

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

Yusafir Hala^{1*}, Emma Suryati², dan Paulina Taba¹

¹Jurusan Kimia FMIPA Unhas, Makassar

²Balai 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 Cu^{2+} oleh *Durvillaea potatorum* (Kaewsarn, 2000).

Beranjak dari penelitian sebelumnya, telah dilakukan penelitian penjerapan campuran ion Pb^{2+} dan 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 μm ; biakan murni *C. Calcitrans* diperoleh dari Balai Penelitian Pengembangan Budidaya Air Payau (Balitbang-BAP) Maros.

Larutan induk Pb^{2+} 1000 ppm; dibuat dengan menimbang 1,6000 g $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dan dilarutkan dengan HNO_3 p.a lalu diencerkan dengan akuabides dalam labu ukur 1000 mL. Larutan induk Zn^{2+} 1000 ppm; dibuat dengan menimbang 2,8969 g $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$ dan dilarutkan dengan 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 sellulosa nitrat Millipore 0,45 μm , 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 (sel.mL^{-1}) dalam hemositometer di bawah mikroskop setiap hari.

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

Perlakuan	Konsentrasi (ppm)	
	Pb^{2+}	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 Pb^{2+} dan Zn^{2+}

Campuran ion Pb^{2+} dan 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 Pb^{2+} dan Zn^{2+} (kontrol) juga disiapkan. Selanjutnya pertumbuhan diamati setiap hari. Larutan disentrifus untuk memisahkan filtrat dan *C. calcitrans* dan konsentrasi Pb^{2+} dan 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 .

