

KAJIAN BIOSORPSI BIOMASSA BEKATUL TERHADAP TIMBAL(II)

Adsorption of Lead (II) by Using Bekatul Biomass

Noer Komari, Ahmad Budi Junaidi, Sri Hendriani

Program Studi kimia FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
Jl. A. Yani Km 36 Banjarbaru, Kalimantan Selatan
noerkomari@yahoo.com

Abstrak

Telah dilakukan penelitian kajian biosorpsi biomassa bekatul terhadap Pb(II). Biomassa bekatul didapatkan langsung dari pabrik penggilingan padi yang bertempat di Kecamatan Batang Alai Selatan, Kabupaten Hulu Sungai Tengah, Kalimantan Selatan. Kajian pH dan waktu optimum dilakukan untuk mengetahui kemampuan biosorpsi Pb(II) oleh biomassa bekatul. Di samping itu juga dilakukan *recovery* Pb(II) yang sudah diikat oleh biomassa bekatul. Kemampuan biosorpsi dan *recovery* dikaji pada bekatul tak terimobilkan dengan menggunakan metode Batch dan bekatul terimobilkan dengan menggunakan metode kolom. Hasil penelitian menunjukkan pada pH 5 dan selang waktu 15 menit bekatul dapat mengikat Pb(II) secara maksimal, dimana diperoleh kemampuan biosorpsi bekatul tak terimobilkan 3,96 mg Pb(II)/g biomassa dan bekatul terimobilkan 5,25 mg Pb(II)/g biomassa. Kemampuan *recovery* Pb(II) dari bekatul tak terimobilkan berkisar antara 63,35 – 84,36% dan untuk bekatul terimobilkan berkisar antara 98,48 – 99,88%.

Kata kunci : biosorpsi, biomassa, timbal.

Abstract

A study of biosorption bekatul biomass towards lead(II) has been investigated. Bekatul biomass was obtained from the rice grinding factory in of Hulu Sungai Tengah regency, Batang Alai Selatan, South Borneo. Study of optimum time and acidity was conducted to investigate the ability of biosorption Pb(II) by bekatul biomass. A study of recovering the bounded Pb(II) onto the biomass was also done. The adsorption studies of un-immobilized bekatul were done in batch method, while for the adsorption using immobilized bekatul, the processes were done in column method. Based on the result of this research, the amount of Pb(II) being absorbed by the biomass reach a maximum value at pH 5 after 15 minutes of contact time. Within this optimum condition, the adsorption capacity for the un-immobilized and immobilized bekatul were 3,96 Pb(II) mg/g biomass and 5,25 Pb(II) mg/g biomass, respectively. As for the recovery, un-immobilized bekatul give 63,35 – 84,36% of recovery, and for the immobilized bekatul between the percentage of recovery was 98,48 – 99,88%.

Keyword : biosorption, biomass, lead.

PENDAHULUAN

Secara alamiah, unsur-unsur logam berat terdapat di alam. Kadar logam berat akan meningkat bila limbah perkotaan, pertambangan, pertanian, dan perindustrian yang banyak mengandung logam berat masuk ke dalam lingkungan perairan. Unsur logam berat dalam jumlah yang berlebih akan bersifat racun (Herlambang, 1995).

Salah satu logam berat yang sangat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan adalah Pb. Sumber dari Pb antara lain dari pabrik plastik, percetakan, peleburan timah, pabrik karet, pabrik baterai, kendaraan bermotor, pabrik cat, dan tambang timah. Efek yang ditimbulkan dari keracunan timbal adalah gangguan pada saraf perifer dan sentral, sel darah, gangguan metabolisme vitamin D dan kalsium sebagai unsur pembentuk tulang, gangguan ginjal secara kronis, dan dapat menembus plasenta sehingga mempengaruhi pertumbuhan janin (Wijanto, 2003).

Mengingat faktor resiko yang ditimbulkan oleh pencemaran logam berat, maka pengambilan ion-ion logam dari lingkungan penting untuk dilakukan. Beberapa metode telah digunakan untuk pengambilan logam berat dari lingkungan perairan, misalnya yang umum digunakan, pengendapan logam berat sebagai hidroksida logam.

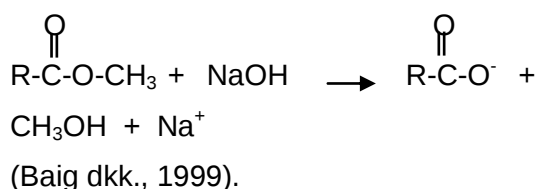
Namun logam-logam seperti Hg, Cd dan Pb tidak dapat mengendap dengan sempurna. Kekurangan ini dapat diatasi dengan teknik elektrodeposisi, akan tetapi teknik yang mutakhir ini membutuhkan peralatan yang relatif mahal dan sistem monitoring yang terus menerus (Hughes & Poole, 1989 dalam Raya dkk., 2001).

Dalam rangka mencari metode dan bahan yang relatif murah dan mudah, digunakan biomassa untuk mengeliminasi ataupun mengurangi pencemaran logam berat dalam air. Teknik eliminasi logam berat dengan menggunakan biomassa ini sangat efektif, karena selain kemampuannya dalam pengikatan ion-ion logam berat juga pengambilan kembali (desorpsi) ion-ion logam yang terikat pada biomassa relatif mudah, serta penggunaan kembali biomassa (yang sudah dilakukan desorpsi) sebagai biosorben yang dapat digunakan untuk pengolahan air limbah (Lestari dkk., 2003).

