

# KAJIAN BIOMASSA FITOPLANKTON LAUT *Tetraselmis chuii* PADA PENYERAPAN ION $\text{Cr}^{6+}$

Tiurlina Siregar\*, dan Yomima Agnes Bonay\*\*

\*Universitas Cenderawasih, Jalan Raya Abepura, Kampus UNCEN Jayapura-Papua,  
\*\*)SMAN 5 Jayapura,Papua.

## Abstrak

Telah dilakukan penelitian untuk (1) menguji kelayakan biomassa *T. chuii* dijadikan sebagai adsorben dalam menyerap ion  $\text{Cr}^{6+}$  dalam lingkungan yang tercemar (2) menentukan kondisi interaksi optimum adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  pada biomassa *T. chuii* serta menentukan beberapa pengaruh parameter seperti variasi waktu interaksi, pH dan konsentrasi. Metode yang digunakan adalah *Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)*. Persamaan orde satu dan orde dua digunakan untuk penentuan kinetika adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii*. Waktu interaksi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* adalah 5 menit. Adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  terhadap biomassa fitoplankton laut *T. chuii* mengikuti orde dua. Persamaan Isotermal Langmuir dan Freundlich digunakan untuk penentuan isotermal adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  pada adsorben tersebut. Hasil menunjukkan bahwa adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* memenuhi persamaan isotermal Freundlich; harga kapasitas adsorpsi(k) dan intensitas adsorpsi(n) berturut-turut adalah 2,4189L/g; 0,8678 L/g. Kapasitas adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  paling tinggi diperoleh biomassa *T. Chuii* pada pH 2

Kata kunci: adsorpsi; ion  $\text{Cr}^{6+}$ ; isotermal Langmuir; Isotermal Freundlich; SSA; *Tetraselmis chuii*;

## Pendahuluan

Indonesia memiliki banyak perairan laut. Pada satu sisi laut merupakan tempat hidup berbagai biota laut, tetapi pada sisi lain, laut merupakan tempat terakhir dari pembuangan limbah akibat pencucian atmosfer oleh air hujan yang dialirkan melalui sungai. Meningkatnya aktivitas manusia di berbagai sektor menyebabkan bertambahnya jumlah dan jenis pencemar yang masuk ke dalam perairan laut. Hal tersebut dapat menurunkan daya guna perairan laut.

Masalah pencemaran merupakan salah satu dampak negatif dari kemajuan bidang industri dan domestik. Limbah industri jika tidak ditangani dengan baik akan menyebabkan dampak bagi lingkungan yang dapat mempengaruhi kehidupan manusia maupun organisme-organisme yang hidup di sekitarnya. Bahan pencemar logam berat yang biasanya berasal dari industri selain bersifat racun bagi organisme perairan, juga dapat terakumulasi dalam tubuh ikan (Darmono, 1995)

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 yang dihasilkan manusia. Logam berat tersebut terakumulasi di dalam lingkungan khususnya lingkungan perairan yang dapat membahayakan kehidupan organisme dan kehidupan manusia.

Kromium merupakan logam yang sangat banyak penggunaannya dalam industri penyepuhan, karena daya tahan terhadap korosi pada permukaan logam. Bentuk yang paling umum adalah kromium bervalensi enam ( $\text{Cr}^{6+}$ ) dan sebagian besar dihasilkan dari proses industri sangat berbahaya bagi kesehatan manusia (Lodeiro dkk, 2006). Penggunaan logam kromium yang beraneka ragam menyebabkannya logam tersebut dari limbah industri dan alam sehingga menimbulkan pencemaran lingkungan karena kromium berada di atmosfer, tanah dan perairan. Jadi potensi keberadaannya dalam perairan sangat besar.

Kesadaran publik telah meningkat terhadap bahaya air limbah yang mengandung logam berat dimasa sekarang ini telah meningkat. Kromium yang merupakan salah satu unsur logam berat yang penting bagi manusia ternyata memiliki dampak negatif jika memiliki

nilai ambang batas yaitu 0,05 mg/L, batas toleransi logam kromium dalam tubuh (Goyal, 2002). Oleh karena itu, dibutuhkan teknik atau metode untuk menghilangkan logam-logam tersebut. Salah satu cara yang digunakan yaitu dengan teknik biosorpsi.

Biosorpsi merupakan kemampuan material biologi untuk mengakumulasi logam berat melalui media metabolisme. 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 di antaranya biomassa macroalga *Cystoseira baccata* sebagai biosorben untuk  $\text{Cr}^{6+}$  menunjukkan bahwa *Cystoseira baccata* 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 sangat cepat yang terdiri atas fasa tunggal (Blanco dkk, 1998). Penelitian Raya dkk(2004) menyebutkan bahwa fitoplankton dapat dijadikan sebagai biosorben terhadap ion logam Cu (II).

