

# BIOSORPSI CAMPURAN LOGAM $Pb^{2+}$ DAN $Zn^{2+}$ OLEH *Chaetoceros calcitrans*

Yusafir Hala<sup>1\*</sup>, Emma Suryati<sup>2</sup>, dan Paulina Taba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Kimia FMIPA Unhas, Makassar

<sup>2</sup>Balai Penelitian dan Pengembangan Budidaya Air Payau, Maros

## ABSTRAK

Hala dkk., 2012. Biosorpsi campuran logam  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  oleh *Chaetoceros calcitrans*

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan dampak jerapan campuran ion logam  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  terhadap pertumbuhan mikroalga *Chaetoceros calcitrans* dan menentukan efisiensi penyerapan kedua ion logam dalam campuran. Pemaparan ion logam dengan berbagai variasi konsentrasi  $Pb^{2+}$  terhadap  $Zn^{2+}$  dilakukan setelah diperoleh pertumbuhan optimum *C. calcitrans*, yakni pada hari ke-9. Konsentrasi ion logam  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  setelah pemaparan ditentukan dengan spektrofotometer serapan atom. Penambahan ion  $Pb^{2+}$  ke dalam  $Zn^{2+}$  membuat penyerapan ion  $Zn^{2+}$  oleh *C. calcitrans* turun dibandingkan dengan penyerapan ion tunggal  $Zn^{2+}$ . Hal yang sama juga terjadi pada penambahan ion  $Zn^{2+}$  ke dalam ion  $Pb^{2+}$ . Hasil penelitian menunjukkan bahwa ion  $Pb^{2+}$  lebih banyak terjerap oleh *C. calcitrans* dibanding ion  $Zn^{2+}$ . Efisiensi penyerapan optimum ion  $Pb^{2+}$  sebesar 64,44% pada perbandingan konsentrasi  $Pb^{2+}$  terhadap  $Zn^{2+}$  45 : 30 ppm sedangkan penyerapan ion  $Zn^{2+}$  yaitu 56,33% pada perbandingan konsentrasi  $Zn^{2+}$  terhadap  $Pb^{2+}$  15 : 30 ppm.

**Kata kunci** : adsorpsi, bilogam, *Chaetoceros calcitrans*, SSA

## ABSTRACT

Hala et al., 2012. Biosorption of mixed  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions by *Chaetoceros calcitrans*

The main purpose of this research was to determine the adsorption effect of the mixture of  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  on the growth of *Chaetoceros calcitrans* and to determine the adsorption efficiency of the ions in the mixture. Exposure of  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions was conducted after the optimum growth of *C. calcitrans* was obtained, that is at the ninth day with the variation of the concentration ratio of  $Pb^{2+}$  to  $Zn^{2+}$ . Concentration of  $Pb^{2+}$  and  $Zn^{2+}$  ions after exposure was determined by atomic absorption spectrophotometer. Addition of  $Pb^{2+}$  ion in solution  $Zn^{2+}$  ion resulted in the decrease of the  $Zn^{2+}$  ion adsorbed by *C. calcitrans* compared to the adsorption of the single ion of  $Zn^{2+}$ . The same result was obtained when  $Zn^{2+}$  ion was added in  $Pb^{2+}$  solution. Results showed that the adsorption of  $Pb^{2+}$  ion by *C. calcitrans* was higher than that of  $Zn^{2+}$  ion. The maximum adsorption efficiency of  $Pb^{2+}$  ion was 64.44% at the  $Pb^{2+}$ : $Zn^{2+}$  ratio of 45:30, whereas that of  $Zn^{2+}$  ion was 56.33% at the  $Zn^{2+}$ : $Pb^{2+}$  ratio of 15:30.

**Keywords** : adsorption, bimetall, *Chaetoceros calcitrans*, AAS

## PENDAHULUAN

Pencemaran logam berat di perairan Indonesia meningkat dalam dekade terakhir (Hartati dan Murtini, 2008; Wenno dkk., 2005; Lestari dan Edward, 2004; Rinawati dkk., 2008; Rochyatun, 2006). Mikroalga mempunyai kemampuan mengakumulasi logam berat dalam tubuhnya, karena itu dapat dimanfaatkan sebagai biosorben dalam penanganan kontaminasi logam berat di perairan (Arifin dan Raya, 1997). *Chaetoceros calcitrans* adalah mikroalga dengan waktu regenerasi relatif cepat, sehingga interaksinya dengan polutan di laut dapat menyebabkan perubahan populasi, laju pertumbuhan, biokimia dan morfologi (Hala dkk., 2004).

