

PENGURANGAN KONSENTRASI ION Pb DALAM LIMBAH AIR ELEKTROPLATING DENGAN PROSES BIOSORPSI DAN PENGADUKAN

REDUCING ION Pb CONCETRATION IN ELECTROPLATING WASTE WATER WITH BIOSORPTION PROCESS AND STIRRING

Erwan Adi S., Nana Dyah S.

Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri UPN Veteran Jawa Timur
Jl. Raya Rungkut Madya , Surabaya
email : eadiss@yahoo.com

ABSTRACT

This research aim to know the influence of stirring process to the capability of Phanaerochaete chrysosporium to absorb heavy metal ions of Pb (II) in electroplating waste water. The methods of this research starting by developing and treatment of Phanaerochaete chrysosporium and then this biomass was contacted with waste water that contain of Pb (II) in the stirring variable is 50, 100, 150, 200, 250 rpm and in the biomass concentration is 1,2 and 3 (mg/l). After contacted 150 minute the result has analyzed by AAS. From the analyzed the metal ion of Pb(II) was known and then the analysis of data was done by comparing the process before contacted and after contacted. From this research get that the optimim process is in 200 rpm, the number of adsorption metal ion of Pb(II) was increasing until 200 rpm, and in this condition the optimum adsorption reach 66,79%.

Keyword : *Biosorption, stirring, waste water electroplating.*

PENDAHULUAN

Sejak kasus kecelakaan merkuri di Minamata Jepang tahun 1953 yang secara intensif dilaporkan sebagai issue pencemaran logam berat, sampai saat ini masih ada beberapa laporan pencemaran lingkungan seperti Bandung Jawa Barat, Teluk Jakarta dan teluk Buyat Minahasa Sulawesi Utara.

Kontaminasi logam berat di lingkungan merupakan salah satu masalah besar dunia saat ini. Ion-ion logam berat yang mencemari lingkungan, sebagian besar terbawa melalui jalur makanan. proses ini akan lebih cepat bila me-masuki tubuh manusia melalui rantai makanan. Apabila suatu logam terakumulasi pada jaringan hewan dan tumbuhan yang kemudian di kon-sumsi manusia tentunya manusia sebagai rantai makanan tertinggi pada piramida makanan maka dalam tubuhnya akan terakumulasi logam berat tersebut.

Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh manusia dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tubuh, menimbulkan cacat fisik, menurunkan kecerdasan, melemahkan syaraf, dan berpengaruh ke tulang.

Berdasarkan pada resiko polusi lingkungan oleh ion logam berat maka perlu diadakan suatu teknologi alternatif dalam menangani per-masalahan kontaminasi logam berat tersebut. Karena itu perlu diadakan penelitian terhadap biosorpsi ion logam dengan menggunakan mikroorganisme, sebagai salah satu alternatif proses yang dapat dikembangkan. Luasnya penggunaan Pb oleh manusia seperti dalam bahan bakar bensin, baterai, cat, dan sebagainya menyebabkan kemungkinan tercemarnya perairan oleh Pb juga tinggi. Timbal menunjukkan beracun pada sistem saraf, hemetologic, dan mempengaruhi kinerja ginjal. Konsumsi mingguan elemen ini yang direkomendasikan oleh WHO

toleransinya bagi orang dewasa adalah $50 \mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan dan untuk bayi atau anak-anak $25 \mu\text{g}/\text{kg}$ berat badan. Mobilitas timbal di tanah dan tumbuhan cenderung lambat dengan kadar normalnya pada tumbuhan berkisar $0.5 - 3 \text{ ppm}$ (Suhendratyana.)

Sangatlah sukar membersihkan lingkungan yang telah tercemar oleh logam berat. Oleh karena itu untuk mengontrol pencemaran lingkungan oleh logam berat, perlu dibatasi kandungan maksimum logam berat dalam suatu limbah yang boleh dibuang [Imam Prasetyo]

Phanerochaete chrysosporium

Jamur ini merupakan mikroorganisme bersel banyak, hidup secara aerobik, nonfotosintetik khemoheterotrof dan termasuk eukariotik. Mikroba ini menggunakan senyawa organik sebagai substrat dan bereproduksi secara aseksual dengan spora. Kebutuhan metabolisme mereka sama seperti bakteri, namun membutuhkan lebih sedikit nitrogen dan dapat tumbuh dan berkembang biak pada pH rendah. Ukuran jamur lebih besar dari bakteri tetapi karakteristik pengendapannya buruk. Oleh karena itu mikroba ini tidak disukai dalam proses activated sludge.