Proses biosorpsi logam berat oleh biomassa sangat dipengaruhi oleh gugus fungsi yang terdapat dalam biomassa. Menurut penelitian Baig dkk. (1999) yang menggunakan *Solanum elaeagnifolium* sebagai biomassa, menunjukkan bahwa sampai taraf tertentu kelompok karbonil (-COOH) mempunyai peranan penting dalam mengikat ion logam positif dan terjadi penyerapan.

Hasil penelitian Baig dkk. (1999) yang menggunakan *Solanum elaeagnifolium* sebagai biomassa, menunjukkan bahwa sampai taraf tertentu kelompok karbonil (-COOH) mempunyai peranan penting dalam mengikat ion logam positif dan terjadi penyerapan. Gugus karbonil (-COOH) pada tumbuhan biasanya terdapat pada karbohidrat, protein, dan minyak.

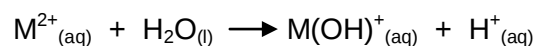
Gugus-gugus fungsional yang terdapat pada karbohidrat, protein, dan minyak dapat diaktivasi dengan mereaksikan biomassa dengan basa seperti NaOH. Reaksi ini dapat meningkatkan jumlah logam yang dapat diikat oleh biomassa tersebut. Contoh reaksi dengan NaOH pada hidrolisis metil ester :



Hasil penelitian Lestari dkk. (2003) dengan menggunakan *Saccharomyces cerevisiae* sebagai biomassa, menunjukkan bahwa derajat keasaman (pH) sangat berpengaruh terhadap proses biosorpsi logam di dalam larutan, karena pH akan mempengaruhi muatan pada situs aktif atau ion H^+ akan berkompetisi dengan kation untuk berikatan dengan situs aktif. Muatan dalam adsorben dipengaruhi titik isoelektrik, dimana pada pH lebih tinggi dari titik isoelektrik dinding sel adsorben akan memiliki muatan negatif dan pada

pH lebih rendah dinding sel adsorben akan memiliki muatan positif. Muatan negatif pada dinding sel inilah yang akan berinteraksi dengan ion logam.

Selain berpengaruh terhadap muatan pada situs aktif, pH juga berpengaruh terhadap spesies logam dalam larutan. Ion-ion logam dalam larutan sebelum terbiosorpsi oleh biosorben terlebih dahulu akan mengalami hidrolisis, menghasilkan proton dan kompleks hidroksida logam seperti reaksi berikut :



Dimana M adalah logam berat bervalensi dua (Horsfall & Spiff, 2004).

Penggunaan biomassa sebagai biosorben memiliki beberapa kelemahan diantaranya; ukurannya kecil, sehingga mudah terdegradasi oleh mikroorganisme lain dan sukar dikemas dalam kolom biosorpsi (Raya dkk., 2001; Lestari dkk., 2003). Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut dilakukan imobilisasi biomassa dalam silika gel (Gardea-Torresdey dkk., 1998; Baig dkk., 1999; Raya dkk., 2001; Lestari dkk., 2003).

Salah satu material biologi yang dapat digunakan sebagai biomassa adalah bekatul yang berasal dari hasil samping penggilingan padi. Pada tahun 2000, produksi padi di Indonesia diperkirakan 51.179.400 ton (BPS, 2001 dalam Lubis dkk., 2002) dengan bekatul yang dihasilkan $\pm$ 5.112.760 ton. Meskipun bekatul tersedia melimpah di

Indonesia, namun pemanfaatannya masih sangat terbatas. Hingga saat ini, pemanfaatannya yang paling umum digunakan adalah sebagai pakan ternak.

Berdasarkan laporan Balai Pengujian Mutu Pakan Ternak (2003) didalam bekatul mengandung air 10,35%, abu 8,89%, protein 11,57%, lemak 3,69%, serat kasar 13,23%, Ca 0,07% dan P 1,47%. Selain itu, juga terdapat karbohidrat 34,1 – 52,3% (Joni, 1995 dalam Lubis dkk., 2002). Gugus-gugus fungsi dari biopolimer ini dapat digunakan dalam proses biosorpsi logam berat.

Penelitian ini menggunakan bekatul sebagai biomassa untuk untuk mengadsorpsi Pb(II). Kemampuan biosorpsi logam Pb(II) oleh biomassa bekatul dikaji dengan melakukan penelitian tentang aktivasi biomassa dengan NaOH, pH dan waktu optimum pengikatan Pb(II), Imobilisasi biomassa dengan silika gel, serta kemampuan *recovery* Pb(II) yang sudah terikat pada biomassa bekatul.

METODOLOGI

Pengumpulan bekatul dan preparasi biomassa

Bekatul diambil langsung dari pabrik penggilingan padi yang berada di kecamatan Batang Alai Selatan kabupaten Hulu Sungai Tengah. Bekatul yang masih segar dipanaskan dengan oven pada suhu 121 °C, selama

15 menit. Biomassa tersebut dihaluskan, kemudian disaring dengan menggunakan saringan 120 mesh dan disimpan pada suhu dingin (± 5 °C) (Hubeis, 1997). Biomassa telah siap digunakan untuk penelitian.