Seperti halnya organisme lain memiliki mekanisme perlindungan terhadap logam yang bersifat racun untuk mempertahankan kehidupannya. Menurut Connel (1990) dan Klaassen dkk, (1986) bahwa mekanisme perlindungan ini 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  $\text{Cr}^{6+}$  dalam medium conwy cair menunjukkan kapasitas yang relatif cukup besar (Pahmi, 2005), sedangkan dalam penelitian Astri (2008) menunjukkan bahwa konsentrasi ion  $\text{Cr}^{6+}$  dalam filtrat mengalami penurunan yang drastis setelah pemaparan ion  $\text{Cr}^{6+}$ . Proses ini disebut biosorpsi. Biosorpsi merupakan istilah yang digunakan untuk menjelaskan penghilangan logam berat dari larutannya dalam air melalui pengikatan pasif pada biomassa tumbuhan atau mikroorganisme yang tidak hidup. Proses ini menunjukkan bahwa mekanisme penghilangan tidak terkontrol secara metabolik (Davis dkk, 2003) Berkaitan dengan uraian di atas, penelitian tentang kinetika interaksi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  oleh

biomassa fitoplankton laut *Tetraselmis chuii* dilakukan.

## Metode

### Alat dan bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : alat-alat gelas yang umumnya 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*). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biomassa *Tetraselmis chuii* kering, akuades,  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ , kertas pH universal dan kertas saring Milipore.

### Prosedur Kerja

#### *Penyiapan Biosorben Tetraselmis chuii*

Fitoplankton uji yang digunakan yaitu 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* digunakan dalam eksperimen kinetika (variasi waktu) dan eksperimen lainnya.

#### Pembuatan Larutan Standar

Krom (Cr) Untuk pembuatan larutan baku  $\text{Cr}^{6+}$  1000 ppm dibuat dengan melarutkan 2,8297 gram  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  ditimbang kemudian dilarutkan dengan sedikit  $\text{HNO}_3$  selanjutnya ditambahkan dengan akuades dalam labu ukur 1000 mL .

#### Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi ion $\text{Cr}^{6+}$ oleh biomassa Fitoplankton laut *T.chuii*

Untuk mengamati pengaruh waktu kontak ion  $\text{Cr}^{6+}$  pada biomassa fitoplankton, 75 mg biomassa fitoplankton dimasukkan ke dalam 25 mL  $\text{Cr}^{6+}$  10 ppm pada pH 5. Campuran kemudian dikocok dengan stirer 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 Cr 357,9 nm. Percobaan kemudian

diulangi dengan variasi waktu pengocokan berturut-turut 10, 15, 30, 45, 60, 90, dan 120 menit. Larutan hasil penyaringan lalu diukur konsentrasi ion logam  $\text{Cr}^{6+}$  dengan SSA pada panjang gelombang maksimum. Konsentrasi yang diadsorpsi untuk tiap waktu dihitung dari :

$$C_{\text{adsorpsi}} = (C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}})$$

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

$$q_e = \frac{(C_o - C_e)V}{M} \dots\dots\dots(4)$$

dimana

$q_e$  : jumlah ion logam yang teradsorpsi (mg/g)

$C_o$  : konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/L)

$C_e$  : konsentrai ion logam setelah adsorpsi ( mg/L)

$V$  : volume larutan ion logam (L)

$M$  :Jumlah adsorben, biomassa fitoplankton laut *Tetraselmis chuii* (g)

Waktu optimum adalah waktu dimana konsentrasi teradsorpsi ( $C_{\text{adsorpsi}}$ ) terbesar.

Kinetika adsorpsi dapat dipelajari dengan menggunakan persamaan orde satu semu. Persamaan diferensial adalah sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_1(q_e - q_t) \dots\dots\dots(5)$$

dimana  $q_e$  dan  $q_t$  berturut-turut merupakan jumlah ion  $Pb^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  yang diadsorpsi (mg/g) pada kesetimbangan dan pada waktu tertentu,  $t$  ( menit),  $k_1$  merupakan tetapan laju orde satu semu ( $menit^{-1}$ ). Hasil interaksi memberikan persamaan:

$$\log \frac{q_e}{q_e - q_t} = \frac{k_1}{2.303} t \dots\dots\dots(6)$$

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

$$\log(q_e - q_t) = \log q_e - \frac{k_1}{2.303} t \dots\dots\dots(7)$$

Nilai-nilai tetapan laju,  $k_1$ , kapasitas adsorpsi dalam keadaan setimbang,  $q_e$ , koefisien korelasi,  $R_1^2$ , dihitung dari plot  $\log(q_e - q_t)$  versus  $t$ . Data kinetika juga dapat diolah dengan model kinetika orde dua semu. Persamaan diferensial adalah sebagai berikut:

$$\frac{dq_t}{dt} = k_2(q_e - q_t)^2 \dots\dots\dots(8)$$

dimana  $k_2$  adalah tetapan laju orde satu semu (  $g/mg.min$ ). Integrasi persamaan (8) menghasilkan:

$$\frac{1}{q_e - q_t} = \frac{1}{q_e} + k_2 t \dots\dots\dots(9)$$

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

$$\frac{t}{q_t} = \frac{1}{k_2 q_e^2} + \frac{1}{q_e} t \dots\dots\dots(10)$$

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

**1. Penentuan pH Optimum Biosorpsi ion  $Cr^{6+}$  oleh biomassa Fitoplankton laut *T. chunii* dan *C. calcitrans***

Serbuk fitoplankton laut *Tetraselmis chunii* sebanyak 75 mg dimasukkan ke dalam 25 mL larutan timbal dan kromium dengan konsentrasi 10 ppm dan pH 2. Campuran kemudian dikocok dengan stirer 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 dimana konsentrasi teradsorpsi ( $C_{adsorpsi}$ ) terbesar .