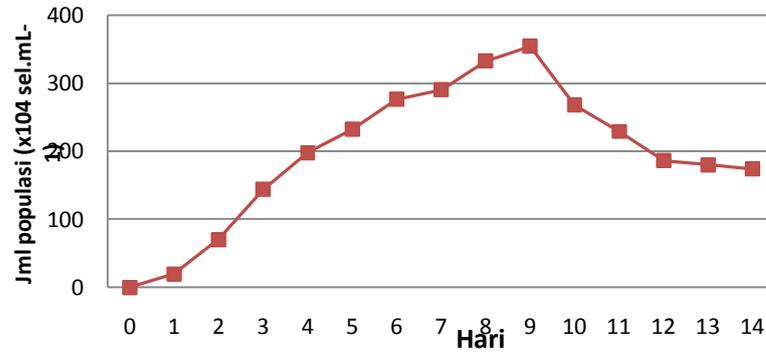
$$C_s = C_o - C_f \quad (1)$$

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

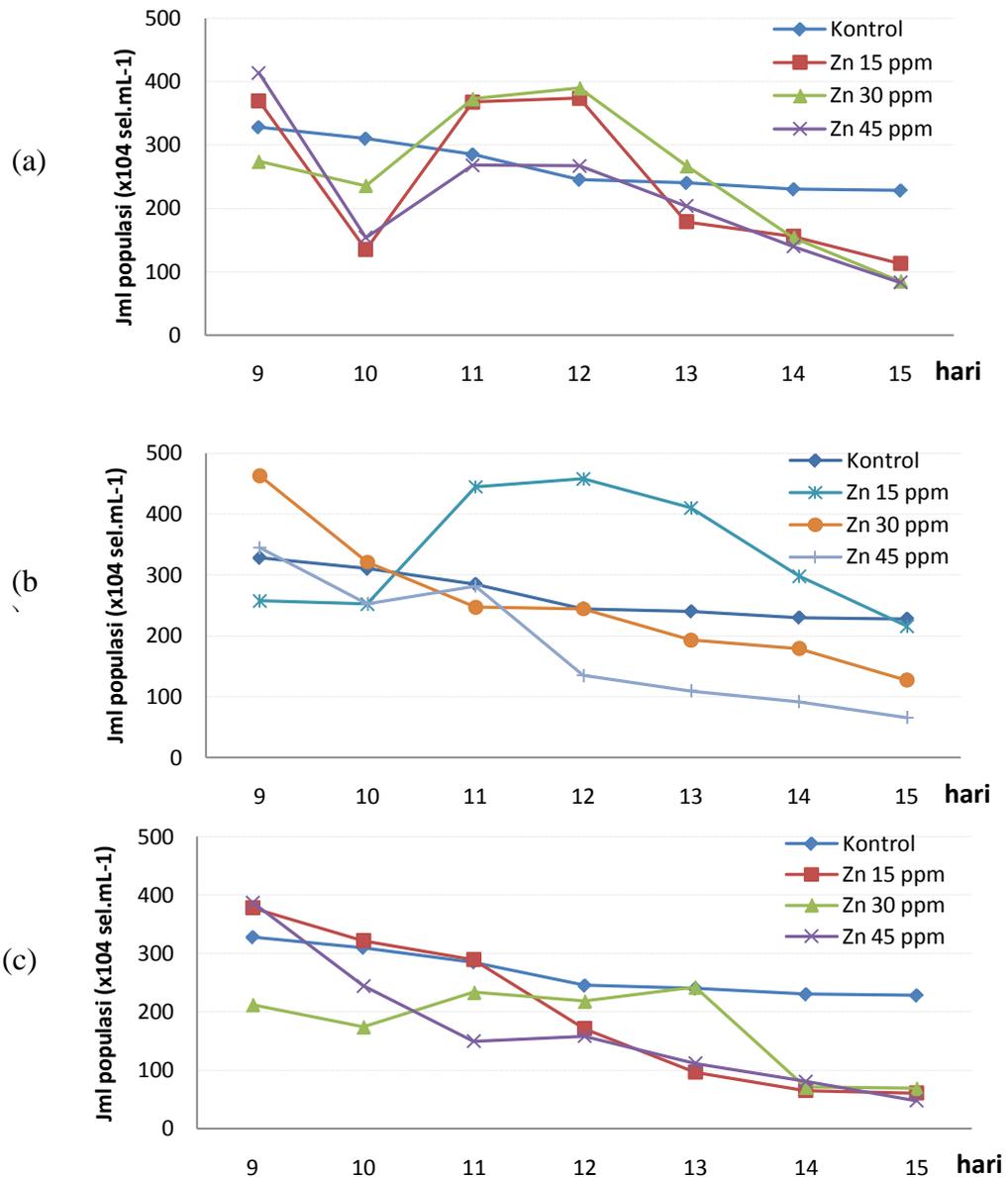
HASIL DAN PEMBAHASAN

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 Pb²⁺ [a] 15 ppm; [b] 30 ppm; dan [c] 45 ppm masing-masing dengan variasi konsentrasi Zn²⁺.

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

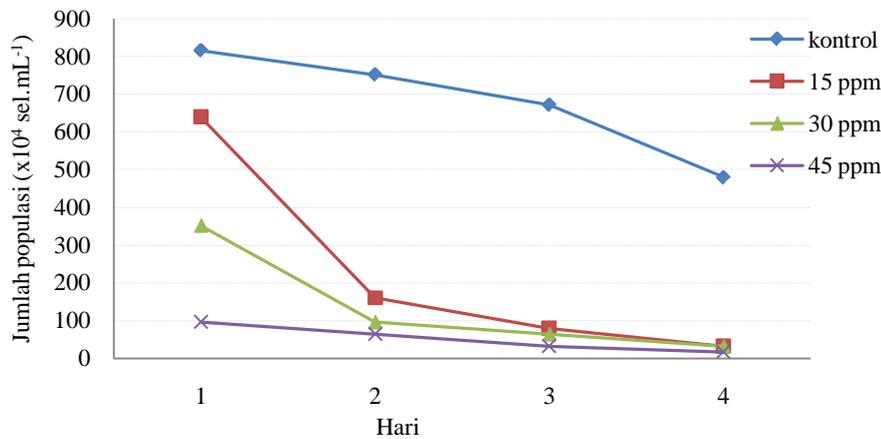
dalam penggunaan oksigen terlarut di lingkungan media pertumbuhan (Davila, 1995 dalam Hala dkk.,