Aktivasi biomassa dengan NaOH

Sebanyak 15 gram biomassa ditimbang dan dicuci dengan 20 ml HCl 0,1 M sebanyak dua kali, yang diikuti dengan sentrifuge pada 2800 r.p.m., endapan dicuci dengan akuades sampai netral. Biomassa ditambahkan 150 ml NaOH 0,1 M lalu didiamkan selama 24 jam. Larutan kemudian disentrifuge pada 2800 r.p.m. dan dicuci dengan akuades sebanyak tiga kali. Kemudian dikeringkan dalam oven selama 3 hari (Baig dkk., 1999). Setelah kering, biomassa dihaluskan lalu disaring menggunakan saringan 120 mesh. Biomassa yang telah diaktivasi siap digunakan untuk penelitian selanjutnya. Biomassa aktivasi disimpan pada suhu dingin (5°C).

pH optimum untuk pengikatan ion logam

Eksperimen profil pH yang digunakan didasarkan pada prosedur yang telah dilaporkan sebelumnya (Gardea-Torresdey dkk., 1998; Baig dkk., 1999). Sebanyak 250 mg biomassa teraktifkan dimasukkan dalam 50 ml HCl 0,01 M untuk memperoleh

konsentrasi 5 mg/ml. pH dari larutan diatur menjadi 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; dan 7,0 dan 5 ml larutan (dari masing-masing pH) dimasukkan ke dalam tabung sentrifuge. Larutan disentrifuge pada 2800 r.p.m selama 5 menit dan supernatan dipisahkan dari tabung sentrifuge, sedangkan endapan yang dihasilkan dibiarkan dalam tabung. Disiapkan larutan Pb(II) 35 mg/l dan pH larutan diatur menjadi 2,0; 3,0; 4,0; 5,0; 6,0; dan 7,0. Diambil 5 ml larutan Pb(II) untuk ditambahkan kepada masing-masing endapan dengan pH yang sama. Semua larutan dalam tabung direaksikan menggunakan shaker selama 1 jam. Kemudian dilakukan sentrifuge pada 2800 r.p.m. selama 5 menit. pH akhir dari masing-masing tabung diukur, kemudian supernatan yang dihasilkan dipisahkan dari endapan. Supernatan dianalisis dengan menggunakan AAS untuk menentukan konsentrasi Pb(II).

Penentuan waktu optimum pengikatan ion logam

Biomassa teraktifkan ditimbang sebanyak 250 mg, kemudian dimasukkan dalam 50 ml buffer asetat pH 5 untuk memperoleh suatu konsentrasi 5 mg/ml. Setelah larutan dilakukan penyesuaian pada pH 5, sebanyak 5 ml larutan dimasukkan ke dalam 9 tabung, tiap tabung untuk setiap kali interval waktu 1, 3, 5, 10, 15, 20, 30, 60 dan 90 menit. Tiap larutan

dilakukan sentrifuge pada 2800 r.p.m selama 5 menit dan supernatan dibuang. Sebanyak 5 ml larutan Pb(II) 35 mg/l yang telah disesuaikan pHnya (pada pH 5) dengan menggunakan buffer asetat pH 5, ditambahkan pada masing-masing endapan. Semua larutan dalam tabung direaksikan menggunakan shaker selama interval waktu waktu yang telah ditetapkan. Kemudian dilakukan sentrifuge pada 2800 r.p.m. selama 5 menit dan supernatan dianalisis dengan AAS untuk menentukan konsentrasi Pb(II) (Gardea-Torresdey dkk., 1998; Baig dkk., 1999).

Kemampuan biosorpsi ion logam

Sebanyak 100 mg biomassa yang sudah diaktivasi dilarutkan dalam 20 ml buffer asetat pH 5 untuk memperoleh konsentrasi 5 mg/ml. Setelah dilakukan penyesuaian pH (pada pH 5), maka dilakukan sentrifuge pada 2800 r.p.m. selama 5 menit. Supernatan dibuang dan endapan direaksikan dengan 20 ml Pb(II) 35 mg/l (yang telah dikondisikan pada pH 5) selama 15 menit. Kemudian disentrifuge selama 5 menit dan supernatan dianalisis dengan AAS untuk menentukan konsentrasi Pb(II). Pada biomassa (endapan) yang telah dimuati ion logam dilakukan proses *recovery*.

Recovery logam

Recovery logam dapat dilakukan dengan mengondisikan biomassa

dalam suasana yang lebih asam dari pada pH pengikatan logam oleh biomassa. Sebanyak 5 ml HCl 0,1 M ditambahkan pada biomassa yang telah dimuati logam. Endapan dibiarkan bereaksi dengan asam selama 15 menit. Kemudian dilakukan sentrifuge dan supernatan dianalisis dengan menggunakan AAS untuk menentukan konsentrasi Pb(II) (Baig dkk., 1999). Proses *recovery* dilakukan sebanyak tiga kali.

