

## PEMANFAATAN MIKROORGANISME DAN LIMBAH PERTANIAN SEBAGAI BAHAN BAKU BIOSORBEN LOGAM BERAT

**Laeli Kurniasari**

e-mail: laeli\_kurniasari@yahoo.co.id

Jurusan Teknik Kimia  
Fakultas Teknik  
Universitas Wahid Hasyim  
Jl Menoreh Tengah X/22  
Semarang

*Logam berat merupakan zat yang beracun serta umumnya bersifat karsinogenik. Beberapa proses pengambilan logam berat yang telah ada masih memiliki banyak kendala, diantaranya adalah produksi lumpur limbah beracun yang tinggi, memerlukan biaya tinggi serta kurang efektif bila diaplikasikan pada konsentrasi limbah yang rendah. Salah satu alternatif pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah dengan proses adsorpsi menggunakan bahan-bahan biologis sebagai adsorben. Prosesnya kemudian disebut sebagai biosorption dan adsorbennya dikenal sebagai biosorben. Beberapa keuntungan pemakaian biosorben adalah bahan baku yang melimpah, murah, proses pengolahan limbah yang efisien, minimalisasi lumpur yang terbentuk, serta tidak adanya nutrisi tambahan dan proses regenerasi. Ada tiga mekanisme yang mungkin terjadi ketika mikroorganisme mengambil logam-logam yang ada di larutan. Ketiga mekanisme itu adalah (i) akumulasi/pengendapan ekstraseluler; (ii) penjerapan atau pembentukan kompleks pada permukaan sel serta (iii) akumulasi intraseluler. Mikroorganisme yang banyak digunakan sebagai biosorben diantaranya adalah kelompok bakteri, jamur, yeast dan alga. Sedangkan biosorben dari limbah pertanian diantaranya adalah kulit buah jeruk, kulit dan batang buah asam, serbuk kayu, sekam padi, tongkol jagung, cangkang telur dan kulit kentang.*

**Kata kunci :** adsorpsi, biosorben, logam berat

### Pendahuluan

Air bersih merupakan salah satu kebutuhan utama makhluk hidup. Sumber-sumber air menjadi suatu hal yang penting dan harus dijaga keberadaannya. Namun seiring dengan perkembangan jaman, proses industrialisasi menjadi tak terelakkan. Salah satu dampak proses industrialisasi adalah peningkatan volume limbah yang dapat mencemari perairan. Sumber utama pencemaran air diantaranya adalah logam berat. Industri elektroplating, logam, penyamakan kulit, pupuk, pembuatan baterai serta pembuatan pigmen banyak menghasilkan limbah berupa logam berat (Igwe dan Abia, 2006; Prasad dan Abdullah, 2009).

Sebagai zat pencemar perairan, logam berat sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Kelompok logam ini dapat merusak populasi mikroba pada konsentrasi tertentu. Yang termasuk dalam kelompok logam berat diantaranya adalah perak, merkuri, cadmium, tembaga, timah hitam, chromium dan seng. Logam berat akan merusak habitat serta ekosistem perairan. Selain itu logam berat merupakan zat yang beracun serta umumnya

bersifat karsinogenik. Oleh karena itu, pengolahan limbah yang mengandung logam berat sangat dibutuhkan.

Beberapa proses pengambilan logam berat yang telah ada adalah pengendapan secara kimia, ion exchange, pemisahan dengan membran, elektrolisa dan ekstraksi dengan solvent (Das dkk., 2008). Akan tetapi, proses-proses ini memiliki beberapa kelemahan, diantaranya adalah produksi lumpur limbah beracun yang tinggi dan dapat menyulitkan proses penanganan serta pembuangannya (Prasad dan Abdullah, 2009). Selain itu, proses-proses diatas umumnya memerlukan biaya tinggi serta kurang efektif bila diaplikasikan pada konsentrasi limbah yang rendah (Ashraf, 2010). Oleh karena itu masih sangat dibutuhkan alternatif pengolahan limbah logam berat yang efektif serta ekonomis.

