



OPTIMASI ADSORPSI Pb(II) OLEH BIOMASSA *Aspergillus niger* YANG DIIMOBILISASI PADA SILIKA GEL

Deni Malik Ibrahim^{*}), Agung Tri Prasetya dan Sri Haryani

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

Gedung D6 Kampus Sekaran Gunungpati Telp. (024)8508112 Semarang 50229

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima April 2015
Disetujui Mei 2015
Dipublikasikan Agustus 2015

Kata kunci:
Pb(II)
Aspergillus niger
imobilisasi
adsorpsi

Abstrak

Pb(II) merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari sampah rumah tangga. Biosorpsi adalah metode alternatif untuk mengatasi pencemaran Pb(II) dengan menggunakan organisme organik diantaranya jamur. *Aspergillus niger* merupakan jamur yang memiliki dinding sel tersusun oleh gugus karboksil dan gugus amino yang mampu bertindak sebagai penukar ion dan pembentukan kompleks dengan ion logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi pada silika gel untuk menurunkan logam Pb(II). Biosorpsi Pb(II) dilakukan pada variasi pH 3, 4, 5, 6 dan 7, perbandingan *Aspergillus niger* dengan silika gel 8 : 2, 6 : 4, 4 : 6, 2 : 8, tanpa silika gel dan tanpa *Aspergillus niger*, waktu kontak 30, 60, 90, 120 dan 150 menit, konsentrasi 10, 15, 20, 25, 30 dan 35 ppm, serta massa adsorben 1, 2, 3, 4 dan 5 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum larutan pada pH 7, waktu 90 menit, perbandingan *Aspergillus niger* dengan silika gel 6 : 4, konsentrasi 30 ppm dan massa adsorben 1 g. Pada aplikasi dalam sampel limbah diperoleh konsentrasi awal limbah sebesar 2,0252 ppm setelah diadsorpsi diperoleh konsentrasi akhir sebesar 0,2321 ppm sehingga persentase ion Pb(II) yang teradsorpsi oleh biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi oleh silika gel sebesar 90,69 %.

Abstract

Pb(II) is one of the waste generated from household waste. Biosorption is an alternative method to overcome the contamination of Pb(II) by using organic organisms including fungi. *Aspergillus niger* is a fungus that has a cell wall composed of carboxyl and amino groups are able to act as ion exchange and complex formation with metal ions. This study aimed to determine the ability of *Aspergillus niger* biomass immobilized on silica gel to decrease Pb(II). Biosorption of Pb(II) was conducted on the variation of pH 3, 4, 5, 6 and 7, comparison of *Aspergillus niger* with silica gel 8 : 2, 6 : 4, 4 : 6, 2 : 8, without silica gel and without *Aspergillus niger*, contact time of 30, 60, 90, 120 and 150 min, the concentration of 10, 15, 20, 25, 30 and 35 ppm, as well as the mass of adsorbent 1, 2, 3, 4 and 5 g. The results showed that the optimum solution conditions at pH 7, 90 minutes, *Aspergillus niger* comparison with silica gel 6 : 4, concentration of 30 ppm and a mass of 1 g of adsorbent. On the application of sewage samples obtained in the initial concentration of 2.0252 ppm waste obtained after adsorbed final concentration of 0.2321 ppm to percentage of Pb(II) adsorbed by the biomass of *Aspergillus niger* immobilized by silica gel by 90.69 %.

Pendahuluan

Air merupakan salah satu sumber daya alam yang sangat berguna bagi kehidupan. Kebutuhan air, terutama air bersih, makin meningkat sejalan dengan perkembangan masyarakat dan teknologi. Perkembangan penduduk yang pesat membutuhkan berbagai fasilitas, antara lain air bersih, sedangkan dengan bertambahnya industri yang didirikan, bukan tidak mungkin akan timbul pencemaran, antara lain berupa buangan limbah industri. Limbah mengandung bahan pencemar yang bersifat racun dan berbahaya. Bahan pencemaran ini dirumuskan sebagai bahan dalam jumlah relatif sedikit, tetapi mempunyai potensi mencemaran/merusakkan lingkungan kehidupan dan sumber daya alam (Rahayu; 2009). Buangan tersebut akan mengalir ke sungai yang biasa digunakan sebagai sumber air minum, mandi dan mencuci. Salah satu logam berat yang mencemari lingkungan adalah plumbum (Pb).

