

INTERAKSI ION Pb^{2+} PADA BIOMASSA FITOPLANKTON LAUT *Tetraselmis chuii*

Pb²⁺ Ion Interaction on Biomass marine phytoplankton Tetraselmis chuii

TIURLINA SIREGAR

Universitas Cenderawasih
Jalan Raya Sentani Abepura - Jayapura 99358
Telp. (0967) 572108 Fax. (0967) 572102
e-mail: tiurlina.siregar@yahoo.com

SARI

Penelitian ini dilakukan untuk (1) menguji kelayakan biomassa *Tetraselmis chuii* dijadikan sebagai biosorben penyerap ion Pb^{2+} dalam lingkungan tercemar (2) menentukan kondisi interaksi optimum biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii* serta (3) menentukan pengaruh parameter seperti variasi waktu interaksi, pH dan konsentrasi ion Pb^{2+} . Metode yang digunakan adalah *Spektrofotometer Serapan Atom* (SSA). Persamaan orde satu dan dua digunakan untuk penentuan kinetika biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii*. Hasil percobaan menunjukkan waktu interaksi ion Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii* adalah 5 menit. Mekanisme reaksi biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa fitoplankton laut *T. chuii* mengikuti reaksi orde dua. Persamaan isothermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk penentuan isothermal biosorpsi ion Pb^{2+} pada biosorben tersebut. Hasilnya menunjukkan bahwa biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii* memenuhi persamaan isothermal Freundlich. Harga kapasitas biosorpsi (k) adalah 6,9279 mg/g. Kapasitas biosorpsi ion Pb^{2+} paling tinggi diperoleh biomassa *T. chuii* pada pH 4. Gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa fitoplankton laut *T. chuii* adalah: -OH, -CN, S=S, M-S dan M-N.

Kata kunci: biosorpsi, ion Pb^{2+} , isothermal Langmuir, isothermal Freundlich, *Tetraselmis chuii*

ABSTRACT

The research objectives are (1) examining the feasibility of *T. chuii* biomass which was made as a biosorbent to absorb Pb^{2+} ion in the polluted environment, (2) determining the optimum condition of Pb^{2+} biosorption by *T. chuii* biomass and (3) determining several parameters that influence the tests such as variation of interactive time, pH and Pb^{2+} concentration. The method used was the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The equation rates of the Pseudo-first and Pseudo-second orders were used to determine the kinetics biosorption of Pb^{2+} ion by *T. chuii* biomass. The result of the research shows that the interaction time of Pb^{2+} ion by *T. chuii* biomass was 5 minutes. The biosorption of Pb^{2+} ion toward the *T. chuii* marine phytoplankton biomass followed the pseudo-second order. Isothermal Langmuir and Freundlich equations were used to determine the isothermal biosorption of Pb^{2+} ion on the biosorbent. The result indicates that the biosorption of Pb^{2+} ion by *T. chuii* biomass fulfilled the Freundlich's isothermal equation; the biosorption capacity (k) was 6,9279 mg/g. The highest biosorption capacity of Pb^{2+} ion was successively obtained from *T. chuii* biomass at pH 4. The function groups involved in the biosorption process of Pb^{2+} ion were : -OH, -CN, S=S, M-S dan M-N.

Keywords: biosorption, Pb^{2+} ion, isothermal Langmuir, isothermal Freundlich, *Tetraselmis chuii*

PENDAHULUAN

Meningkatnya aktivitas di berbagai sektor menyebabkan bertambahnya jumlah dan jenis pencemar yang masuk ke dalam perairan laut, sehingga sistem menjadi tercemar. Hal tersebut dapat menurunkan daya guna perairan laut. Pencemaran perairan oleh logam berat bukan merupakan suatu masalah baru yang mengancam kesejahteraan manusia. Hal ini terjadi karena laut telah lama dipandang sebagai tempat akhir yang cocok untuk pembuangan limbah. Logam berat tersebut terakumulasi di dalam lingkungan khususnya lingkungan perairan yang dapat membahayakan kehidupan organisme dan kehidupan manusia.

Kesadaran publik terhadap bahaya air limbah yang mengandung logam berat di masa sekarang telah meningkat. Timbal (Pb) merupakan salah satu unsur logam berat yang penting bagi manusia tetapi memiliki dampak negatif jika melebihi nilai ambang batas yaitu 0,05 mg/L, batas toleransi logam timbal dalam tubuh (Goyal, dkk. 2002). Oleh karena itu, dibutuhkan teknik atau metode untuk menghilangkan logam-logam tersebut. Salah satu cara yang digunakan adalah dengan teknik biosorpsi. Biosorpsi merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan penghilangan logam berat dari larutannya dalam air melalui pengikatan aktif maupun pasif pada biomassa tumbuhan atau mikroorganisme yang hidup maupun tidak hidup. Proses ini merupakan mekanisme penghilangan yang terkontrol secara metabolik ataupun non metabolik. Proses biosorpsi ini dapat terjadi karena adanya material biologi yang disebut biosorben dan adanya larutan yang mengandung logam berat (dengan afinitas yang tinggi) sehingga mudah terikat pada biosorben (Putra dan Putra, 2006).

Berbagai penelitian tentang biosorpsi logam berat oleh biomassa alga sebagai biosorben logam berat seperti biomassa alga *Cystoseira baccata* menunjukkan bahwa alga tersebut mampu menyerap logam dengan cepat yaitu sekitar 0,9 mmol/g (101 mg/g) untuk kadmium (II) pada pH 4,5 (Lodeiro dkk, 2006). Biosorpsi Cu(II), Fe(II), Ni(II), dan Zn(II) oleh biomassa *Phormidium lamonisum* untuk larutan logam tunggal dan biner berlangsung sangat cepat yang merupakan fasa tunggal. Selain itu penelitian Raya dkk (2004) menyebutkan bahwa fitoplankton dapat dijadikan sebagai biosorben terhadap ion logam Cu (II).