*C. calcitrans* yang terimmobilisasi pada silika gel mampu mengadsorpsi ion  $Cr^{3+}$  dan  $Al^{3+}$  (Raya dkk., 2001). Interaksi ion  $Cu^{2+}$  dengan *C.*

*calcitrans* menunjukkan tren penurunan populasi yang berbanding lurus dengan kenaikan konsentrasi  $Cu^{2+}$  dengan pola yang bervariasi sebagai fungsi waktu pemeliharaan (Hala dkk., 2004). Pada pemaparan  $Pb^{2+}$  15 ppm, *C. calcitrans* dapat menyerap  $Pb^{2+}$  hingga 60,93% (Pahmi, 2005), sementara efisiensi penyerapan *C. calcitrans* terhadap  $Zn^{2+}$  dengan konsentrasi 30 ppm dan 45 ppm berturut-turut adalah 54,4% dan 30,31% (Suryani, 2006).

Keberadaan logam berat di perairan merupakan campuran berbagai jenis logam berat. Kompetisi dua spesies logam terjadi pada biosorpsi  $Cu^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  oleh *Cymodocea nodosa*, di mana  $Cu^{2+}$  lebih dominan teradsorpsi pada biomassa (Sanchez et al., 1999), sementara penyerapan  $Cd^{2+}$  lebih tinggi dibanding  $Cu^{2+}$  dalam interaksi campuran kedua logam dengan *C. calcitrans* (Hala dkk., 2010). Efek ion logam berat

dan EDTA signifikan terhadap penjerapan  $\text{Cu}^{2+}$  oleh *Durvillaea potatorum* (Kaewsarn, 2000).

Beranjak dari penelitian sebelumnya, telah dilakukan penelitian penjerapan campuran ion  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  oleh *C. calcitrans* dalam medium Conwy. Penelitian ini diharapkan menjadi salah satu alternatif penanganan pencemaran logam berat di perairan.

## BAHAN DAN METODE

### Bahan dan Alat

Medium Conwy cair (Fogg, 1985), air laut steril yang diperoleh melalui penyaringan air laut dengan Millipore 0,45  $\mu\text{m}$ ; biakan murni *C. Calcitrans* diperoleh dari Balai Penelitian Pengembangan Budidaya Air Payau (Balitbang-BAP) Maros.

Larutan induk  $\text{Pb}^{2+}$  1000 ppm; dibuat dengan menimbang 1,6000 g  $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$  dan dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  p.a lalu diencerkan dengan akuabides dalam labu ukur 1000 mL. Larutan induk  $\text{Zn}^{2+}$  1000 ppm; dibuat dengan menimbang 2,8969 g  $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$  dan dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  p.a lalu diencerkan dengan akuabides dalam labu ukur 1000 mL..

Aerator Amara, hemositometer Marienfeld LOT-No 4551, hand counter, mikroskop Nikon SE, strirer magnet, autoklaf All American No. 1925X, membran selulosa nitrat Millipore 0,45  $\mu\text{m}$ , sentrifus Hettech Mikro 22R, dan spektrofotometer serapan atom (SSA) Buck Scientific model 205 VGP.

### Pertumbuhan optimum *C. calcitrans*

Air laut steril dimasukkan ke dalam erlenmeyer 250 mL, ditambahkan 0,4 mL Medium Conwy, dan 0,25 mL biakan *C. calcitrans*, lalu volumenya dicukupkan hingga 200 mL. Larutan diaduk perlahan dan dihubungkan dengan aerator lalu didiamkan dalam ruangan kultur. Pengamatan pertumbuhan *C. calcitrans* dilakukan setiap hari hingga dicapai pertumbuhan optimum. Kondisi pertumbuhan diatur pada salinitas 25 ‰, pencahayaan kontinu, aerasi, dan suhu ruangan 20 °C. Pertumbuhan *C. calcitrans* diamati dengan menghitung populasi ( $\text{sel.mL}^{-1}$ ) dalam hemositometer di bawah mikroskop setiap hari.

