

Biosorpsi Pb (II) Pada Jamur *Trichoderma Asperellum* TNJ-63

Desi Heltina*, Evelyn, Renny Indriani
Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Riau
Kampus Bina Widya Km 12,5 Simpang Panam, Pekanbaru, Riau

Abstract

Heavy metal Pb^{2+} is a highly toxic substance and is very dangerous for living creatures. Biosorption with fungi is one of the abatement methods to reduce the metal contaminant in environment. The present study aimed at determining the maximum biosorption capacity and the equilibrium model of Pb^{2+} biosorption by *Trichoderma asperellum* TNJ-63. Some *Trichoderma asperellum* TNJ-63 varied in amount were put into an erlenmeyer flask containing a solution of Pb^{2+} with an initial concentration of 100 ppm at room temperature. Variation of stirring speeds (80, 130 and 180 rpm) was also carried out to study its effect on the time required to reach equilibrium. The result showed that Pb^{2+} could be effectively adsorbed by *Trichoderma asperellum* TNJ-63 as the biosorbent and its biosorption could reach its maximum by as much as 98.24% (w/w). Calculation result showed that the mechanism of Pb^{2+} biosorption on *Trichoderma asperellum* TNJ-63 followed Freundlich isotherm model with an average error of 0.098%.

Keywords: heavy metal, biosorption, *Trichoderma asperellum*, Freundlich isotherm

Abstrak

Logam berat Pb^{2+} merupakan senyawa yang sangat beracun dan sangat berbahaya bagi makhluk hidup. Salah satu cara untuk menanggulangnya adalah dengan biosorpsi menggunakan jamur. Penelitian ini bertujuan menentukan kapasitas jerap maksimum dan model kesetimbangan biosorpsi Pb^{2+} dengan menggunakan jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63. Sejumlah jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63 dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi larutan Pb^{2+} 100 ppm pada suhu ruang dengan massa jamur yang divariasikan. Lama waktu tercapainya kesetimbangan dipelajari dengan memvariasi lama waktu penjerapan dan kecepatan pengadukan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa maksimum penjerapan Pb^{2+} pada jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63 adalah sebesar 98,24%. Mekanisme proses biosorpsi Pb^{2+} pada *Trichoderma asperellum* TNJ-63 mengikuti model isoterm Freundlich.

Kata kunci: logam berat, biosorpsi, jamur *Trichoderma asperellum*, isoterm Freundlich

Pendahuluan

Air yang telah tercemar mengandung bermacam-macam logam yang berbahaya bagi ekosistem walaupun dalam konsentrasi yang sangat kecil seperti timbal (Pb). Secara alamiah timbal dapat masuk ke dalam badan air melalui pengkristalan logam timbal di udara dengan bantuan air hujan. Timbal sebagai polutan banyak dihasilkan dari emisi kendaraan dan produksi baterai kendaraan.

Upaya menanggulangi pencemaran logam berat sebenarnya dapat dilakukan dengan proses kimiawi seperti presipitasi kimia, *ion exchange*, adsorpsi, elektrodialisis dan *reverse osmosis*. Dibandingkan dengan metode-metode yang lain, adsorpsi merupakan metode yang dinilai paling efektif dan telah banyak digunakan. Adsorpsi ini dapat menggunakan zeolit dan arang aktif sebagai adsorbennya. Namun proses ini relatif mahal dan cenderung menimbulkan permasa-

lahan baru, yaitu akumulasi senyawa tersebut dalam sedimen dan organisme akuatik (Ahalya, dkk 2007). Oleh sebab itu perlu dikembangkan cara lain diantaranya dengan memanfaatkan kemampuan beberapa mikroorganisme sebagai penyerap logam berat (biosorpsi).

Kemampuan mikroorganisme dalam mengakumulasi logam berat dari limbah melalui penjerapan secara fisiko-kimia disebut biosorpsi. Beberapa alga, bakteri, jamur dan khamir telah terbukti memiliki kemampuan untuk menjerap logam. Salah satu jamur yang digunakan adalah jenis *Trichoderma* dimana biosorpsi logam terjadi karena adanya gugus amino yang terdapat pada jamur *Trichoderma*.

