sangat nyata. Hal tersebut menunjukkan bahwa proses adsorpsi krom sangat dipengaruhi oleh lama waktu kontak dan *biomasa* serta interaksi antara lama waktu kontak dengan *biomasa*. *Biomasa* 400 mg merupakan *biomasa*

yang optimum dalam mengadsorpsi krom dengan rata-rata persen tase adsorpsi sebesar 46,536%. Menurut Holanet *al.*, (1993), waktu kontak berpengaruh terhadap adsorpsi logam karena akan mempengaruhi ikatan ion yang memungkinkan ketercapainya kejenuhan pada waktu tertentu sehingga tidak terjadi lagi penambahan jumlah ion yang teradsorpsi.

Perlakuan waktu kontak sampai dengan 3 jam belum memungkinkan tercapainya kejenuhan sehingga adsorpsi logam semakin meningkat dengan semakin lamanya waktu kontak. Lestari *et al.* (2008) menyatakan bahwa waktu kontak 45 menit dan *biomasa Sargassum sp.* 300 mg optimum dalam mengadsorpsi ion Cr^{6+} sebesar 17,22 % tidak dipengaruhi oleh lama waktu kontak. Adanya perbedaan tersebut diasumsikan bahwa kapasitas adsorpsi *biomasa* dalam menyerap logam berat yang berbeda valensinya akan berbeda pula. Waktu kontak 3 jam adalah waktu kontak yang optimum dalam mengadsorpsi logam krom dengan rata-rata adsorpsi berturut-turut sebesar 46,275%.

Berdasarkan hasil uji BNJ rata-rata persentase adsorpsi krom, pada kombinasi antara lama waktu kontak dan *biomasa* *S. cinereum* menunjukkan bahwa untuk tiap-tiap perlakuan memiliki kemampuan adsorpsi yang berbeda satu sama lain. Perlakuan lama waktu kontak 3 jam dan *biomasa* 400 mg merupakan kombinasi terbaik dalam mengadsorpsi krom (51,249%). Hal tersebut disebabkan karena perlakuan tersebut memiliki kesempatan berinteraksi cukup untuk situs aktif terikat ion krom jumlah *biomasa* yang telah mencapai optimal dan belum mengalami kejenuhan sehingga ion logam yang teradsorpsi dapat mencapai maksimum. Nurhayadin (2001) dalam penelitiannya melaporkan bahwa semakin banyak situs aktif maka akan semakin banyak ion logam berat yang teradsorpsi sampai pada suatu titik jenuh tertentu. Rezaee *et al.* (2006) dalam penelitiannya menambahkan bahwa adsorpsi logam berat menggunakan rumput laut sangat dipengaruhi oleh jumlah *biomasa* biosorbennya. Proses penyerapan logam berat oleh *S. cinereum* terjadi karena adanya interaksi antara gugus aktif yang bermuatan negatif yang terdapat pada dinding sel berupa fosfodiester, karboksilat, fosfat, thiolat dan gugus amida dengan ion logam pada air lindi yang bermuatan positif. Kapasitas biosorpsi *S. cinereum* dipengaruhi juga oleh pH media, sehingga penentuan pengaruh pH air lindi pada biosorpsi diperlukan untuk keakuratan proses biosorpsi. *S. cinereum* mengandung asam alginat yang cukup melimpah pada dinding selnya. Asam alginat tersebut memiliki dua buah gugus karboksil dari monomernya yaitu asam mannuronik dan guluronik, sehingga jumlah Cr teradsorpsi dapat dipengaruhi oleh pH. Nilai pH awal air lindi sebelum mengalami perlakuan yaitu berkisar antara $\pm 7.55-8.14$. Setelah mengalami perlakuan, air lindi mengalami penurunan nilai pH menjadi $5.76-6.90$.

Proses biosorpsi mengalami peningkatan seiring dengan menurunnya nilai pH, tetapi mengalami penurunan setelah melewati titik optimum, yaitu pada saat $pH \geq 6.53$. Adsorpsi optimum Cr berlangsung pada kondisi pH 6.31-6.82. Penurunan pH menunjukkan adanya reaksi yang terjadi antara senyawa-senyawa pada larutan dengan *biomasa* yang akan menyebabkan adsorpsi logam meningkat karena pada lingkungan asam, Cr berada dalam bentuk ion bebas sedangkan pada lingkungan basa Cr akan cenderung mengendap (Darnall *et al.*, 1986).

