

Pengaruh pH dan Waktu Kontak terhadap Biosorpsi Logam Zn oleh Biomassa *Aspergillus niger* van Tieghem pada Larutan Limbah Pertambangan Nikel

Saefudin*; P. Trisna; dan Kusnadi

Jurusan Pendidikan Biologi FPMIPA Universitas Pendidikan Indonesia
Bandung, 40154, *Adenimi2000@hotmail.com

Abstract

Sorption experiments using the *Aspergillus niger* van Tieghem fungus for zinc removal from solution of nickel mining waste of TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure) result were carried out to study the factors influencing and optimizing the biosorption of this metal. The effects of pH and contact time on the rate of metallic biosorption were examined. An experimental design was also used to determine the values of the under study variables that provided the greatest biosorption efficiency. The experiment conducted by mixing 40 mg die biomass of *Aspergillus niger* van Tieghem into waste solution at some spanning of pH (2, 3, 4, and 5) and also the different contact time (6, 8, 10, and 12 clock). Concentration of Zn before and after mixed with biomass were determined by atomic absorption spectrophotometer (AAS). This research indicate that biosorption of ion Zn^{2+} by biomassa *Aspergillus niger* van Tieghem significant influenced by pH and contacted time duration. A maximum biosorption became at pH 5,0 with contact time 10 hours (61,33 mg/g), with absorbtion percentage 72,42%. This research proved that with a pH of 5.0 and contact time 10 hours a biosorption process of biosorption with *Aspergillus niger* van Tieghem could be successfully used for zinc removal from field water in the industry of nickel mining.

Key words: Biosorption; Zinc; Chitin and chitosan; *Aspergillus niger* van Tieghem biomass.

ABSTRAK

Telah dilakukan penelitian mengenai penggunaan biomassa *Aspergillus niger* van Tieghem dalam menyerap logam Zn dari larutan limbah pertambangan nikel hasil TCLP (*Toxicity Characteristic Leaching Procedure*) melalui proses biosorpsi. Biosorpsi merupakan salah satu proses penyerapan logam berat dari limbah dengan menggunakan biomassa organisme. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH larutan dan waktu kontak yang berbeda terhadap biosorpsi ion Zn^{2+} pada limbah hasil proses pengolahan nikel oleh biomassa *Aspergillus niger* van Tieghem. Perlakuan dilakukan dengan mencampurkan 40 mg biomassa mati *Aspergillus niger* van Tieghem ke dalam larutan limbah pada beberapa rentang pH yaitu 2, 3, 4, dan 5 serta waktu kontak yang berbeda yaitu 6, 8, 10, dan 12 jam. Rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Konsentrasi logam Zn sebelum dan setelah dicampurkan dengan biomassa ditentukan oleh Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa serapan ion Zn^{2+} oleh biomassa *Aspergillus niger* van Tieghem dipengaruhi secara signifikan oleh pH larutan dan lamanya waktu kontak. Biosorpsi maksimum terjadi pada pH 5,0 dengan waktu kontak 10 jam yakni sebesar 61,33 mg/g, dengan persentase penyerapan sebesar 72,42%.

Kata kunci: Biosorpsi logam berat Zn, *chitin* dan *chitosan*, *Aspergillus niger* Van Tieghem.

PENDAHULUAN

Limbah padat atau yang lebih dikenal dengan limbah terak (*tailing*) adalah produk samping hasil pengolahan pertambangan yang tidak diperlukan. Limbah *tailing* mempunyai komposisi kimia utama yang sesuai dengan batuan induknya (Lasut, 2001). Sebagian besar logam-logam yang berada dalam *tailing* adalah logam berat yang masuk dalam kategori limbah

bahan berbahaya dan beracun (B3) dan apabila dibuang langsung ke dalam lingkungan dapat menimbulkan bahaya terhadap lingkungan dan kesehatan masyarakat serta makhluk hidup lainnya yang berada di daerah tersebut.

Salah satu jenis logam berat hasil pengolahan nikel adalah *Zinc* atau yang lebih populer dikenal dengan sebutan seng (Zn). Logam Zn termasuk sebagai mineral

mikronutrien, artinya logam ini dibutuhkan sebagai nutrisi yang *essensial* oleh organisme dalam jumlah yang relatif sedikit. Kadar Zn yang tinggi dapat bersifat racun, dan dapat menyebabkan gangguan metabolisme Fe dan Cu, gejala *teratoma*, *ledygioma*, *seminoma*, serta *chorioepithelioma* (Organawati, 2002).

Saat ini, pengolahan limbah secara biologis (biosorpsi) untuk mengurangi ion logam berat dari air tercemar muncul sebagai teknologi alternatif yang berpotensi untuk dikembangkan dibandingkan dengan proses pengolahan air limbah secara fisika-kimia. Proses fisika-kimia yang sering dilakukan adalah dengan melakukan penambahan zat-zat kimia tertentu untuk pemisahan ion logam berat; *electrodialysis* dan *reverse osmosis* (Suhendrayatna, 2001). Proses-proses tersebut dianggap kurang memadai karena selain biaya yang harus dikeluarkan sangatlah besar, proses ini juga menghasilkan limbah sekunder yang dapat membahayakan lingkungan dengan masa aktif yang lebih panjang. Sebagai contoh limbah yang mengandung logam terlarut diendapkan sebagai hidroksida atau sulfida tak larut dan dikumpulkan sebagai *sludge* (lumpur) lalu dibuang ke dalam tanah. Hal ini tentu saja sangat berbahaya bagi lingkungan dikarenakan ketoksikan lumpur tersebut dapat lepas kembali oleh asam (Hancock, 1996c).

Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari materi biologi untuk mengakumulasi logam berat dari limbah (*wastewater*) melalui *metabolically mediated* atau kemampuan adsorpsi fisika-kimia dari materi biologi tersebut (*chemical-physico pathways of uptake*) (Gadd and White, 1990; Volesky and Holan, 1995). Alga, bakteri, jamur, dan ragi secara signifikan berpotensi untuk dijadikan sebagai *metal biosorbents* (Gadd, 1992; Volesky, 2004).