**Tabel 1.** Rancangan komposisi campuran ion logam  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	
	$\text{Pb}^{2+}$	$\text{Zn}^{2+}$
1	15	15
2	15	30
3	15	45
4	30	15
5	30	30
6	30	45
7	45	15
8	45	30
9	45	45

### Pemaparan campuran ion $\text{Pb}^{2+}$ dan $\text{Zn}^{2+}$

Campuran ion  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  dengan konsentrasi masing-masing 15; 30; dan 45 ppm (komposisi logam pada Tabel 1), dipaparkan ke dalam masing-masing erlenmeyer yang mengandung *C. calcitrans* setelah pertumbuhan optimum dicapai. Pada saat bersamaan, biakan tanpa  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  (kontrol) juga disiapkan. Selanjutnya pertumbuhan diamati setiap hari. Larutan disentrifus untuk memisahkan filtrat dan *C. calcitrans* dan konsentrasi  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Zn}^{2+}$  dalam filtrat ditentukan dengan SSA.

### Penentuan efisiensi penjerapan

Dengan persamaan (1), konsentrasi logam terjerap ( $C_s$ ) dihitung.  $C_s$  adalah selisih konsentrasi awal ( $C_o$ ) dan konsentrasi logam dalam filtrat ( $C_f$ ). Efisiensi penjerapan ( $E_p$ ) dihitung sesuai persamaan (2), dengan membandingkan nilai  $C_s$  dan  $C_o$ .