**2. Penentuan Kapasitas adsorpsi ion  $Cr^{6+}$  oleh biomassa fitoplankton laut *T. chunii***

Serbuk fitoplankton laut *T. chunii* sebanyak 75 mg dimasukkan ke dalam 25 mL larutan kromium dengan konsentrasi 5, 10, 20, 30, 40, dan 50 ppm.

Tiap-tiap campuran dikocok dengan stirer magnet selama waktu optimum dan

pH optimum setelah itu disaring dengan kertas saring Whatman Filter glass microfibre. Absorbansi filtrat diukur dengan SSA.

Kapasitas adsorpsi dihitung dari persamaan Freundlich

$$[\log(x/m) = \log k + 1/n(\log C)] \text{ atau persamaan}$$

$$\text{Langmuir} \left( \frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{Q_o b} + \frac{C_e}{Q_o} \right)$$

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

### Hasil dan Pembahasan

Hasil penelitian analisis biomassa *T.chuii* dalam mengadsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  di dasarkan atas waktu pengadukan, pH dan kapasitas adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$ .

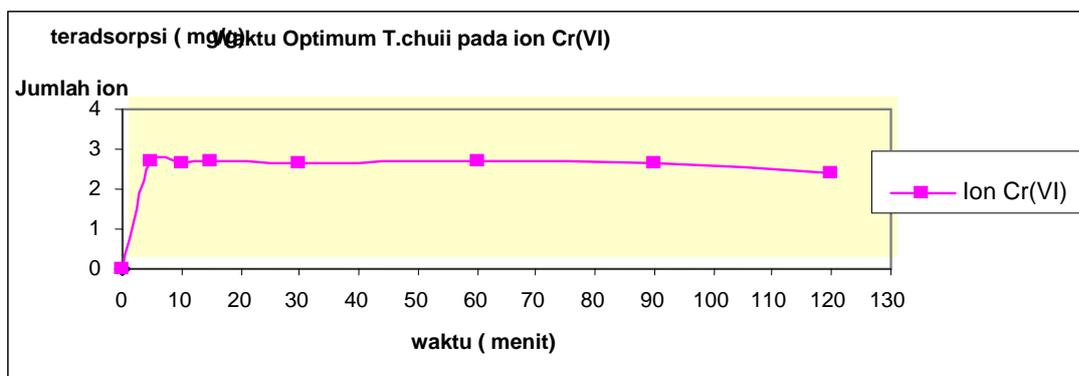
#### 1. Pengaruh Waktu Pengadukan terhadap Biosorpsi Ion $\text{Cr}^{6+}$

Freundlich diperoleh nilai  $k$  (kapasitas biosorpsi dan dari kemiringan persamaan Langmuir dapat diperoleh nilai  $Q_0$  yang berhubungan dengan kapasitas biosorpsi.

### 3. Identifikasi Gugus Fungsional Adsorben dengan menggunakan Spektrofotometer Inframerah

Sebanyak  $\pm 1$  mg sampel masing-masing adsorben dibuat pelet menggunakan KBr kering sebanyak  $\pm 300$  mg, hasil pelet masing-masing adsorben selanjutnya dianalisis menggunakan alat spektrofotometer inframerah Shimadzu model FTIR 820IP.

Waktu pengadukan adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh adsorben *T.chuii* ditentukan dengan menghitung jumlah ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang teradsorpsi sebagai fungsi waktu. Data hasil pengukuran dapat dilihat pada Gambar 1.