Mikroorganisme yang digunakan umumnya adalah sel biomassa mati, karena lebih menguntungkan daripada menggunakan biomassa hidup. Dengan sel biomassa mati, ketoksikan ion logam yang diserap tidak mempengaruhi sel. Biomassa

mati tidak memerlukan nutrisi tambahan dan prosesnya relatif cepat dan efisien, dalam hal ini biomassa berfungsi sebagai penukar ion (Gadd and White, 1990).

Proses biosorpsi terutama terjadi pada permukaan dinding sel (lapisan pertama dinding sel) dan permukaan eksternal lainnya melalui mekanisme kimia dan fisika. Interaksi antara logam dengan permukaan dinding sel biomassa organisme terjadi dengan kuat. Interaksi ini dapat berupa ikatan ionik, kovalen polar, dan kompleks. Dalam ikatan ini protein dan polisakarida berperan sebagai sumber gugus fungsi dalam mengikat ion logam (Hancock, 1996c). Komponen dinding sel seperti *carboxyl*, *hidroxyl*, *phosphate*, *phosphodiester*, dan *thiolat*; merupakan gugus yang bermuatan negatif atau berfungsi sebagai anion (Gadd, 1990; Hughes and Poole, 1990). Sedangkan gugus-gugus fungsi yang tidak bermuatan, seperti atom nitrogen pada *chitin* berfungsi sebagai ligan yang akan membentuk ikatan kompleks dengan ion logam (gugus amida yang berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas) (Faison, 1992 dalam Volesky and Holan, 1995; Nurdin, 1998; Tobin, *et al.*, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pH dan waktu kontak maksimum yang diperlukan oleh biomassa *A. niger* van Tieghem dalam mengadsorpsi logam Zn (ion Zn^{2+}) dari suatu larutan analit. Metode untuk menganalisis logam Zn digunakan Spektrometer Serapan Atom (SSA) dengan nyala udara asetilen.

METODE PENELITIAN

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah: Jamur *A. niger* van Tieghem, medium PDA, medium cair Czapek, limbah terak pertambangan nikel, akuades bebas ion, kertas saring Whatman No. 1, NaOH 1 N, HNO₃ 1 N, dan HCL 1 N. Selanjutnya alat-alat yang digunakan adalah: peralatan gelas, SSA buatan Shimadzu AA-6800, pH meter WTW pH 90 dengan elektrode tipe ESO, Neraca timbangan digital merek Acculab kapasitas 200 g, penangas air, inkubator berputar,

sentrifus, inkubator suhu rendah, lemari pendingin, kawat ose, *autoclave*, dan lampu spiritus.

Karakteristik Fisika-kimia Limbah Pertambangan Nikel

Sampel limbah pertambangan nikel diperoleh dari lokasi pembuangan limbah padat pertambangan nikel yang terletak di Pomalaa, Sulawesi Tenggara. Kemudian dilakukan pengubahan fasa dari bahan limbah terak yang diujikan menjadi limbah cair (filtrat) dengan menggunakan metode TCLP (*Toxicity Characteristics Leaching Procedure*) US EPA 1311. Rata – rata konsentrasi logam berat yang terkandung dalam limbah pertambangan ini ditentukan dengan menggunakan SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) dengan nyala udara asetilen.

Produksi Biomassa

Kapang *A. niger* yang diperoleh dari BPAU ITB/ Lab. tekMIRA dikultur dengan menggunakan medium *potato dextrose agar* (PDA); dengan cara diapus dengan ose. Kapang *A. niger* pada medium PDA selanjutnya diinkubasikan pada suhu 35 °C selama 5 – 7 hari.

Setelah tujuh hari spora dan miselium kapang dipindahkan dari medium PDA ke dalam labu Erlenmeyer (volume 250 ml) berisi 100 ml medium pertumbuhan cair Czapek. Sebelum medium cair digunakan, pH medium pertumbuhan terlebih dahulu diatur ke pH 5,0 – 7,0 dengan 1 N HCl dan 1 N NaOH, karena menurut Ellis (2005) pH optimum untuk pertumbuhan kapang *A. niger* adalah 7,2. Selanjutnya medium pertumbuhan disterilisasi dengan menggunakan autoclave pada suhu 121°C, selama 15 menit.

Biomassa kapang dibiakkan kedalam medium cair dengan metode digoyang dalam labu Erlenmeyer dengan menggunakan “shaker” dengan kecepatan 125 kali per menit, pada suhu 25 °C selama 5 hari (Kapoor, *et al.*, 1999). Pemanenan biomassa dilakukan dengan cara menyaring dengan saringan berukuran No. 1 (150 µm) atau dengan menggunakan filter vakum

(Kapoor, *et al.*, 1999). Selanjutnya, biomassa dicuci dengan air murni (*deionized water*) (biomassa yang telah dicuci ini disebut biomassa hidup).

Untuk memperoleh biomassa perlakuan maka biomassa yang telah dicuci tadi direbus dengan 250 ml 1N NaOH selama 15 menit, selanjutnya dicuci dengan air murni hingga pH larutan bekas cucian pada kisaran netral (7,0 – 7,2) (Kapoor, *et al.*, 1999). Setelah dicuci, biomassa dikeringkan pada oven suhu 60 °C selama 16 jam dan dibuat bubuk dengan cara digiling dengan mortar (bubuk ini dinamakan biomassa perlakuan).

Biosorpsi Limbah Terak oleh Biomassa *Aspergillus niger*.

Larutan limbah yang telah melalui proses TCLP dan telah ditentukan unsur – unsur serta kadar logamnya dengan menggunakan SSA, diambil sebanyak 25 ml dan dimasukkan ke dalam masing – masing Erlenmeyer. Pada penelitian ini digunakan pH yang berbeda dengan rentang 2,0; 3,0; 4,0 dan 5,0 (Darnall, *et al.*, 1986). Masing – masing larutan dalam Erlenmeyer diatur tingkat keasamannya sesuai dengan rentang pH yang telah ditentukan, dengan menambahkan larutan 1 N HNO₃ atau 1 N NH₄OH.