Menurut Baun (2008) dan Klaassen dkk (2001), mekanisme biosorpsi melibatkan pembentukan

kompleks logam dengan protein dalam sel sehingga logam dapat terakumulasi dalam sistem sel tanpa mengganggu pertumbuhannya. Pada konsentrasi logam yang tinggi, akumulasi tersebut dapat menghambat pertumbuhan sel karena sistem perlindungan organisme tidak mampu mengimbangi efek toksisitas logam. Interaksi fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dengan ion Pb²⁺ dalam medium cair menunjukkan kapasitas yang relatif cukup besar (Pahmi, 2005). Berkaitan dengan uraian di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kinetika interaksi ion logam Pb²⁺ oleh biomassa fitoplankton laut *Tetraselmis chuii*.

METODOLOGI

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari alat-alat gelas yang umum digunakan, pengaduk magnet (*magnetic stirrer*), Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Bulk Scientific Model 205 VGP, oven model SPNISOSFD, neraca digital Ohaus model NO AP110, ayakan ukuran 100-200 mesh dan FT-IR model SHIMADZU 820 1 PC, Pengerian beku (*Freeze dryer*). Adapun bahan yang digunakan adalah biomassa *Tetraselmis chuii* kering, akuades, HNO₃, Pb(NO₃)₂, kertas pH universal dan kertas saring Milipore.

Prosedur Penelitian

Penyiapan Biosorben *Tetraselmis chuii*

Fitoplankton uji yang digunakan adalah spesies *Tetraselmis chuii*, berasal dari kultur murni pada BRP-BAP Maros. Untuk memperoleh biomasanya, dilakukan dengan cara kulturisasi di akuarium 60 L. Biomassa diperoleh setelah membiarkan fitoplankton selama 1-2 hari tanpa penambahan nutrisi. Fitoplankton yang mati akan turun ke dasar akuarium, kemudian airnya dibuang. Biomassa yang diperoleh dicuci dengan akuades untuk menghilangkan kadar garamnya. Untuk mempertahankan komponen penyusun membran fitoplankton, pengeringan dilakukan dalam pengeringan beku (*freeze dryer*) selama 48 jam. Biomassa fitoplankton yang diperoleh digerus pada lumpang porselin, kemudian diayak dengan ukuran lolos saringan 100 mesh tetapi tidak lolos 200 mesh. Biomassa *Tetraselmis chuii* tersebut kemudian digunakan dalam percobaan kinetika (variasi waktu) dan eksperimen lainnya.

Pembuatan larutan standar timbal (Pb)

Pada penelitian ini larutan Pb dibuat dari senyawa Pb(NO₃)₂. Larutan induk Pb dibuat dengan cara menimbang 1,5985 g Pb(NO₃)₂ dalam *beaker glass*, kemudian dipindahkan ke dalam labu ukur 1000 mL. Setelah itu menambahkan akuades sampai volume tanda batas. Selanjutnya, 125 mL larutan induk Pb²⁺ 1000 ppm dipipet dan diencerkan dengan akuades sampai volume 250 mL untuk membuat larutan standar 500 ppm.

Penentuan waktu optimum biosorpsi ion Pb²⁺

Untuk mengamati pengaruh waktu kontak ion Pb²⁺ pada biomassa fitoplankton, 75 mg biomassa fitoplankton dimasukkan ke dalam 25 mL Pb²⁺ 10 ppm pada pH 5. Campuran kemudian dikocok dengan pengaduk magnet selama 5 menit dan disaring dengan kertas saring *Whatman Filter glass microfibre*. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA pada panjang gelombang maksimum 283,2 nm untuk logam Pb. Penelitian dilakukan dengan variasi waktu pengocokan berturut-turut 5, 10, 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Larutan hasil penyaringan diukur konsentrasi ion logam Pb²⁺ dengan SSA pada panjang gelombang maksimum.

Konsentrasi yang diabsorpsi untuk tiap waktu dihitung dari :

$$C_{\text{biosorpsi}} = (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}) \dots \dots \dots (1)$$

Banyaknya ion-ion logam yang teradsorpsi (mg) per gram biosorben ditentukan menggunakan persamaan

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{M} \dots \dots \dots (2)$$

- q_e : jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/g)
- C_o : konsentrasi ion logam sebelum biosorpsi (mg/L)
- C_e : konsentrasi ion logam setelah biosorpsi (mg/L)
- V : volume larutan ion logam (L)
- M : Jumlah biosorben, biomassa fitoplankton laut *Tetraselmiss chunii* (g)

Waktu optimum adalah waktu dengan konsentrasi teradsorpsi (C_{biosorpsi}) terbesar.

Kinetika biosorpsi dapat dipelajari dengan menggunakan persamaan orde satu semu. Persamaan diferensialnya sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \dots \dots \dots (3)$$

q_e dan berturut-turut merupakan jumlah ion Pb²⁺ yang diadsorpsi (mg/g) pada kesetimbangan dan pada waktu tertentu, t (menit), merupakan tetapan laju orde satu semu (menit⁻¹). Hasil interaksi memberikan persamaan:

$$\dots \dots \dots (4)$$

yang merupakan laju orde satu semu. Persamaan ini dapat ditulis sebagai:

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \dots \dots \dots (5)$$

Nilai-nilai tetapan laju, k₁, kapasitas biosorpsi dalam keadaan setimbang, q_e, koefisien korelasi, R₁², dihitung dari plot versus t.

