

**KARAKTERISTIK BIOMASSA *Chlorella* sp TERIMOBILISASI PADA KITOSAN
UNTUK ADSORPSI KROMIUM(III) DALAM LARUTAN**

**(CHARACTERISTICS OF *Chlorella* sp BIOMASS IMMOBILIZED ON CHITOSAN
(Chlo-Kit) FOR ADSORPTION OF CHROMIUM (III) SOLUTION)**

Titin Anita Zaharah*, Anis Shofiyani, Endah Sayekti

Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. A. Yani Pontianak

* e-mail: titin_anita@pplh.go.id

Received 18 November 2014, Accepted 29 December 2014, Published Maret 2015

ABSTRAK

Pada penelitian ini dikaji karakteristik biosorben yang dibuat dari bahan dasar biomassa mikroalga *Chlorella* sp terimobilisasi pada kitosan (Chlo-Kit) untuk adsorpsi ion kromium(III) dalam larutan. Adsorben Chlo-Kit dibuat dengan tahapan metode: pelarutan kitosan membentuk hidrogel, imobilisasi biomassa pada kitosan hidrogel, pembentukan *beads* dan pengikatan silang adsorben menggunakan epiklorohidrin.

Hasil karakterisasi secara FT-IR dan SEM-EDAX menunjukkan bahwa imobilisasi biomassa pada kitosan melibatkan mekanisme interaksi elektrostatik antara gugus-gugus fungsional pada kedua bahan penyusun tersebut. Biomassa terimobilisasi pada kitosan menunjukkan stabilitas yang lebih tinggi dalam medium asam dibandingkan biomassa tak-terimobilisasi. Adsorpsi ion logam Cr(III) pada Chlo-Kit terjadi pada pH optimum 4-5 dan mengikuti dengan baik model isoterm adsorpsi Langmuir. Nilai kapasitas adsorpsi maksimum pada Chlo-Kit adalah sebesar 68,965 mg/g, sekitar 91% lebih tinggi dibandingkan pada biomassa *Chlorella*.

Kata kunci : adsorpsi, biomassa *Chlorella* terimobilisasi pada kitosan, kromium(III)

ABSTRACT

Properties of biosorbent prepared from biomass of *Chlorella* sp immobilized on chitosan (Chlo-Kit) have been studied for adsorption of Chromium(III). Chlo-Kit adsorbent prepared by following steps: dissolving chitosan to get hydrogel form, immobilization of biomass on chitosan hydrogel, *beads* formation and crosslinking the adsorbent beads using epichlorohydrin reagent.

Characterization using FT-IR spectrophotometry and SEM showed that mechanism of biomass immobilization on chitosan involves electrostatic interactions between the functional groups of such both materials. Biomass immobilized on chitosan (Chlo-Kit) showed the higher stability in acid medium than un-immobilized biomass. Adsorption of Cr(III) metal ion on Chlo-Kit occurred at optimum pH of 4-5 and followed well the Langmuir adsorption isotherm model. The adsorption capacity of Cr(III) on Chlo-Kit was 68.965 mg/g, about 91% higher than that on *Chlorella* biomass.

Keywords: adsorption, *Chlorella* biomass immobilized on chitosan, chromium(III)

PENDAHULUAN

Kromium merupakan jenis logam berat pencemar yang berbahaya karena akumulasi kromium dapat mengakibatkan kanker paru-paru, luka bernanah kronis serta kerusakan selaput tipis hidung. Keberadaan kromium dalam lingkungan perairan terutama sebagai limbah dari elektroplating, cat, tinta, penyamakan kulit, pewarnaan tekstil, dan buangan limbah cair industri kimia (Modrzejewska and Kaminsky, 1999). Beberapa teknik yang digunakan untuk mengambil maupun mengurangi kadar logam berat kromium dari buangan industri di akuatik antara lain dengan teknik pengendapan secara kimia, koagulasi, kompleksasi, ekstraksi pelarut, pemisahan dengan membran, pertukaran ion dan adsorpsi (Reddad *et al.*, 2003). Adsorpsi merupakan metode yang banyak dikembangkan untuk rekoverti logam berat dalam sistem perairan dikarenakan prinsip kerjanya yang relatif sederhana dengan biaya yang relatif murah.

Berbagai jenis biomassa telah diteliti untuk adsorpsi ion logam berat diantaranya adalah dari jenis bakteri (Hussein *et al.*, 2004), alga (Donmez and Aksu, 2002; Aksu, 2001; Gupta *et al.*, 2001; Singh *et al.*, 2001), fungi (Cabuk *et al.*, 2005; Bayramoglu *et al.*, 2002; Bai and Abraham, 2001; Gabriel *et al.*, 2001; Lacina *et al.*, 2003; Guanyu and Viraraghavan, 2000) dan khamir (Koumanova *et al.* dalam Bayramoglu, 2003). Metode biosorpsi mempunyai banyak keuntungan dibandingkan metode yang lain, karena : (1) biaya operasi rendah, (2) kelimpahan biomassa tinggi, (3) efektif diterapkan pada sistem larutan encer, dan (4) menghasilkan efluen yang minimum (Gupta *et al.*, 2000; Bayramoglu *et al.*, 2003).