Salah satu alternatif pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah dengan proses adsorpsi. Proses ini direkomendasikan khususnya untuk pengolahan limbah cair yang mengandung logam berat dengan konsentrasi rendah (Fernando dkk., 2009). Proses adsorpsi menunjukkan kemampuan adsorbat untuk

menempel pada bahan penjerap. Proses ini dapat diterapkan pada pemisahan polutan terlarut atau untuk mengambil kembali bahan yang bernilai tinggi tapi berjumlah sedikit pada suatu campuran (Igwe dan Abia, 2006). Berdasarkan gaya yang bekerja, proses adsorpsi dibagi menjadi dua, yaitu adsorpsi fisis dan adsorpsi kimia. Pada adsorpsi fisis, gaya yang utama bekerja adalah gaya gaya van der waals. Gaya ini relatif lemah dengan energy yang terlibat sekitar 5 kcal permol. Sementara pada adsorpsi kimia, terdapat proses perpindahan elektron yang sama dengan pembentukan ikatan kimia antara permukaan padatan dengan zat terjerap. Adsorpsi kimia biasanya terjadi pada proses-proses katalitik heterogen.

Sebagai bahan penjerap, umumnya digunakan karbon aktif. Bahan ini tersusun terutama dari karbon, mempunyai porositas dan luas permukaan dalam yang tinggi sehingga cocok digunakan pada pemisahan logam berat di limbah cair. Namun dari segi harga, karbon aktif termasuk mahal (Fernando dkk., 2009), disamping efektivitasnya yang tidak terlalu tinggi terhadap logam berat. Menurut Igwe dan Abia (2006), karbon aktif hanya dapat menghilangkan sekitar 30-40 mg/g Cd, Zn dan Cr serta termasuk adsorben yang tidak bisa diregenerasi. Alternatif adsorben selain karbon aktif adalah alumina aktif, silica gel dan zeolit. Bahan-bahan ini bersama-sama dengan berbagai proses pengolahan biasanya digunakan untuk menghilangkan logam berat yang ada dalam limbah cair. Namun pemakaian adsorben-adsorben ini juga masih kurang efektif dan relatif mahal.

Salah satu alternatif lain dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah penggunaan bahan-bahan biologis sebagai adsorben. Prosesnya kemudian disebut sebagai biosorption. Biosorption menunjukkan kemampuan biomass untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme atau kimia-fisika (Ashraf dkk., 2010), dan termasuk penghilangan racun dari bahan-bahan yang berbahaya (Igwe dan Abia, 2006). Proses pengolahan ini dapat dilakukan di tempat, sehingga tidak diperlukan proses pemindahan limbah. Keuntungan lain dalam pemakaian biosorben adalah bahan baku yang melimpah, murah, proses pengolahan limbah yang efisien, minimalisasi lumpur yang terbentuk, serta tidak adanya nutrisi tambahan dan proses regenerasi (Ashraf dkk., 2010). Oleh karena itu, penggunaan biosorption dalam

pengolahan limbah cair termasuk proses baru yang terbukti cukup menjanjikan (Prasad dan Abdullah, 2009).

Menurut Igwe dan Abia (2006), ada tiga mekanisme yang mungkin terjadi ketika mikroorganisme mengambil logam-logam yang ada di larutan. Ketiga mekanisme itu adalah (i) akumulasi/pengendapan ekstraselular; (ii) penjerapan atau pembentukan kompleks pada permukaan sel serta (iii) akumulasi intraseluler. Proses akumulasi/pengendapan ekstraselular dapat dilakukan dengan mikroorganisme hidup, penjerapan atau pembentukan kompleks pada permukaan sel dapat dilakukan dengan mikroorganisme hidup maupun mati sedangkan akumulasi intraseluler membutuhkan aktivitas mikroba.