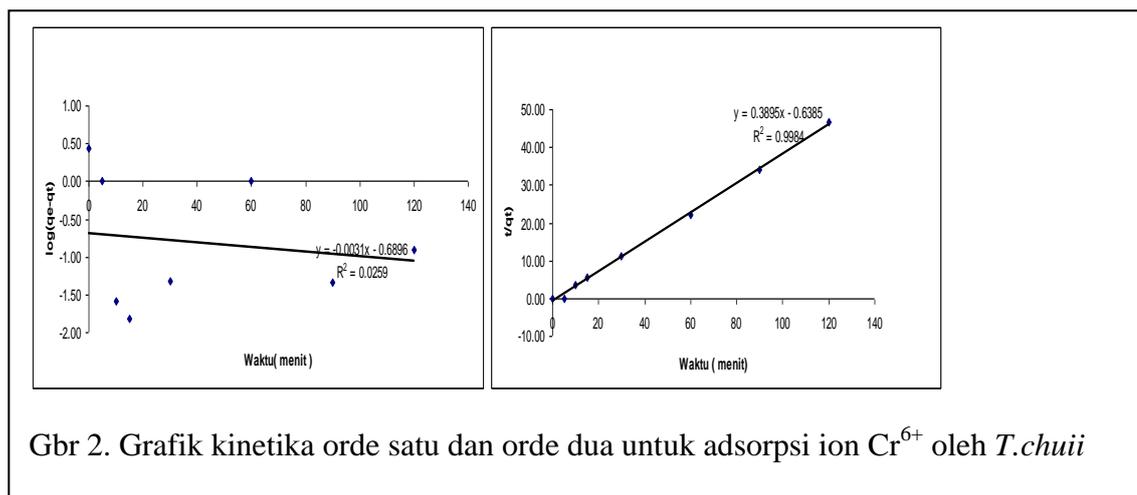


Gambar 1. Grafik pengaruh waktu pengadukan terhadap jumlah ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang teradsorpsi pada adsorben *T.chuii*

Data menunjukkan bahwa pada waktu pengadukan 5 menit biosorben *T. chuii* mampu mengikat ion  $\text{Cr}^{6+}$ , pada waktu pengadukan 5 menit, biosorben mampu mengikat ion  $\text{Cr}^{6+}$  sebanyak 2,70 mg/g. Serapan ini berkurang pada waktu pengadukan 10 menit sebanyak 2,67 mg/g dan pada waktu pengadukan 60 menit

Berdasarkan data dan grafik hasil adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii*, maka dapat dikatakan bahwa berdasarkan variasi pengadukan penyerapan ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii*. Waktu pengadukan optimum adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* masing-masing adalah 5 menit. Waktu kontak ini digunakan untuk penelitian selanjutnya. Untuk mengetahui

menjadi 2.70 mg/g, kemudian menurun pada waktu pengadukan di atas 90 menit. Jumlah ion  $\text{Pb}^{2+}$  dan ion  $\text{Cr}^{6+}$  terlarut yang diadsorpsi akan mencapai batas maksimum. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa *T. chuii* telah jenuh hingga tidak memungkinkan terjadi adsorpsi yang besar lagi terhadap ion  $\text{Cr}^{6+}$ . Model kinetika adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh *T. chuii* digunakan persamaan orde satu semu dan persamaan orde dua semu. Dengan membandingkan nilai kuadrat terkecil, maka pola adsorpsi yang sesuai diperoleh (Atkins, 1997). Model kinetika adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh *T. chuii* dapat dilihat pada Gambar 2.



Nilai adsorpsi  $\text{Cr}^{2+}$  oleh *T. chuii* pada kesetimbangan ( $q_e$ ) yang diperoleh dari persamaan orde satu adalah 0.2044 mg/g. Nilai ini sangat berbeda bila dibandingkan dengan data yang diperoleh secara eksperimen 2,70 mg/g untuk *T.*

*chuii*, mg/g Selain itu, nilai koefisien korelasi ( $R^2$ ) yang diperoleh adalah (0,0259 ; 0,9984). Dapat dikatakan bahwa adsorpsi  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* bukan merupakan reaksi orde satu.

ion	Orde Satu			Orde dua			q <sub>e</sub> Percobaan (mg/g)
	k <sub>1</sub> (menit <sup>-1</sup> )	q <sub>e</sub> (mg/g)	R <sup>2</sup>	k <sub>2</sub> (g/menit.mg)	q <sub>e</sub> (mg/g)	R <sup>2</sup>	
Cr <sup>6+</sup>	0.0071	0.2044	0.0259	0.2376	2.5674	0.9984	2,70

Tabel 1. Reaksi orde satu dan orde dua adsorpsi ion Cr<sup>6+</sup> pada biomassa *T. chuii ans*

Dengan menggunakan persamaan reaksi orde dua, maka kurva hubungan antara nilai  $t/q$  terhadap  $t$  diperoleh seperti terlihat pada Tabel 2. Nilai konstanta reaksi orde dua ( $k_2$ ), Kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) 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 dan 0.9984) untuk *T. chuii* dan (0.9374 dan 0.9971) mendekati 1. Sehingga, dapat dikatakan bahwa kinetika reaksi adsorpsi ion Cr<sup>6+</sup> pada biomassa *T. chuii* mengikuti orde dua. Hal ini ditunjang oleh nilai  $q_e$  yang diperoleh dari perhitungan 2, 57