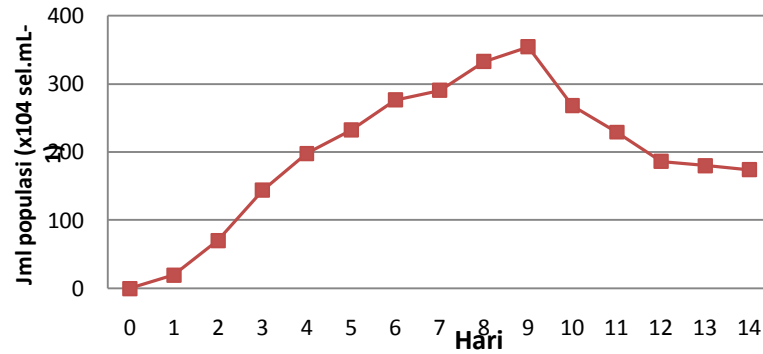
$$C_s = C_o - C_f \quad (1)$$

$$E_p = \frac{C_s}{C_o} \times 100\% \quad (2)$$

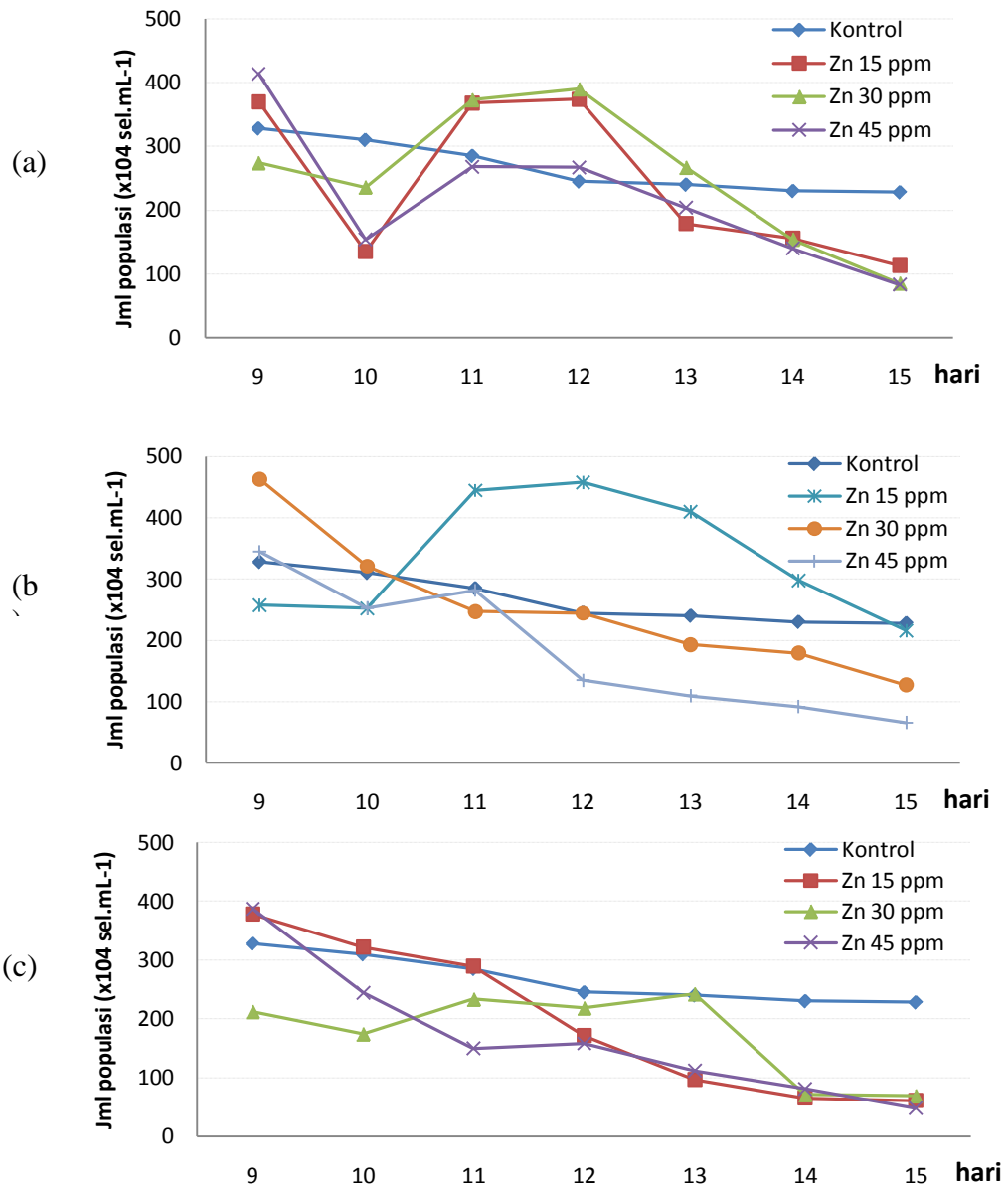
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pertumbuhan optimum *C. calcitrans*

Kurva hubungan jumlah populasi terhadap waktu (Gambar 1) menunjukkan pertumbuhan optimum *C. calcitrans* yang dicapai pada hari ke-9, di mana terjadi penurunan jumlah populasi dalam medium akibat semakin berkurangnya ketersediaan nutrisi seiring dengan semakin meningkatnya jumlah populasi sel hidup yang mengkonsumsi nutrisi. Populasi akan menurun dengan meningkatnya kematian *C. calcitrans*, kemudian mengendap ke dasar medium yang menyebabkan kebutuhan oksigen terlarut menjadi lebih besar.



Gambar 1. Pertumbuhan optimum *C. Calcitrans*



Gambar 2. Pertumbuhan *C. calcitrans* setelah pemaparan campuran Pb<sup>2+</sup> [a] 15 ppm; [b] 30 ppm; dan [c] 45 ppm masing-masing dengan variasi konsentrasi Zn<sup>2+</sup>.

Bahan organik mati (biomassa) akan berperan sebagai kompetitor baru bagi mikroalga yang hidup

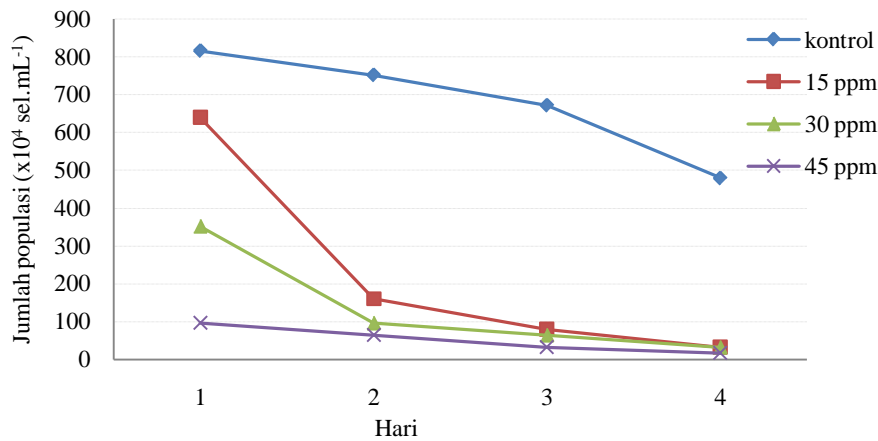
dalam penggunaan oksigen terlarut di lingkungan media pertumbuhan (Davila, 1995 dalam Hala dkk.,

2004). Oleh karena itu pertumbuhan mikroalga akan semakin terhambat.