Meskipun sel hidup maupun mati dapat mengikat logam, namun mereka mempunyai mekanisme pengikatan yang berbeda tergantung pada system metabolismenya. Pada sel hidup, maka parameter yang berpengaruh dalam proses adsorpsi adalah umur sel, ketersediaan nutrisi selama pertumbuhan dan kondisi selama proses biosorpsi (seperti pH, suhu dan adanya co-ion tertentu). Efisiensi penjerapan juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik kimiawi logam yang akan diolah.

Sementara untuk biosorben yang berasal dari hasil samping produk pertanian, ada dua model penjerapan yaitu adsorpsi intrinsik dan interaksi kolombik. Pada proses adsorpsi intrinsik yang menjadi faktor utama adalah luas area. Hal ini dapat diketahui dengan mengamati efek ukuran adsorben terhadap kemampuan adsorpsi. Sedangkan pada interaksi kolombik dihasilkan energi elektrostatis dari interaksi adsorben dan adsorbat. Intensitas interaksi ini akan sangat tergantung pada kekuatan muatan kedua bahan. Interaksi kolombik dapat diamati dari adsorpsi bahan kationik dan anionik adsorben.

Lebih lanjut Igwe dan Abia (2006) menyebutkan bahwa pada biosorben umumnya mengandung  $\beta$ -D-glukosa berulang sebagai komponen utama dinding sel. Gugus hidroksil polar selulosa inilah yang berperan dalam reaksi kimia dan mengikat logam berat dari larutan. Modifikasi gugus fungsional dapat mengubah sifat-sifat permukaan yang pada akhirnya akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi bahan.

Berbagai mikroorganisme yang banyak digunakan sebagai biosorben diantaranya adalah kelompok bakteri, jamur, yeast dan alga. Kelompok mikroorganisme ini terbukti mampu

mengikat logam-logam berat dengan beragam hasil (Gupta dkk., 2000). Diantara kelompok tersebut, fungi merupakan kelompok mikroorganisme yang mempunyai kemampuan tinggi untuk mengikat logam. Beberapa jenis fungi dan yeast yang mempunyai potensi tinggi untuk biosorpsi logam diantaranya dari genus *Rhizopus*, *Aspergillus*, *Streptoverlicillum* dan *Saccharomyces*. Sementara dari kelompok bakteri, *Bacillus sp* mempunyai potensi besar untuk mengikat logam serta telah digunakan secara komersial sebagai biosorben. Dari kelompok alga laut, *Sargassum natans* dan *Ascophyllum nosodum* menunjukkan kapasitas biosorpsi yang tinggi terhadap logam. Selain alga laut, kelompok alga hijau seperti *Chlorella sp* dan *Cyanobacteria* juga mempunyai kemampuan mengikat logam yang patut dikembangkan. Kim dkk., (2004) mengadsorpsi Cr(VI), Cd dan Mn menggunakan sel mati alga merah *Pachymeniopsis sp*. Dari penelitiannya diperoleh hasil bahwa selektivitas proses biosorpsi lebih tinggi untuk Cr(VI) dengan kapasitas adsorpsi maksimal 225 mg/g.

Selain kelompok mikroorganisme, saat ini juga mulai dikembangkan penggunaan biosorben dari limbah pertanian. Bahan-bahan ini umumnya sudah tidak terpakai lagi sehingga dapat diperoleh dengan harga murah. Selain itu, karena diperoleh dari limbah pertanian, maka biosorben ini akan tersedia cukup banyak di alam (Das dkk., 2008).