Pada peristiwa biosorpsi pada jamur, perpindahan logam melewati membran sel menghasilkan akumulasi intraseluler yang bergantung pada metabolisme sel. Oleh karena itu, biosorpsi jenis ini hanya terjadi pada sel-sel yang hidup. Hal ini berkaitan dengan ketahanan mikroorganisme yang bereaksi dengan logam beracun. Kuyucak dan Volesky (Ahalya, dkk.,

* Alamat korespondensi: email: desiheltina@yahoo.co.id, telp.: (0761) 566937

2007) menerangkan bahwa pada biosorpsi jenis *non-metabolism dependent* penjerapan logam terjadi karena adanya interaksi fisiko-kimia antara logam dan grup fungsional yang terdapat pada permukaan atau dinding sel mikro-organisme. Dinding sel mikroba ini terdiri dari polisakarida, protein dan lemak. Tipe biosorpsi jenis ini relatif lebih mudah dan cepat.

Awofolu, dkk. (2006) telah melakukan penelitian adsorpsi timbal (Pb) dengan *Trichoderma reesei* pada kisaran pH 2-7 pada kecepatan pengadukan 150 rpm. Pada hasil penelitian ini diperoleh jumlah Pb terjerap sebesar 52,52 – 80,70 % pada pH 7. Amri (2005) juga melakukan penjerapan logam Pb dengan menggunakan *Aspergillus niger* pada variasi pH 3, 5, 8 dan diperoleh penjerapan optimum sebesar 80% pada pH 5 dan suhu 25°C. Selain itu, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa model kesetimbangan yang sesuai adalah model Langmuir.

Untuk mengevaluasi kemampuan biomassa dalam mengadsorpsi logam berat dapat dilakukan dengan mempelajari data kesetimbangan biosorpsi yang diperoleh dari percobaan. Kesetimbangan proses biosorpsi sering dinyatakan dalam bentuk grafik hubungan dengan membandingkan antara data percobaan dan model kesetimbangan isotherm adsorpsi (Gadd, 1990). Dua model kesetimbangan yang sangat luas digunakan adalah model isotherm Langmuir dan isotherm Freundlich yang masing-masing secara berturut-turut dapat dituliskan seperti pada persamaan (1) dan (2).

$$Q_e = \frac{Q^o K_L C_e}{K_L C_e + 1} \quad (1)$$

$$Q_e = K_f C_e^{1/n} \quad (2)$$

Bila nilai tetapan pada masing-masing persamaan diketahui maka pada keadaan setimbangan untuk setiap konsentrasi larutan akan memberikan konsentrasi terjerap yang tertentu. Tetapan yang ada di masing-masing persamaan dicari dengan cara membandingkan data kesetimbangan hasil penelitian dengan hasil perhitungan. Model yang sesuai akan memberikan penyimpangan antara data penelitian dan hasil perhitungan terkecil.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan kapasitas jerap maksimum dan model kesetimbangan pada biosorpsi Pb^{2+} dengan menggunakan jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63.

Metode Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah larutan $Pb(NO_3)_2$, kultur spesies fungi *Trichoderma asperellum* TNJ-63 dan air suling.

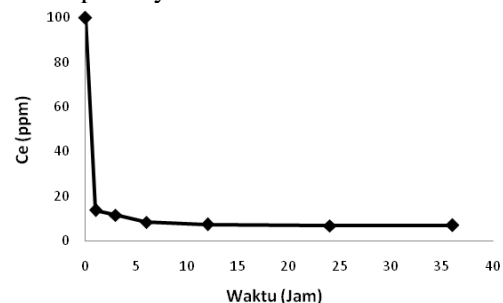
Tahap awal penelitian biosorpsi dengan jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63 adalah penentuan waktu kesetimbangan. Ke dalam erlenmeyer yang telah berisi 25 ml larutan logam $Pb(NO_3)_2$ dengan konsentrasi 100 ppm dimasukkan 0,3 gram sampel butiran biomassa kering *Trichoderma asperellum* TNJ-63 (pada pH 5). Campuran diaduk pada 130 rpm dan data konsentrasi logam di cairan diambil saat 1, 3, 6, 12, 24 dan 36 jam pengontakan.

Setelah waktu kesetimbangan diketahui, dengan cara yang sama dilakukan tahap biosorpsi pada konsentrasi 100 ppm dan pH 5 dengan memvariasi berat biomassa, berturut-turut 0,1 g, 0,2 g, 0,3 g, 0,4 g, 0,5 g. Pada penelitian ini waktu tercapainya kesetimbangan juga dipelajari dengan memvariasi putaran pengadukan berturut-turut 80, 130 dan 180 rpm. Setelah disaring dengan kertas filter berukuran pori 0,45 μm , sampel cair dianalisa menggunakan metode *atomic adsorption spectroscopy* (AAS).