Data kinetika juga dapat diolah dengan model kinetika orde dua semu. Persamaan diferensialnya adalah sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \dots \dots \dots (6)$$

k₂ adalah tetapan laju orde satu semu (g/mg.min). Integrasi persamaan (8) menghasilkan:

$$\frac{1}{q_e - q_t} = \frac{1}{q_e} + k_2 t \dots \dots \dots (7)$$

yang merupakan persamaan laju orde dua semu. Persamaan ini dapat ditulis dalam bentuk linier sebagai berikut:

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots \dots \dots (8)$$

jika kinetika orde dua semu dipenuhi, plot t/q_t versus t akan menghasilkan garis lurus.

Penentuan pH optimum biosorpsi

Serbuk fitoplankton laut *Tetraselmiss chunii* sebanyak 75 mg dimasukkan ke dalam 25 mL larutan timbal dengan konsentrasi 10 ppm dan pH 2. Campuran kemudian dikocok dengan pengaduk magnet selama waktu optimum pada suhu kamar dan disaring dengan kertas saring *Whatman Filter glass microfibre*. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA pada panjang gelombang maksimum. Percobaan kemudian diulangi dengan variasi pH 3, 4, 5, 6 dan 7 . pH optimum adalah pH dengan konsentrasi teradsorpsi (C_{biosorpsi}) terbesar .

Penentuan kapasitas biosorpsi

Serbuk fitoplankton laut *T. chuii* sebanyak 75 mg dimasukkan ke dalam 25 mL larutan timbal dengan konsentrasi 5, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm. Tiap-tiap campuran dikocok dengan pengaduk magnet selama waktu optimum dan pH optimum setelah itu disaring dengan kertas saring Whatman *Filter glass microfibre*. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA.

Kapasitas biosorpsi dihitung dari persamaan Freundlich $[\log(x/m) = \log k + 1/n(\log C)]$ atau persamaan Langmuir $\left(\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_o b} + \frac{C_e}{Q_o}\right)$ dengan mengalurkan

$\log(x/m)$ terhadap $\log C$ untuk persamaan Freundlich atau C_e/Q_e terhadap C_e untuk persamaan Langmuir. Dari *intercept* persamaan Freundlich diperoleh nilai k (kapasitas biosorpsi) dan dari kemiringan persamaan Langmuir dapat diperoleh nilai Q_0 yang berhubungan dengan kapasitas biosorpsi.

Identifikasi gugus fungsional biosorben menggunakan Spektrofotometer Inframerah

Sebanyak ± 1 mg percontoh masing-masing biosorben dibuat pelet menggunakan KBr kering sebanyak ± 300 mg, hasil pelet masing-masing biosorben selanjutnya dianalisis menggunakan alat spektrofotometer inframerah Shimadzu model FTIR 820IP.

HASIL DAN PEMBAHASAN

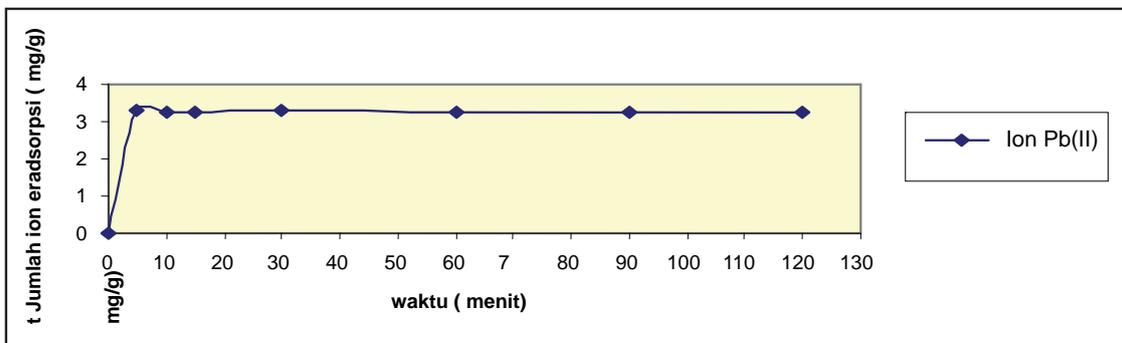
Hasil penelitian analisis biomassa *T.chuii* dalam mengadsorpsi ion Pb²⁺ didasarkan atas waktu pengadukan, pH dan kapasitas biosorpsi ion Pb²⁺.

Pengaruh Waktu Pengadukan

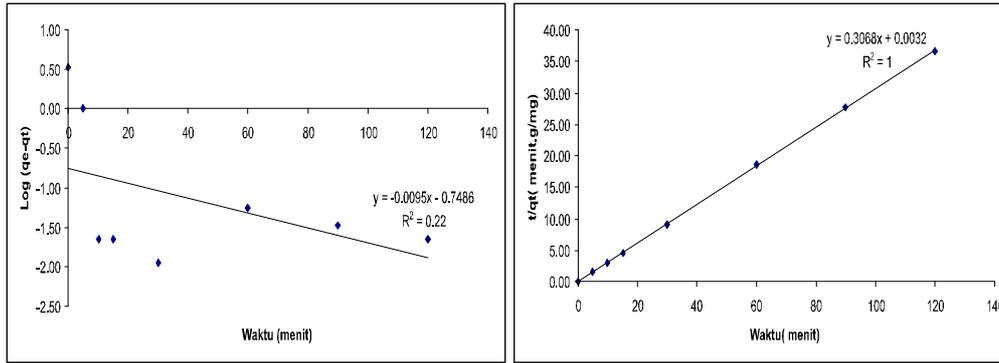
Waktu pengadukan terhadap biosorpsi ion Pb²⁺ oleh biosorben *T.chuii* ditentukan dengan menghitung jumlah ion Pb²⁺ yang teradsorpsi sebagai fungsi waktu. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1. Data menunjukkan bahwa pada waktu pengadukan 5 menit, biosorben *T. chuii* mampu mengikat ion Pb²⁺ sebanyak 3.29 mg/g. Nilai ini menurun pada waktu pengadukan 10 menit dengan jumlah ion yang diadsorpsi sebesar 3,27 mg/g. Biosorpsi ion Pb²⁺ kemudian sedikit meningkat pada waktu pengadukan 30 menit sebanyak 3,28 mg/g.