Gambar 1. *Phanerochaete chrysosporium*

Banyaknya studi pada penyerapan logam berat oleh jamur telah meningkat beberapa tahun terakhir. Mayoritas studi telah difokuskan pada *Phanerochaete chrysosporium*. Jamur ini dapat mendegradasi dan menyerap suatu polutan yang bervariasi secara luas, oleh karena itu diputuskan untuk mempelajari removal logam berat menggunakan *P. chrysosporium*. (Kahraman S., 2005). *P. chrysosporium* disarankan untuk bioremediasi dari campuran polutan kompleks karena kemampuannya untuk menurunkan suatu polutan dalam cakupan yang luas seperti Cd,

Co, Pb, Ni, Cu dan Mn (Limited E.S., 1997). *P. chrysosporium* merupakan genus Basidiomycetes memproduksi Laccase dan peroksida yang tersusun secara normal dalam degradasi lignin, yang mengandung kompleks polyaromatic (Ali, dalam Limited, E.S., 1997). Bentuk dari koloni *P. chrysosporium* yaitu seperti kapas berwarna putih. Media yang digunakan untuk mengembang biakkan jamur ini yaitu media Tryptic Soy Agar (TSA). Temperatur optimum yang mendukung pertumbuhan jamur adalah 39°C , dengan pH $4.0 - 5.0$. Karena mikroorganisme ini termasuk aerobik, maka aktivitas biologisnya juga dipengaruhi oleh konsentrasi oksigen terlarut dalam media.

Bahan Pengaktif

Sebelum proses biosorpsi dilakukan dengan mengontakkan biomassa sebagai biosorbent dengan larutan ion logam berat, maka perlu dilakukan pre-treatment pada biomassa tersebut. Penyerapan Pb oleh biomassa akan lebih optimal dengan melakukan beberapa teknik pre-treatment seperti treatment asam atau basa. Larutan HCl, HClO_4 , H_2SO_4 , HNO_3 dan NaOH telah digunakan dalam hal peningkatan karakteristik permukaan sel (Fouere and Roux dalam Yetis, U., 2000). Beberapa bahan kimia anorganik lain seperti CaCl_2 (Foueres dalam Yetis, U., 2000), KSCN (Kuyucak and Volesky, dalam Yetis, U., 2000), dan organik seperti ethanol, methanol, aseton, cloroform juga digunakan.

Fungsi dari masing-masing bahan pengaktif (Guirisik, E. Dkk, 2004), antara lain:

- Pre-treatment dengan menggunakan asam akan membuka area yang tersedia untuk adsorpsi.
- Pre-treatment dengan menggunakan NaOH akan meningkatkan ion negatif pada permukaan sel.
- Pretreatment dengan menggunakan CaCl_2 akan mengakibatkan adanya pertukaran ion.

Tabel 1.Baku Mutu Limbah Cair (Termasuk Pengolah Limbah Terpusat / Kawasan Industri) Bahan Kimia.