Larutan limbah dikontakkan dengan 40 mg biomassa *Aspergillus niger* (Rosnia, 2000) dan masing – masing Erlenmeyer di kocok dalam inkubator berputar pada kecepatan 175 rpm, selama enam jam, delapan jam, sepuluh jam dan dua belas jam. Menurut Rosnia (2000) waktu kontak optimum yang dibutuhkan oleh *A. niger* 405 untuk menyerap logam – logam berat pada limbah pertambangan emas adalah selama 12 jam. Penempatan Erlenmeyer dilakukan secara acak berdasarkan urutan yang telah ditentukan sebelumnya.

Penentuan Kadar Logam Zn yang Terserap oleh Biomassa.

Setelah pengontakkan, biomassa *A. niger* dipisahkan dari larutan limbah dengan cara sentrifugasi pada kecepatan

1800g (gravitasi) selama 15 menit atau 3000 rpm selama 30 menit dan dengan menggunakan kertas saring Whatman No. 1 (150 mm). Biomassa *A. niger* yang telah dipisahkan dari larutan limbah kemudian dicuci beberapa kali dengan menggunakan aquadest.

Perhitungan jumlah konsentrasi logam seng yang terserap ditentukan dengan menggunakan metode Langmuir dan dianalisis dengan menggunakan uji ANAVA dua arah yang dilanjutkan dengan uji Tukey pada taraf signifikansi 5 %. Konsentrasi logam – logam yang terlarut dalam analit (limbah hasil pengontakkan) ditentukan

dengan SSA, dengan nyala udara asetilen pada panjang gelombang yang disesuaikan dengan jenis logamnya. Konsentrasi logam terserap (C_{terserap}) adalah selisih dari konsentrasi logam mula – mula sebelum biosorpsi (C_{awal}) dengan konsentrasi sisa ($C_{\text{akhir}}/ C_{\text{eq}}$) (Hancock, 1996).

HASIL DAN PEMBAHASAN

TCLP dan Penentuan Kadar Logam pada Limbah Terak.

Berikut ini merupakan hasil analisis limbah setelah dilakukan pelindian dengan metode TCLP (Tabel 1).

Tabel 1. Analisis filtrat hasil pelindian (TCLP) dengan menggunakan SSA

Kandungan logam berat	Konsentrasi	Metode Analisis
Pb	34,10 mg/L	SSA
Zn	135,00 mg/L	SSA
As	Tt*	Gravite Tube Atomizer
Cu	49,5 mg/L	SSA
Ba	< 0.01 ppb	Gravite Tube Atomizer
Cr	24,50 mg/L	SSA
Se	< 0.01 ppb	Gravite Tube Atomizer

Tt* : tidak terdeteksi

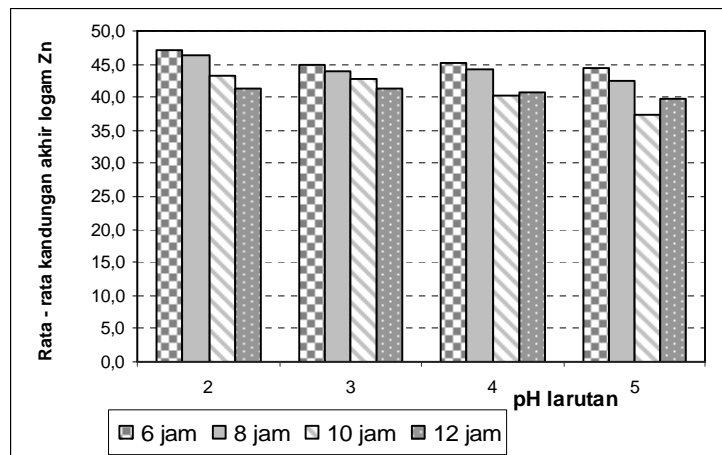
Tabel 2. Data rata – rata kandungan akhir logam Zn dalam larutan analit limbah (mg/L) dan rata – rata serapan ion logam Zn^{2+} /biomassa (mg/g) setelah proses adsorpsi oleh 40 mg biomassa *A. niger* terhadap pengaruh penggunaan pH dan waktu kontak yang berbeda-beda.

pH	Waktu kontak 6 jam				
	Zn awal (mg/L)	Zn akhir (mg/L)	Zn terserap (mg/L)	Persentase Zn terserap (%)	Serapan Zn^{2+} / biomassa (mg/g)
2	135,00	47,17	88,33	65,19	55,20
3	135,00	44,97	90,53	66,81	56,58
4	135,00	45,17	90,33	66,67	56,45
5	135,00	44,30	91,20	67,31	57,00

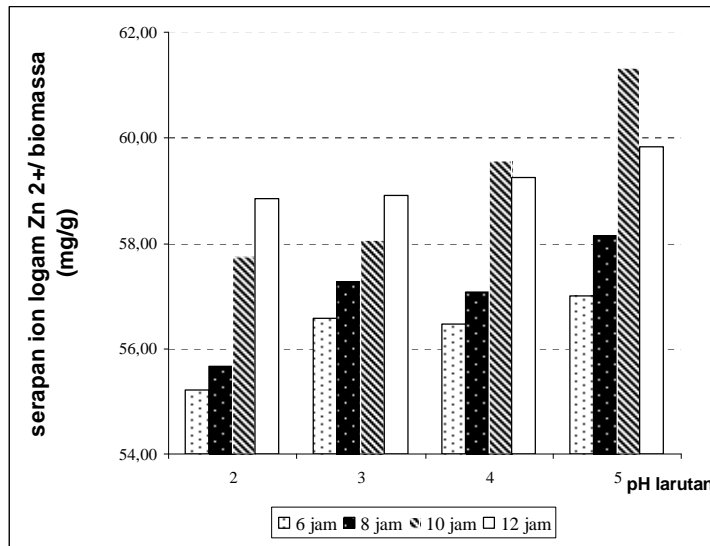
(lanjutan).