Jumlah ion Pb²⁺ terlarut yang diadsorpsi akan mencapai batas maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa *T.chuii* telah jenuh hingga tidak memungkinkan terjadi biosorpsi yang besar lagi terhadap ion Pb²⁺. Berdasarkan data dan grafik hasil biosorpsi ion Pb²⁺ oleh biomassa *T.chuii*, nampak bahwa variasi pengadukan memengaruhi penyerapan ion Pb²⁺ oleh biomassa *T.chuii*. Hal ini dapat dihubungkan dengan spesies ion Pb²⁺ dalam larutan seperti ion Pb(OH)⁺, Pb(OH)₂, Pb(OH)₃, dan Pb(OH)₄²⁻. Mungkin dalam pengadukan tersebut terbentuk salah satu spesies ion timbal yang dapat diadsorpsi oleh biomassa *T.chuii*. Waktu pengadukan optimum biosorpsi ion Pb²⁺ oleh biomassa *T.chuii* adalah 5 menit sehingga waktu kontak ini digunakan untuk penelitian selanjutnya.

Untuk mengetahui model kinetika biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T.chuii* digunakan persamaan orde satu semu dan persamaan orde dua semu. Dengan membandingkan nilai kuadrat terkecil, maka pola biosorpsi yang sesuai dapat diperoleh. Model kinetika biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T. chuii* dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Grafik pengaruh waktu pengadukan terhadap jumlah ion Pb²⁺ yang teradsorpsi pada biosorben *T.chuii*



Gambar 2. Model kinetika biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T. Chuii*.

Nilai biosorpsi Pb²⁺ oleh *T. chuii* pada kesetimbangan (q_e) yang diperoleh dari persamaan orde satu adalah 0.1784mg/g. Nilai ini sangat berbeda bila dibandingkan dengan data yang diperoleh secara eksperimen sebesar 3,29 mg/g. Selain itu, nilai koefisien korelasi (R^2) yang diperoleh adalah (0,22 ; 1) untuk *T. chuii*. Nilai ini lebih kecil dari angka satu sehingga dapat dikatakan bahwa biosorpsi ion Pb²⁺ oleh biomassa *T. chuii* bukan merupakan reaksi orde satu.

Menggunakan persamaan reaksi orde dua, maka kurva hubungan antara nilai t/q terhadap t diperoleh seperti terlihat pada Tabel 1. Nilai konstanta reaksi orde dua (k_2), kapasitas biosorpsi (q_e) dan koefisien korelasi (R^2) dari kurva reaksi orde dua ini dibandingkan dengan reaksi orde satu. Nilai koefisien korelasi pada reaksi orde dua sebesar 1, sehingga, dapat dikatakan bahwa kinetika reaksi biosorpsi ion Pb²⁺ pada biomassa *T. chuii* mengikuti orde dua. Hal ini ditunjang oleh nilai q_e yang diperoleh dari percobaan 3,29 mg/g untuk *T. chuii* yang hampir sama dengan q_e yang diperoleh dari persamaan reaksi orde dua.

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa biosorpsi ion logam berat oleh alga terjadi melalui dua mekanisme yaitu penyerapan secara fisika atau kimia

ke dalam permukaan alga sebelum penyerapan secara biologi ke dalam sel. Mekanisme secara fisika atau kimia merupakan biosorpsi pasif terjadi sangat cepat sedangkan mekanisme secara biologi atau biosorpsi secara aktif terjadi sangat lambat. Proses biosorpsi ion Pb²⁺ ini pada biomassa *T.chuii* hanya terjadi pada permukaan sel saja, karena fungsi biologisnya tidak aktif lagi.

Pengaruh pH

Pengaruh pH terhadap biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T.chuii* diperlihatkan pada Gambar 3. Data tersebut menunjukkan bahwa ion Pb²⁺ yang diadsorpsi pada pH 2 adalah 3,20 mg/g. Jumlah yang diadsorpsi oleh biomassa *T.chuii* ini terus meningkat hingga mencapai nilai optimum pada pH 4 yaitu sebesar 3,30 mg/g. Perubahan yang terjadi tidak signifikan perbedaannya. Hal ini menunjukkan terjadinya biosorpsi fisika. Terlihat jelas bahwa biosorpsi ion Pb²⁺ terjadi pada suasana asam dan menunjukkan bahwa pH berperan dalam penyerapan ion Pb²⁺ dari larutan dengan menggunakan biomassa *T.chuii*. Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa ketergantungan biosorpsi ion logam pada pH berhubungan erat dengan gugus fungsi yang ada pada permukaan biomassa maupun ion-ion logam yang ada dalam larutan. Pada kondisi lingkungan yang

Tabel 1. Perbandingan konstanta reaksi orde satu dan orde dua biosorpsi ion Pb²⁺ pada biomassa *T. Chuii*.