Imobilisasi biomassa dalam silika gel

Biomassa sebanyak 160 mg dicampur dengan 2 gram silika gel, setelah homogen campuran tersebut kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60°C selama 2 jam. Selanjutnya dibasahi dengan air 5 ml, dan dikeringkan dalam oven pada suhu yang sama. Perlakuan *wetting* (pembasahan) ini dilakukan sebanyak tiga kali, dengan tujuan untuk memaksimalkan kontak antara permukaan silika gel dan biomassa, dengan demikian efisiensi imobilisasi akan bertambah. Briket silika-biomassa dipecah-pecah dengan menggunakan spatula tanduk dan disaring dengan menggunakan saringan ukuran 120 mesh. Biomassa yang dihasilkan digunakan dalam eksperimen kolom (Raya dkk., 2001).

Percobaan biosorpsi dengan menggunakan kolom

Sebanyak 500 mg biomassa yang telah diimobilisasi dengan silika gel ditempatkan dalam suatu kolom. Sebelum dielusikan larutan logam, pH biomassa Imobilisasi diatur dengan cara mengelusikan buffer asetat pH 5 sampai dihasilkan pH 5. Sebanyak 50 ml larutan Pb(II) 60 mg/l disiapkan, kemudian dilakukan penambahan buffer asetat pH 5, agar diperoleh pH 5. Larutan logam kemudian dielusikan dalam kolom dengan laju alir 1 ml/menit. Efluen kemudian dianalisis dengan AAS untuk menentukan konsentrasi Pb(II).

Logam yang terakumulasi dalam biomassa Imobilisasi-silika kemudian dilakukan *recovery* dengan mengaliri 50 ml HCl 0,1M pada kolom. Efluen diambil untuk kemudian dilakukan analisis dengan menggunakan AAS untuk menentukan konsentrasi Pb(II) (Baig dkk., 1999). Proses *recovery* dilakukan sebanyak tiga kali.

Pengolahan Data

Pengaruh pH dan waktu pada proses biosorpsi dianalisis dari data yang didapatkan dengan cara membuat grafik hubungan antara konsentasi Pb(II) yang terikat oleh biomassa terhadap pH dan waktu pengikatan ion logam. Kemampuan biosorpsi dihitung dengan menggunakan rumus :

$$q_e = \frac{V}{m} (C_o - C_e)$$

Dimana, q_e = kemampuan biosorpsi ion logam (mg logam/g biomassa)
 C_e = konsentrasi ion logam yang tersisa setelah biosorpsi (mg/l)
 C_o = konsentrasi ion logam sebelum biosorpsi (mg/l)
 v = volume larutan logam yang digunakan (l)
 m = massa biomassa yang digunakan (g)

Persen *recovery* dihitung dengan menggunakan rumus :

$$R = \frac{C_R}{C_A} \times 100\%$$

Dimana, R = persen *recovery*
 C_A = konsentrasi ion logam yang terbiosorpsi oleh biomassa ($C_o - C_e$) (mg/l)
 C_R = konsentrasi ion logam dari hasil *recovery* (mg/l)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aktivasi biomassa bekatul

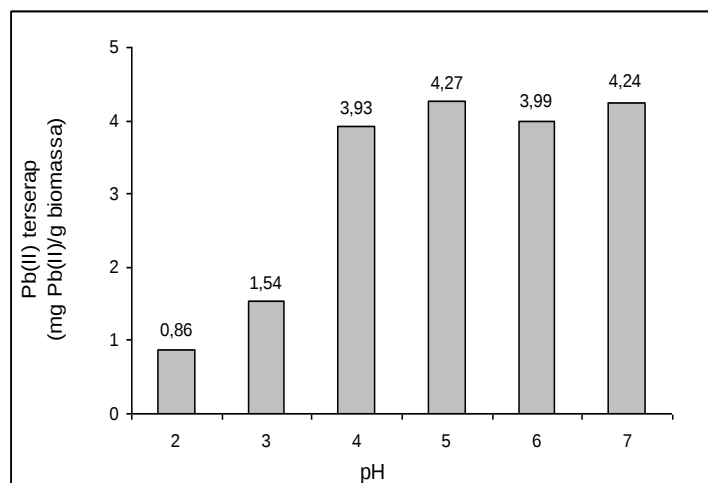
Bekatul yang digunakan pada penelitian ini terlebih dahulu dilakukan stabilisasi dengan menggunakan oven pada suhu 121 °C selama 15 menit. Tujuan stabilisasi tersebut adalah untuk menginaktifkan enzim lipase, sehingga proses ketengikan akibat enzim tersebut dapat dicegah. Selain itu juga berguna untuk membunuh seluruh mikroba, baik patogen, non patogen

dan pembusuk. Berdasarkan hasil penelitian Hubies dkk. (1997) bekatul yang telah distabilisasi dapat dipertahankan mutu organoleptiknya. Bekatul yang digunakan untuk penelitian disimpan pada suhu dingin ($\pm 5^\circ\text{C}$). Kesegaran bekatul dapat dipertahankan sampai lebih dari 5 minggu pada suhu dingin (Hubies dkk., 1997).

Pencucian menggunakan HCl 0,1 M dapat mendesorpsi logam-logam yang terdapat dalam bekatul, hal ini akan menambah situs aktif yang bisa digunakan untuk mengikat Pb(II). Bekatul banyak mengandung berbagai jenis karbohidrat, protein dan minyak. Molekul-molekul tersebut banyak memiliki gugus fungsi yang dapat digunakan untuk mengikat Pb(II) seperti gugus karbonil, amino, thiol, hidroksil, fosfat, dan hidroksi-karboksil. Untuk mengaktifkan gugus-gugus fungsi ini maka dilakukan aktivasi menggunakan NaOH 0,1 M.

