



PENGUNAAN SILIKA GEL TERIMOBILISASI BIOMASSA *Aspergillus niger* UNTUK ADSORPSI ION LOGAM Fe(III)

Nurul Fatimah*), Agung Tri Prasetya dan Woro Sumarni

Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Semarang

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

Info Artikel

Sejarah Artikel:
Diterima Juli 2014
Disetujui Agustus 2014
Dipublikasikan November 2014

Kata kunci:
ion besi (III)
aspergillus niger
imobilisasi
adsorpsi

Abstrak

Proses industri sering menghasilkan limbah yang mengandung logam, seperti Fe(III). Metode alternatif untuk mengatasi pencemaran Fe(III) adalah biosorpsi. *Aspergillus* 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 Fe(III). Biosorpsi Fe(III) dilakukan pada variasi pH 3; 5; 7 dan 9, konsentrasi 5; 10; 15 dan 20 ppm, dan waktu kontak 20; 30; 40 dan 50 menit serta massa adsorben 0,1; 0,3; 0,5 dan 0,7 g. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum larutan pada pH 7, waktu 30 menit, konsentrasi 20 ppm dan massa adsorben 0,3 g.

Abstract

Industrial process often yield waste of heavy metal like Fe(III). One of all method to reduce Fe(III) at the is biosorption. *Aspergillus* is a fungus that has a cell wall composed mostly by carboxyl groups and amino groups that can act as an ion exchanger and the formation of complexes with metal ions. The aim of the research were to find out ability of biomass *Aspergillus niger* that immobilized in silica gel to adsorption Fe(III). The effect to treatment on Fe(III) adsorption was investigated in various pH 3; 5; 7 and 7, various concentrations 5; 10; 15 and 20 ppm, various contact time 20; 30; 40 and 50 minutes and mass adsorbent 0.1; 0.3; 0.5 and 0.7 g. The result of this research show that optimum adsorption at pH 7, contact times 30 minutes, concentration at 20 ppm and 0.3 g mass adsorbent.

Pendahuluan

Seiring dengan berkembangnya industrialisasi yang menjanjikan kemudahan dan kesejahteraan bagi masyarakat ternyata menimbulkan dampak negatif berupa limbah industri. Pembuangan limbah industri yang tidak tepat dapat menimbulkan pencemaran lingkungan hidup khususnya yang mengandung logam-logam berat. Beberapa logam berat yang berbahaya diantaranya tembaga (Cu), seng (Zn), timbal (Pb), merkuri (Hg), krom (Cr) dan besi (Fe). Limbah yang mengandung logam-logam berat berasal dari industri logam seperti pengecoran baja, pelapisan logam, industri tembaga dan kuningan (Antom dan Tomijiro; 1995).

Berdasarkan sudut pandang toksologi, logam besi(III) termasuk dalam logam berat esensial, yang keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup, namun dalam jumlah berlebihan dapat menimbulkan efek racun, seperti muntah-muntah, gusi berdarah, kerusakan usus dan kanker hingga mati mendadak (Palar; 1994).

Aspergillus merupakan salah satu jenis jamur (*fungi*) yang banyak digunakan sebagai biosorben, karena dapat dibiakkan dengan baik dalam media agar, ramah lingkungan dan bernilai ekonomis. Umumnya miselium *Aspergillus niger* merupakan limbah hasil fermentasi asam sitrat dalam jumlah besar (Rahayu; 2004). Jamur, bakteri dan mikrofit merupakan biosorben alternatif yang semakin banyak digunakan untuk mengikat logam berat dari larutan. Jamur dipercaya lebih efisien dan ekonomis untuk pengasingan logam-logam beracun dari larutan berair dengan proses adsorpsi. Hal tersebut karena dinding sel jamur sebagian besar disusun oleh gugus karboksil dan gugus amino yang mampu bertindak sebagai penukar ion dan pembentukan kompleks dengan ion logam. Jamur juga mempunyai kemampuan mengikat ion logam yang cukup tinggi dan kemungkinan pengambilan kembali ion tersebut relatif mudah (Preetha dan Viruthagiri; 2005).

Jamur sebagai adsorben memiliki beberapa kelemahan antara lain ukurannya kecil, berat jenisnya rendah dan menimbulkan kesulitan teknis dalam penggunaannya serta mudah rusak karena dekomposisi oleh mikroorganisme lain. Kelemahan ini dapat diatasi dengan cara imobilisasi sehingga biomassa tidak mudah rusak (Lewis; 1994).

Pada saat ini telah banyak dikembangkan

metode untuk mengurangi adanya logam dilingkungan, 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 (Suhendrayatna; 2001).