Pada saat ini telah banyak dikembangkan metode untuk mengurangi adanya logam di lingkungan, terutama limbah industri. Salah satu metode yang berkembang saat ini adalah biosorpsi. Biosorpsi merupakan teknologi yang paling menjanjikan dalam pengolahan air limbah, karena mudah dilakukan dengan reaksi yang cepat. Metode tersebut menggunakan biomassa sel hidup maupun sel mati untuk menyerap logam. Biosorpsi logam terjadi, karena kompleksitas ion logam yang bermuatan positif dengan pusat aktif yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel atau dalam polimer-polimer ekstraseluler, seperti protein dan polisakarida sebagai sumber gugus fungsi yang berperan penting dalam mengikat ion logam. Proses penyerapan ini berlangsung cepat dan terjadi pada dinding sel hidup maupun sel yang telah mati (Volesky; 2004).

Ada beberapa faktor yang berpengaruh terhadap proses biosorpsi menurut Ahalya, *et al.* (2003) yaitu pH dan waktu kontak. Parameter pH sangat penting dalam proses biosorpsi, karena berpengaruh terhadap kelarutan kimia dari logam, aktivitas dari kelompok-kelompok fungsional yang ada dalam biomassa dan kompetisi diantara ion-ion logam. Waktu kontak juga merupakan variabel yang sangat berpengaruh terhadap desain proses *bioremoval*, termasuk ke dalamnya immobilisasi sel, pH dan konsentrasi biomassa. Faktor lain yang juga mempengaruhi proses biosorpsi adalah rasio biomassa dan silika gel. Semakin banyak jumlah biomassa dalam silika gel akan meningkatkan

jumlah logam yang teradsorpsi karena bertambahnya gugus aktif biomassa (Lestari, *et al.*; 2003). Berdasarkan penelitian sebelumnya, maka dilakukan penelitian tentang penggunaan biomassa *Aspergillus niger* yang diimmobilisasi pada silika gel untuk mengadsorpsi logam Pb(II) dalam larutan.

Metode Penelitian

Alat yang digunakan dalam meliputi *oven Precision GCA Corp, magnetic stirrer*, neraca analitik *AND GR-200*, SSA model *Aanalyt100 (Perkin Elmer)*. Bahan yang digunakan adalah *Aspergillus niger* (STTP Magelang), HNO₃, HCl, NaOH, PbNO₃, silika gel dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*, serta aquademin.

Preparasi biomassa dengan cara mengambil 50 g *Aspergillus niger* dicuci dengan HCl 0,1 N dua kali dan aquades sekali. Biomassa disterilkan dengan *autoclave* pada suhu 121°C selama 10 menit dan diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit. Endapan biomassa disaring dan dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam *oven* 60°C selama 2 jam lalu disimpan dalam desikator (Noer dan Rohman; 2008).

Pembuatan biomassa, sebanyak 8 g silika gel (SG) diaktivasi dengan 150 mL HCl 0,5 M diaduk selama 20 menit, saring dengan kertas *Whatman* kemudian dioven pada suhu 105°C selama 20 menit dan sebanyak 2 g biomassa (BA) dilarutkan dalam 150 mL KOH 0,5 M. Selanjutnya 150 mL larutan BA dicampurkan dengan SG hasil aktivasi dan diaduk selama 24 jam. Kemudian dikeringkan pada suhu 80°C sampai berat konstan dan didinginkan pada temperatur kamar (SG:BA = 8:2), kemudian melakukan hal yang sama dengan perbandingan massa SG:BA 10:0, 6:4, 4:6, 2:8, dan 0:10. Biomassa *Aspergillus niger* yang dimobilisasi dalam silika gel digerus dan diayak dengan ayakan 50 *mesh*. Optimasi pH dilakukan dengan menggunakan pH 3, 4, 5, 6 dan 7. Optimasi waktu dengan variasi 30, 60, 90, 120 dan 150 menit.

Hasil dan Pembahasan

Hasil pengukuran ion logam Pb (II) yang teradsorpsi pada berbagai variasi pH, ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengukuran ion logam Pb(II) yang teradsorpsi pada variasi pH

pH	Absorben	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi		x/m (mg/g)	
			Awal	Sisa		
3	1	60	20	6,4642	13,5357	0,6767
4	1	60	20	5,4375	14,5625	0,7281
5	1	60	20	5,3482	14,6517	0,7325
6	1	60	20	5,2589	14,7410	0,7370
7	1	60	20	4,8125	15,1875	0,7593

Berdasarkan Tabel 1. maka dapat dilihat bahwa saat pH 3, Pb(II) sudah mulai terserap oleh biomassa sebesar 0,67 mg/g, pada pH tersebut ion logam yang terikat lebih kecil, karena permukaan adsorben cenderung terprotonasi atau lebih positif sehingga penolakan biomassa terhadap ion logam terjadi lebih cepat. Selanjutnya pada pH 7 adsorpsi mencapai maksimal, hal ini disebabkan adanya ikatan antara ion logam Pb(II) dengan gugus aktif amina dan karboksilat dari dinding sel pada biomassa *Aspergillus niger* yang diimmobilisasi silika gel. Sedangkan pada pH basa ion Pb(II) sudah mulai mengendap sehingga penelitian dihentikan pada pH 7. Hasil penelitian ini sesuai dengan Tiemann (1998) yang menyatakan bahwa semakin kecil pH, maka permukaan dinding sel semakin positif dan mengurangi tarik menarik antara biomassa dengan ion. Sedangkan pada pH optimum terjadi netralisasi ion positif dan negatif, sehingga adsorpsi berlangsung maksimal.