No	Parameter	Satuan	Golongan Bahan Baku			
			Limbah Cair			
			I	II	III	IV
A	FISIKA					
1	Temperatur Zat Padat	°C	35	38	40	45
2	Terlarut Zat Padat	mg/lt	1500	2000	4000	5000
3	Tersuspensi	mg/lt	100	200	200	500
B	KIMIA					
1	pH	mg/lt	6 - 9	6 - 9	6 - 9	6 - 9
2	Besi (Fe)	mg/lt	5	10	15	20
3	Mangan (Mn)	mg/lt	0.5	2	5	10
4	Barium (Ba)	mg/lt	1	2	3	5
5	Tembaga (Cu)	mg/lt	1	2	3	5
6	Seng (Zn)	mg/lt	5	10	15	20
7	Krom Heksavalen (Cr18)	mg/lt	0.05	0.1	0.5	2
8	Krom Total (Cr tot)	mg/lt	0.1	0.5	1	2
9	Cadmium (Cd)	mg/lt	0.01	0.05	0.1	1
10	Raksa (Hg)	mg/lt	0.001	0.002	0.05	0.01
11	Timbal (Pb)	mg/lt	0.1	0.5	1	3
12	Timah Putih (Sn)	mg/lt	2	3	4	5
13	Arsen (As)	mg/lt	0.05	0.1	0.5	1
14	Selenium (Se)	mg/lt	0.01	0.05	0.5	1
15	Nikel (Ni)	mg/lt	0.1	0.2	0.5	1
16	Kobalt (Co)	mg/lt	0.2	0.4	0.6	1
17	Sianida (CN)	mg/lt	0.005	0.1	0.5	1
18	Sulfida (H ₂ S)	mg/lt	0.01	0.06	0.1	1
19	Florida (F)	mg/lt	1.5	15	20	30
20	Klorin Bebas (Cl ₂)	mg/lt	0.02	0.03	0.04	0.05
21	Amoniak Bebas (NH ₃ -N)	mg/lt	0.5	1	5	20
22	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/lt	10	20	30	50
23	Nitrit (NO ₂ -N)	mg/lt	0.06	1	3	5
24	BOD5	mg/lt	30	50	150	300
25	COD	mg/lt	80	100	300	600
26	Detergent dan ionik	mg/lt	0.5	1	10	15
27	Phenol	mg/lt	0.01	0.05	1	2
28	Minyak dan lemak	mg/lt	1	5	15	20
29	PCE	Mg/lt	Nihil	Nihil	Nihil	Nihil

Fungsi dari masing-masing bahan pengaktif (*Guirisik, E. Dkk, 2004*), antara lain:

- Pre-treatment dengan menggunakan asam akan membuka area yang tersedia untuk adsorpsi.
- Pre-treatment dengan menggunakan NaOH akan meningkatkan ion negatif pada permukaan sel.
- Pretreatment dengan menggunakan CaCl₂ akan mengakibatkan adanya pertukaran ion.

Adapun sifat-sifat dari bahan pengaktif yang digunakan adalah sebagai berikut:

H₂SO₄:

- Bersifat korosif kuat
- Bercampur dengan H₂O menimbulkan panas dan melarutkan logam
- Boiling point, °C: 315 – 338
- Specific gravity : 1,84

NaOH:

- Berbentuk padatan, serbuk berwarna putih
- Larut dalam air, alkohol dan glycerol
- Menyerap air dan CO₂ dari udara
- Specific gravity pada 68°C: 2,13
- Boiling point, °C: 1390
- Bersifat korosif terhadap kulit tetapi tetap dapat digunakan untuk menyerap kelembaban dan karbon

CaCl₂:

- Berbentuk kristal dan berwarna putih
- Sedikit bersifat korosif
- Boiling point, °C: > 1600
- Specific gravity: 2,152
- Kelarutan
59,5 gr/100 gr H₂O (pada 0°C)
347 gr/100 gr H₂O (pada 100°C)

C₂H₅OH

- Merupakan cairan jenuh tidak berwarna
- Baunya tajam
- Mudah menguap dan mudah terbakar
- Boiling point, °C: 78,4
- Specific gravity (20°C): 0,789

Penyerapan Ion Logam Berat oleh Mikroorganisme (Bioremoval)

Kemampuan mikroorganisme untuk menyerap logam berat dari larutan telah dikenal selama beberapa dekade terakhir. Penyerapan logam berat tersebut dapat terjadi secara aktif dengan sel hidup (*bioaccumulation*) atau secara pasif terjadi pada permukaan sel mati maupun sel hidup (*biosorption*).

Biosorpsi merupakan proses penyerapan ion logam berat oleh mikroorganisme yang telah mati atau tidak aktif dari larutan yang tercemar. Studi kelayakan menyebutkan bahwa proses biosorpsi lebih dapat diaplikasikan daripada proses bioakumulasi. Hal ini disebabkan sel hidup lebih membutuhkan tambahan nutrisi, karenanya BOD dan COD juga akan meningkat. Selain itu pengendalian sel hidup akan lebih sulit dikarenakan pengaruh racun dan pengaruh lingkungan lainnya (Hussen, H., 2004). Secara alami dimana kondisi tanpa kendali, proses bioremoval ion logam berat umumnya terdiri dari dua mekanisme yang melibatkan proses active uptake dan passive uptake. Pada saat ion logam berat tersebar pada permukaan sel, ion akan mengikat pada bagian permukaan sel berdasarkan kemam-puan daya afinitas kimia yang dimilikinya (Suhendrayatna, 2001).