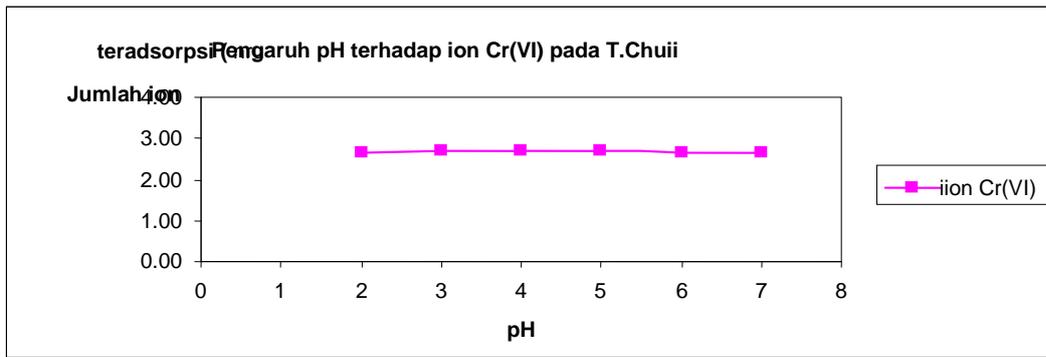
#### B. Pengaruh pH terhadap Biosorpsi Ion Cr<sup>6+</sup> oleh Biomassa *T. chuii*

Data di atas menunjukkan bahwa ion Cr<sup>6+</sup>, pada pH 2 biomassa *T. chuii* mampu mengadsorpsi sebanyak 2,63 mg/g. Nilai ini terus meningkat hingga optimum pada pH 4 sebesar 2,71 mg/g. Perubahan yang terjadi tidak signifikan

mg/g untuk *T. chuii* yang hampir sama dengan  $q_e$  yang diperoleh dari eksperimen

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa adsorpsi 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 (Volesky, 1990). Mekanisme secara fisika atau kimia merupakan adsorpsi pasif terjadi sangat cepat sedangkan mekanisme secara biologi atau adsorpsi secara aktif terjadi sangat lambat. Proses adsorpsi ion Cr<sup>6+</sup> ini pada biomassa *T. chuii* hanya terjadi pada permukaan sel saja, karena fungsi biologisnya tidak aktif lagi

perbedaannya. Hal ini menunjukkan terjadinya adsorpsi fisika. Dari studi yang telah dilakukan, terlihat jelas bahwa adsorpsi ion Cr<sup>6+</sup> terjadi pada suasana asam dan menunjukkan bahwa pH berperan dalam penyerapan ion Cr<sup>6+</sup> dari larutan dengan menggunakan biomassa *T. chuii*.



Gbr 3. Grafik pengaruh pH terhadap jumlah ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang diadsorpsi oleh biomassa *T. chuii*

Hal ini sesuai dengan teori yang menyatakan bahwa ketergantungan adsorpsi 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 sangat asam, biosorben dan ion logam lebih bermuatan positif sehingga terjadi tolakan elektrostatis (Babarinde, 2008). Penurunan pH menyebabkan kompetisi meningkatnya antara ion hidrogen dengan ion logam. Sebaliknya meningkatnya nilai pH (berkurangnya ion  $\text{H}^+$ ) menyebabkan kompetisi berkurang sehingga pengambilan ion logam 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 (biomassa *T. chuii* dan *C. calcitrans*) (Pino dkk, 2006) dapat

bertindak sebagai ligan dan menyokong terjadinya reaksi dengan ion  $\text{Cr}^{6+}$  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 ligan dengan ion logam hingga terjadi kesetimbangan. Dari studi yang telah dilakukan, terlihat jelas bahwa adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  terjadi pada suasana asam, hal ini menunjukkan bahwa pH sangat berperan penting dalam penyerapan ion  $\text{Cr}^{6+}$  dari larutan dengan menggunakan biomassa *T. chuii*.

Berdasarkan gambar 4 grafik hasil adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii*, maka dapat dikatakan bahwa pada biomassa *T. chuii* pH penyerapan oleh biomassa *C. calcitrans* adalah 6 dan 2 sedangkan pH optimum adsorpsi  $\text{Cr}^{6+}$  oleh

biomassa *T.chuii* adalah 4. pH ini

digunakan pada penelitian selanjutnya.

### C. Kapasitas adsorpsi Ion $\text{Cr}^{6+}$ oleh Biomassa *T.chuii* dan *C.calcitrans*

Kapasitas adsorpsi merupakan hubungan antara kesetimbangan konsentrasi zat terlarut dalam larutan dan kesetimbangan zat terlarut dalam adsorben

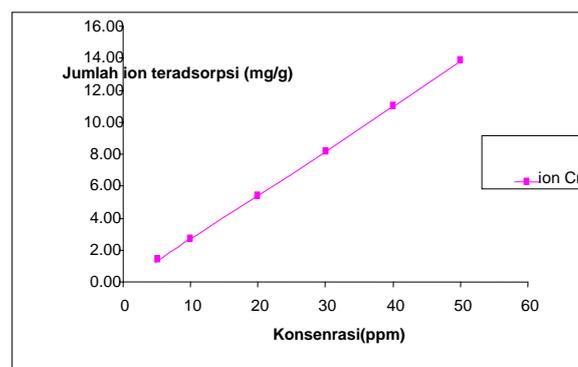
pada temperatur konstan. Kapasitas biosorpsi dapat ditentukan dari data jumlah ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang diadsorpsi .Data pengaruh konsentrasi awal terhadap jumlah ion yang diadsorpsi diberikan Tabel 2