Salah satu jenis biomassa mikroalga yang berpotensi dikembangkan untuk adsorpsi logam berat di lingkungan perairan adalah biomassa dari jenis mikroalga *Chlorella* sp (Aksu, 2001; Aksu and Donmez, 2006, Nacorda *et al.*, 2010). Situs aktif adsorpsi pada jenis mikroalga umumnya adalah karboksil, amina, imidazol, fosfat, sulfhidril, sulfat dan hidroksil (Fourest, 1996; Donmez and Aksu, 2002; Aksu, 2001; Gupta *et al.*, 2001; Singh *et al.*, 2001; Aksu and Donmez, 2006). Dari berbagai kemungkinan gugus aktif tersebut, karboksil dilaporkan memegang peran penting pada pengikatan ion logam (Doshi *et al.*, 2006; Kuyucak and Volesky, 1988).

Pemanfaatan biomassa mikroalga sebagai adsorben logam berat mempunyai keunggulan kompetitif dalam hal potensi, kelimpahan dan 'murah' namun pemanfaatan secara langsung mempunyai kelemahan dalam hal ukurannya sangat kecil, kekuatan mekanis rendah, serta penggunaan ulang yang terbatas sehingga diperlukan material pendukung untuk meningkatkan kekuatan mekanis biomassa. Salah satu material

pendukung yang dapat digunakan adalah kitosan. Kitosan mempunyai karakteristik unik antara lain dalam hal hidrofilitas, biodegradabilitas, biokompatibilitas, dan sifat non-toksik. Keutamaan kitosan terletak pada gugus $-NH_2$ dan $-OH$ yang dapat bertindak sebagai situs pengkhelat ion logam. Berbagai penelitian menunjukkan selektivitas dan kapasitas kitosan yang tinggi terhadap ion logam berat (Udaybhaskar, 1990; Ngah *and* Liang, 1999; Gao *et al.*, 2000; Guibal, 2004; Li *and* Bai, 2006, Rinaudo, 2006).

Kombinasi kedua jenis material adsorben menjanjikan stabilitas fisikokimia yang tinggi disertai peningkatan efektivitas adsorpsi sebagai bentuk kompleksasi antara gugus fungsional (ligan) dengan ion logam. Kitosan dan biomassa *Chlorella* merupakan jenis polisakarida alami yang mempunyai kemiripan struktur kimia penyusun utama, sehingga interaksi kitosan-biomassa diharapkan lebih efektif karena bio-kompatibilitasnya yang tinggi.

Berdasarkan pemaparan diatas, maka penelitian ini mempunyai dua tujuan. Tujuan pertama adalah preparasi adsorben biomassa *Chlorella* sp terimobilisasi pada kitosan. Adapun tujuan kedua adalah mengkaji karakteristik adsorben tersebut untuk adsorpsi kromium(III) dalam larutan.

METODE PENELITIAN

Peralatan analisis meliputi: Timbangan analitik (Mettler AE 160), spatula, labu ukur, gelas piala 100 mL, gelas ukur, pipet volum, pipet tetes, bol pipet, statip, siring, pengaduk magnet, labu semprot, pH meter, pH universal, corong plastik, oven, cawan porselin, alat penggerus (lumpang), ayakan ukuran 80 mesh (Resth), Spektrofotometer Inframerah (Shimadzu FTIR-Prestige 21), Spektrofotometer serapan atom (Perkin Elmer 3101).

Bahan analisis meliputi: Kitosan BM medium DD 85% (Sigma), CH_3COOH glasial (Merck), $CrCl_3 \cdot 5H_2O$ (Merck), akuades, akuabides, epiklorohidrin (Aldrich), NaOH (Merck), etanol pa, Na_2EDTA (Merck), kertas saring Whatman no. 42.

Preparasi biomassa *Chlorella* sp

Biomassa alga yang digunakan pada penelitian ini adalah mikroalga dari jenis *Chlorella* sp. Biomassa mikroalga diperoleh dari Balai Budaya Laut, Lampung. Biomassa dicuci beberapa kali menggunakan akuades dan dikeringkan hingga tercapai berat konstan. Agregat biomassa digerus untuk dan diayak dengan ukuran 80 mesh untuk dipergunakan lebih lanjut.

Preparasi biomassa terimobilisasi pada kitosan

Sebanyak 1,0 gram kitosan serbuk dilarutkan dalam 20 mL larutan asam asetat 2,5%, kemudian ditambahkan 1,0 gram biomassa kedalam gel dan diaduk selama 30 menit. Campuran heterogen dalam bentuk gel diubah menjadi bentuk *beads* dengan cara koagulasi pada campuran NaOH 2 M dan 5 tetes etanol. Butiran yang dihasilkan dicuci dengan akuades hingga netral dan dilakukan *crosslinking* menggunakan epiklorohidrin pada pH 10 selama 12 jam. Selanjutnya butiran dicuci bersih sampai netral, dan dikering anginkan hingga didapat berat konstan. Karakterisasi adsorben yang dihasilkan dilakukan dengan FT-IR dan SEM-EDAX.

Uji stabilitas biosorben

Penentuan stabilitas dilakukan dengan menghitung berat adsorben terlarut pada beberapa konsentrasi asam asetat. Sebanyak 0,1 gram biosorben diinteraksikan dengan 10 mL larutan asam asetat pada konsentrasi masing-masing 1%, 2,5% dan 5%. Interaksi dilakukan dengan cara pengadukan pada kecepatan 120 rpm selama 120 menit.