Konsep Dasar Proses Bioremoval

Untuk mendesain suatu proses pengolahan limbah yang melibatkan mikroorganisme dalam mengatasi permasalahan ion logam berat, secara proses bioremoval metode yang digunakan sangat simpel. Mikroorganisme pilihan dimasukkan, ditumbuhkan dan selanjutnya dikontakkan dengan air yang tercemar ion-ion logam berat. Proses pengontakkan dalam jangka waktu tertentu yang ditujukan agar biomassa berinteraksi dengan ion-ion logam berat dan selanjutnya biomassa dipisahkan dari cairan. Kemudian biomassa yang terikat dengan ion logam berat diregenerasi untuk digunakan kembali atau kemudian dibuang ke lingkungan (Budiyanto, M., 2004). Beberapa variabel yang digunakan dalam mendesain dan mengoperasikan proses bioremoval dalam melibatkan mikro-organisme, yakni:

- seleksi dan pemilihan biomassa yang sesuai serta treatment awalnya,
- waktu tinggal dan waktu kontak proses,
- pembuangan biomassa yang telah digunakan,
- pertimbangan ekonomis proses.

Keempat variabel di atas adalah variabel yang perlu diperhatikan sebelum dilakukannya proses bioremoval (Suhendrayatna, 2001).

Mekanisme Biosorpsi

Passive uptake

Passive uptake dikenal dengan istilah proses biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam

berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion dimana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat, dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan functional groups seperti carbonyl, amino, thiol, hydroxy, phosphate, dan hydroxy-carbonyl yang berada pada dinding sel.

Proses biosorpsi ini bersifat bolak balik dan cepat. Proses bolak balik ikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari suatu biomassa.

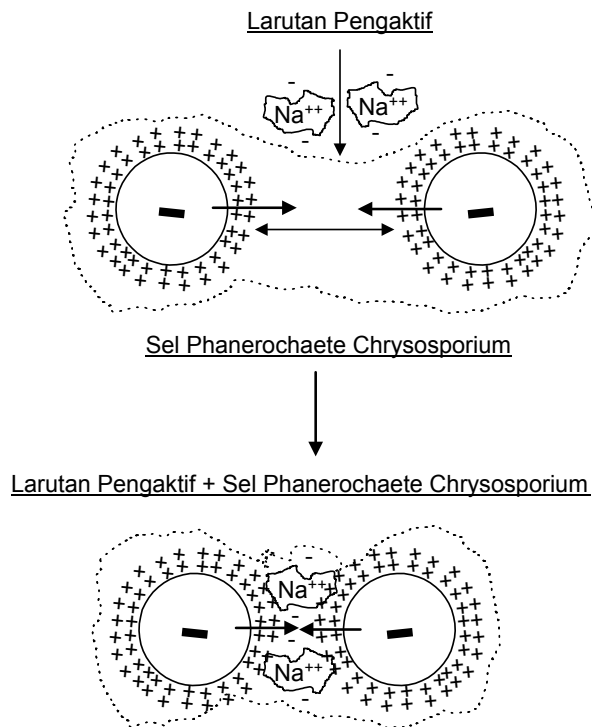
Proses biosorpsi dapat lebih efektif dengan kehadiran pH tertentu dan kehadiran ion-ion lainnya di media dimana logam berat dapat terendapkan sebagai garam yang tidak terlarut. Jika pH rendah akan terjadi kompetisi ion logam berat dengan ion hydrogen, sehingga ion logam berat terhambat untuk diserap oleh dinding biomassa. Sedangkan jika pH di atas 7,0 tidak efektif karena pada pH 6,0 telah mulai terjadi presipitasi dan pH optimum biosorpsi yakni 4,0 – 5,0.