Kesimpulan

Adsorpsi krom optimum pada waktu kontak 3 jam (46,275%), *biomasa* 400 mg (46,536%) dan kombinasi waktu kontak 3 jam dan *biomasa* *S. cinereum* 400 (51,249%).

Daftar Pustaka

- Aksu, Z. dan T.A. Kutsal, 1991. Bioseparation Process for Removing Lead (II) Ions from Waste Water by using *C. vulgaris*. *Journal of Chemical and Technology Biotechnology* 52 (1) :109-118.
- Darnall, D. W., Greene, B., Henzi, M.T., Hosea, J.M. Mepherson, R. A., Sneddon, J. dan Alexander, M. D. 1986. Selective Recovery of Gold and Other Metal Ions from an Algal Biomass. *Environment Science and Technology* 20: 206-208.
- Fachrudin, A. 1989. Pengaruh Sampah di Tempat Pembuangan Akhir Dago Kotamadya Bandung Terhadap Kualitas Air Tanah Bebas di Sekitarnya. Tesis, Sekolah Pascasarjana Universitas GadjahMada, Yogyakarta.
- Gadd, G. M. 1990. Biosorption. *Chem and Ind* 13 : 421-426.

- Hashim, M. A. dan K. H. Chu. 2002. Biosorption of Cadmium by Brown, Green and Red Seaweeds. *Chemical Engineering Journal* 97 (2-3) : 249-255.
- Holan, Z. R., Volesky, B. dan Prasetyo, I. 1993. Biosorption of Cadmium by Biomass of Marine Algae. *Biotechnology and Bioengineering* 41: 819-825.
- Kadi, A. 2005. Beberapa Catatan Kehadiran Marga *Sargassum* Di Perairan Indonesia. Pusat Penelitian Oseanografi-LIPI, Jakarta.
- Lestari, S., Hernayanti, dan I. Insan. 2008. Biosorpsi Krom Heksa-valen (Cr⁶⁺) Menggunakan Rumput Laut *Sargassum* sp. Dalam Skala Laboratorium.** *Biosfera*, 25 (3):129 - 134.
- Nourbakhsh, M., Y. Sag, D. Ozer, Z. Aksu, dan A. Caglar, 1994. A Comparative Study of Various Biosorbents for Removal of Chromium (VI) Ions from Industrial Wastewaters. *Process Biochemistry* 29 : 1-5.
- Nurhayadin, D. 2001. Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Escherichia coli* dengan Berat Biomasa yang Berbedadalam mengadsorpsi Seng. Skripsi S1 (tidak dipublikasikan) Fakultas Biologi UNSOED Purwokerto.
- Palar, H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. P. T. Rineka Cipta, Jakarta.
- Prasetyo, I. 1994. Pengambilan Ion Logam Berat dari Larutan dengan Menggunakan Gang-gang Laut. Laporan Penelitian. Fakultas Teknik Kimia UGM, Yogyakarta.
- Rezaee, A., B. Ramavandi, F. Ganati, M. Ansari and A. Solimani. 2006. *Biosorption of Mercury by Biomass of Filamentous Algae Spirogyra Species.* *Journal of Biological Sciences* 6 (4) : 695-700.
- Sahmoune, M.N., K. Lauhab and A. Baukhiar. 2008. *The Adsorption of Chromium from Aqueous Solution Using dead Biomass.* *Environmental Research Journal* 2 (5): 254-260.
- Sharma, D. C. dan C. F. Forster, 1994. A Preliminary Examination into the Adsorption of Cr (VI) using low-cost adsorbents. *Biores. Technol* 47 (3) : 257-264.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan. Institut for Science and Technology Studies (ISTECS9), Department of Applied Chemistry and Chemical Engineering Faculty of Engineering, Kagoshima University, Kagoshima
- Viera, R. H. S. F. dan B. Volesky. 2000. Biosorption : A Solution to Pollution? *Internat. Microbiol* 2 (3): 17-24.
- Yang, J. dan B. Volesky. 1999. Biosorption and Elution of Uranium with Seaweed Bio-mass. In: *Biohydrometallurgy and the Environment Toward the Mining of the 21st Century: International Biohydrometallurgy Symposium Proceedings, 20th – 23rd June, 1999, San Lorenzo de el Escorial, Madrid.*
- Yusnita, R. 2007. Model Matematik pada Pengolahan limbah cair tahu secara Biofiltrasi menggunakan Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes* (Mart). Solms). Skripsi (tidak dipublikasikan). Fakultas Pertanian. Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.