Karakterisasi adsorpsi kromium(III) pada Chlo-Kit

Uji pengaruh pH adsorpsi.

Pengaruh pH adsorpsi dilakukan dengan cara menginteraksikan sebanyak 0,05 gram biosorben Chlo-Kit dengan 10 mL larutan kromium(III) selama 60 menit pada variasi pH larutan 2-9. Pengaturan pH dilakukan dengan menambahkan larutan 0,01M HNO₃ atau 0,01M NaOH. Selanjutnya biosorben dipisahkan dengan cara penyaringan dan kandungan ion krom tersisa dalam larutan ditentukan secara spektrofotometri serapan atom. Ion krom yang terjerap pada biosorben ditentukan berdasarkan selisih konsentrasi sebelum dan sesudah adsorpsi melalui spektrofotometri serapan atom.

Penentuan isoterm adsorpsi.

Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan dengan cara menginteraksikan sebanyak 0,05 gram biosorben Chlo-Kit dengan 10 mL larutan ion Cr(III) logam pada waktu kontak 120 menit dan pH diatur 5 dengan konsentrasi ion logam yang divariasi pada kisaran 5-1000 mg/L. Selanjutnya adsorben dipisahkan dengan cara penyaringan dan kandungan logam sisa teradsorpsi ditentukan secara spektrofotometri serapan atom.

Penentuan kapasitas adsorpsi ion logam pada adsorben dilakukan menggunakan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir (Oscik, 1982) :

$$\frac{C_{eq}}{n} = \frac{1}{a_m K} + \frac{1}{a_m} C_{eq}$$

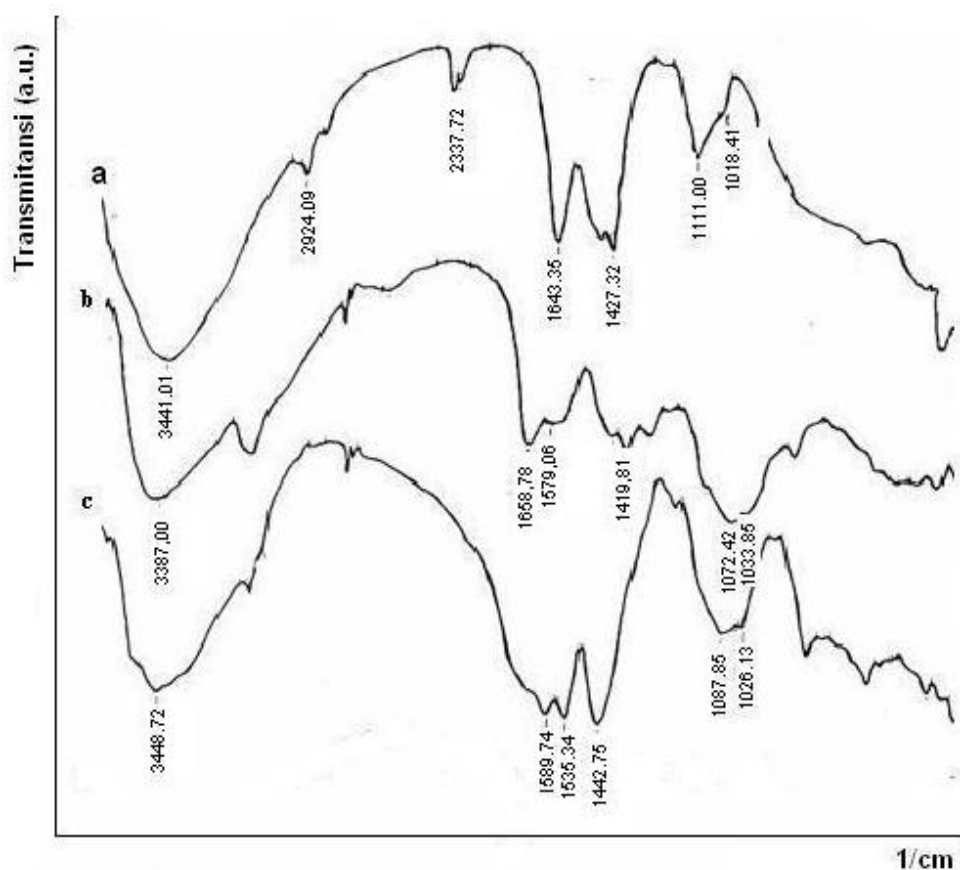
dengan C_{eq} adalah konsentrasi krom(III) pada kesetimbangan (mg/L), n adalah jumlah krom(III) teradsorpsi per gram biosorben (mg/g), a_m adalah kapasitas maksimum adsorpsi (mg/g) dan K adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi Langmuir (L/g).