Tabel 2. Jumlah ion  $\text{Cr}^{6+}$  yang diadsorpsi oleh biomassa *T. chuii*

$C_0$	$C_e$	$q_e$ atau $x/m$ ( mg/g)
5	1.10	1.30
10	2.00	2.67
20	3.87	5.38
30	5.57	8.14
40	7.00	11.00
50	8.3	13.90

Data menunjukkan bahwa makin tinggi konsentrasi awal, makin besar Ion yang teradsorpsi. Kapasitas adsorpsi dapat

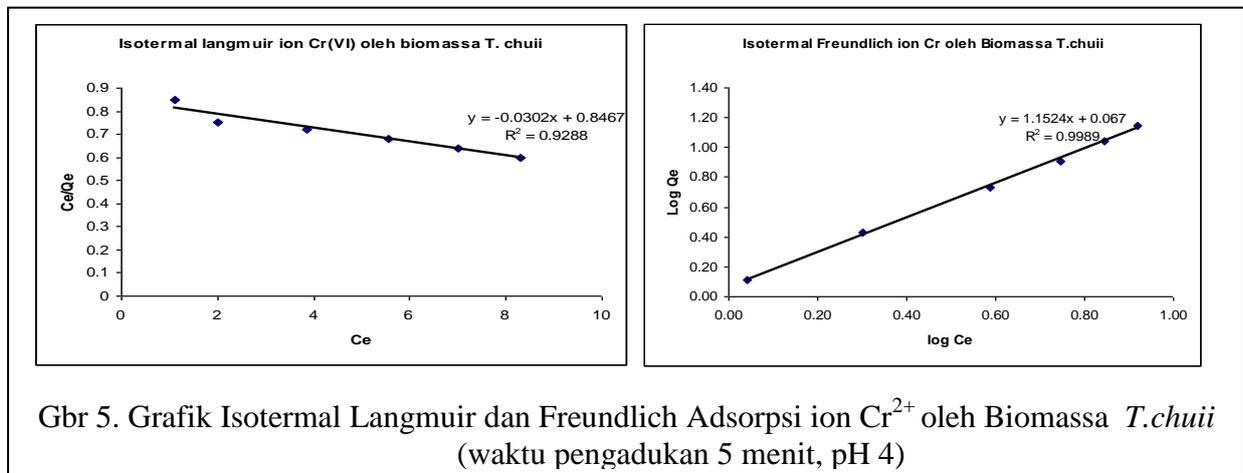
diketahui dengan membuat grafik konsentrasi kesetimbangan ( $C_e$ ) Vs jumlah ion yang teradsorpsi .



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

Berdasarkan Gambar 4. menunjukkan bahwa jumlah ion yang diadsorpsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi dan sampai pada nilai dimana kejenuhan biosorben akan tercapai. Pada penelitian ini, keadaan dimana adsorben telah jenuh oleh adsorbat belum tercapai karena jumlah ion yang di adsorpsi masih tetap meningkat dengan

naiknya konsentrasi. Untuk itu kapasitas adsorpsi akan ditentukan dari isotermal adsorpsi menurut model Langmuir atau Freundlich. Isotermal Langmuir dan Freundlich untuk adsorpsi ion  $Pb^{2+}$  dan  $Cr^{6+}$  oleh *T. chuii* berturut-turut diberikan pada Gambar 6 sedangkan untuk adsorpsi ion  $Cr^{6+}$  ditunjukkan oleh Gambar 7 .



Tabel 3. Parameter adsorpsi ion  $Cr^{6+}$  oleh *T.chuii* yang dihitung dengan menggunakan isotermal langmuir dan isotermal Freundlich

Ion logam	Model Langmiur		$R^2$	Model Freundlich		$R^2$
	$Q_0$ (mmol/g)	b		K( mmol/g)	n	
$Cr^{6+}$	-33.1126	-0.0357	0.9288	1.1482	0.8678	0.9989

Tabel 3 menunjukkan bahwa adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* memenuhi persamaan Freundlich. Nilai tetapan Freundlich yang berhubungan dengan kapasitas adsorpsi ( $k$ ), kemampuan *T. chuii* dalam mengadsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$

#### D. Energi Adsorpsi

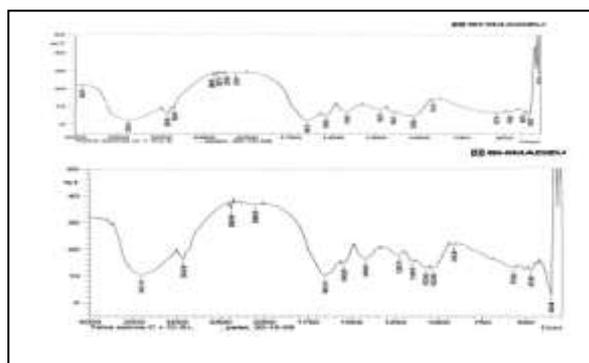
Penentuan jenis adsorpsi didasarkan pada energi bebas Gibbs ( $-\Delta G$ ), maka data energi adsorpsi  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. Chuii* dan *C. calcitrans* dapat di kategorikan sebagai adsorpsi kimia untuk *T. Chuii* dalam adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  adsorpsi fisika sebesar 2,988 kJ/mol dan *C. calcitrans* dalam mengadsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  adalah 0,359 kJ/mol .