Pengaruh pH pada kemampuan biosorpsi

Biosorpsi Pb(II) meningkat dengan tajam pada daerah pH 2 – 5 dengan biosorpsi optimum terjadi pada pH 5 (Gambar 1). Setelah pH 5 biosorpsi Pb(II) relatif konstan.



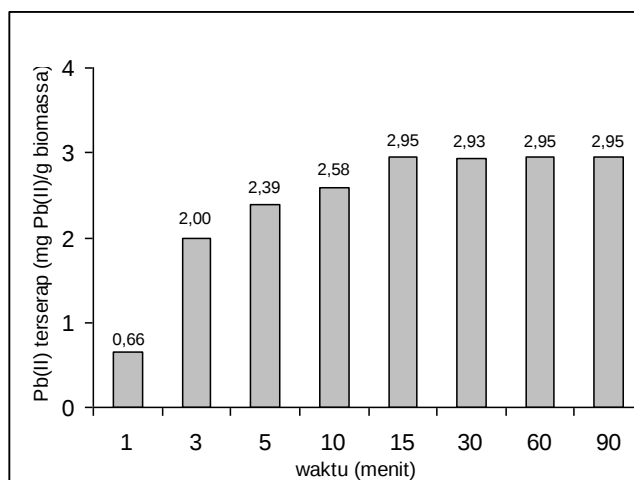
Gambar 1. Pengaruh pH terhadap konsentrasi Pb(II) yang terbiosorpsi oleh biomassa bekatul

Permukaan adsorben bermuatan positif pada pH rendah sehingga biosorpsi Pb(II) sangat kecil, sedangkan pada pH yang tinggi permukaan adsorben menjadi bermuatan negatif sehingga akan meningkatkan biosorpsi Pb(II). Gugus karboksil ($-\text{COOH}$) memiliki peranan penting dalam pengikatan ion logam. Berdasarkan penelitian yang telah dilaporkan oleh Baig dkk. (1999) dan Horsfall & Spiff (2004) gugus karboksil aktif pada kisaran pH 4 – 5. Gugus karboksil akan mereduksi proton pada pH rendah, sehingga akan memiliki muatan positif, sedangkan pada pH tinggi (diatas 4), gugus karboksil akan mengalami deprotonasi sehingga memiliki muatan negatif. Ligan karboksilat ($-\text{COO}^-$) yang bermuatan negatif inilah yang akan berinteraksi dengan Pb(II) yang bermuatan positif.

Pengaruh waktu pada kemampuan biosorpsi

Pengaruh waktu terhadap kemampuan biosorpsi Pb(II) oleh biomassa bekatul dapat dilihat pada Gambar 2. Proses biosorpsi Pb(II) mengalami peningkatan dari 1 – 15 menit, sedangkan setelah 15 menit jumlah Pb(II) yang teradsorpsi relatif konstan. Waktu optimum yang diperlukan oleh bekatul untuk mengadsorpsi ion timbal(II) pada penelitian ini adalah 15 menit.

Waktu optimum pengikatan ion logam menunjukkan suatu keadaan tercapainya keadaan setimbang antara Pb(II) dengan biomassa (Lestari dkk., 2003). Jumlah Pb(II) yang terbiosorpsi rendah pada waktu kontak di bawah 15 menit, karena pada keadaan tersebut belum tersedia waktu yang cukup untuk terjadinya kesetimbangan antara adsorben dengan adsorbat.



Gambar 2. Pengaruh waktu terhadap konsentrasi Pb(II) yang terbiosorpsi oleh biomassa bekatul

Pengikatan ion logam yang cepat oleh biomassa menunjukkan proses biosorpsi Pb(II) berlangsung secara pasif yang terjadi hanya pada dinding sel. Menurut Suhendrayatna (2001) pengikatan ion logam secara pasif dapat dilakukan dengan dua cara yang berbeda, *pertama* pertukaran ion monovalent dan divalent dengan Pb(II), dan yang *kedua* adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, thiol, hidroksil, pospat, dan hidroksi-karboksil.

Kemampuan Biosorpsi Pb(II) oleh Biomassa Bekatul

Hasil penelitian menunjukkan bahwa bekatul memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi Pb(II) seperti ditunjukkan pada Gambar 3. Bekatul tak terimobilkan memiliki kemampuan

biosorpsi 3,96 mgPb(II)/g biomassa pada pH 5 dan waktu kontak 15 menit.

Bekatul memiliki banyak gugus fungsional potensial yang memungkinkan terjadinya biosorpsi terhadap Pb(II). Komponen-komponen didalam bekatul diduga banyak mengandung gugus karboksil, fosfat, sulfat, sulfhidril, amino dan hidroksil. Gugus-gugus fungsi ini bisa digunakan untuk berikatan dengan Pb(II) melalui pembentukan khelat, pertukaran ion, maupun interaksi elektrostatis.