PEMBAHASAN

Hasil karakterisasi Chlo-Kit

Biomassa *Chlorella* pada penelitian ini diimobilisasikan pada kitosan dalam bentuk gel. Kitosan terlebih dahulu dilarutkan dalam asam asetat untuk menata ulang susunan polimer kitosan. Pada proses pelarutan kitosan, sebagian ikatan hidrogen antar molekul putus dan membuat rantai polimer teregang, mengakibatkan pori-pori kitosan terbuka sehingga meningkatkan fleksibilitasnya untuk berinteraksi dengan gugus fungsional biomassa. Perubahan gugus fungsional biomassa *Chlorella*, kitosan *beads* dan Chlo-Kit yang dikarakterisasi melalui spektrofotometri FT-IR disajikan melalui Gambar 1.

Pada struktur kitosan terdapat gugus fungsi alkohol, amina, amida dan eter yang dapat terlibat dalam pembentukan ikatan hidrogen inter dan atau intra-molekular. Ikatan hidrogen tersebut berperan penting dalam menentukan keadaan padatan atau gel pada kitosan. Spektrum kitosan (Gambar 1b) memperlihatkan puncak-puncak antara lain pada bilangan gelombang 3387 cm^{-1} sebagai serapan karakteristik dari overlapping vibrasi O-H dan N-H stretching, pada bilangan gelombang 1658 cm^{-1} sebagai serapan karakteristik dari vibrasi C=O stretching dalam gugus amida; dan 1579 cm^{-1} merupakan vibrasi N-H bending dari gugus amina primer. Spektrum FT-IR dari biomassa *Chlorella* (Gambar 1a) memperlihatkan dua puncak serapan tajam pada bilangan gelombang 1643 cm^{-1} dan 1427 cm^{-1} . Puncak ini merupakan karakteristik vibrasi stretching simetri dan anti-simetri dari gugus karboksilat (Sastrohamidjojo, 1993; Doshi *et al.*, 2006). Pita-pita serapan yang lain ditunjukkan melalui puncak tajam dan lebar pada 3441 cm^{-1} (O-H stretching), 2924 cm^{-1} (stretching dari C-H alifatik) dan puncak 1111 cm^{-1} dan 1018 cm^{-1} (C-O stretching).

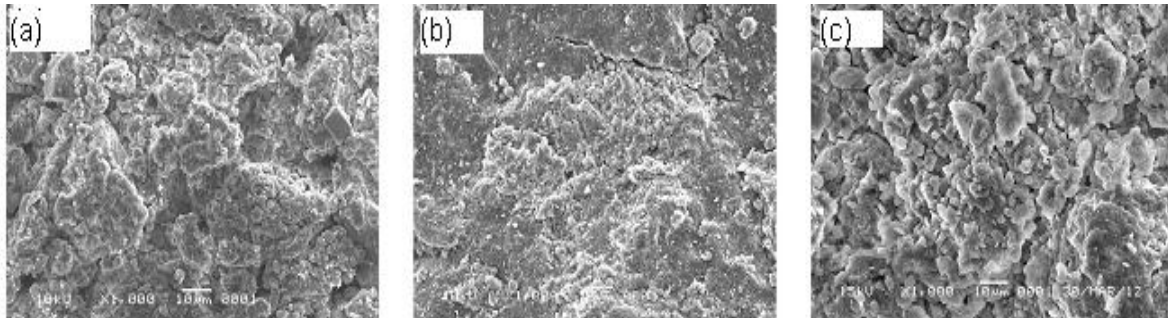


Gambar 1. Spektrum FT-IR dari (a) biomassa; (b) kitosan dan (c) biomassa terimobilisasi pada kitosan (Chlo-Kit).

Spektrum dari biomassa terimobilisasi pada kitosan (Gambar 1c) memperlihatkan karakteristik yang berbeda dibandingkan spektrum kitosan dan biomassa individual. Perubahan ini dapat diamati pada daerah sekitar $3500-3450\text{ cm}^{-1}$ dan $1650-1500\text{ cm}^{-1}$. Puncak serapan di bilangan gelombang 3450 cm^{-1} mengalami penurunan intensitas serapan yang mengindikasikan perusakan ikatan hidrogen dari kitosan dan pembentukan ikatan hidrogen baru antara kitosan-biomassa. Vibrasi stretching gugus karboksilat dari biomassa (Gambar 1a) bergeser dari 1643 cm^{-1} dan 1427 cm^{-1} masing-masing menjadi 1589 cm^{-1} dan 1442 cm^{-1} . Pergeseran dan penguatan pita serapan C=O dan C-O ini menunjukkan keterlibatan gugus karboksilat dari biomassa dalam berinteraksi dengan kitosan. Puncak serapan baru muncul di 1535 cm^{-1} yang merupakan vibrasi N-H bending dan dapat diindikasikan sebagai konfirmasi terbentuknya ion $-\text{NH}_3^+$. Berdasarkan hasil karakterisasi FT-IR pada biosorben Chlo-Kit hasil penelitian, diperkirakan bahwa imobilisasi biomassa *Chlorella* pada kitosan melibatkan interaksi elektrostatis antara gugus karboksilat pada biomassa dengan gugus amina terprotonasi pada kitosan. Hasil yang serupa didapatkan

oleh Liu *et al.* (2011) yang meneliti mekanisme interaksi kitosan dengan biomassa *Sargassum* serta Li and Bai (2006) yang meneliti pengikatan ion pada adsorben kitosan-selulosa.