Active uptake

Active uptake dapat terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme dan/atau akumulasi intraselular ion logam tersebut. Proses ini tergantung dari energi yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter-parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, cahaya dan lainnya. Di sisi lain, mikroorganisme yang tahan terhadap efek racun ion logam akan dihasilkan pada prosedur seleksi yang ketat terhadap pemilihan jenis mikroorganisme yang tahan terhadap kehadiran ion logam berat.

Mekanisme Penyerapan Ion Logam Berat Oleh Biomassa

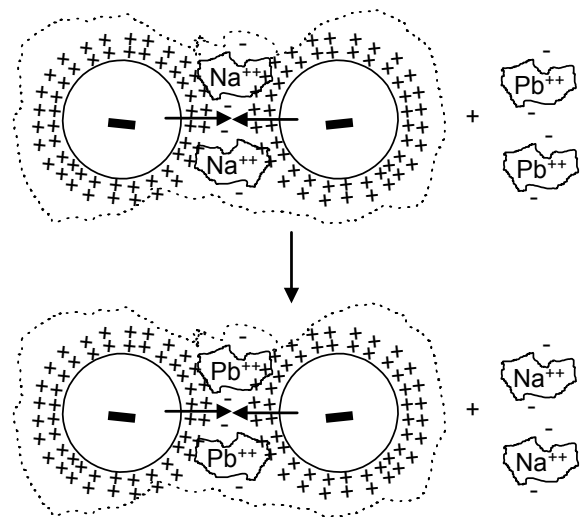
Pengkondisian biomassa yang digunakan sebagai media penyerap logam berat dilakukan dengan aktivasi menggunakan larutan alkali, asam maupun alkohol. Aktivasi biomassa tersebut bertujuan untuk membuka pori-pori (porositas) pada sel biomassa untuk kemudian digantikan dengan ion pengaktif (Na^{++}) yang mengisi kembali pori-pori yang terbuka, sehingga pada saat terjadi kontak dengan ion logam berat, maka terjadi pertukaran ion antara ion pengaktif dengan ion logam berat.



Gambar 2. Mekanisme Aktivasi *Phanerochaete chrysosporium*

Mekanisme biosorpsi logam berat dengan biomass, secara alami mempunyai dua mekanisme yang terjadi secara simultan dan bolak balik (*reversible*), dimana pertama-tama terjadi pertukaran ion logam (Pb) yang berada di sekitar permukaan sel dengan ion monovalen maupun divalen (misal= Na), dan yang terakhir adalah pembentukan senyawa kompleks antara ion logam (Pb) dengan gugus fungsional yang terdapat dalam sel (misal= $\text{gugus carbonyl} : -\text{CO}$, $\text{gugus hydroxy-carbonyl} : -\text{HCO}$)

Proses bolak-balik antara ion logam dengan permukaan sel biomass ini dapat terjadi pada sel biomass mati maupun sel biomass hidup (non-living and living cell). Proses biosorpsi tersebut dapat efektif dengan pengaturan kondisi pH tertentu dan kehadiran ion-ion lainnya pada media, dimana logam berat di permukaan sel dapat terendapkan sebagai garam yang tidak larut.



Gambar 3. Mekanisme Biosorpsi *Phanerochaete chrysosporium*

Penyerapan Ion Logam Berat oleh Biomassa

Pencarian teknologi yang efektif dan ekonomis untuk menyerap ion logam berat akhir-akhir ini banyak difokuskan pada kemampuan mikroorganisme sehubungan dengan kemampuannya dalam menyerap ion-ion logam berat (*Hidayat, M. dkk, 2006*).

Faktor-faktor yang berpengaruh pada proses biosorpsi diantaranya adalah pengadukan, konsentrasi biomass, pH, temperatur dan waktu (*Kahraman dkk, 2005*). Biosorpsi ion Pb oleh *P. chrysosporium* (*Li, Qingbiao dkk, 2003*) menggunakan konsentrasi biomass sebesar 2 gr/lt. Pada penelitian pendahulu (*Indrawati, T. dkk, 2006*) variasi perlakuan atau kondisi yang dikerjakan yaitu konsentrasi biomass per liter limbah dan kecepatan pengadukan. Dari penelitian tersebut didapatkan kondisi optimum pada pengadukan 200 rpm dan konsentrasi biomass 3 gr/lt limbah.