Berdasarkan latar belakang masalah diatas, penulis melakukan penelitian tentang adsorpsi logam Fe(III) pada limbah pelapisan logam dan tujuan penelitian ini adalah mengetahui kemampuan biosorpsi biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi pada silika gel terhadap ion logam Fe(III).

Metode Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah: neraca analitik *AND GR-200*, magnetik stirrer, oven *Precision GCA Corp*, ayakan *Totanas* ukuran 100 mesh, AAS model *Aanalyst 100* buatan *Perkin Elmer*. Bahan-bahan yang digunakan adalah *Aspergillus niger*, silika gel, aquademin, NaOH, HNO₃ dan HCl dengan *grade pro analyst* buatan *Merck*.

Sebanyak 50 g biomassa dicuci dengan HCl 0,1 N sebanyak 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 disaring dan dicuci dengan aquades dan dikeringkan dalam oven 60°C selama 2 jam lalu disimpan dalam desikator.

Menyiapkan 50 g silika gel dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 20 menit dan didinginkan. Kemudian kedalam silika gel tersebut ditambah 50 g biomassa *Aspergillus niger*, dibasahi dengan sedikit aquades dan diaduk sampai rata. Campuran yang dihasilkan berwujud pasta dikeringkan dalam oven dengan suhu 80°C selama 20 menit lalu didinginkan. Ulangi tahap pembasahan dan pengeringan sebanyak dua kali. Biomassa *Aspergillus niger* yang terimobilisasi diayak 100 mesh.

Pengaruh pH terhadap adsorpsi Fe(III) oleh biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi pada silika gel ditentukan dengan memasukan 0,5 g adsorben kedalam tabung reaksi 50 mL larutan Fe(III) dengan variasi pH 3, 5, 7 dan 9 kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama 30 menit dan larutan disaring. Kadar Fe dalam filtratnya diukur dengan AAS.

Pengaruh waktu terhadap adsorpsi Fe(III) oleh biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi

pada silika gel ditentukan dengan memasukan 0,5 g adsorben kedalam tabung reaksi 50 mL larutan Fe(III) pada pH optimum kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik dengan variasi waktu 20, 30, 40 dan 50 menit setelah itu disaring. Kadar Fe dalam filtratnya diukur dengan AAS.

Pengaruh konsentrasi terhadap adsorpsi Fe(III) oleh biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi pada silika gel diisi 50 mL larutan Fe(III) dengan variasi konsentrasi 5, 10, 15 dan 20 ppm, pada pH optimum kemudian masukan 0,5 g biomassa yang diimobilisasi pada silika gel setelah itu diaduk dengan pengaduk magnetik selama waktu optimum dan disaring. Kadar Fe dalam filtratnya diukur dengan AAS.

Pengaruh massa terhadap adsorpsi Fe(III) oleh biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi pada silika gel dengan memasukan variasi massa adsorben (biomassa) 0,1; 0,3; 0,5 dan 0,7 g, ditambahkan kedalamnya 50 mL larutan Fe(III) pada dengan keadaan pH dan konsentrasi optimum kemudian diaduk dengan pengaduk magnetik selama waktu optimum dan disaring. Kadar Fe dalam filtratnya diukur dengan AAS.

Hasil dan Pembahasan

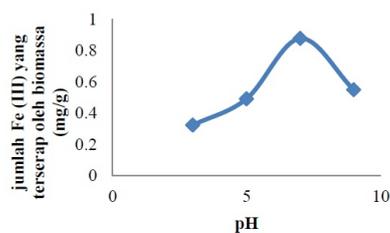
Penentuan pH optimum dilakukan untuk mengetahui pH interaksi dimana adsorben menyerap logam secara maksimum. Peranan pH dalam proses adsorpsi yaitu mempengaruhi gugus-gugus fungsional dari dinding biomassa yang berperan aktif dalam proses penyerapan logam. Selain itu berpengaruh juga pada kelarutan dari ion logam dalam larutan, sehingga pH merupakan parameter yang penting dalam biosorpsi ion logam dalam larutan. Kondisi pH lingkungan sangat berpengaruh pada ionisasi gugus-gugus fungsi asam amino penyusun protein yang menyediakan tempat untuk berkaitan dengan ion logam.

Pada penentuan pH optimum larutan biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi pada silika gel dilakukan dengan variasi pH 3, 5, 7 dan 9. Pemilihan pH ini didasarkan pada peneliti-peneliti sebelumnya yaitu mengenai penyerapan logam oleh biosorben tidak dilakukan pada kondisi pH larutan dibawah 3, karena pada pH ini kemungkinan terjadi kompetisi antara ion logam dengan proton sehingga menjadi tolakan yang menghalangi kation logam kesisi biosorben (Ni'mah dan Ulfin; 2007).