Karakterisasi biosorben Chlo-Kit juga dilakukan menggunakan metode *Scanning Electron Microscopy* (SEM) untuk mengetahui gambaran dari morfologi permukaan biosorben dan hasilnya disajikan melalui Gambar 2.



Gambar 2. Foto SEM dari (a) biomassa, (b) kitosan, dan (c) Chlo-Kit.

Hasil SEM pada Gambar 2 memperlihatkan bahwa struktur morfologi permukaan biomassa terimobilisasi pada kitosan (Chlo-Kit) lebih padat dan kompak dibandingkan bahan dasar kitosan atau biomassa. Kitosan berperan sebagai material pendukung bagi biomassa sehingga mobilitas biomassa menjadi berkurang (immobil). Melalui proses imobilisasi, densitas adsorben yang dihasilkan lebih meningkat sehingga dapat diharapkan stabilitas Chlo-Kit juga meningkat.

Stabilitas fisiko-kimia biosorben Chlo-Kit

Salah satu parameter yang menunjukkan kualitas suatu jenis biosorben adalah stabilitas yang dimilikinya. Stabilitas atau kekuatan mekanis berkaitan dengan potensi aplikatif biosorben untuk pengolahan limbah cair industri mengandung logam berat yang umumnya bersifat sedikit asam. Hasil uji stabilitas biosorben Chlo-Kit dandai dalam beberapa konsentrasi asam asetat ditunjukkan melalui Tabel 1.

Tabel 1 memperlihatkan bahwa stabilitas biosorben *Chlorella* terimobilisasi pada kitosan (Chlo-Kit) lebih tinggi dibandingkan biomassa yang tidak diimobilisasi. Secara teoritis, imobilisasi membuat struktur biosorben menjadi lebih rigid sehingga kekuatan mekanisnya meningkat. Imobilisasi biomassa *Chlorella* pada kitosan mampu mengurangi

potensi disintegrasi biomassa terutama oleh perubahan keasaman larutan. Hasil ini didukung oleh hasil foto SEM adsorben seperti disajikan melalui Gambar 2, dimana biosorben Chlo-Kit menunjukkan morfologi yang lebih padat dibandingkan biomassa *Chlorella*.

Tabel 1. Persen berat Chlo-Kit dan biomassa *Chlorella* terlarut pada beberapa konsentrasi asam asetat

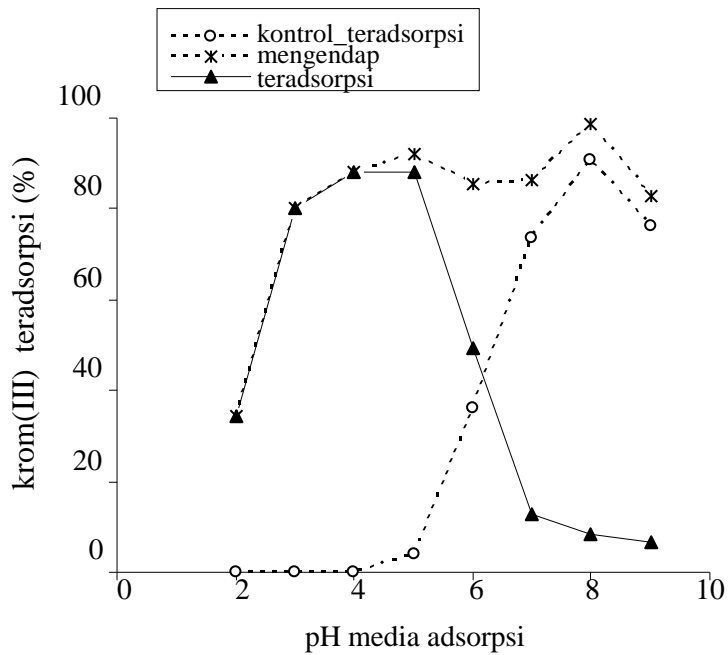
Adsorben	Konsentrasi Asam Asetat (% v/v)	Berat Adsorben Terlarut (%)
Biomassa <i>Chlorella</i> terimobilisasi pada kitosan (Chlo-Kit)	0	1,112
	1	5,980
	2,5	6,000
	5	6,827
Biomassa <i>Chlorella</i>	0	3,422
	1	8,012
	2,5	16,008
	5	18,016

Karakteristik adsorpsi krom(III) pada Chlo-Kit

Pengaruh pH adsorpsi. Keasaman media merupakan faktor penting dalam adsorpsi ion logam karena distribusi spesies kompleks ion logam yang berbeda pada pH larutan yang berbeda. Pada penelitian ini, pengaruh pH adsorpsi dilakukan dengan cara memvariasi pH medium adsorpsi pada kisaran 2-9. Pengaturan pH medium dilakukan dengan menambahkan larutan HCl atau NaOH 0,1M dan hasil penelitian disajikan melalui Gambar 3.