Hasil dan Pembahasan

Penentuan waktu kesetimbangan

Penentuan waktu kesetimbangan merupakan langkah awal karena semua data kesetimbangan diambil pada waktu di mana kesetimbangan dianggap telah tercapai. Gambar 1 menunjukkan bahwa untuk penjerapan dengan 0,3 gram biomassa, penjerapan telah mencapai 93% dalam 1 jam dan kemudian meningkat terus menuju ke nilai asimptotis yaitu sekitar 98%.



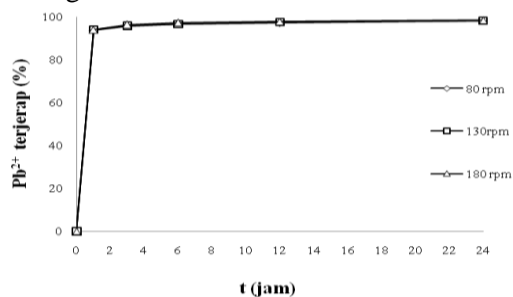
Gambar 1. Konsentrasi Pb^{2+} dalam larutan selama proses penjerapan (0,3 g biomassa)

Terlihat pada Gambar 1 bahwa di atas 12 jam peningkatan penjerapan yang terjadi tidak berarti. Dalam hal ini, keadaan kesetimbangan diasumsikan selalu tercapai dalam waktu 24 jam. Oleh karena itu, pada penelitian ini semua data

kesetimbangan diambil setelah penjerapan berlangsung selama 24 jam.

Pengaruh kecepatan putaran pengadukan

Kecepatan putaran pengadukan sangat berpengaruh terhadap kecepatan difusi ion logam ke permukaan sel mikroba. Semakin cepat putaran pengadukan, olakan di badan cairan akan semakin kuat yang dapat menurunkan tahanan perpindahan massa pada permukaan biosorben. Gambar 2 menunjukkan bahwa penjerapan Pb²⁺ dengan jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63 memiliki laju penjerapan yang relatif sama untuk putaran pengadukan yang berbeda. Terlihat bahwa pada 1 jam pertama, diperoleh persen penjerapan rata-rata 94% untuk kecepatan 80, 130 dan 180 rpm. Jumlah Pb²⁺ terjerap hanya meningkat sekitar 4%, dengan beda waktu dari 1 jam sampai 24 jam. Sehingga, pada penelitian ini dipilih kecepatan pengadukan 80 rpm dan waktu 24 jam untuk menjamin tercapainya keadaan setimbang.



Gambar 2. Hubungan persentase Pb²⁺ terjerap terhadap waktu pada berbagai kecepatan putaran pengadukan

Penentuan model kesetimbangan biosorpsi

Kesetimbangan biosorpsi Pb²⁺ pada jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63 dipelajari dengan mengamati konsentrasi larutan setelah proses adsorpsi berlangsung selama 24 jam. Seperti ditunjukkan pada Tabel 1, pengamatan dilakukan untuk massa biosorben yang berbeda dalam larutan yang memiliki konsentrasi Pb²⁺ awal sama (100 mg/l). Gambar 3 menunjukkan profil hubungan konsentrasi Pb²⁺ dalam larutan dan dalam biosorben pada keadaan setimbang. Semakin tinggi konsentrasi Pb²⁺ dalam larutan maka semakin tinggi pula konsentrasi Pb²⁺ yang terjerap di dalam biosorben. Terlihat pula pada gambar 3 bahwa kenaikan konsentrasi yang terjadi cenderung tidak bersifat linear.

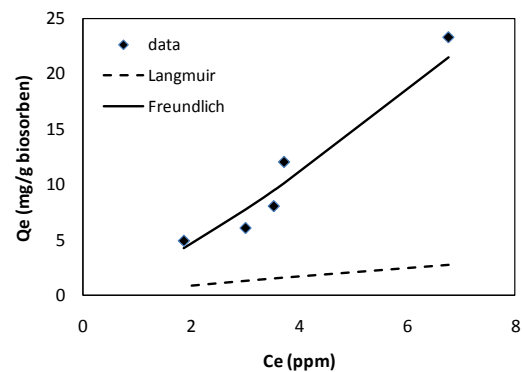
Pada penelitian ini, hubungan kesetimbangan yang terjadi antara konsentrasi Pb²⁺ dalam larutan dan dalam jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63 dicoba untuk didekati dengan model adsorpsi

Langmuir dan Freundlich. Tabel 2 dan Gambar 3 memperlihatkan hasil perhitungan masing-masing model yang dibandingkan dengan data kesetimbangan hasil penelitian.