Interaksi pengikatan Pb(II) oleh biomassa bisa dilihat pada pH optimum pengikatan ion logam (Baig dkk., 1999; Horsfall & Spiff, 2004). Gugus karboksil ($-\text{COO}^-$) diperkirakan mengalami deprotonasi pada pH tinggi sehingga akan memiliki muatan negatif. Ligan karboksilat yang bermuatan negatif inilah yang memiliki peranan dalam pengikatan Pb(II) yang bermuatan

positif. Hipotesis ini didukung oleh penelitian yang telah dilaporkan oleh Baig dkk. (1999) dan Horsfall & Spiff (2004) yang menyatakan bahwa gugus karboksilat aktif pada kisaran pH 4 – 5.

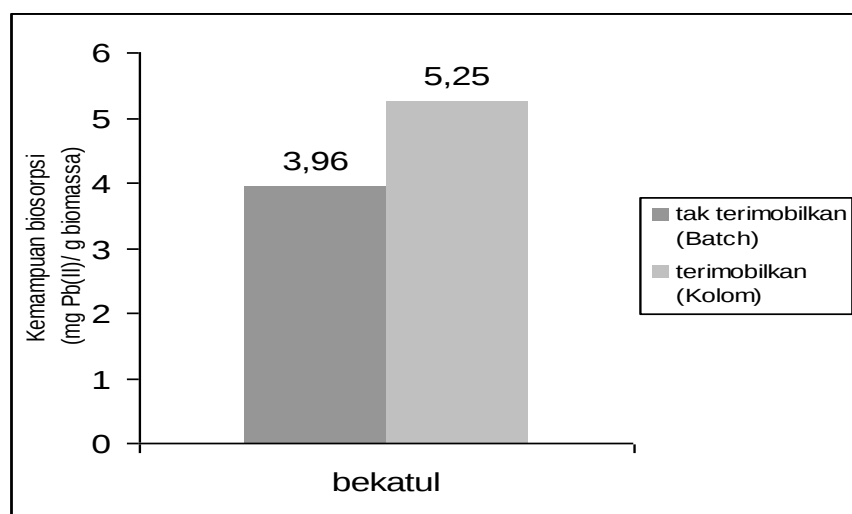
Penentuan kemampuan biosorpsi bekatul tak terimobilkan dilakukan dengan menggunakan metode batch. Metode ini memiliki kelemahan ketika digunakan untuk penanganan limbah, yaitu kesulitan dalam memisahkan supernatan (limbah) dari biomassa karena berada dalam satu tempat. Masalah ini dapat diatasi dengan menggunakan metode kolom yang menggunakan biomassa terimobilkan. Proses imobilisasi menggunakan bahan pendukung silika gel. Digunakan silika gel karena memiliki kelarutan yang kecil pada pH < 9 dan hanya pada pH > 9 silika gel akan melarut. Selain itu menurut Mahan dan Helcombe (1992) dalam Lestari dkk. (2003) silika gel merupakan zat yang baik untuk mengimobilkan karena relatif inert, serta dapat dibuat menjadi berbagai ukuran sesuai kebutuhan. Biomassa terimobilkan memiliki beberapa kelebihan yaitu, memiliki kekuatan partikel, porositas dan ketahanan kimia yang tinggi, selain itu juga akan memudahkan pemisahan dengan dengan supernatan, dapat diatur ukuran butirannya, dan dapat digunakan

sebagai pengisi kolom (Lestari dkk., 2003).

Kemampuan biosorpsi pada bekatul terimobilkan adalah 5,25 mg Pb(II)/ g biomassa. Hasil penelitian menunjukkan kemampuan pengikatan Pb(II) oleh bekatul terimobilkan lebih besar dari pada bekatul tak terimobilkan, dengan persen peningkatan 32,74%.

Meningkatnya kemampuan pengikatan Pb(II) oleh biomassa yang diimobilisasi diperkirakan karena gugus-gugus yang mampu berinteraksi dengan Pb(II) dalam keadaan yang lebih mantap untuk berikatan. Disamping itu, meningkatnya kemampuan pengikatan Pb(II) oleh bekatul terimobilkan diperkirakan karena bertambahnya gugus aktif disamping gugus aktif yang berasal dari bekatul. Gugus aktif ini bisa berasal dari pendukung, yaitu gugus silika. Pernyataan ini didukung hasil penelitian Raya dkk. (2001) pada biomassa yang dilakukan imobilisasi terdapat penambahan gugus aktif biomassa yaitu silanol (-Si-OH) dan siloksil (Si-O) dari silika.

Metode yang digunakan juga mempengaruhi proses biosorpsi. Berdasarkan Baig dkk. (1999) proses biosorpsi dalam kolom lebih efektif, karena biomassa dalam keadaan diam sehingga lebih mantap untuk mengikat ion logam yang dialirkan.



Gambar 3. Kemampuan Biosorpsi Pb(II) oleh bekatul (kajian dilakukan menggunakan bekatul sebanyak 100 mg yang diinteraksikan dengan 20 ml Pb(II) 35 mg/l)

Pada metode Batch, biomassa dan ion logam direaksikan dalam satu wadah dimana produk dan reaktan berada dalam satu tempat. Keadaan ini sangat memungkinkan untuk kembalinya ion logam ke dalam larutan karena reaksi biosorpsi bersifat reversibel.