Biomass yang digunakan untuk proses biosorpsi yaitu *P. chrysosporium* yang telah diinkubasi selama 4 hari, hal ini berdasarkan pada penelitian (*Moentamaria, D., 2004*) yang menyebutkan bahwa berat sel kering tertinggi tepatnya pada fase stasioner pada hari ke 4.

Pencemaran lingkungan oleh logam berat seperti timbal (Pb) dapat dikurangi menggunakan biomass *P. chrysosporium*, mekanisme yang terjadi adalah kombinasi dari

kompleksasi, ion exchange, koordinasi adsorpsi, chelation, miropresipitasi dan sebagainya (Prasetio, I. dalam Indrawati, T. dkk, 2006).

Variabel yang memegang peranan penting dalam proses adsorpsi yakni pH larutan dan konsentrasi logam terlarut perlu dilihat pengaruhnya terhadap daya serap bahan penyerapnya. Berdasarkan penelitian, pH larutan optimum yang dapat memaksimalkan penyerapan ion logam Pb oleh *P. Chryso-sporium* yakni pada pH 5,0 (Hidayat, M. dkk, 2006).

Berdasarkan data-data di atas yang pada penelitian ini dijadikan sebagai kondisi yang ditetapkan, sedangkan variasi perlakuan atau kondisi yang dikerjakan yaitu bahan pengaktif biomass, dan lamanya waktu pengaktifan biomass yang diharapkan dapat memperoleh peningkatan hasil penyerapan ion logam Pb seiring dengan peningkatan perlakuan atau kondisi tersebut.

METODE PENELITIAN

Metode penelitian menggunakan Rancangan experimen dengan rancangan factorial serta interaksinya dan dilakukan di laboratorium Fakultas Teknologi Industri Jurusan Teknik Kimia.

Proses penurunan Kadar Pb dilakukan dengan mengontakkan jamur dengan air limbah dimana sebelumnya jamur tersebut dinonaktifkan dulu.

Data yang Dikumpulkan :

Konsentrasi Pb dalam air limbah sebelum dan sesudah perlakuan.

Cara Pelaksanaan perlakuan:

Tahap pertama adalah memetik jamur *Phanerochaete chryso-sporium* dalam larutan NaOH 0.5 N dengan pemanasan 40°C selama 25 menit, kemudian dilakukan penyaringan. Endapan dicuci dengan Aquadest kemudian dikeringkan pada suhu 100°C sampai berat konstan. Endapan tersebut dengan berat sesuai variable dikontakkan dengan air limbah sebanyak 250 CC. Dan dilakukan pengadukan sesuai variabel.

Variable yang dijalankan adalah sebagai berikut :

Variabel independent

: - Kecepatan pengadukan (rpm) :

50, 100, 150, 200, 250.

- Konsentrasi jamur (gram/l) :
1 , 2 dan 3

Cara Memperoleh data

Hasil dianalisa kadar Pbnya dengan AAS

Cara Menganalisa data

Data yang dihasilkan akan di hitung besar pengurangan kadar Pb di setiap perlakuan kemudian dibandingkan antara perlakuan satu dan yang lain sehingga bisa disimpulkan mana perlakuan yang terbaik.

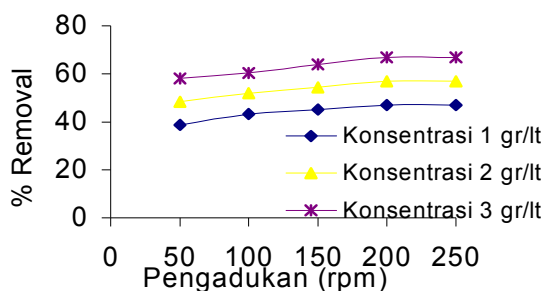
HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian proses biosorpsi logam berat pb menggunakan phanerochaete chryso-sporium pada limbah 250 ml, waktu pengadukan 150 menit, pH 4-5 dan konsentrasi awal 23,19 mg/l dengan pengaruh konsentrasi dan pengadukan.