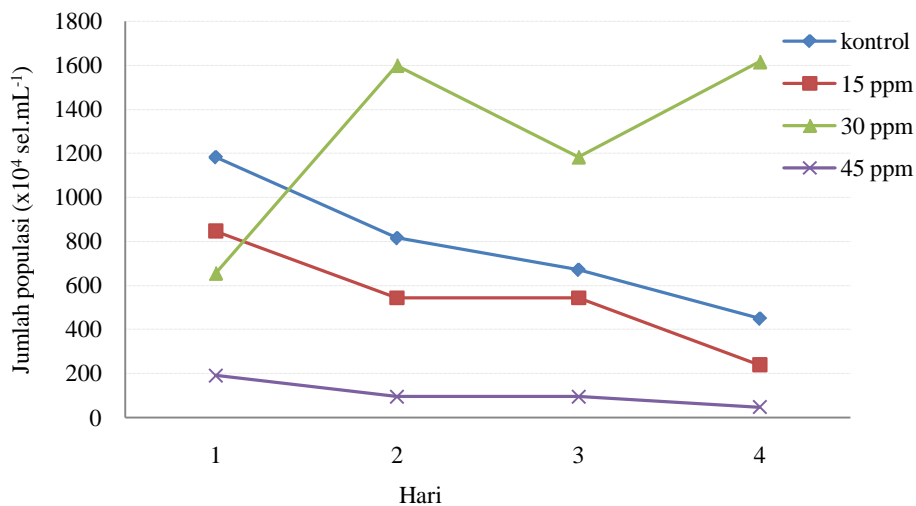
**Pertumbuhan *C. calcitrans* setelah pemaparan campuran  $Zn^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$**

Setelah pemaparan campuran berbagai konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  pada hari ke-9 pada biakan *C. calcitrans* dalam kondisi kultur yang dipertahankan, tren pertumbuhan *C. calcitrans*

ditunjukkan pada Gambar 2. Pemaparan campuran logam menunjukkan tren penurunan populasi, di mana penambahan logam pada kisaran tertentu mengakibatkan penurunan kerapatan sel. Hal ini serupa dengan hasil penjerapan logam tunggal masing-masing untuk  $Pb^{2+}$  (Gambar 3) dan  $Zn^{2+}$  (Gambar 4) yang telah dilakukan peneliti sebelumnya (Pahmi, 2005; Suryani, 2006).



**Gambar 3.** Pertumbuhan *C. Calcitrans* setelah pemaparan  $Pb^{2+}$  (Pahmi, 2005)



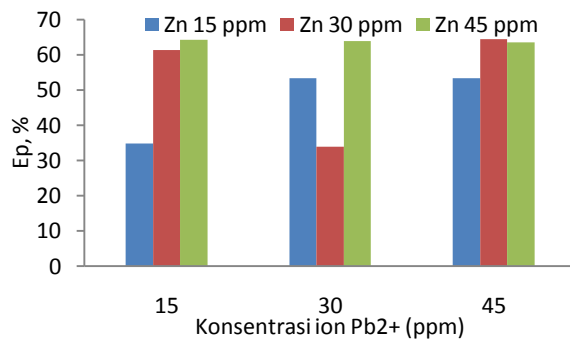
**Gambar 4.** Pertumbuhan *C. Calcitrans* setelah pemaparan  $Zn^{2+}$  (Suryani, 2006)

Pada Gambar 2 tampak tren pertumbuhan *C. calcitrans* yang menurun seiring dengan lamanya waktu kontak dengan logam. Hal ini mengindikasikan bahwa toksisitas ion  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  cukup tinggi sehingga dapat menghambat pertumbuhan *C. calcitrans*. Mikroalga umumnya memiliki mekanisme perlindungan terhadap logam beracun untuk mempertahankan kehidupannya. Mekanisme ini melibatkan pembentukan kompleks