#### E. Identifikasi Gugus Fungsional biomassa dengan FTIR

Dari studi yang ada (crist, 1989; Wood, 1983; Boney, 1983 dan Oscik, 1989) *C. calcitrans* diduga mempunyai gugus-gugus fungsional sebagai berikut; hidroksil(-OH) dari  $-\text{COOH}$  dan  $\text{SiOH}$ , -metilen(- $\text{CH}_2$ ), karbonil(-CO), Imina (-

adalah 1.1482 pada *T. chuii*. Berdasarkan Periasam dan Namasisvayam (2000), karena nilai  $n$  berada antara 1-10, maka adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* cukup baik dan signifikan.

NH) dan Amina ( $-\text{NH}_2$ ), atom N dan O dari peptida pada *C. calcitrans*. Untuk mengklarifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat pada biomassa *T. chuii* yang di interaksikan dengan ion  $\text{Cr}^{6+}$  , maka dilakukan identifikasi gugus fungsional terhadap ketiganya 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 pemaparan ion  $\text{Cr}^{6+}$  terlihat pada Gambar 6. dan data pita serapan terlihat pada Tabel 4.



Gbr 6 . Spektra infra merah biomassa *Tetraselmis chuii* a) sebelum interaksi, b) setelah interaksi dengan ion  $\text{Cr}^{6+}$

Tabel 4. Data Spektra Infra-Merah (IR) Biomassa *Tetracelmis chuii*, interaksi ion  $\text{Cr}^{6+}$ 

No.	$\bar{\nu}$ ( $\text{cm}^{-1}$ ) Blanko	Gugus fungsi	$\bar{\nu}$ ( $\text{cm}^{-1}$ ) + $\text{Cr}^{6+}$	Ket.	Gugus fungsi yang mungkin
(1)	(2)	(3)	(6)	(7)	(8)
1.	300.9			Hilang	N kompleks
2.	362.62	M-N	354.90	Geser	N terganggu
3.	385.76	M-S		Hilang	Pb-S
4.	470.63	S-S	470.63	Tetap	S kompleks
5.	547.78	C-Cl	570.93	Geser	C-Cl
6.	918.12	N-O	910.40	Tetap	N terganggu
7.	1033.85	S=O	1033.85	Tetap	
8.			1072.42	Muncul	S=O
9.	1149.57	$\text{CO}_3^{2-}$	1149.57	Tetap	Tidak ada interaksi
10.	1226.73	$\text{CO}_3^{2-}$	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		2098.55	Geser	Untuk Pb N terganggu, tetapi Cr tidak
15.	2276.00	C-N		Hilang	
16.	2337.72			Hilang	
17.	2368.59		2368.59	Tetap	
18.	2854.65	- $\text{CH}_3$		Hilang	
19.	2924.09	- $\text{CH}_2$	2924.09	Tetap	Tidak ada gangguan
20.	3387	O-H	3410.15	Tetap	•••
21.	3927.07			Hilang	H-O-Cr
$\Sigma_{\text{peak}}$	20		15		

Berdasarkan pada Gambar 6 dan data pada 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  $\text{cm}^{-1}$ . Sederetan pita serapan sedang yang muncul pada daerah 2924,09  $\text{cm}^{-1}$  dan 2854,65  $\text{cm}^{-1}$  memberikan keterangan yang jelas adanya gugus metilen (- $\text{CH}_2$ ) dan metil (- $\text{CH}_3$ ).

Pita serapan yang muncul pada  $2276\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya gugus C-N. Vibrasi ulur gugus C = C muncul dengan pita yang paling tajam pada serapan  $1651,07\text{ cm}^{-1}$ .

Serapan yang muncul pada bilangan gelombang  $1543,05\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi tekukan  $\text{O-C=O}$ , sedangkan serapan pada bilangan gelombang  $1419,61\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya tekukan O-H dan tekukan  $\text{CO}_3^{2-}$  muncul pada serapan gelombang  $1226,73\text{ cm}^{-1}$ . Serapan pada angka gelombang  $1033,85\text{ cm}^{-1}$  dan  $918,12\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya vibrasi ulur S=O dan N-O. Sederetan pita-pita pada serapan  $547,78\text{ cm}^{-1}$ ,  $470,63\text{ cm}^{-1}$ ,  $385,6\text{ cm}^{-1}$  dan  $362,62\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan adanya gugus C-Cl, S-S, M-S dan M-N. Jadi biomassa *T. chuii* mengandung gugus : O-H,  $\text{C H}_2$ ,  $\text{-C H}_3$ , C - N, C = C,  $\text{O - C = O}$ ,  $\text{C O}_3^{2-}$ , S = O, N - O, M-S dan M-N.