pH	Waktu kontak 8 jam				
	Zn awal (mg/L)	Zn akhir (mg/L)	Zn terserap (mg/L)	Persentase Zn terserap (%)	Serapan Zn ²⁺ /biomassa (mg/g)
2	135,00	46,43	89,07	65,73	55,67
3	135,00	43,87	91,63	67,63	57,27
4	135,00	44,20	91,30	67,38	57,06
5	135,00	42,47	93,03	68,66	58,15
pH	Waktu kontak 10 jam				
	Zn awal (mg/L)	Zn akhir (mg/L)	Zn terserap (mg/L)	Persentase Zn terserap (%)	Serapan Zn ²⁺ /biomassa (mg/g)
2	135,00	43,10	92,40	68,19	57,75
3	135,00	42,60	92,90	68,56	58,06
4	135,00	40,20	95,30	70,33	59,56
5	135,00	37,37	98,13	72,42	61,33
pH	Waktu kontak 12 jam				
	Zn awal (mg/L)	Zn akhir (mg/L)	Zn terserap (mg/L)	Persentase Zn terserap (%)	Serapan Zn ²⁺ /biomassa (mg/g)
2	135,00	41,37	94,13	69,47	58,83
3	135,00	41,23	94,27	69,57	58,92
4	135,00	40,69	94,81	69,97	59,25
5	135,00	39,77	95,73	70,65	59,83

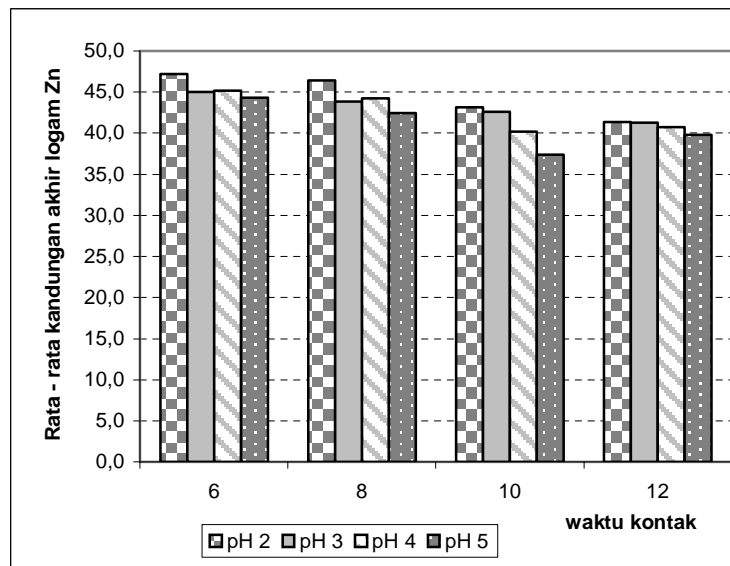
Hasil analisis SSA; metode SNI 06-2507-1991.



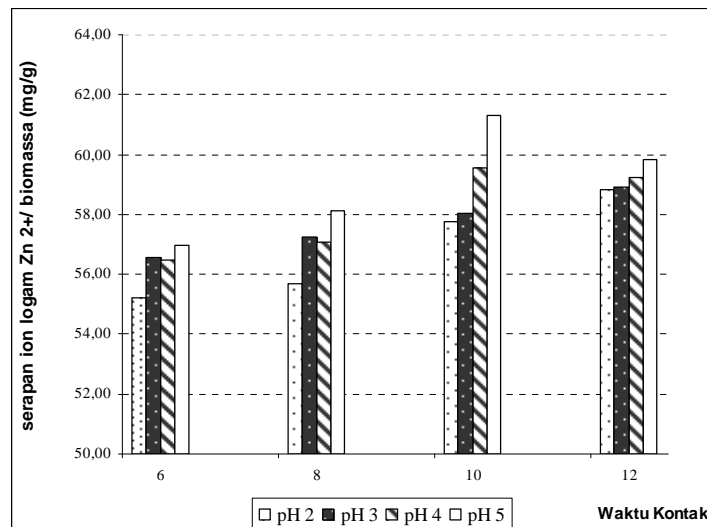
Gambar 1. Grafik rata – rata kandungan akhir logam Zn setelah proses adsorpsi oleh 40 mg biomassa *A. niger* terhadap pengaruh penggunaan pH larutan yang berbeda- beda (dalam satuan mg/L).



Gambar 2. Grafik pengaruh pH terhadap rata – rata serapan kation logam Zn^{2+} oleh biomassa *A. niger*; pada waktu kontak 6 jam, 8, 10 dan 12 jam.



Gambar 3. Grafik rata-rata kandungan akhir logam Zn setelah proses adsorpsi oleh 40 mg biomassa *A. niger* terhadap pengaruh penggunaan waktu kontak yang berbeda- beda (dalam satuan mg/L).



Gambar 4. Grafik pengaruh lamanya waktu kontak terhadap rata – rata serapan kation logam Zn²⁺ oleh biomassa *A. niger*; pada pH 2, 3, 4 dan 5.

Tabel 1 menjelaskan hasil pemeriksaan SSA dan Gravite Tube Atomizer (GTA) mengenai kandungan kimia yang terkandung dalam sampel analit (larutan limbah) hasil pelindian (TCLP). Kandungan logam Pb, Zn, Cu, dan Cr mengindikasikan berada jauh diatas ambang batas (Lampiran II Perpu. No. 85 tahun 1999, tentang Pengelolaan Bahan Berbahaya dan Beracun).

Pengaruh Derajat Keasaman Larutan Terhadap Biosorpsi Logam Zn.

Setelah proses biosorpsi oleh biomassa *A. niger* van Tieghem, rata – rata kandungan akhir logam Zn dalam larutan analit semakin rendah dari batas baku mutu lingkungan seiring dengan semakin meningkatnya pH larutan yang digunakan (Tabel 2 dan Gambar 1). Gambar 1 menjelaskan bahwa untuk waktu kontak enam jam, delapan jam, sepuluh jam dan dua belas jam rata - rata kandungan akhir logam Zn tertinggi terjadi pada pH 2,0 secara berturut – turut: 44,30 mg/L, 42,47 mg/L, 43,10 mg/L dan 41,37 mg/L. Selanjutnya rata – rata kandungan akhir logam Zn terendah terjadi pada pH 5,0; sebesar 47,17 mg/L, 46,43 mg/L, 37,37 mg/L dan 39,77 mg/L.