Tabel 1. Hasil pengukuran ion logam Fe(III) yang teradsorpsi pada variasi pH

pH	Adsorben (g)	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi (ppm)			x/m (mg/g)
			Awal	Sisa	Terserap	
3	0,5	30	20	16,7858	3,2142	0,3214
5	0,5	30	20	15,9105	4,0895	0,4895
7	0,5	30	20	11,25	8,75	0,875
9	0,5	30	20	14,5265	5,4736	0,5473

Berdasarkan Tabel 1. maka dapat dilihat bahwa saat pH 3 Fe(III) sudah mulai terserap oleh biomassa terimobilisasi pada silika gel sebesar 0,3214 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 dengan meningkatnya pH maka Fe(III) yang terserap pada biomassa juga semakin bertambah hingga pH mencapai penyerapan maksimum yaitu pada pH 7. Hal ini disebabkan adanya ikatan antara ion logam Fe(III) dengan gugus aktif amina dan karboksilat dari biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasi silika gel. Selain itu permukaan adsorben menjadi bermuatan negatif dengan melepas proton, sehingga melalui gaya elektrostatis terjadi tarik menarik antara ion logam Fe(III) dengan adsorben yang mengakibatkan penyerapan paling optimum. Sedangkan pada pH 9 ion Fe(III) yang terserap mulai berkurang, Hal ini disebabkan karena bahwa peningkatan pH akan menyebabkan terlepasnya komponen sitoplasma atau ion-ion (misalnya karbonat) ke dalam larutan, sehingga adsorpsi semakin berkurang.



Gambar 1. Hubungan antara pH dan jumlah Fe(III) yang terserap

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 (Tiemann, *et al.*; (1998).

Waktu kontak merupakan waktu yang dibutuhkan biomassa *Aspergillus niger* yang diimobilisasikan pada silika gel untuk menyerap ion Fe(III). Larutan Fe(III) yang digunakan pada analisis optimasi waktu ini adalah 50 mL dengan pH optimum dan berat biomassa

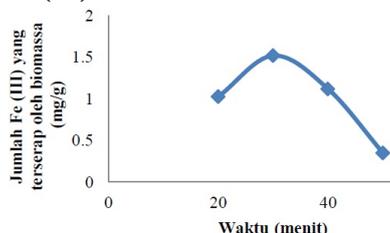
Aspergillus niger yang diimmobilisasi dengan silika gel yang digunakan adalah 0,5 g, sehingga diperoleh Tabel 2.

Tabel 2. Hasil pengukuran ion logam Fe(III) yang teradsorpsi pada variasi waktu

pH	Adsorben (g)	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi (ppm)			x/m (mg/g)
			Awal	Sisa	Tersekap	
7	0,5	20	20	9,764	10,236	1,0236
7	0,5	30	20	4,831	15,169	1,5169
7	0,5	40	20	8,831	11,169	1,1169
7	0,5	50	20	16,529	3,471	0,3471

Tabel 2. memperlihatkan bahwa adsorpsi ion logam Fe(III) pada menit 20 pertama sebesar 1,0236 mg/g, menit 30 mengalami kenaikan sebesar 1,51698 mg/g dan pada menit 40 dan 50 mengalami penurunan sebesar 1,11698 dan 0,34718 mg/g. Menurunnya penyerapan ini dikarenakan permukaan adsorben (biomassa) sudah terlalu jenuh dan ada kemungkinan terjadi desorpsi.

Semakin lama waktu kontak antara ion Fe(III) 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 Fe yang sudah terikat pada gugus aktif adsorben. Dari hasil pengamatan ini maka dapat dikatakan bahwa waktu kontak yang optimum pada adsorpsi ion logam Fe(III) adalah menit ke 30.



Gambar 2. Hubungan antara waktu dan jumlah Fe(III) yang terserap

Variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui pada konsentrasi berapa ion logam Fe(III) terserap oleh biomassa *Aspergillus niger* yang diimmobilisasi pada silika gel sehingga diperoleh Tabel 3.

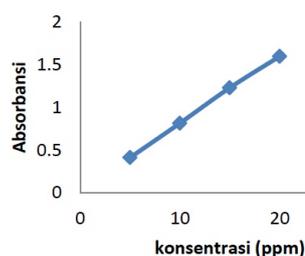
Tabel 3. Hasil pengukuran Fe(III) yang teradsorpsi pada variasi konsentrasi

pH	Adsorben (g)	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi (ppm)			x/m (mg/g)
			Awal	Sisa	Tersekap	
7	0,5	30	5	0,8824	4,1176	0,4117
7	0,5	30	10	1,8470	8,1530	0,8153
7	0,5	30	15	2,6942	12,3058	1,2305
7	0,5	30	20	4,0118	15,9882	1,5988

Dari Tabel 3. menunjukkan bahwa dengan bertambahnya konsentrasi, Fe(III) yang terad-

sorpsi semakin tinggi. Hal ini terjadi karena pada awal permukaan adsorben masih belum terlalu banyak berikatan dengan Fe(III), sehingga penyerapannya berlangsung kurang efektif. Apabila konsentrasi adsorbat (logam) bertambah maka beban adsorben untuk mengikat logam Fe(III) juga bertambah sehingga semakin banyak logam Fe(III) yang terikat.