Berdasar analisis data Tabel 5 kolom 4 dan kolom 4 dapat dinyatakan bahwa puncak yang muncul dari identifikasi infra merah pada *T. chuii* setelah diinteraksikan ion  $\text{Cr}^{6+}$  berturut-turut terdapat 15 puncak. Terdapat 1 (satu) pita yang muncul setelah interaksi dengan  $\text{Cr}^{6+}$  pada kondisi mati yakni pada pita serapan  $1072,42\text{ cm}^{-1}$ . Hal ini menunjukkan adanya persamaan antara

interaksi ion ion  $\text{Cr}^{6+}$  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 kromium.

Pita serapan yang muncul ini menunjukkan adanya ion logam baru Cr 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  $\text{Cr}^{6+}$  berikatan langsung dengan S dan atom O dalam gugus fungsi -OH digantikan dengan atom Pb atau Cr. Pita serapan yang tidak berubah (tetap) baik untuk interaksi dengan ion  $\text{Cr}^{6+}$  adalah gugus  $\text{CO}_3^{2-}$ ,  $\text{O-C=O}$ , C=C,  $\text{-CH}_2$ ,  $\text{-CH}_3$ . Hal ini dapat dijelaskan kemungkinan karena  $\text{CO}_3^{2-}$ , dan  $\text{O-C=O}$  termasuk kategori basa keras sehingga interaksi dengan ion Cr sebagai asam lunak tidak menimbulkan perubahan. Adapun gugus fungsi C=C meskipun termasuk kategori basa lunak, tetapi pada strukturnya terletak di sebelah dalam atom pengikat sehingga cukup sukar untuk terpengaruh oleh ion  $\text{Cr}^{6+}$ . Sedang gugus  $\text{-CH}_2$  dan  $\text{-CH}_3$  yang terdeteksi kemungkinan masih adanya molekul sisa yang belum terikat yang mengandung gugus fungsi  $\text{-CH}_2$  dan  $\text{-CH}_3$ .

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.

### Kesimpulan

Waktu interaksi optimum adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa fitoplankton laut *T. chuii* adalah 5 menit, dan oleh *C. calcitrans* berturut-turut adalah 10 dan 120 menit. Kinetika adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa fitoplankton *T. chuii* dan *C. calcitrans* mengikuti persamaan orde dua, tetapan laju adsorpsi ( $k_2$ ) ion tersebut oleh *T. chuii* adalah 0,2376 g/menit, dan oleh *C. calcitrans*  $k_2$  adalah 0,2745 g/menit.

pH interaksi optimum adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* adalah 4 dan oleh *C. calcitrans* adalah pH 6 dan 2.

Adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa *T. chuii* dan *C. calcitrans* memenuhi persamaan

### Daftar Pustaka

Astri.,(2008), *Pemanfaatan Fitoplankton Nannochloropsis salina sebagai Penjerap Logam Berat Pb*. skripsi tidak dipublikasikan, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Connel, D. W., (1990), *Bioaccumulation of Xenobiotic Compound*, CRC Press Inc., Florida.

Jadi, gugus fungsi pada *T. chuii* yang potensial berperan dalam proses adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  adalah: -OH, C-N, S=O, N-O, S-S, M-S dan M-N.

Isotermal Freundlich dengan kapasitas adsorpsi (k) ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh *T. chuii* adalah 1,1482 mg/g dan oleh *C. calcitrans* sebesar 1,1482 mg/g .

Gugus fungsi yang terlibat dalam adsorpsi ion  $\text{Cr}^{6+}$  oleh biomassa fitoplankton laut *T. chuii* adalah: -OH, -CN, S=S, M-S dan M-N

Darmono, 1995, *Logam dalam Sistem Biologi Mahkluk Hidup*, Universitas Indonesia –Press, Jakarta.

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., (1986), *Toxicologi the Basic Sciece of Poison*, Third 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.
- Pino, G. H., Mosquito, L. M. Z., Torem, M. L., Pinto, G. A. S. 2006. Biosorption of cadmium by green coconut shell powder. *Minerals engineering*. **19**: 380-387
- Putra, S. E. dan Putra, J. A., 2006 *Bioremoval Metode Alternatif Untuk Menanggulangi Pencemaran Logam Berat*. 9 Online), ([www.chemis.try.org?sect=artike&ext=95-34k](http://www.chemis.try.org?sect=artike&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 Peraian Laut*, Laporan tidak diterbitkan, FMIPA, Universitas Hasanuddin.
- Suharto, 2005, *Dampak Pencemaran Logam Timbal (Pb) terhadap Kesehatan Masyarakat*, *Majalah Kesehatan Masyarakat*, ( 1-3)
- Volesky, B., and Holan, Z.R., 1995, *Biosorption of heavy metals*, *Biotechnol, Prog.*, **11**, 235-250