Rata – rata serapan ion logam Zn²⁺/biomassa untuk semua pemakaian waktu kontak (enam jam, delapan jam, sepuluh jam dan dua belas jam) mengalami peningkatan seiring dengan semakin meningkatnya pH larutan. Pada waktu kontak enam jam, delapan jam, sepuluh jam dan dua belas jam, rata – rata serapan ion logam Zn²⁺/biomassa tertinggi terjadi pada pH 5,0 secara berturut – turut sebesar 57,00 mg/g (67,31%), 58,15 mg/g (68,66%), 61,33 mg/g (72,42%) dan 59,83 mg/g (70,65%). Sedangkan rata – rata serapan ion logam Zn²⁺/biomassa terendah terjadi pada pH 2,0 secara berturut – turut sebesar 55,20 mg/g (65,19%), 55,67 mg/g (65,73%), 57,75 mg/g (68,19%) dan 58,83 mg/g (69,47%).

Menurut Tebo (1995) bahwa proses biosorpsi terjadi sebagai konsekuensi dari interaksi antara situs yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel mikroorganisme dan komponen ekspolimer lainnya dengan ion logam yang bermuatan positif atau melalui reaksi antara agen pengompleks ekstraseluler dengan ion logam.

Analisis data serapan ion logam Zn²⁺ oleh biomassa *A. niger* dengan

menggunakan ANAVA dua arah membuktikan adanya perbedaan hasil rata-rata serapan ion logam dengan derajat keasaman (pH) yang berbeda, yang digunakan dalam adsorpsi ion logam Zn^{2+} oleh biomassa *A. niger* ($P < 0,05$). Perlakuan pH 5,0 menunjukkan efektifitas yang tertinggi dan berbeda nyata dengan pH yang lainnya.

Timbulnya perbedaan hasil rata-rata serapan antara perlakuan pH 2,0 dengan 5,0 serta pH 3,0 dengan 5,0 diperkirakan disebabkan karena terjadinya perubahan struktur penyusun dinding sel biosorben yakni gugus-gugus fungsi amina dari setiap unit monomer *chitosan* sebagai sisi aktif untuk mengikat ion logam. Seperti diketahui bahwa muatan titik nol, atau titik isoelektrik gugus fungsi amina dari setiap unit monomer *chitin/chitosan* terdapat pada pH 3,0 (Haris and Ramelow, 1990). Pada pH yang lebih kecil dari 3,0 situs aktif mempunyai muatan bersih positif, sedang pada pH yang lebih besar dari 3,0 situs aktif mempunyai muatan bersih negatif. Hal inilah yang menyebabkan timbulnya daya tarik elektrostatik antara kation – kation logam Zn^{2+} dengan situs aktif pada dinding sel *A. niger* yang bermuatan negatif. Akibatnya terdapat peningkatan penyerapan ion Zn^{2+} pada pH yang lebih besar dari 3,0. Selain itu berdasarkan penelitian Maquieira, *et al.* (1994) dalam Jasmidi (1998) diperoleh pernyataan bahwa semakin rendah pH maka akan semakin banyak gugus basa lemah yang terprotonisasi pada permukaan dinding sel biosorben. Akibatnya terjadi penurunan jumlah serapan ion logam Zn^{2+} dikarenakan kemampuan untuk menyerap ion logam Zn^{2+} semakin lemah.

Selain menyebabkan perubahan struktur penyusun dinding sel, pH juga menyebabkan timbulnya kompetisi antara ion logam Zn^{2+} dengan ion hidronium (H_3O^+) terhadap ligan pada sisi aktif sel. Seperti yang telah diutarakan oleh Zou dan Kiff (1991) bahwa pada pH tinggi, serapan ion logam Zn^{2+} mengalami peningkatan dikarenakan kompetisi antara ion logam Zn^{2+} dengan ion hidronium (H_3O^+)

berkurang. Hal ini menyebabkan ion - ion logam Zn^{2+} yang bermuatan positif akan lebih banyak terikat pada ligan yang bermuatan negatif pada sisi aktif sel (*chitosan*). Peningkatan penyerapan ini didukung pula dengan mobilitas ion logam Zn^{2+} dalam larutan pada pH 4,2 – 6,6 yang relatif bersifat *mobile* (Schmitt and Sticker; 1991). Sedangkan pada pH rendah kompetisi antara ion logam Zn^{2+} dengan ion hidronium (H_3O^+) sangat tinggi pada sisi aktif sel.

Penelitian terhadap pengaruh penggunaan variasi pH yang telah dilakukan dibatasi sampai pH 5,0 hal ini dikarenakan pada pH 6,0 kelarutan ion - ion logam semakin mengecil. Hal ini ditandai dengan timbulnya endapan logam di dasar botol, sehingga mengganggu proses penyerapan ion-ion logam dalam proses biosorpsi oleh biosorben. Laju penyerapan ion logam oleh sel mikroorganisme akan semakin meningkat seiring dengan terjadinya peningkatan nilai pH larutan, akan tetapi peningkatan ini hanya sampai pada titik batas toleransinya/ titik kejenuhan pada sel mati (Awadalla and Pesic, 1992; Zhou and Kiff, 1991).

Pengaruh Waktu Kontak terhadap Biosorpsi logam Zn.

Pada Gambar 3 menerangkan bahwa pada pH 2,0 dan 3,0 rata - rata kandungan akhir logam Zn tertinggi terjadi pada waktu kontak enam jam sebesar 47,17 mg/L dan 44,97 mg/L. Rata - rata kandungan akhir logam Zn terendah terjadi pada waktu kontak dua belas jam sebesar 41,37 mg/L dan 41,23 mg/L.

Hasil yang berbeda ditunjukkan pada pH 4,0 dan 5,0. Rata - rata kandungan akhir logam terendah terjadi pada waktu kontak sepuluh jam, dengan konsentrasi logam Zn secara berturut - turut sebesar 40,20 mg/L dan 37,37 mg/L. Rata - rata kandungan akhir logam Zn tertinggi terjadi pada waktu kontak enam jam sebesar 45,17 mg/L untuk pH 4,0 dan 44,30 mg/L untuk pH 5,0.