Hasil pengukuran ion logam Pb (II) yang teradsorpsi pada berbagai waktu kontak, ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran ion logam Pb(II) yang teradsorpsi pada variasi waktu

pH	Absorben	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi			x/m (mg/g)
			Awal	Sisa	Terserap	
7	1	30	20	6,5021	13,4978	0,6748
7	1	60	20	5,1518	14,8481	0,7424
7	1	90	20	4,6455	15,3544	0,7677
7	1	120	20	4,9831	15,0168	0,7508
7	1	150	20	5,2362	14,7637	0,7381

Tabel 2. memperlihatkan bahwa adsorpsi ion logam Pb(II) pada menit ke 90 kenaikan mencapai optimum sebesar 0,76 mg/g. Menurunnya penyerapan ini dikarenakan permukaan adsorben (biomassa) sudah terlalu jenuh dan ada kemungkinan terjadi desorpsi. Semakin lama waktu kontak antara ion logam Pb(II) dan biomassa memungkinkan terjadinya peningkatan penyerapan ion logam, namun jika terlalu lama, dapat menurunkan tingkat penyerapan. Hal ini disebabkan semakin lama waktu kontak dapat mengakibatkan desorpsi, yaitu lepasnya ion logam Pb (II) yang sudah terikat pada gugus aktif adsorben. Hasil penelitian ini sesuai pendapat Ahalya, *et al.* (2005). Biomassa memiliki waktu retensi (waktu yang diperlukan untuk mengadsorpsi ion logam hingga jenuh) yang berbeda-beda. Biomassa dapat mengikat ion logam dalam waktu yang spesifik dan adsorpsi terjadi selama permukaan biomassa belum mencapai kejenuhan. Tiap biomassa memiliki kemampuan untuk mengikat ion logam

hingga mencapai maksimum. Namun setelah batas maksimum dilewati dan permukaan biomassa menjadi terlalu jenuh untuk menyerap ion logam, maka biomassa dinyatakan telah melampaui batas toleransi. Pengikatan ion yang cepat oleh biomassa menunjukkan proses biosorpsi Pb(II) berlangsung hanya pada dinding sel. Hal ini didukung oleh penelitian Baig, *et al.* (1999) bahwa proses biosorpsi yang cepat menunjukkan mekanisme pengikatan ion logam terjadi secara pasif yang berlangsung di dinding sel, karena biomassa yang digunakan bukan sel hidup. Hasil pengukuran Pb(II) teradsorpsi pada perbandingan SG : BA ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil pengukuran Pb(II) teradsorpsi pada perbandingan SG : BA

Perbandingan SG : BA	Massa (gram)	pH optimum	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi (ppm)			x/m (mg/g)
				Awal	Sisa	Terserap	
BA	1	7	90	20	4,6935	15,3064	0,7653
2 : 8	1	7	90	20	4,4112	15,5887	0,7794
4 : 6	1	7	90	20	3,7661	16,2338	0,8116
6 : 4	1	7	90	20	4,4919	15,5080	0,7754
8 : 2	1	7	90	20	5,8629	14,1371	0,7068
SG	1	7	90	20	6,7096	13,2903	0,6645

Tabel 3. memperlihatkan bahwa perbandingan massa silika gel dengan biomassa *Aspergillus niger* yang optimal untuk menyerap ion Pb(II) yaitu 4 : 6 sebesar 0,81 mg/g. Semakin besar silika gel yang ditambahkan, kapasitas adsorpsinya semakin menurun. Hal ini disebabkan semakin banyak jumlah silika gel gugus aktif yang diperoleh berkurang sebab silika gel tidak mempunyai gugus aktif hanya pori-pori yang digunakan untuk adsorpsi, sehingga mudah mengakibatkan kejenuhan pada saat adsorpsi dan efisiensi penyerapannya menjadi turun. Semakin sedikit silika gel juga mengakibatkan kerja biomassa *Aspergillus niger* tidak begitu optimal ini dimungkinkan pada saat sebelum direaksikan dengan sampel gugus aktif pada biomassa sudah terdegradasi oleh mikroba lain. Pengikatan logam dengan biomassa tumbuhan yang telah mati mempunyai banyak kelemahan, diantaranya mudah terdegradasi oleh mikroba lain sehingga biomassa yang didapatkan cepat rusak (Putra; 2007), sehingga perlu dilakukan immobilisasi dengan silika gel. Hasil pengukuran Pb(II) yang teradsorpsi pada variasi massa ditampilkan pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil pengukuran Pb(II) yang teradsorpsi pada variasi massa