Pengaruh Pengadukan

Tabel 2 pengaruh pengadukan pada berbagai konsentrasi terhadap % removal

Konsentrasi (gr/l)	Pengadukan (rpm)	Pb terserap	% Removal
1	50	8.96	38.60%
	100	10.00	43.12%
	150	10.44	45.02%
	200	10.86	46.83%
	250	10.86	46.83%
2	50	11.22	48.38%
	100	12.01	51.79%
	150	12.62	54.42%
	200	13.18	56.83%
	250	13.18	56.83%
3	50	13.47	58.12%
	100	13.99	60.33%
	150	14.80	63.83%
	200	15.49	66.79%
	250	15.49	66.79%



Gambar 4 . Hubungan antara % Removal dengan pengadukan

Berdasarkan tabel 2 dan gambar 4, terlihat bahwa hasil penyerapan *phanerochaete chrysosporium* terhadap pb sangat tergantung pada pengadukan, dimana semakin menurun. Hal ini disebabkan oleh karena semakin cepat pengadukan berarti proses kontak antara biomassa dengan ion-ion logam semakin cepat pengadukan berarti proses kontak antara biomassa dengan ion-ion logam semakin cepat pula sehingga logam yang terserap akan lebih cepat dan semakin besar, sehingga pada akhirnya logam yang terserap akan lebih cepat dan semakin besar, sehingga pada akhirnya logam yang tersisa dalam limbah akan semakin kecil. Dari tabel dan gambar diatas tersebut, terlihat bahwa penyerapan logam pb dalam limbah semakin naik seiring dengan bertambahnya kecepatan pengadukan, tetapi cenderung konstan pada pengadukan 200 dan 250 rpm. Hal ini menunjukkan bahwa setelah pengadukan 200 rpm biomassa sudah pada keadaan jenuh dan tidak bisa menyerap lagi. Dari grafik di dapat kondisi pengadukan optimum yaitu 200 rpm pada konsentrasi 3 gr/liter dimana % removal 66,79%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut : *Phanerochaete chrysosporium* mempunyai kemampuan untuk menyerap ion logam Pb (II). Pada kondisi optimum dapat menurunkan kadar logam berat pb(II) dari 23.19 mg/liter menjadi 7.70 mg/liter

1. Pengadukan merupakan faktor penting dalam proses biosorpsi. Pengadukan optimum untuk biosorpsi logam berat Pb (II) adalah pada pengadukan 200 rpm.

2. Pada kondisi optimum konsentrasi biomassa untuk biosorpsi logam berat pb (II) adalah 3 gr/liter.
3. Prosentase removal ion logam berat Pb (II) pada kondisi optimum mencapai 66.79%

Saran

Saran yang dapat dikemukakan setelah penelitian ini adalah :

1. Sebaiknya perlu dikembangkan penelitian dengan berbagai biomassa dan juga berbagai jenis ion logam berat.
2. Atau dapat juga dikembangkan penelitian dengan berbagai macam jenis pre treatment yang dilakukan pada biomassa

DAFTAR PUSTAKA

1. Bapedal Propinsi Jawa Timur, Keputusan Gubernur Jatim Nomor 45 tahun 2002 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Industri Dan Kegiatan Usaha Lainnya.
2. E. Guirisk dkk, 2003, comparison of the heavy metal biosorption capacity of active. Heatinactive and NaOH-treated *Phanerochaete chrysosporium* biosorbent, Engineering life source.
3. Elsevier Science Limited, 1997, Influence of Heavy Metal Toxicity on The Growth of *Phanerochaete chrysosporium*. Hussen Hany dkk, 2004. Biosorption of Heavy Metal from Waste Water Using *Pseudomonas* sp.
3. Metcalf & Eddy, inc, 1991, Waster Water Engineering 3rd, Mc Graw Hill, Inc.
4. Prasetio, Imam, 1992, Pengambilan Ion Logam Berat Dari Larutan Secara Biosorpsi, Media Teknik no 2 dan 3 Tahun XIV.
5. Soeprijanto, dkk. 2004. Biosorpsi Ion Logam Berat Cr (VI) Dalam Larutan Menggunakan *Phanerochaete Chrysosporium*
6. Suhendrayatna, 2001, Heavy Metals Bio-removal by Microorganism : A Literature Study, Insititute for Science and Technology Studies – Chapter Japan.