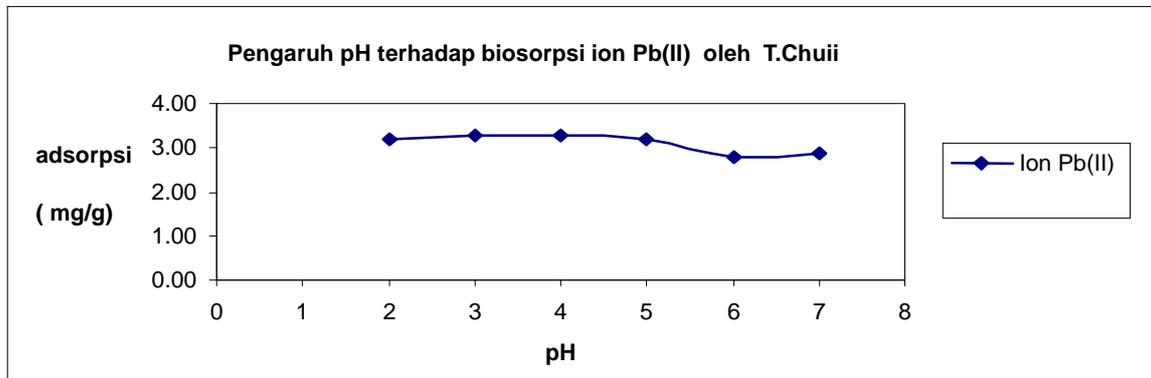
Ion	Orde Satu			Orde dua			q_e Percobaan (mg/g)
	k_1 (menit ⁻¹)	q_e (mg/g)	R^2	k_2 (g/menit.mg)	q_e (mg/g)	R^2	
<i>T. chuii</i>							
Pb ²⁺	0.02259	0.1784	0.22	29.4204	32,595	1	3,29

sangat asam, biosorben dan ion logam lebih bermuatan positif sehingga terjadi tolakan elektrostatik (Davis dkk., 2003). Penurunan pH menyebabkan meningkatnya kompetisi antara ion hidrogen dengan ion logam. Sebaliknya meningkatnya nilai pH (berkurangnya ion H⁺) menyebabkan kompetisi berkurang sehingga pengambilan ion logam oleh biosorben menjadi meningkat. Pengaruh pH pada pengambilan ion logam oleh biomassa dihubungkan dengan proses asosiasi dan disosiasi beberapa gugus fungsi, seperti gugus karboksilat dan gugus hidroksil yang ada pada biosorben yang dapat bertindak sebagai ligan dan menyokong terjadinya reaksi dengan ion Pb²⁺ pada kondisi yang terlalu asam (pH rendah), muatan di sekitar permukaan sel akan lebih bermuatan positif, sehingga menghambat interaksi gugus fungsi dengan ion logam. Sebaliknya, meningkatnya pH menyebabkan interaksi yang lebih kuat antara *ligand* dengan ion logam hingga terjadi kesetimbangan. Berdasarkan Gambar 3 dapat dikatakan bahwa pada biomassa *T.chuii* pH optimum untuk penyerapan ion Pb²⁺ adalah 4. pH ini digunakan pada penelitian selanjutnya.

Kapasitas Biosorpsi Ion Pb²⁺

Kapasitas biosorpsi merupakan hubungan antara kesetimbangan konsentrasi zat terlarut dalam larutan dan kesetimbangan zat terlarut dalam biosorben pada temperatur konstan. Kapasitas biosorpsi dapat ditentukan dari data jumlah ion Pb²⁺ yang diadsorpsi. Data pengaruh konsentrasi awal terhadap jumlah ion yang diadsorpsi diberikan pada Tabel 2. Data menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi awal, makin besar ion yang teradsorpsi. Kapasitas biosorpsi dapat diketahui dengan membuat grafik konsentrasi kesetimbangan (C_e) vs jumlah ion yang teradsorpsi.

Gambar 4 menunjukkan bahwa jumlah ion yang diadsorpsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi sampai tercapai kejenuhan biosorben. Pada penelitian ini, keadaan biosorben jenuh oleh adsorbat belum tercapai karena jumlah ion yang diadsorpsi masih tetap meningkat dengan naiknya konsentrasi. Untuk itu kapasitas biosorpsi akan ditentukan dari isoterma biosorpsi menurut model Langmuir atau Freundlich. Isoterma Langmuir dan



Gambar 3. Grafik pengaruh pH terhadap jumlah ion Pb²⁺ yang diadsorpsi oleh biomassa *T.chuii*

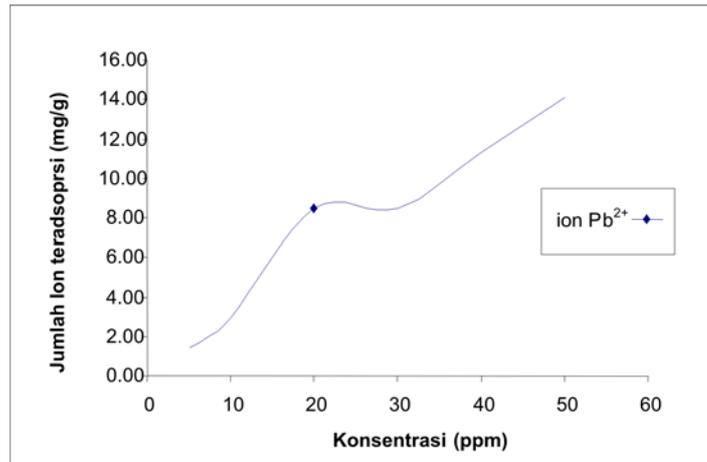
Tabel 2. Jumlah ion Pb²⁺ yang diadsorpsi oleh biomassa *T. chuii*