Pada Gambar 4 menerangkan bahwa pada pH 2,0 dan 3,0 rata - rata serapan ion logam Zn^{2+} /biomassa terendah terjadi pada waktu kontak enam jam sebesar 55,20 mg/g (persentase penyerapan sebesar 65,19%) dan 55,68 mg/g (persentase penyerapan sebesar 66,81%), Sedangkan rata - rata serapan ion logam Zn^{2+} /biomassa tertinggi terjadi pada waktu kontak dua belas jam sebesar 58,83 mg/g (69,47%) dan 58,92 mg/g (69,57%) dengan persentase penyerapan sebesar 69,47%.

Hasil yang berbeda ditunjukkan pada pH 4,0 dan 5,0. Rata - rata serapan ion logam Zn^{2+} /biomassa terendah terjadi pada waktu kontak enam jam, dengan konsentrasi logam Zn secara berturut - turut sebesar 56,45 mg/g (66,67%) dan 57,00 mg/g (67,31%). Sedangkan serapan ion logam Zn^{2+} /biomassa tertinggi terjadi pada waktu kontak sepuluh jam sebesar 59,56 mg/g (70,33%) untuk pH 4,0 dan 61,33 mg/g (72,42%) untuk pH 5,0.

Pada Tabel 2 dan Gambar 4 menunjukkan bahwa pada rentang waktu kontak yang digunakan (6 - 12 jam) adsorpsi ion logam Zn^{2+} oleh biomassa *A. niger* relatif semakin meningkat seiring dengan semakin lamanya waktu kontak antara biomassa *A. niger* dengan larutan analit untuk penggunaan pH 2,0 dan 3,0. Sedangkan pada penggunaan pH 4,0 dan 5,0 antara waktu kontak 10 - 12 jam terjadi penurunan penyerapan ion logam Zn^{2+} oleh biomassa *A. niger*, akan tetapi besarnya nilai penurunan ini berdasarkan uji Tukey pada taraf nyata 5% tidak berbeda secara signifikan.

Penurunan jumlah serapan ini mengindikasikan bahwa biomassa *A. niger* telah berada dalam kondisi jenuh oleh ion logam Zn^{2+} dan akhirnya sedikit demi sedikit *binding sites* mulai melepaskan ion Zn^{2+} kembali ke dalam larutan. Keadaan jenuh tersebut disebabkan hampir seluruh pusat aktif dinding sel biomassa telah jenuh oleh ion Zn^{2+} , sehingga dengan penambahan waktu kontak tidak lagi dapat meningkatkan penyerapan ion logam Zn^{2+} . Dari hasil tersebut pula dapat dikatakan

bahwa pada pH 4,0 dan 5,0 waktu kontak maksimum penyerapan logam Zn terjadi pada waktu 10 jam (Tabel 2 dan Gambar 4). Hal ini menunjukkan bahwa pada rentang waktu kontak yang digunakan semakin lamanya waktu kontak memungkinkan seluruh sisi aktif penyusun dinding sel dalam hal ini *chitosan* berikatan dengan ion logam Zn^{2+} yang terlarut dalam larutan analit.

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biomassa *Aspergillus niger* van Tieghem mampu menyerap logam Zn (dalam bentuk ion Zn^{2+}) yang terdapat pada larutan analit limbah pertambangan nikel. Penyerapan ion logam Zn^{2+} dalam larutan analit limbah pengolahan nikel oleh biomassa *A. niger* van Tieghem dipengaruhi oleh penggunaan pH larutan dan lamanya waktu kontak. Rata - rata serapan ion Zn^{2+} /biomassa yang terbesar (maksimum) terdapat pada pH 5 dengan waktu kontak 10 jam, dengan nilai 61,33 mg/g (72,42%).

DAFTAR PUSTAKA

- Ahalya, Ramachandra and Kanamadi. (2003). **Biosorption of Heavy Metals**. (Online) Tersedia: <http://144.16.93.2.3/energy/water/paper/biosorption/biosorption.htm>. 12 Februari 2005.
- ANTAM NICKEL. (2001). **The Process**. (Online). Tersedia: <http://www.antam.nickel.com>.
- Awadalla and Pesic. (1991). **Biosorption of Cobalt with the AMTTM Metal Removing Agent**. Hydrometallurgy, 28 (65-80). Elsevier Science Publisher B.V. Amsterdam.
- Bender, J., Lee, R., and Phillips P. (1995a). **Uptake and Transformation of Metals and Metalloids by Microbial Mats and Their Uses in Bioremediation**. *J. Industrial Microbiol.* 14. 113-118.
- Bentor Y. (2005). **Basic Information**. (Online). Tersedia:

- <http://www.chemicalelements.com/elements/cr.html>. 8 Agustus 2005.
- Bridson E.Y.1990. **The OXOID MANUAL 6-h Edition**. (1990). Unipath Ltd, Wade Road, Basingstoke RG24 0PN. United Kingdom.
- Chandra Sekhar, D.E. Malchow, A. W. Knight, and K. J. Maier. (1998) **Metal Ions Removal Using a Waste Industrial Biomass With Reference to Environmental Control**. (Online). Tersedia: <http://chemeng.iisc.ernet.in/modak/publication/bpe.98.html>. 19 Maret 2005.
- Darnall. D. W., Greene B., Henzl M. T., Hosea J. M., Mcpherson R. A., Sneddon J., and Alexander M. D. (1986). **Selective Recovery of Gold and Other Metal Ions from an Algal Biomass**. Environ. Sci. Technol 20 (206-208).
- Darmono. 1995. **Logam dalam Sistem Biologi Mahluk Hidup**. Universitas Indonesia. UI Press. Jakarta.
- David Ellis. (2005). *Aspergillus niger*. (Online). Tersedia: [http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes\(hyaline\)/Aspergillus](http://www.mycology.adelaide.edu.au/Fungal_Descriptions/Hyphomycetes(hyaline)/Aspergillus). 11 Juni 2005
- Day, R.A dan Underwood. (1992). **Analisa Kimia Kuantitatif**. Penerjemah: R. Soendoro. Erlangga. Jakarta
- Edward W. (1993). **Design and Analysis of Experiments**. Arizona State University.
- Ellis, Derek. 2004. **Tailing Disposal**. Newmont a Company Profile. Buletin PT Newmont. Edisi: IV Agustus 2005.
- Gadd, G.M. (1990). **Fungi and Yeasts for Metal Accumulation**. In: *c.L Ehrlich, Brierly, (Eds), Microbial Mineral Recovery*. McGrawHill, New York, 249-276.
- Gadd. (1992). **Heavy Metal Pollutants: Environmental and Biotechnological Aspects**. Encyclopedia of Microbiology, Volume 2. Academic Press. Inggris.
- Gadd, G. M. (1994). **Interaction of Fungi with Toxic Metals**. Departement of Biological Sciences. University of Dundee.
- Gadd, G. M. and White, C. (1990). **Microbial Treatment of Metal Pollution a Working Biotechnology ?** Tibtech, 11. 353-359.
- Galun M., Keller, P., Malki, D., Feldstein, H., Galun, E., Siegel, S., and Siegel, B. (1984). **Removal of Uranium (VI) from Solution by Fungal Biomass: Inhibition by Iron**. *Water and Soil Pollut.*, 21: 41- 414.
- Gomes N.C.M., Mendonca – Hagler, L.C.S; Savaidis, I.M. (1998). **Metal Bioremediation by Microorganisms**. *Rev. Microbiol.* 29: 85-92.
- Gunawan, S. (2004). **Statistika**. Andi. Yogyakarta.
- Hancock, I. C. (1996a). **Bioremediation of Heavy Metal Pollution Possibilities and Practicalities, The Current Position**. In *Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation*, IUC Biotechnology Gadjah Mada University, Yogyakarta, September, 18 –20.
- Hancock, I. C. (1996c). **Novel Concepts in Bioremediation of Heavy Metal Pollution and in Biotreatment of Industrial Waste**. In *Symposium and Workshop on Heavy Metal Bioaccumulation*, IUC Biotechnology Gadjah Mada University, Yogyakarta, September, 18 –20, 1996.
- Harris, O. P. And Ramelow, J. G. (1990). **Binding of Metal Ions by Particulate Biomass Derivated from *Chorella vulgaris* and *Scenedesmus quadricauda***. *Environ. Sci.and Tech.*, 24: 220 – 227.
- Heath, A.G. (1987). **Water Polution and Fish Physiology**. CRC Press Inc. Boca Raton Florida
- Hirano, S. 1986. **Chitin and Chitosan**. Ulmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Republicka

- of Germany. 5th . ed. A 6: 231 – 232.
- Hui Niu, Volesky, B dan Newton C.M.G. (2000). **Enhancement of Gold-Cyanide Biosorption by L.cystein.** (Online). Tersedia: <http://www.mcgill.ca/niosorption>. 19 Maret 2005.
- Hu MZ-C, Norman JM, Faison NB, Reeves M (1996). **Biosorption of Uranium by *Pseudomonas aeruginosa* strain CSU: characterization and comparison studies.** *Biotechnol Bioeng* 51:237–247.
- Hughes, M. N. and Poole, R. K. (1990). **Metal and Microorganism.** Chapman and Hall. London.
- Indas. (2002). **Teripang dan Endapan Lumpur Nikel.** (Online). Tersedia: <http://www.Kompas.com/Online>. Hotml (21 Februari 2005).
- Jasmidi. (1998). **Pengaruh pH Awal Larutan Terhadap Biosorpsi Timbal dan Seng oleh Biomassa *Saccharomyces cerevisiae*.** Prosiding Seminar Nasional Kimia III (178-186), Jurusan Kimia UGM. Yogyakarta.
- Júnior B., G. R. Macedo; L. Duarte; E. P. Silva; Lobato. (2003). **Biosorption of cadmium using the fungus *Aspergillus niger*.** (Online). Tersedia: http://www.scielo.br/scielo.php/ing_en.3 Februari 2005.
- Jianlong, W.; Xinmin, Z., Decai; Ding, D. (2001). **Bioadsorption of Lead (II) from Aqueous Solution by Fungal Biomass *Aspergillus niger*.** *I. Biotechnol.* 87: 273 – 277.
- Kapoor, A dan T. Viraraghan. (1995). **Fungal Biosorption An Alternative Treatment Option for Heavy Metal Bearing Wastewaters: A review.** *Bioresource Technology.* 53: 195-206.
- Kapoor A, Viraraghavan T, Cullimore D. R. (1999). **Removal of Heavy Metals using the Fungus *Aspergillus niger*.** *Bioresource Technol.* 70: 95 -104.
- Kirk J., Klich, M. A., and J. I. Pitt. 2001. **A Laboratory Guide to Common Aspergillus Species and their Teleomorphs.** Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, North Ryde, New South Wales, Australia.
- KPPL DKI Jakarta dan PPLH IPB. (1997). **Studi Potensi Kawasan Perairan Teluk Jakarta.** Laporan Akhir.
- Kusnadi, Peristiwati, Ammy S., Widi P., Diana R. (2003). **Common Text Book Mikrobiologi.** Technical Cooperation Project for Development of Science and Mathematics Teaching for Primary and Secondary Education in Indonesia (IMSTEP). Bandung.
- Kuyucak, N. and Volesky,B. (1988). **Biosorbents Forrecovery of Metals from Industrial Solutions.** *Biotechnol Left.*, 10 (2), 137-142.
- Kovacev, Sipos, and Briski. (2000). **Biosorption of Chromium, Copper, Nickel and Zinc Ions onto Fungal Pellets of *Aspergillus niger* 405 from Aqueous Solutions.** *Biosorption of Ions onto Fungal Pellets, Food technol. biotechnol.* 38 (3) 211–216 (2000).
- Lasut. M.T. (2001). **Penurunan Kualitas Lingkungan Akibat Aktivitas Tambang: Suatu Pertimbangan dalam Menentukan Kebijakan Sektor Pertambangan.** (Online). Tersedia: http://tumoutou.net/m_lasut1.htm_ftn1. 2 Maret 2005.
- Linder, M. C., 1992, **Biokimia Nutrisi dan Metabolisme.** Jakarta, Universitas Indonesia Press.
- Macaskie, L. E., and Dean, A. C. R. (1990). **Metal sequestering biochemicals.** In Volesky, B. (ed). *Biosorption of Heavy Metals*, pp. 199 – 248. CRC Press, Boca Raton.
- Mahan, C. A., Majidi. V. and Holcombe, J. A. (1989). **Evaluation of The Metal Uptake of Several Algae Strain in Multicomponent**