Berdasarkan profil pH pada Gambar 3, terlihat bahwa adsorpsi ion logam krom(III) pada Chlo-Kit meningkat dengan kenaikan pH dan mencapai kondisi optimum pada pH 4-5. Pada pH yang sangat asam, adsorpsi relatif rendah karena jumlah ion-ion H^+ dalam larutan sangat besar sehingga terjadi adsorpsi kompetitif dengan ion krom(III) untuk berikatan dengan situs aktif biosorben. Di sisi lain, pada pH di bawah 3 gugus-gugus fungsional pada biomassa dan kitosan terprotonasi menjadi spesies yang bermuatan positif sedangkan distribusi ion krom(III) juga didominasi oleh spesies kromium bermuatan positif Cr^{3+} dan $Cr(OH)_2^+$ (Sperling *et al.*, 1992) sehingga interaksi didominasi oleh tolakan elektrostatis antara adsorben-adsorbat. Dengan meningkatnya pH larutan, muatan parsial positif adsorben berkurang sehingga lebih banyak situs aktif yang dapat diakses

oleh ion krom(III) dan jumlah ion logam yang teradsorpsi meningkat hingga tercapai kondisi optimum pada pH 4-5.



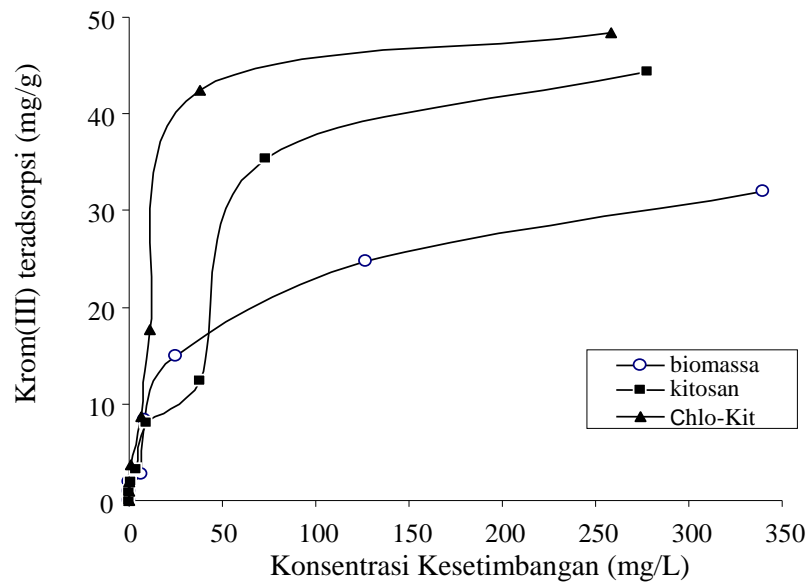
Gambar 3. Pengaruh pH terhadap adsorpsi krom(III) pada Chlo-Kit.

Pada pH yang tinggi (diatas 7), adsorpsi menurun dengan signifikan. Hal ini dikarenakan terjadinya tolakan elektrostatis antara spesies krom(III) yang negatif dengan situs aktif adsorben yang juga terdeprotonasi menjadi bermuatan negatif. Diatas pH 7,0 sebagian besar ion Cr(III) juga terendapkan sebagai Cr(OH)₃ dengan terlewatinnya harga K_{sp} Cr(OH)₃ dalam larutan, sehingga jumlah ion teradsorpsi berkurang dengan drastis. Pada pH yang tinggi, gugus hidroksida merupakan ligan yang lebih efektif dibandingkan gugus aktif karboksilat dan amina amina, sehingga ion logam lebih tertarik untuk berikatan dengan ligan hidroksida mengakibatkan proses pengendapan lebih dominan daripada proses adsorpsi dalam larutan.

Isoterm adsorpsi krom(III). Model isoterm adsorpsi digunakan untuk menentukan kapasitas adsorpsi dan menunjukkan korelasi antara aktifitas adsorbat dengan jumlah zat teradsorpsi pada temperatur konstan. Model isoterm Langmuir mengasumsikan bahwa permukaan adsorben adalah homogen dan besarnya energi adsorpsi ekuivalen untuk setiap situs adsorpsi. Adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya interaksi antara situs aktif adsorben dengan zat teradsorpsi dan hanya terjadi pada lapisan penyerapan tunggal

(monolayer) pada permukaan dinding sel adsorben (Oscik, 1982). Kurva isoterm adsorpsi krom(III) pada Chlo-Kit, biomassa *Chlorella* dan kitosan disajikan melalui Gambar 4.

Menurut Langmuir dalam Oscik (1982), pada permukaan adsorben terdapat sejumlah situs aktif yang proporsional dengan luas permukaan penyerapan. Dengan memperbesar konsentrasi ion yang dikontakkan sementara berat adsorben tetap, adsorpsi ion logam meningkat secara linear sampai konsentrasi tertentu. Bila situs adsorpsi telah jenuh dengan adsorbat, maka kenaikan konsentrasi relatif tidak meningkatkan jumlah zat teradsorpsi atau tercapai kondisi kesetimbangan adsorpsi-desorpsi.



Gambar 4. Isoterm adsorpsi krom(III) pada biomassa, kitosan dan Chlo-Kit.

Gambar 4 memperlihatkan bahwa terjadi peningkatan adsorpsi pada konsentrasi kesetimbangan sampai dengan sekitar 100 mg/L. Diatas konsentrasi tersebut, adsorpsi relatif tidak bertambah secara signifikan yang menandakan terjadi kesetimbangan adsorpsi-desorpsi. Perhitungan menggunakan persamaan isoterm adsorpsi Langmuir menghasilkan harga kapasitas maksimum adsorpsi seperti ditunjukkan melalui Tabel 2 .