C ₀	C _e	q _e atau x/m (mg/g)	C ₀	C _e	q _e atau x/m (mg/g)
5	0.8	1.4	5	1.1	1.3
10	1.27	2.91	10	2	2.67
20	1.3	6.23	20	3.87	5.38
30	4.5	8.5	30	5.57	8.14
40	6	11.33	40	7	11
50	7.83	14.06	50	8.3	13.9

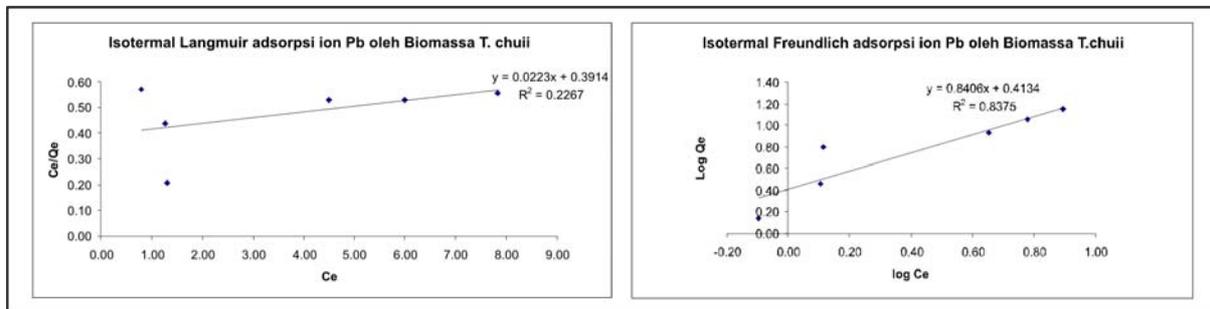
Freundlich untuk biosorpsi ion Pb^{2+} oleh *T. chuii* diberikan pada Gambar 5.

Tabel 3 menunjukkan bahwa biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii* memenuhi persamaan Freundlich. Berdasarkan nilai tetapan Freundlich yang berhubungan dengan kapasitas biosorpsi (k), kemampuan *T. chuii* dalam mengadsorpsi ion-ion ini

menurun. Kapasitas biosorpsi ion Pb^{2+} adalah 44.8431 mmol/g : 6.9279 mmol/g pada *T. chuii*. Karena nilai n berada antara 1-10, maka biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii* cukup baik dan signifikan. Penentuan jenis biosorpsi didasarkan pada energi bebas Gibbs (-), dan data energi biosorpsi Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii* dapat dikategorikan sebagai biosorpsi kimia sebesar 5,037 kJ/mol.



Gambar 4. Kurva hubungan konsentrasi kesetimbangan (C_e) dan jumlah ion yang teradsorpsi (q_e) oleh biomassa *T. chuii*



Gambar 5. Isotermal Langmuir dan Freundlich biosorpsi ion Pb^{2+} oleh biomassa *T. chuii* (waktu pengadukan 5 menit, pH 4)

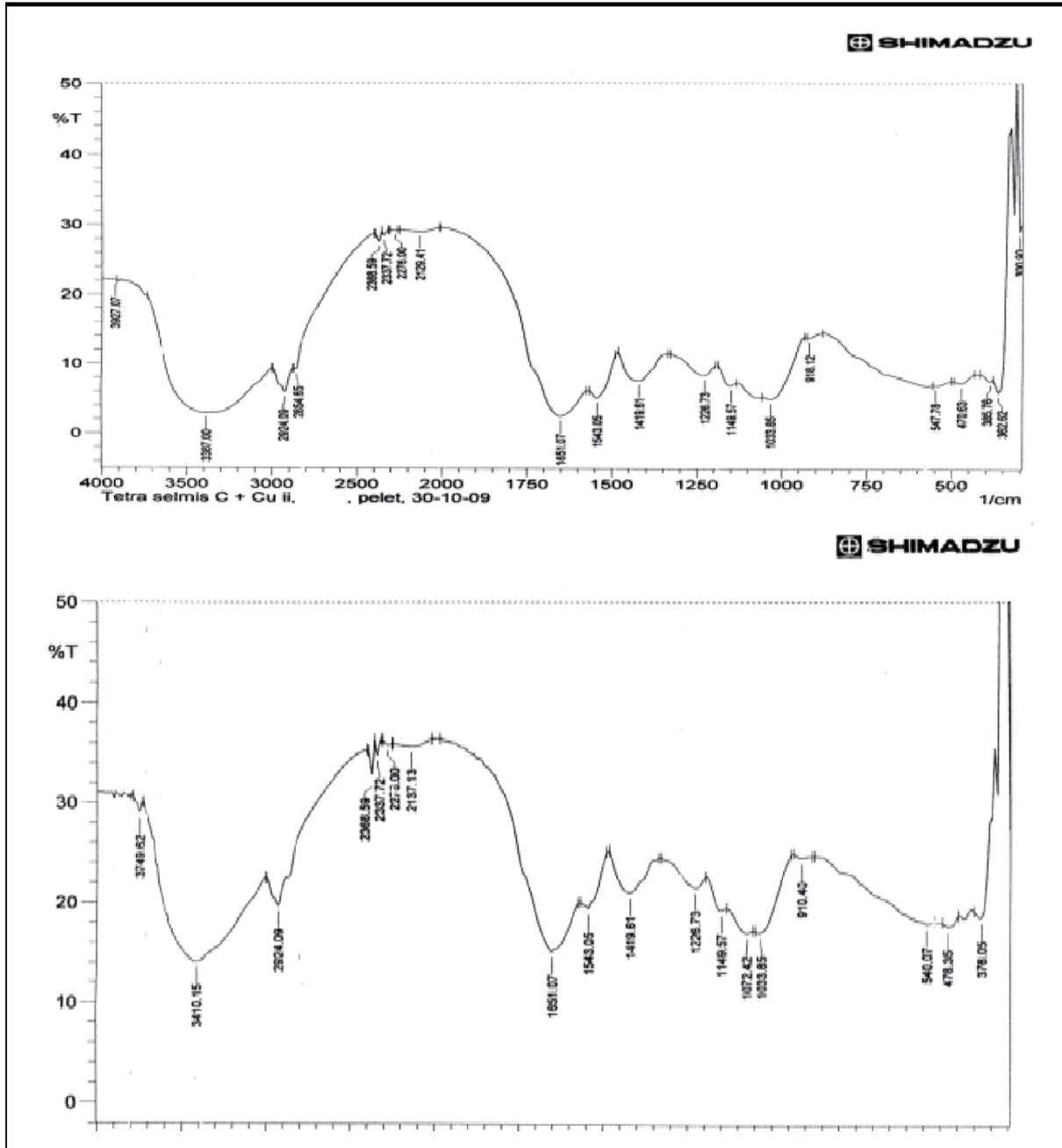
Tabel 3. Parameter biosorpsi ion-ion Pb^{2+} oleh *T. chuii* yang dihitung menggunakan isotermal Langmuir dan isotermal Freundlich