- Matrix Utilizing Inductively Coupled Plasma Emission Spectrometry.** Anal, Cham., 61, 624-627.
- Marganof. (2003). **Potensi Limbah Udang Sebagai Penyerap Logam Berat (Timbal, Kadmium dan Tembaga) di Perairan.** Pengantar Falssafah Sains (PPS 702). Program Pasca Sarjana IPB.
- McEldowney, S. (1994). **Fungal Biosorption of Heavy Metal in Liquid effluent Treatment.** *Appl. Biochem. Biotechnol.*, 26: 159 – 180.
- Muzzarelli. (1986). **Chitosan.** Perganton. New York.
- Nurdin. (1998). **Biosorpsi Krom oleh Biomassa *Aspergillus niger*.** Prosiding Seminar Nasional Kimia III (187-194), Jurusan Kimia UGM. Yogyakarta.
- Oginawati K. (2002). **Konsep Ekotoksikologi Limbah B-3 dan Kesehatan.** Diklat Pengelolaan Limbah B3. 13-17 Mei 2002. Serpong.
- Peraturan Pemerintah No. 74 Tahun 2001. **Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun.** 2001.
- Rosnia. (2000). **Biosorpsi Limbah Pengolahan Biji Emas dengan biomassa *Aspergillus niger*.** Prosiding Kolokium Mineral, Bandung.
- Sag, Y dan Kutzal. (2000). **Determination of Biosorption Activation of Biosorption Activation Energy of Heavy Metal Ions on *Zooglea ramigera* and *Rhizopus arrhizus*.** *Process Biochemistry.* 35, 801-807.
- Samson, R. A., E. S. Hekstra, J. C. Frisvad and Filtenbirg. (1996). **Introduction to Food – bora Fungi.** 1996. Netherlands. Central Bereu Voor Schimmel Culture Baarn Delft.
- Schmitt, H. S. and Sticker, H. (1991). **Heavy Metal Compound in The Soil.** In Merian, E. (ed). *Metals and Their Compounds in The Evironment.* Pp. 311 – 326. VCH, Weinheim.
- Smith, G. (1960). **An Introduction to Industrial Mycology, Fifth Edition.** Edward Arnold (Publishers) LTD. London.
- Strandberg, G. W., Shumate II, S. E., and Parrot, Jr., J. R. (1981). **Microbial Cells as Biosorbent for Heavy Metals: Accumulation of Uranium by *S. cereviceae* and *Pseudomonas aeruginosa*.** *Applied and Evironmental Microbiology.* 41, 237-245.
- Sugandi, E. dan Sugiarto. (1994). **Rancangan Percobaan.** Edisi Pertama. Andi Offset. Yogyakarta.
- Suhendrayatna. (2001). **Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan.** (Online). Tersedia: <http://sinergi-forumnet/forum>. 12 Februari 2005.
- Sumit Yadav, O. P. Shukla & U. N. Rai. (2005). **Chromium Pollution and Bioremediation.** Vol. 11 No. 1 - January 2005. (Online). Tersedia: <http://www.geocities.com/isebindi/index.html>. 8 Agustus 2005
- Sutamiharja, R.T.M, Adnan, K dan Sanusi. (1982). **Perairan Teluk Jakarta Ditinjau dari Tingkat Pencemarannya.** Fakultas Pasca Sarjana, Jurusan PSL. IPB.
- The Columbia Electronic Encyclopedia,** 6th ed. Copyright ©. (2005), Columbia University Press. 12 Februari 2005.
- Tobin, White & Gadd. (1994). **Metal Accumalation by Fungi: Applications in Environmental Biotechnology.** *Journal of Industrial Microbiology,* 13 (126-130). The Macmillan Press. Inggris.
- Triatmojo S, Sihombing, Djojowidagdo dan Wiradarya. (2001). **Biosorpsi dan Reduksi Krom Limbah Penyamakan Kulit dengan Biomassa *Fusarium sp* dan *Aspergillus niger*.** *Manusia dan Lingkungan* Vol. VIII. No. 2 Agustus 2001, hal. 70-81. Pusat Studi Lingkungan Hidup, Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- The Merck Index an Encyclopedia of Chemicals and Drugs. 1976. **Chitin**. 9th. Ed. Merck and Co. Int.Rahway. N.J. USA. pp. 259
- Tsezos M, Volesky B (1982). **The Mechanism of Thorium Biosorption by *Rhizopus arrhizus***. Biotechnol. Bioeng. 24: 955-969.
- Vilchez, C., Garbayo, M. V. Lobato, and J. M. Vega, *Enzy. and Microb.Technol.* **20**, 562-572 (1997)
- Volesky and Holan. (1995). **Biosorption of Heavy Metal**. Am. Chem. Soc. American Institute of Chemical Engineers. 1995, 235-251p.
- Volesky, B. (1999). **Biosorption For The Next Century**. (Online). Tersedia: <http://www.biosorption.mcgill.ca/biosorption.htm>. 2 Maret 2005
- Volesky, B. (2004). **What is Biosorption**. (Online). Tersedia: <http://www.biosorption.mcgill.ca/whatis.htm>. 3 Februari 2005.
- Waldichuck. (1974). **Distribution of Cd, Zn and Cu in liver and gills of the eel *Anguilla anguilla* with special reference to metallothioneins**. Comparative Biochemistry & Physiology 61C: 177- 187.
- Widle, E. W. and Benemann, J. R., *Biotech. Adv.* **11**, 781-812 (1993).
- Wikipedia. (2005). **Chitin and Chitosan**. (Online). Tersedia: <http://en.wikipedia.org/wiki/Chitin>. 11 Juni 2005.
- Wood B. (2002). **Toxicity Characteristics Leaching Procedure for Extraction by SW-846 Method 1311**. TCLP SOP Revision 4.
- Zhou, J.L and Kiff, R. J. (1991). **The Uptake of Copper from Aqueous Solution by Immobilized Fungal Biomass**. *J. Chern Technol. Biotechnol.* 52, 317-330