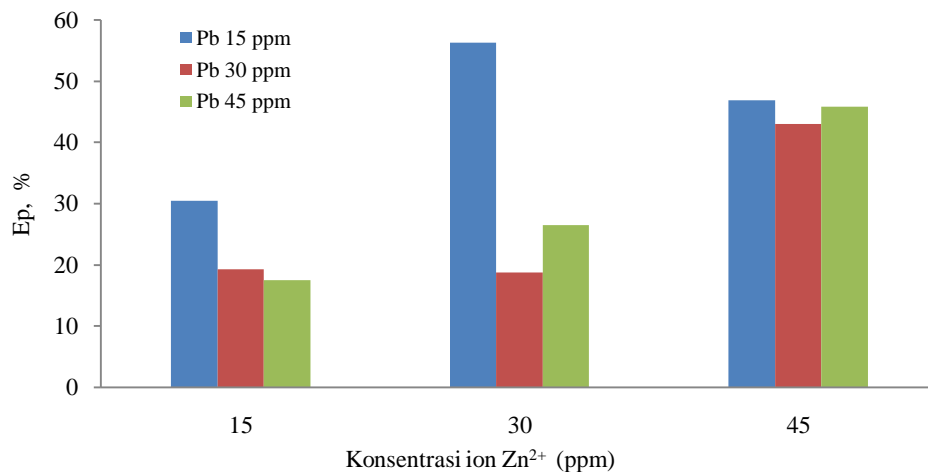
logam dengan protein dalam membran sel sehingga logam dapat terakumulasi dalam sel tanpa mengganggu pertumbuhannya. Jika konsentrasi logam demikian tinggi, akumulasi dapat menghambat pertumbuhan sel karena sistem perlindungan organisme tidak mampu lagi mengimbangi efek toksik logam (Arifin dkk., 1997).

### Dampak penambahan ion $Zn^{2+}$ atas penjerapan ion $Pb^{2+}$ oleh *C. calcitrans*

Efisiensi penjerapan  $Pb^{2+}$  dengan penambahan ion  $Zn^{2+}$  oleh *C. calcitrans* dalam berbagai konsentrasi ditunjukkan pada Gambar 5. Tampak bahwa pada konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  45 ppm penjerapan cenderung lebih tinggi dibandingkan dengan konsentrasi 15 dan 30 ppm. Penjerapan ion  $Pb^{2+}$  oleh *C. calcitrans* meningkat seiring bertambahnya konsentrasi logam, dan berdasarkan hasil tersebut terlihat bahwa penjerapan  $Pb^{2+}$  dengan penambahan  $Zn^{2+}$  belum mencapai kapasitas adsorpsi yang maksimal.



Gambar 5. Efisiensi penjerapan ion  $Pb^{2+}$



Gambar 6. Efisiensi penjerapan ion  $Zn^{2+}$

### Perbedaan efisiensi penjerapan dari ion $Pb^{2+}$ dan $Zn^{2+}$

Perbedaan efisiensi penjerapan  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  oleh *C. calcitrans* pada filtrat setelah pemaparan campuran ion logam  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  tersaji pada Gambar 7, tren penjerapan ion  $Pb^{2+}$  yang lebih dominan dibandingkan ion  $Zn^{2+}$ . Penjerapan ion  $Pb^{2+}$  oleh *C. calcitrans* cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi ion logam di

Namun efisiensi penjerapan ion logam  $Zn^{2+}$  dan  $Pb^{2+}$  tidak berbeda secara signifikan, hal tersebut dapat dilihat pada penambahan ion  $Zn^{2+}$  45 ppm, di mana penjerapan ion  $Pb^{2+}$  pada ketiga variasi konsentrasi relatif konstan dengan nilai  $E_p$  berturut-turut 64,27 %; 63,83 %; dan 63,47 %. Hal ini disebabkan karena logam-logam tersebut bermuatan sama, sehingga kedua ion logam saling berkompetisi untuk berikatan dengan situs aktif pertukaran kation yang sama.