Ion logam	Model Langmuir		R^2	Freundlich		R^2
<i>T. chuii</i>						
	Q_0 a(mmol/g)	b		K (mmol/g)	n	
Pb^{2+}	44,8431	0,0570	0,026	6,9279	2,4189	0,8375

Identifikasi Gugus Fungsional Biomassa dengan FTIR

Biomassa diduga mempunyai gugus-gugus fungsional sebagai berikut: hidroksil(-OH) dari -COOH dan SiOH, -metilen(-CH₂), karbonil(-CO), Imina (-NH) dan Amina (-NH₂), atom N dan O dari peptida. Untuk mengklarifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat pada biomassa *T. chuii* yang diinteraksikan

dengan ion Pb^{2+} , maka dilakukan identifikasi gugus fungsional menggunakan metode spektroskopi infra merah yang merupakan metode baku untuk mengidentifikasi gugus fungsional yang terdapat pada suatu zat. Hasil analisis spektra infra merah (IR) untuk biomassa *T. chuii* dengan paparan ion Pb^{2+} terlihat pada Gambar 6 dan data pita serapan terlihat pada Tabel 4



Gambar 6. Hasil analisis spektra Infra merah biomassa *T.chuii* dengan penyerapan Ion Pb^{2+}

Tabel 4. Data spektra Infra-Merah (IR) biomassa *Tetracelmis chuii* yang berinteraksi dengan ion Pb²⁺

No.	$\bar{\nu}$ (cm ⁻¹) Blanko	Gugus fungsi	$\bar{\nu}$ (cm ⁻¹) + Pb ²⁺	Keterangan	Gugus fungsi yang mungkin
1	300.9			Hilang	N kompleks
2	362.62	M-N		Hilang	N terganggu
3	385.76	M-S	378.05	Geser	Pb-S
4	470.63	S-S	478.35	Geser	S kompleks
5	547.78	C-Cl	540.07	Geser	C-Cl
6	918.12	N-O	910.4	Geser	N terganggu
7	1033.85	S=O	1033.85	Tetap	
8			1072.42	Muncul	S=O
9	1149.57	CO ₃ ²⁻	1149.57	Tetap	Tidak ada interaksi
10	1226.73	CO ₃ ²⁻	1226.73	Tetap	Tidak ada interaksi
11	1419.61	-OH	1419.61	Tetap	C=O, pasangan elektron untuk interaksi
12	1543.05	-O-C=O	1543.05	Tetap	
13	1651.07	C=C	1651.07	Tetap	Tidak terjadi interaksi
14	2129.41		2137.13	Tetap	Untuk Pb N terganggu, tetapi Cr tidak
15	2276	C-N	2276	Tetap	
16	2337.72		2337.72	Tetap	
17	2368.59		2368.59	Tetap	
18	2854.65	0		Hilang	
19	2924.09	0	2924.09	Tetap	Tidak ada gangguan
20	3387	O-H	3410.15	Geser	••• H-O-Cr
21	3927.07		3749.62	Geser	
\sum_{peak}	20		18		

Berdasarkan Gambar 6 dan Tabel 4 kolom 2; ada 20 (dua puluh) pita serapan yang dapat memberikan petunjuk analisis beberapa gugus fungsi yang ada pada biomassa *T. chuii* yaitu: vibrasi ulur gugus O-H teridentifikasi dengan munculnya serapan pada angka 3387 cm⁻¹. Sederetan pita serapan sedang yang muncul pada daerah 2924,09 cm⁻¹ dan 2854,65 cm⁻¹ memberikan keterangan yang jelas adanya gugus metilen (-CH₂) dan metil (-CH₃). Pita serapan yang muncul pada 2276 cm⁻¹ mengindikasikan adanya gugus C-N. Vibrasi ulur gugus C = C muncul dengan pita yang paling tajam pada serapan 1651,07 cm⁻¹. Serapan yang muncul pada bilangan gelombang 1543,05 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi tekukan -O-C=O, sedangkan serapan pada bilangan gelombang 1419,61 cm⁻¹ menunjukkan adanya tekukan O-H dan tekukan CO₃²⁻ muncul pada serapan gelombang 1226,73 cm⁻¹. Serapan pada angka gelombang 1033,85 cm⁻¹ dan 918,12 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi ulur S=O dan N-O. Sederetan pita-pita pada serapan 547,78 cm⁻¹, 470,63 cm⁻¹, 385,6 cm⁻¹ dan 362,62 cm⁻¹ menunjukkan adanya gugus C-Cl, S-S, M-S dan M-N. Jadi biomassa