Konsentrasi ion logam dalam larutan sangat mempengaruhi besarnya penyerapan adsorben dan pada konsentrasi 20 ppm yang merupakan konsentrasi adsorpsi yang optimal yaitu sebesar 1,5988 mg/g. Pada saat itu pula penambahan konsentrasi dihentikan, karena proses adsorpsi diketahui berjalan baik pada konsentrasi larutan yang tidak terlalu besar. 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.



Gambar 3. Hubungan antara konsentrasi dan jumlah Fe(III) yang terserap

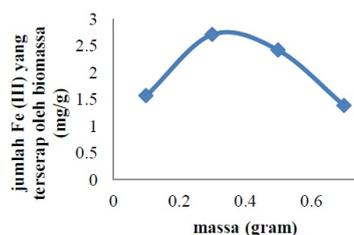
Pada tahap ini divariasi massa adsorben yaitu 0,1; 0,3; 0,5 dan 0,7 g dengan pH dan waktu dan konsentrasi optimum. Bertambahnya massa atau jumlah adsorben akan memperluas luas permukaan. Pada proses ini adsorpsi tergantung pada banyaknya tumbukan yang terjadi antara partikel-partikel adsorbat dan adsorben. Tumbukan efektif antara partikel adsorben akan meningkat dengan meningkatnya luas permukaan. Jika permukaan gugus aktif dari adsorben menjadi lebih luas maka jumlah ion logam Fe yang terserap pada biomassa semakin banyak.

Tabel 4. Hasil pengukuran Fe(III) yang teradsorpsi pada variasi massa

Massa (g)	pH optimum	Waktu kontak (menit)	Konsentrasi (ppm)			x/m (mg/g)
			Awal	Sisa	Tersekap	
0,1	7	30	20	10,577	9,4230	1,5705
0,3	7	30	20	3,7038	16,2962	2,7115
0,5	7	30	20	5,4808	14,5192	2,4198
0,7	7	30	20	11,6826	8,3174	1,3862

Tabel 4. memperlihatkan bahwa massa

adsorben yang optimal untuk menyerap ion Fe(III) yaitu 0,3 g sebesar mg/g. Semakin besar massa adsorben, kapasitas adsorpsinya semakin menurun. Namun semakin besar massa adsorben kapasitas adsorpsinya akan semakin menurun. Hal ini mungkin 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.



Gambar 4. Hubungan antara massa dan jumlah Fe(III) yang terserap

Simpulan

pH dan waktu kontak optimum biomassa *Aspergillus niger* yang diimmobilisasi pada silika gel untuk mengadsorpsi ion Fe(III) pada pH 7 dan waktu kontak 30 menit. Jumlah Fe(III) yang dapat diserap oleh biomassa yang terimmobilisasi seiring dengan bertambahnya konsentrasi Fe(III) daya serapnya semakin tinggi yaitu pada konsentrasi 20 ppm dan massa optimum untuk mengadsorpsi Fe(III) adalah 0,3 g.

Daftar Pustaka

- Antom dan Tomijiro. 1995. *Mengenal Pelapisan Logam (elektroplating)*. Andi Offset. Yogyakarta
- Lewis, R. 1994. *Biological Adsorption*. In internet. Biorecovery System, Inc.
- Ni'mah, Y.L dan Ulfin, I. 2007. Penurunan Kadar Tembaga dalam Larutan dengan Menggunakan Biomassa Bulu Ayam. *Akta Kimindo*. 2 (1): 57-66
- Palar, H. 1994. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Rineka Cipta. Jakarta
- Preetha, B & T. Viruthagiri. 2005. Biosorption of Zinc(II) by *Rhizopus arrhizus*: Equilibrium and Kinetic Modeling. *African Journal of Biotechnology*. Vol. 4 (6): 506-508
- 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
- Suhendrayatna, A.T. 2001. *Heavy Metal Bioremoval by Microorganism a literature study*. <http://www.istect.org/publication/japan/> akses tanggal 12/03/2013
- Tiemann, K.J.R. Webb. J.L. Gardea T, J.L. Arenas, N.M.C. Fransisco. 1998. Ability of Immobilized Cyanobacteria to Remove Metal Ions from Solution and Demonstration of the Presence of Metallothionein Genes Invarious Strains. *Journal of Hazardous Substances Research*. Vol. 1. Kansas State University. USA