### Dampak penambahan ion $Pb^{2+}$ terhadap penjerapan ion $Zn^{2+}$ oleh *C. calcitrans*.

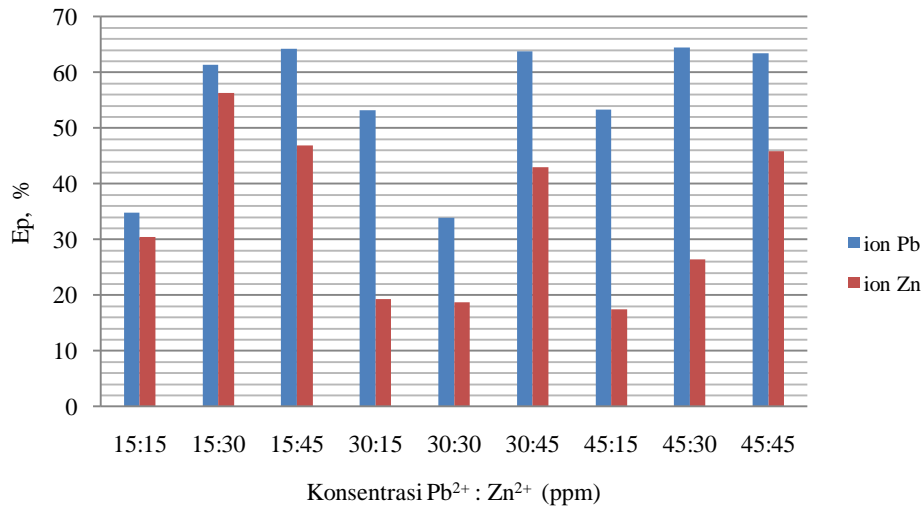
Penjerapan ion  $Zn^{2+}$  oleh *C. calcitrans* cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi ion  $Zn^{2+}$  di dalam medium. Dampak penambahan ion  $Pb^{2+}$  terhadap penjerapan ion  $Zn^{2+}$  pada *C. calcitrans* ditunjukkan pada Gambar 6.

Gambar 6 menunjukkan efisiensi penjerapan ion  $Zn^{2+}$  pada konsentrasi 45 ppm rata-rata mengalami kenaikan yang signifikan dibandingkan dengan konsentrasi 15 ppm dan 30 ppm, namun jika dibandingkan dengan penjerapan tunggal, ion  $Zn^{2+}$  mengalami penurunan pada konsentrasi 45 ppm. Hal ini merupakan dampak penambahan ion  $Pb^{2+}$  yang lebih banyak terjerap.

dalam medium. Hal ini dapat dilihat pada menurunnya konsentrasi ion  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  dalam filtrat jika dibandingkan dengan konsentrasi awal pemaparan dan tampak juga pada warna larutan medium, di mana larutan kontrol berwarna coklat tua sedangkan pada penambahan logam warnanya memudar hingga bening, bahkan jika konsentrasi logam yang dipaparkan semakin besar, dapat terjadi pengendapan.

Nilai efisiensi penjerapan ion logam  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$  tidak berbeda secara signifikan, hal ini karena logam-logam tersebut merupakan logam non nutrisi bagi *C. calcitrans*. Selain itu menurut konsep *Hard Soft Acid Base* (HSAB), berdasarkan sifatnya

baik ion  $Pb^{2+}$  maupun ion  $Zn^{2+}$  merupakan *borderline* yang dapat berikatan dengan gugus fungsi yang terdapat pada *C. calcitrans* seperti gugus sulfhidril (Pearson, 1963).



Gambar 7. Perbandingan efisiensi penjerapan  $Pb^{2+}$  dan  $Zn^{2+}$

Permukaan sel yang luas mengandung berbagai gugus fungsi seperti N-terminal dari gugus  $-NH_2$ , C-terminal dari gugus  $COO^-$ , S-terminal dari gugus  $-SH$  dan gugus fungsi rantai samping residu asam amino yang berpotensi sebagai tempat mengikat logam (Chu & Hashim, 2007).

## KESIMPULAN

Pertumbuhan optimum *C. calcitrans* dicapai pada hari ke-9 dengan jumlah populasi  $3,54 \times 10^6$  sel.mL<sup>-1</sup>. Penambahan  $Pb^{2+}$  menyebabkan penurunan penjerapan  $Zn^{2+}$  oleh *C. calcitrans* dibandingkan dengan penjerapan  $Zn^{2+}$  tunggal, demikian juga terjadi pada penambahan  $Zn^{2+}$  ke dalam ion logam  $Pb^{2+}$ .