Hasil penelitian yang telah dilakukan menunjukkan kemampuan biosorpsi bekatul terhadap Pb(II) lebih kecil jika dibanding dengan biomassa *Solanum elaeagnifolium* hasil penelitian Baig dkk. (1999) dan biomassa *Medicago sativa* (Alfalfa) hasil penelitian Gardea-Torresdey dkk. (1998), seperti terlihat pada Tabel 1.

Rendahnya kemampuan biosorpsi Pb(II) oleh biomassa bekatul dapat dijelaskan dengan teori HSAB (*Hard soft acid bases*). Kation yang bersifat asam keras akan berinteraksi kuat

dengan dengan ligan yang bersifat basa keras, sedangkan kation yang bersifat asam lunak akan berinteraksi kuat dengan ligan basa lunak (Lestari dkk., 2003). Hasil penelitian menunjukkan gugus karboksilat ($-\text{COOH}$) memiliki peranan yang lebih besar dalam proses pengikatan Pb(II). Gugus karboksilat merupakan ligan yang bersifat basa keras (Lestari dkk., 2003), ligan ini akan berinteraksi kuat dengan ion yang bersifat asam keras. Pb(II) bersifat asam lunak (Jasmidi dkk., 2002), dengan demikian diperkirakan ikatan antara ligan (COO^-) dan atom pusat (Pb^{2+}) tidak kuat dan mudah terlepas kembali ke dalam larutan. Hal inilah yang menyebabkan rendahnya kemampuan pengikatan Pb(II) oleh biomassa bekatul.

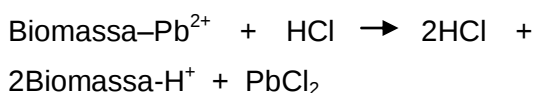
Tabel 1 . Perbandingan kemampuan biosorpsi Pb(II) oleh biomassa

Biomassa	Kemampuan biosorpsi (mg Pb(II)/ g biomassa)		% Peningkatan
	Tak terimobikan	terimobikan	
Bekatul	3,96*	5,25*	32,74
<i>Solanum elaeagnifolium</i>	20,60**	46,79**	127,14
<i>Medicago sativa</i>	43,00***	-	-

Sumber : * Data primer yang diolah
 ** Baig, dkk., 1999
 *** Gardea-Toresdey, 1998

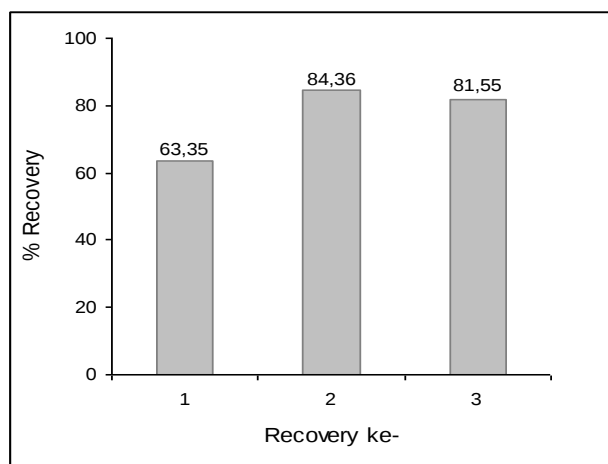
Persentasi Perolehan Kembali (Recovery) Pb(II)

Pb(II) yang sudah terikat pada bekatul dapat dilepaskan kembali dengan pertukaran ion. *Recovery* Pb(II) dapat dilakukan dengan penambahan HCl. Pb(II) posisinya dapat ditukargantikan dengan ion H⁺ dari HCl.
 Reaksi :

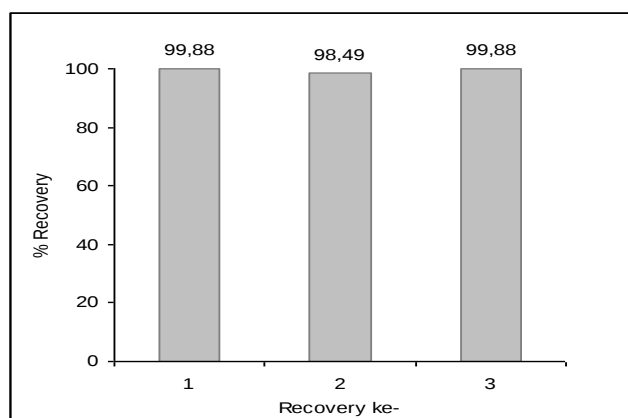


Hasil *recovery* Pb(II) dapat dilihat pada bekatul tak terimobikan dapat dilihat pada Gambar 4, yaitu berkisar antara 63,35 – 84,36%. Persen *recovery* yang rendah pada biomassa tak terimobikan disebabkan karena pada metode ini reaktan dan produk yang dihasilkan berada dalam satu tempat, sehingga sukar untuk dilakukan pemisahan antara filtrat dan endapan.