Tabel 2. Kapasitas adsorpsi krom(III) pada biomassa, kitosan dan Chlo-Kit

Adsorben	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	R^2
Biomassa terimobilisasi pada kitosan (Chlo-Kit)	68,965	0,975
Biomassa <i>Chlorella</i>	36,101	0,980
Kitosan	49,751	0,957

Adsorpsi ion logam krom(III) pada ketiga jenis adsorben mengikuti dengan baik model isotherm adsorpsi Langmuir yang ditunjukkan dengan harga koefisien korelasi (R^2) dengan tingkat kepercayaan diatas 0,95. Hal ini mengindikasikan bahwa adsorpsi krom(III) pada biomassa *Chlorella*, kitosan dan Chlo-Kit terutama terjadi melalui mekanisme adsorpsi kimia pada permukaan monolayer adsorben. Tabel 1 juga memperlihatkan bahwa adsorpsi krom(III) pada Chlo-Kit meningkat lebih dari 90% dibandingkan pada biomassa *Chlorella* yang tidak terimobilisasi. Peningkatan kapasitas adsorpsi ini menunjukkan kontribusi dari kitosan. Pada proses adsorpsi, kitosan tidak hanya berperan sebagai material pendukung bagi biomassa *Chlorella* namun juga berperan dalam pengikatan ion logam krom(III). Situs-situs aktif yang dimiliki oleh kitosan (amina dan hidroksil) dikenal sebagai ligan yang mempunyai kemampuan sangat baik dalam mengikat ion logam terutama dari golongan transisi seperti krom(III). Imobilisasi biomassa *Chlorella* pada kitosan menghasilkan biosorben Chlo-Kit yang menunjukkan peningkatan kapasitas untuk adsorpsi ion krom(III) sebagai bentuk sinergi situs-situs aktif dari masing-masing biomassa dan kitosan.

KESIMPULAN

Biosorben dari bahan dasar biomassa mikroalga *Chlorella* sp terimobilisasi pada kitosan (Chlo-Kit) telah berhasil dibuat untuk adsorpsi ion kromium(III) dalam larutan. Biosorben Chlo-Kit dibuat melalui metode pelarutan kitosan dalam asam asetat, imobilisasi biomassa pada kitosan hidrogel, pembentukan *beads* dan pengikatan silang adsorben menggunakan epiklorohidrin.

Imobilisasi biomassa pada kitosan diperkirakan melibatkan mekanisme interaksi elektrostatik antara gugus amina terprotonasi dari kitosan dengan gugus karboksilat dari biomassa sehingga stabilitas biosorben Chlo-Kit yang dihasilkan meningkat dibandingkan biomassa *Chlorella* tidak terimobilisasi. Adsorpsi krom(III) pada Chlo-Kit terjadi secara optimum pada pH optimum 4-5 dan mengikuti dengan baik model isotherm adsorpsi Langmuir. Perhitungan nilai kapasitas adsorpsi menunjukkan bahwa adsorpsi krom(III) pada Chlo-Kit berlangsung lebih efektif sebagai bentuk sinergi gugus-gugus fungsional pada biomassa dan kitosan dengan nilai a_m sebesar 68,965 mg/g dibandingkan pada kitosan ($a_m = 49,751$ mg/g) dan pada biomassa tidak terimobilisasi ($a_m = 36,101$ mg/g).

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian yang didanai oleh Ditjen Dikti melalui skim Penelitian Hibah Bersaing Tahun 2012-2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Aksu, Z., 2001, Equilibrium and Kinetic Modelling of Cadmium(II) Biosorption by *C.vulgaris* in a Batch System : Effect of Temperature, *Separation and Purification Technology*, vol. 21, pp. 285-294.
- Aksu, Z., and Donmez, G., 2006, Binary Biosorption of Cadmium(II) and Nickel(II) Onto Dried *Chlorella vulgaris*: Co-ion Effect On Mono-Component Isotherm parameters, *Process Biochemistry*, vol. 41, pp. 860-868.
- Bai, R.S., and Abraham, E., 2001, Biosorption of Cr(VI) from Aqueous Solution by *Rhizopus nigricans*, *Bioresource Technology*, vol. 79, pp. 73-81.
- Bayramoglu, G., Denizli, A., Bektas, S., and Arica, M.Y., 2002, Entrapment of *Lentinus Sajor Caju* into Ca-alginate Gel Beads for Removal of Cd(II) Ions from Aqueous Solution : Preparation and Biosorption Kinetic Analysis, *Microchemistry Journal*, vol. 72, pp. 63-76.
- Bayramoglu, G., Bektas, S., and Arica, M.Y., 2003, Biosorption of Heavy Metal Ions on Immobilized White-Rot Fungus *Trametes versicolor*, *Journal of Hazardous Materials*, vol. 101, pp. 285-300.
- Donmez, G.C., and Aksu. Z., 2002, Removal of Chromium(VI) from Saline Wastewaters by *Dunaliella* Species, *Process Biochemistry*, vol. 38, pp. 751-762.
- Doshi, H., Ray, A., Kothari, I.L., and Gani, B., 2006, Spectroscopic and Scanning Electron Microscopy Studies of Bioaccumulation of Pollutants by Algae, *Current Microbiology*, vol. 33, no. 2, pp. 148-157.
- Fourest, E., and Volesky, B., 1996, Contribution of Sulfonate and Alginate Groups to Heavy Metal Biosorption, *Environmental Science and Toxicology*, vol. 30, pp. 277-288.
- Gabriel, J., Baldrian, P., Hladikova, K., and Hakova, M., 2001, Copper Sorption by Native and Modified Pellets of Wood-Rotting Basidiomycetes, *Letters in Applied Microbiology*, vol. 32, pp. 194-198.
- Gao, Y., Lee, K.H., Oshima, M., and Motomizu, S., 2000, Adsorption Behaviour of Metal Ions on Cross-linked Chitosan and The Determination of Oxoanions After Pretreatment with a Chitosan Column, *Analytical Science*, vol. 16, pp. 1303-1308.
- Guangyu, Y., and Viraraghavan, T., 2000, Effect of Pretreatment on The Bioadsorption of Heavy Metals on *Mucor rouxii*, *Water. SA*, vol. 26, no. 1, pp. 119-123.
- Guibal, E., 2004, Interactions of Metal Ions With Kitosan-based Sorbents : A Review, *Separation and Purification Technology*, vol. 38, pp. 43-74.