Massa (gram)	pH optimum	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi			x/m (mg/g)
			Awal	Sisa	Terserap	
1	7	90	20	4,2840	15,7159	0,7857
2	7	90	20	3,9881	16,0118	0,4002
3	7	90	20	2,5384	17,4615	0,2910
4	7	90	20	4,0177	15,9822	0,1997
5	7	90	20	4,1952	15,8047	0,1580

Tabel 4. memperlihatkan bahwa massa

adsorben yang optimal 1 g biomassa dan ion Pb(II) yang terserap 0,7857 mg/g. Semakin besar massa adsorben, kapasitas adsorpsinya semakin menurun. Hal ini disebabkan jumlah ion logam dalam larutan tidak sebanding dengan jumlah partikel biomassa yang tersedia sehingga permukaan biomassa akan mencapai titik jenuh dan efisiensi penyerapannya pun menjadi menurun. Hasil pengukuran ion logam Pb (II) yang terserap pada berbagai pengaruh konsentrasi, yang ditampilkan pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil pengukuran Pb (II) yang teradsorpsi pada variasi konsentrasi

pH	Biomassa	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi			x/m (mg/g)
			Awal	Sisa	Terserap	
7	6 : 4(1)	90	10	3,7519	16,2480	0,8124
7	6 : 4(1)	90	15	3,1514	16,8485	0,8424
7	6 : 4(1)	90	20	3,0731	16,9268	0,8463
7	6 : 4(1)	90	25	2,9425	17,0574	0,8528
7	6 : 4(1)	90	30	2,8120	17,1879	0,8593
7	6 : 4(1)	90	35	3,0208	16,9791	0,8489

Tabel 5. menunjukkan bahwa pada awal konsentrasi yaitu 10 ppm permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan Pb(II), sehingga penyerapannya berlangsung kurang efektif. Apabila konsentrasi adsorbat (logam) bertambah maka beban adsorben untuk mengikat logam Pb(II) juga bertambah sehingga semakin banyak logam Pb(II) yang terikat. Konsentrasi ion logam dalam larutan sangat mempengaruhi besarnya adsorpsi adsorben dan pada konsentrasi 30 ppm yang merupakan konsentrasi adsorpsi yang optimal dengan penyerapan sebesar 0,85 mg/g. Pada saat itu pula konsentrasi dihentikan, karena proses adsorpsi diketahui berjalan dengan baik pada konsentrasi larutan yang tidak terlalu besar dan apabila dilakukan penambahan konsentrasi, daya serapnya akan semakin berkurang, karena biomassa memiliki batas kejenuhan. Adsorpsi

ion logam pada keadaan tertentu dan saat telah mencapai jenuh, daya serapnya semakin menurun, karena permukaan biomassa tidak cukup kuat untuk mengikat kation logam yang tersisa dalam larutan. Permukaan adsorben terdapat situs aktif yang jumlahnya sebanding terhadap luas permukaan adsorben, dengan demikian situs aktif pada permukaan dinding sel adsorben telah jenuh oleh ion logam. Maka penambahan konsentrasi tidak lagi dapat meningkatkan kemampuan adsorben dari adsorben tersebut atau akan mengalami konstan.

Simpulan

pH optimum pada adsorpsi Pb(II) oleh biomassa *Aspergillus niger* yang diimmobilisasi pada silika gel adalah pada pH 7, waktu kontak 90 menit, perbandingan optimum biomassa *Aspergillus niger* dengan silika gel adalah 6 : 4, konsentrasi optimum Pb(II) 30 ppm, massa optimum biomassa *Aspergillus niger* yang diimmobilisasi pada silika gel untuk mengadsorpsi ion logam Pb(II) adalah pada 1 g.

Daftar Pustaka

- Ahalya, N., T.V. Ramachandra & R.D. Kanamadi. 2005. *Biosorption of Heavy Metals*. Bangalore, India. Centre of Ecological Science, India Institute of Science
- Lestari, S., E. Sugiharto & Mudasir. 2003. Studi Kemampuan Biosorpsi Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimmobilkan pada Silika Gel Terhadap Tembaga (II). *Teknosains*, 16A (3): 357-371
- Rahayu, G. 2004. *Mikroorganisme Eukariota, Cendakawan*. Makalah dalam Penelitian Mikrobiologi Dosen PTN Se-kalimantan dan Nusa Tenggara. Departemen Biologi FMIPA IPB dan Bagian Proyek Peningkatan Kualitas Sumber Daya Manusia. Bogor
- Volesky, B. 2004. *What is Biosorption*