Kemampuan *recovery* bekatul terimobikan dapat dilihat pada Gambar 5, yaitu berkisar antara 98,49 – 99,88%. Bekatul terimobikan memiliki kemampuan *recovery* yang lebih tinggi karena dikemas dalam kolom, dimana reaktan dan prodak berada dalam tempat yang berlainan sehingga proses pemisahan mudah dilakukan. Hasil penelitian menunjukkan baik bekatul tak terimobikan maupun bekatul terimobikan bisa digunakan berulang-ulang. Kemampuan bekatul dalam mengikat Pb(II) setelah dilakukan *recovery* tidak mengalami penurunan secara signifikan. Melalui proses desorpsi dengan menggunakan HCl 0,1 M, Pb(II) yang terikat pada bekatul bisa diambil kembali dan bekatul dapat digunakan kembali untuk mengikat Pb(II). Disamping itu, jika bekatul yang telah dilakukan desorpsi Pb(II) dibuang tidak akan memberikan masalah lingkungan yang baru.



Gambar 4. Persen *recovery* Pb(II) pada bekatul tak terimobikan



Gambar 5. Persen *recovery* Pb(II) pada bekatul terimobikan

Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan

Dari penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut : (1) Proses biosorpsi Pb(II) oleh bekatul teraktifkan optimum pada pH 5; (2) Waktu optimum biosorpsi Pb(II) oleh bekatul teraktifkan adalah 15 menit; (3) Kemampuan biosorpsi Pb(II) pada bekatul tak terimobikan yang dikaji dengan metode Batch adalah 3,96 mgPb(II)/g biomassa dan untuk bekatul terimobikan yang dikaji dengan metode

kolom adalah 5,25 mgPb(II)/g biomassa; (3) Kemampuan *recovery* pada bekatul tak terimobikan yang dikaji dengan metode Batch berkisar antara 63,35 – 84,36% dan untuk bekatul terimobikan yang dikaji dengan metode kolom berkisar antara 98,49 – 99,88%.

Saran

Diharapkan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengujian parameter pengaruh konsentrasi Pb(II) dan konsentrasi biomassa terlebih

dahulu agar diperoleh hasil yang maksimal. Untuk bekatul terimobikan perlu dilakukan pengujian parameter perbandingan konsentrasi bekatul dan silika gel, diameter kolom dan laju alir.

Berdasarkan teori HSAB biomassa bekatul yang ternyata didalamnya banyak mengandung gugus karboksil (COO^-) yang merupakan ligan basa keras tidak cocok digunakan dalam biosorpsi Pb(II) yang merupakan asam lunak. Agar hasil penyerapan logam yang maksimal diharapkan untuk penelitian selanjutnya dilakukan kajian biosorpsi untuk logam yang memiliki sifat asam keras, misalnya magnesium dan kalsium.

DAFTAR PUSTAKA

- Baig, T.H., A.E.Garcia, K.J. Tiemann & J.L. Gardea-Torresdey. 1999. *Adsorption of Heavy Metal Ions by the Biomass of Solanum Elaeagnifolium (Silverleaf nightshade)*, hlm. 131-142. Proceedings of the 1999 Conference on Hazardous Waste Research. Departemen of Chemistry and Environmental Sciences and Engineering, University of Texas at El Paso, El Paso.
- Balai Pengujian Mutu Pakan Ternak. 2003. *Hasil Pengujian Sampel Pakan*. Departemen Pertanian Direktorat jendral Bina Produksi Peternakan. Jakarta.
- Gardea-Torresdey, J.L, J.H. Gonzalez, K.J. Tiemann & O. Rodriguez. 1998. Biosorption of Cadmium, Chromium, Lead, and Zinc By Biomass of *Medicago Sativa* (Alfalfa). *Journal of Hazardous Materials*. 57: 29 – 39.
- Herlambang, A. 1995. Pengaruh Logam Berat (B3) Terhadap Lingkungan. *Majalah Kesehatan Masyarakat Indonesia*. 1: 29–34
- Horsfall, M, Spiff A.I. 2004. Studies on the effect of pH on the sorption of Pb^{2+} and Cd^{2+} ions from aqueous solutions by *Caladium bicolor* (Wild Cocoyam) biomass. *Electronic Journal of Biotechnology*. ISSN 0717-3458 : 113 – 123.
- Hubeis, M., S. Koswara & M. Labib. 1997. Mempelajari Pemanfaatan bekatul dalam Pembuatan Formula Roti Manis dan Biskuit Berserat Tinggi. *Buletin Teknologi & Pangan*. 8 (3) : 22 – 31.
- Lestari, S., E. Sugiharto & Mudasir. 2003. Studi Kemampuan Biosorpsi Biomassa *Saccharomyces cerevisiae* yang Terimobikan pada Silika Gel Terhadap Tembaga (II). *Teknosains*. 16A (3): 357 – 371.
- Lubis S., R. Rachmat, Sudaryono & S. Nugraha. 2002. *Pengawetan Bekatul dengan Metode Inkubasi*, hlm. 124-137. Pasca Panen: Prosiding Seminar Nasional PAPERTA 2002.
- Raya, I., Narsito & B. Rudiarto. 2001. Kinetika Biosorpsi Ion Logam Aluminium (III) dan Kromium (III) oleh Biomassa *Chaetoceros calcitrans* yang Terimobikan pada Silika Gel. *Indonesian Journal of Chemistry*. 1 (1): 1 – 6.
- Suhendrayatna. 2001. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan*, hlm. 1-9. Disampaikan pada Seminar on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. Sinergy Forum-PPI Tokyo Institute of Technology, Tokyo.
- Wijanto, S.E. 2003. *Limbah B3 dan Kesehatan*.