- Gupta, V.K., Shrivastava, A.K., and Jain, N., 2001, Biosorption of Chromium(VI) from Aqueous Solutions by Green Algae *Spirogyra* Species, *Water Resource*, vol. 35, no. 17, pp. 4079-4085.
- Gupta, R., Ahuja, P., Khan, S., Saxena, R.K., and Harapriya, M., 2000, Microbial Biosorbents: Meeting Challenges of Heavy Metal Pollution in Aqueous Solutions, *Current Science*, vol. 78, no. 8, pp. 967-972.
- Hussein, H., Ibrahim, S.F., Kandeel, K., and Moawad, H., 2004, Biosorption of Heavy Metals From Waste Water Using *Pseudomonas* sp, *Environmental Biotechnology*, vol. 17, no. 1, pp. 1-7.
- Kuyucak, N., and Volesky, B., 1988, Biosorbents for Recovery of Metals From Industrial Solutions, *Biotechnology Letters*, vol. 10, pp.137-142.
- Lacina, C., Germain, G., and Spiros, A.N, 2003, Utilization of Fungi for Biotreatment of Raw Wastewater, *African Journal of Biotechnology*, vol. 2, no. 12, pp. 620-630.
- Li, N., and Bai, R., 2006, Development of Chitosan-Based Granular Adsorbents for Enhanced And Selective Performance in Heavy Metal Removal, *Water Science Technology*, vol. 54, pp. 103-111.
- Liu, H., Yang, F., Zheng, Y., Kang, J., Qu, J., and Chen, J.P., 2011, Improvement of Metal Adsorption Onto Chitosan/Sargassum sp. Composite Sorbent by An Innovative Ion-Imprint Technology, *Water Resource*, vol. 45, pp. 145-154.
- Modrzejewska, Z., and Kaminsky, W., 1999, Separation of Cr(VI) on Chitosan Membranes, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, vol. 38, pp. 4946-4950.
- Nacorda, J.O.O., Martinez-Goss, M.R., and Torreta, N.K., 2010, Bioremoval and Bioreduction of Chromium(VI) by The Green Microalga, *Chlorella vulgaris* Beij., Isolated From Laguna De Bay, Philippines, *Phillipine Journal of Science*, vol. 139, no. 2, pp. 181-188.
- Ngah, W.S., and Liang, K.H., 1999, Adsorption of Gold(III) Ions onto Chitosan and N-Carboxymethyl Chitosan: Equilibrium Studies, *Industrial and Engineering Chemistry Research*, vol. 10, pp. 3164-3167.
- Oscik, J., 1982, *Adsorption*, Ellis Horwood ltd, Chichester, England.
- Reddad, Z., Gerente, C., Andres, Y., Thibault, J.F., and Cloirec, L.P., 2003, Cadmium and Lead Adsorption by Natural Polysaccharide in MF Membrane Reactor Experimental Analysis and Modeling, *Water Research*, vol. 37, pp. 3983-3991.
- Rinaudo, M., 2006, Chitin and Kitosan : Properties And Applications, *Progress in Polymer Science*, vol. 31, pp. 603-632.
- Sastrohamidjojo, H., 1992, *Spektroskopi Inframerah*, Penerbit Liberty, Yogyakarta.
- Singh, S., Rai, B.N., and Rai, L.C., 2001, Ni(II) and Cr(VI) Sorption Kinetics by *Mycrocystis* in Single and Multimetallic System, *Process Biochemistry*, vol. 36, pp. 1205-1213.

Sperling, M., Zu, S., and Weiz, B., 1992, Determination of Chromium(III) And (VI) in water using Flow Injection On-Line Preconcentration With Selective Adsorption on Activated Alumina and Flame Atomic absorption Spectrometric Determination, *Analytical Chemistry*, vol. 64, pp. 3101-3108.

Udaybhaskar, P., Iyenger, L., and Prabhakar, R.J., 1990, Hexavalent Chromium Interaction With Chitosan, *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 39, pp. 739-747.