### Hasil dan Pembahasan

Berbagai penelitian telah dilakukan untuk mengkaji potensi dan kemampuan berbagai limbah pertanian dan peternakan sebagai bahan baku biosorben. Park dkk (2008) menggunakan kulit pisang, limbah teh hijau, kulit kacang dan sekam padi untuk mengadsorpsi Cr(VI) dari larutan. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa biosorben yang paling efisien adalah kulit pisang. Satu gram biosorben dari kulit pisang dapat menurunkan 249,6 mg Cr(VI) pada pH awal 1,5. Bahkan kemampuan penurunan Cr(VI) ini empat kali lebih besar dibandingkan kemampuan  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  untuk mereduksi Cr(VI). Adsorpsi Cr(VI) juga dapat menggunakan serbuk gergaji (Vinodhini dan Das, 2009). Kapasitas biosorpsi akan sangat tergantung pada pH larutan, dimana pH optimal adalah 2. Ahalya dkk (2008) menggunakan kulit buah asam untuk mengadsorpsi Cr(VI). Disini, gugus yang

berperan dalam proses adsorpsi adalah hidroksil, karboksil dan amida.

Sementara untuk adsorpsi timah hitam/Pb (II) dapat digunakan sekam padi, tongkol jagung dan serbuk gergaji (Ghani dkk., 2007), cangkang telur (Kalyani dkk., 2010) dan kulit pisang (Ashraf dkk., 2010). Dari hasil penelitian Ashraf dkk (2010), dengan konsentrasi awal larutan 150 mg/liter, persentase penghilangan timbal sebesar 92,52%, sedangkan pada konsentrasi awal 25 mg/liter persentasenya mencapai 94,8%.

Untuk biosorpsi Mn, dapat digunakan kulit buah asam (Suguna dkk., 2010). Selain itu kulit kayu buah asam dan kulit kentang juga dapat digunakan untuk adsorpsi ion Fe(II) (Prasad dan Abdullah, 2009). Sementara untuk adsorpsi Fe(III) dan Cu(II) dapat digunakan kulit buah jeruk (Onal dkk., 2008). Sedangkan Sha dkk (2010) memproduksi xantate dari kulit buah jeruk untuk mengadsorpsi Cu(II), Cd(II), Pb(II), Zn(II) dan Ni(II). Untuk kulit kerang dapat dijadikan biosorben Cu(II) dan Co(II). Bahan-bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan baku biosorben menurut Das dkk (2008) diantaranya adalah daun teh hitam, biji kopi dan batang pohon papaya.

Proses pembuatan biosorben dari limbah pertanian ini umumnya sama untuk berbagai bahan baku. Proses utamanya terdiri dari pencucian, pengeringan dan penghancuran material ke ukuran tertentu (Vinodhini dan Das, 2009; Ashraf dkk, 2010; Ghani dkk, 2007). Akan tetapi bila hanya diinginkan satu komponen tertentu saja sebagai adsorben, maka harus dilakukan proses pengambilan komponen tersebut dari bahan baku. Wong dkk (2008) memodifikasi pectin yang diekstrak dari kulit buah durian untuk digunakan sebagai biosorben logam berat. Ada pula proses pembuatan biosorben dengan menggunakan bahan baku limbah pertanian untuk memproduksi senyawa tertentu sebagai adsorben. Contohnya adalah pembuatan xantate dari kulit jeruk untuk diaplikasikan sebagai adsorben logam berat (Sha dkk., 2010).

### Kesimpulan

Logam berat merupakan salah satu sumber utama pencemaran lingkungan, khususnya lingkungan perairan. Beberapa proses pengolahan limbah yang mengandung logam berat masih menjumpai banyak kendala. Salah satu alternatif baru dalam pengolahan limbah logam berat adalah adsorpsi