Efisiensi penjerapan maksimum ion  $Pb^{2+}$  oleh *C. calcitrans* sebesar 64,44 % terjadi pada perbandingan konsentrasi  $Pb^{2+}$  terhadap  $Zn^{2+}$  45:30 ppm, sedangkan terhadap ion  $Zn^{2+}$  yaitu 56,33 % pada perbandingan konsentrasi  $Zn^{2+}$  terhadap  $Pb^{2+}$  15:30 ppm..

## DAFTAR PUSTAKA

Arifin dan Raya, I. 1997. *Studi Interaksi Antara Kadmium dan Tetracelmis di Lingkungan Perairan Laut*, Laporan Hasil Penelitian FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.

Chu, K. H and Hashim M. A. 2007. Copper biosorption on immobilized seaweed biomass: Column breakthrough characteristics, *Journal of Environmental Sciences*. 19, 928-932.

Fogg, G. E. 1985. *Algae Culture and Phytoplankton Ecology*, 2<sup>nd</sup> Ed, The University of Wisconsin Press.

Hala, Y., Raya, I., dan Suryati, E. 2004. Interaksi  $Cu^{2+}$  dengan *Chaetoceros Calcitrans* dalam Lingkungan Perairan Laut, *Marina Chimica Acta.*, 6(2), 11-14.

Hala, Y., Taba, P., dan Mariani, M. 2010. Fitosorpsi bi-logam Cd(II) dan Cu(II) oleh *Chaetoceros Calcitrans* dalam Medium Conwy, *Marina Chimica Acta.*, 11(1), 30-35.

Hartati, T dan Murtini J. T. 2008. Kandungan logam berat pada beberap lokasi perairan Indonesia pada tahun 2001 sampai dengan 2005, *Squalen*, 3(1), 7-15.

Kaewsarn, P. 2000. *Single And Multi-Component Biosorption of Heavy Metal Ions By Biosorption from Marine Alga Durvillaea Potatorum*, Ph.D. Diss., Environmental Engineering, Griffith University, Queensland.

Lestari dan Edward, 2004. Dampak pencemaran logam berat terhadap kualitas air laut dan sumberdaya perikanan (studi kasus kematian massal ikan-ikan di Teluk Jakarta), *Makara Sains*, 8(2), 52-58.

Pahmi, H. 2005. Interaksi Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* Terhadap Ion Logam  $Pb^{2+}$  Untuk Mengatasi Logam Berat Di Perairan, *Skripsi*, FMIPA, Universitas Hasanuddin, Makassar.

Pearson, R.G. 1963. Hard and Soft Acids and Bases. *J. Am. Soc.*, 85, 3533-3539.

Raya, I., Narsito, and Rusdiarso, B. 2001. Kinetika Adsorpsi Ion Logam Aluminium (III) dan Kromium (III) pada Adsorben *Chaetoceros calcitrans* yang Termobilisasi pada Silika Gel, *Indonesia Journal of Chemistry*, 1(1), 1-6.

- Rinawati, Supriyanto, R., Dewi, W. S. 2008. *Profil logam berat (Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb dan Zn) di perairan sungai kiripan menggunakan ICP-OES*, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi II Universitas Lampung (ISBN: 978-979-1165-74-7), 357-366.
- Rochyatun, E., Kaisupy M. T., dan Rozak, A. 2006. Distribusi logam berat dalam air dan sedimen di perairan muara sungai Cisadane, *Makara Sains*, 10(1), 35-40.
- Sanchez, A., Ballester, A., Blazquea, M. L. dan Gonzalez, F. 1999. Biosorpsi of Copper and Zinc by *Cymodocea Hadosa*, *FEMS, Microbiology Review*, 23, 527-536.
- Suryani, 2006. Interaksi Fitoplankton *Chaetoceros calcitrans* Terhadap Ion Logam  $Zn^{2+}$  Untuk Mengatasi Logam Berat Di Perairan, *Skripsi*, FMIPA Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Wenno, L. F., Hadikusumah, dan Muchtar, M. 2005. *Studi dinamika perairan selat makassar serta interaksinya dengan daratan pulau kalimantan dan sulawesi*, Laporan Program Penelitian dan Pengembangan IPTEK Riset Kompetitif LIPI, Pusat Penelitian Oseanologi\_LIPI, 10-21