Tabel 1. Konsentrasi Pb²⁺ dalam larutan dan dalam biosorben pada keadaan setimbang.

Berat (g)	Co (mg/l)	Ce (mg/l)	Qe Percobaan (mg/g)	Qe Perhitungan (mg/g)	
				Langmuir	Freundlich
0,1	100	6,762	23,310	2,744	21,538
0,2	100	3,714	12,036	1,619	10,100
0,3	100	3,524	8,040	1,543	9,450
0,4	100	3,000	6,063	1,331	7,710
0,5	100	1,857	4,907	0,848	4,206
Persentasi kesalahan relatif (%)				83,27%	16,54%

Terlihat pada Gambar 3 bahwa model kesetimbangan Freundlich tampak lebih sesuai untuk mendekati data yang ada.



Gambar 3. Hubungan kesetimbangan konsentrasi Pb²⁺ di larutan dan di padatan biosorben

Kesesuaian model kesetimbangan Freundlich terhadap data penelitian menunjukkan bahwa proses biosorpsi terjadi pada permukaan jamur yang bersifat heterogen. Hal ini berbeda dengan model kesetimbangan Langmuir yang didasarkan pada asumsi bahwa penjerapan terjadi pada permukaan yang bersifat homogen (Sohn dan Kim, 2005). Heterogenitas permukaan biosorpsi pada model Freundlich dinyatakan dengan tetapan faktor heterogenitas permukaan (n) yang pada penelitian ini bernilai 0,791. Sementara itu, tetapan kesetimbangan Freundlich (K_f) pada penelitian ini bernilai 1,923.

Kesimpulan

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut.

- Jamur *Trichoderma asperellum* TNJ-63 dapat digunakan sebagai biosorben logam berat Pb dalam bentuk Pb²⁺.
- Kesetimbangan biosorpsi Pb²⁺ pada *Trichoderma asperellum* TNJ63 berifat non linear dan mengikuti model kesetimbangan

isoterm Freundlich, di mana proses biosorpsi terjadi pada permukaan yang bersifat heterogen.

Daftar Notasi

Ce	: konsentrasi Pb di larutan pada saat setimbang (mg/L)
Co	: konsentrasi Pb awal (mg/L)
Ct	: konsentrasi Pb pada saat tertentu (mg/L)
K_L	: konstanta kesetimbangan Langmuir
K_F	: konstanta kesetimbangan Freundlich
M	: massa jamur (g)
N	: kecepatan putaran pengaduk, rpm
n	: faktor heterogenitas
Qe	: konsentrasi Pb terjerapi pada saat setimbang (mg/g)
Q _o	: kapasitas penjerapan maksimum pada lapisan tunggal (mg /g)
t	: waktu (jam)
V	: volum larutan Pb (L)

Daftar Pustaka

- Ahalya, N., Kanamadi, R.D. dan Ramachandra, T.V., 2007. Biosorption of Heavy Metals, Centre for Ecological Science, Indian Institute Science, Bangalore, India.
- Amri, A., 2005. Pengaruh Suhu dan pH terhadap Isoterm Biosorpsi Logam Pb dengan Biomass *Aspergillus Niger*, Jurnal Rekayasa Kimia dan Lingkungan 4, 9-16, UNSYIAH, Aceh.
- Awofolu, R.O., Okonkwo dan Merwe, 2006. A New Approach to Chemical Modification Protocols of *Aspergillus Niger* and Sorption of Lead Ion by Fungal Species, Electronic Journal of Biotechnology 9(4).
- Gadd, G.M., 1990. Fungi and Yeast for Metal Contaminated Surface and Groundwater, *Geomicrobiol* 8, 201-223.
- Sohn, S, dan Kim, D., 2005. Modification of Langmuir Isotherm in Solution Systems-Definition and Utilization of Concentration Dependent Factor, *Chemosphere* 58, 115-123.