T. chuii mengandung gugus : O-H, -CH₂,-CH₃,C-N,C=C -O-C=O, CO₃²⁻, S=O, N-O, M-S dan M-N.

Berdasar analisis data Tabel 4 kolom 4 dan kolom 6 dapat dinyatakan bahwa puncak yang muncul dari identifikasi infra merah pada *T. chuii* setelah diinteraksikan ion Pb²⁺ terdapat 18 puncak. Terdapat 1 (satu) pita yang muncul setelah interaksi dengan Pb²⁺ pada kondisi mati yakni pada pita serapan 1072.42 cm⁻¹. Hal ini menunjukkan adanya persamaan antara interaksi ion Pb²⁺ dengan *T. chuii* pada kondisi mati. Persamaan respon tersebut kemungkinan disebabkan adanya hasil metabolit sekunder yang diproduksi oleh *T. chuii* untuk mengatasi kondisi lingkungan yang tidak menguntungkan akibat pengaruh timbal dan kromium.

Pita serapan yang muncul ini menunjukkan adanya ion logam baru (Pb) yang terdeteksi serta terganggunya atom S dan O pada gugus fungsi berturut-turut S-S dan -OH dengan cara pengikatan yang berbeda yakni

kemungkinan ion Pb²⁺ berikatan langsung dengan S dan atom O dalam gugus fungsi –OH digantikan dengan atom Pb. Pita serapan yang tidak berubah (tetap) baik untuk interaksi dengan ion Pb²⁺ adalah gugus CO₃²⁻, -O-C=O, C=C, -CH₂, -CH₃. Hal ini kemungkinan karena CO₃²⁻, dan -O-C=O termasuk kategori basa kuat sehingga interaksi dengan ion Pb sebagai asam lemah tidak menimbulkan perubahan. Adapun gugus fungsi C=C meskipun termasuk kategori basa lemah, tetapi pada strukturnya terletak di sebelah dalam atom pengikat sehingga cukup sukar untuk terpengaruh oleh ion Pb²⁺. Sedangkan gugus -CH₂ dan -CH₃ yang terdeteksi kemungkinan masih adanya molekul sisa yang belum terikat yang mengandung gugus fungsi -CH₂ dan -CH₃.

Bilangan gelombang yang mengalami pergeseran terutama dari gugus fungsi yang mengandung atom S, O dan N yang kemungkinan terbentuk ikatan Pb-S, S kompleks, N kompleks atau perubahan struktur -OH. Perbedaan antara ikatan Pb terhadap fitoplankton kondisi mati terutama dari intensitas pita serapannya. Jadi, gugus fungsi pada *T. chuii* yang potensial berperan dalam proses biosorpsi ion Pb²⁺ adalah: -OH, C-N, S=O, N-O, S-S, M-S dan M-N. Dari reaksi antara ion Pb²⁺ dengan gugus hidroksil merupakan reaksi kompleks yang terjadi melalui ikatan koordinasi. Ion Pb²⁺ berinteraksi dengan pasangan elektron bebas atom oksigen pada gugus hidroksil.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Waktu interaksi optimum biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T. chuii* adalah 5 menit. Kinetika biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T. chuii* mengikuti persamaan orde dua, tetapan laju biosorpsi (k₂) ion tersebut oleh *T. chuii* adalah 29,4204 g/menit. pH interaksi optimum biosorpsi ion Pb²⁺ oleh biomassa *T. chuii* adalah 4.

Biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T. chuii* memenuhi persamaan Isotermal Freundlich dengan kapasitas biosorpsi (k) ion-ion Pb²⁺ oleh *T. chuii* sebesar 6,9279 mg/g. Gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion Pb²⁺ oleh *T. chuii* adalah: -OH, -CN, S=S, M-S dan M-N

Saran

Masih perlu dilakukan penelitian dengan parameter yang lain seperti pengaruh suhu, kecepatan pengadukan, jumlah biosorben yang digunakan serta melakukan penelitian desorpsi ion Pb²⁺ oleh biomassa fitoplankton ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Baun, A., 2008. *Toxicity and bioaccumulation of xenobiotic organic compounds*. Elsevier B.V. All rights reserved.
- Davis, T. A., B. Volesky, and Mucci, A., 2003. A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae, *Wat. Res.*, 37(4311-4330).
- Goyal, N., Jain, S.C. dan Banerjee, U.C., 2002. Comparative studies on microbial adsorption of heavy metal, *advances in Environmental Research*, 7, 311-319.
- Klaassen, C.D., Amdur, N.O., and Doull, J., 2001. *Toxicologi the basic science of poison*, 6th Edition, The MacMillan Publishing. Company., New York.
- Lodeiro, P. ; Herrero, R. and Sastre de Vincente, M.E. 2006. The use of protonated sargassum muticum as biosorbent for cadmium and chromium removal in fixed-bed column. *Journal of Hazardous Material B137*: 244-23.
- Pahmi, H., 2005. *Interaksi fitoplankton Chaetoceros calcitrans terhadap ion logam Pb(II) untuk mengatasi logam berat di perairan*, Skripsi tidak dipublikasikan, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Putra, S.E. dan Putra, J.A., 2006. *Bioremoval : metode alternatif untuk menanggulangi pencemaran logam berat*. 9 (online), (www.chemis.try.org?sect=artikel&ext=95-34k; diakses 20 Agustus 2008).
- Raya, I., Hala, Y. dan Ilham, A., 2004. Kajian reaksi fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* dengan Ion Cu(II) dalam lingkungan perairan laut, Laporan tidak diterbitkan, FMIPA, Universitas Hasanuddin.