dengan menggunakan mikroorganisme atau limbah pertanian. Proses ini dikenal dengan biosorption dan bahan adsorbennya disebut biosorben. Keuntungan dalam pemakaian biosorben adalah bahan baku yang melimpah, murah, proses pengolahan limbah yang efisien, minimalisasi lumpur yang terbentuk, serta tidak diperlukannya nutrisi tambahan dan proses regenerasi. Sebagai bahan baku biosorben dari mikroorganisme diantaranya adalah kelompok fungi/jamur, bakteri, yeast dan alga. Sedangkan biosorben dari limbah pertanian diantaranya adalah kulit buah jeruk, kulit dan batang buah asam, serbuk kayu, sekam padi, tongkol jagung, cangkang telur dan kulit kentang.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Ahalya, N., Kanamadi, RD., Ramachandra, TV., 2008, Biosorption of Chromium(VI) by *Tamarindus indica* pod shells, *Journal of Environmental Science Research International* 1(2): 77-81
- Ashraf, MA., Maah, MJ., Yusoff, I., 2010, Study of Banana peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben, *American-Eurasian J. Agric & Environ. Sci* 8(1): 7-17
- Das, N., Karthika, P., Vimala, R., Vinodhini, V., 2008, Use of Natural Products as Biosorbent of Heavy Metals: An overview, *Natural Product Radiance* 7(2): 133-138
- Fernando, A., Monteiro, S., Pinto, F., Mendes, B., 2009, Production of Biosorbents from Waste Olive Cake and Its Adsorption Characteristics for Zn(II) ion, *Sustainability* 1:277-297
- Ghani, NTA., Hefny, M., Chaghaby, GAF., 2007, Removal of Lead from Aqueous Solution Using Low Cost Abundantly Available Adsorbents, *Int. J. Environ. Sci. Tech.*, 4(1): 67-73
- Gupta, R., Ahuja, P., Khan, S., Saxena, RK., Mohapatra, H., 2000, Microbial biosorbent: Meeting Challenges of Heavy Metal Pollution in Aqueous Solutions, *Current Science* 78(8): 967-973
- Igwe, JC., Abia, AA., 2006, A Bioseparation Process for Removing Heavy Metals from Waste Water Using Biosorbents, *African Journal of Biotechnology* 5(12): 1167-1179
- Kalyani, G., Rao, HJ., Kumar, TA., Mariadas, K., Vijetha, P., Kumar, YP., Kumaraswamy, K., Pallavi, p., Sumalatha, B., 2010, Biosorption of Lead from Aqueous solutions Using Egg Shell Powder as Biosorbent: Equilibrium Modelling, *International Journal Of Biotechnology and Biochemistry* 6(6): 911-920
- Kim., Mu, Y., Yang, JE., Rhee, HI., 2004, Biosorption of Hexavalent Chromium by *Pachymeniopsis* sp. Dead Cell, *Agric. Chem. Biotchnology* 47(2): 86-90
- Onal, O., Ozcelik, E., Benli, S., Cabbar, C., 2008, Adsorption of Fe(III) and Cu(II) on Orange Skin and Sunflower Shell, *Article of 4<sup>th</sup> European Bioremediation Conference*
- Park, D., Lim, SR., Yun, YS., Park, JM., 2008, Development of a new Cr(VI)-Biosorbent from Agricultural Biowaste, *Bioresource Technology* 99: 8810-8818
- Prasad, AGD., Abdullah, MA., 2009, Biosorption of Fe(II) from Aqueous Solution Using Tamarind Bark and Potato Peel Waste: Equilibrium and Kinetic Studies, *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation* 4(3): 273-282
- Sha, L., Xue-yi, G., Ning-chuan, F., Qing-hua, T., 2010, Effective Removal of Heavy Metals from Aqueous Solutions by Orange Peel Xanthate, *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 20:187-191
- Suguna, M., Kumar, NS., Subbaiah, VM., Krishnaiah, A., 2010, Removal of Divalent Manganese from Aqueous Solution Using *Tamarindus indica* Fruit Nut Shell, *J. Chem. Pharm. Res* 2(1): 7-20
- Vinodhini, V., Das, N., 2009, Mechanism of Cr(VI) Biosorption by Neem Sawdust, *American-Eurasian Journal of Scientific Research* 4 (4): 324-329
- Vinodhini, V., Das, N., 2009, Biowaste Materials as Sorbents to Remove Chromium(VI) from Aqueous Environment-A Comparative Study, *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 4(6): 19-23.
- Wong, WW., Abbas, FMA., Liong, MT., Azhar, ME, 2008, Modification of Durian Rind Pectin for Improved Biosorbent Ability, *International Food Research Journal* 15(3): 363-365.