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

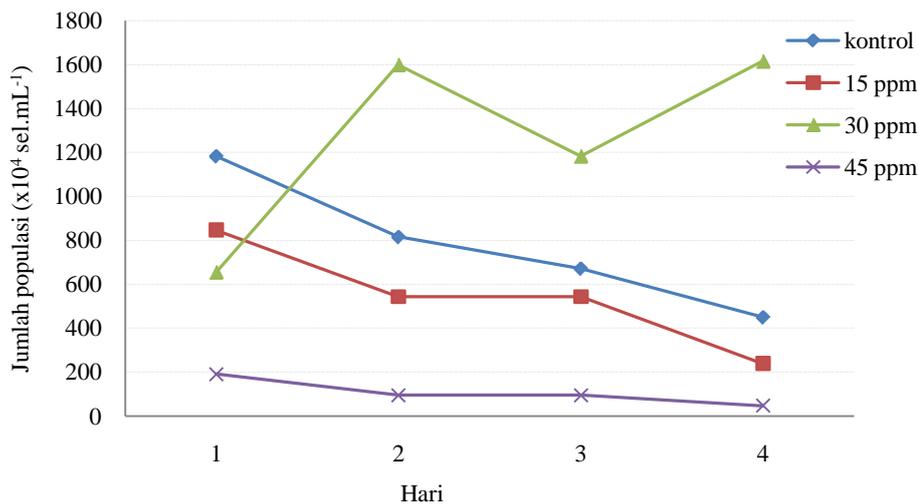
Pertumbuhan *C. calcitrans* setelah pemaparan campuran Zn^{2+} dan Pb^{2+}

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)



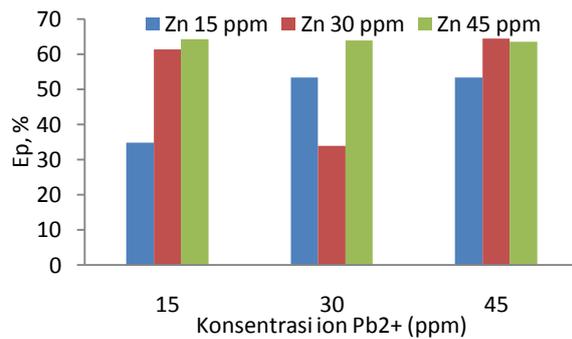
Gambar 4. Pertumbuhan *C. Calcitrans* setelah pemaparan Zn^{2+} (Suryani, 2006)

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

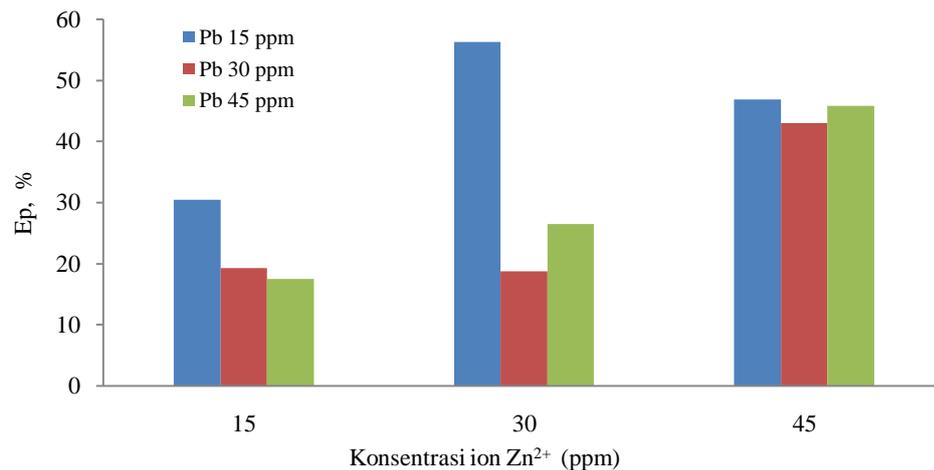
logam dengan protein dalam membran sel sehingga logam dapat terakumulasi dalam sel tanpa mengganggu pertumbuhannya. Jika konsentrasi logam demikian tinggi, akumulasi dapat menghambat pertumbuhan sel karena sistem perlindungan organisme tidak mampu lagi mengimbangi efek toksik logam (Arifin dkk., 1997).

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*.

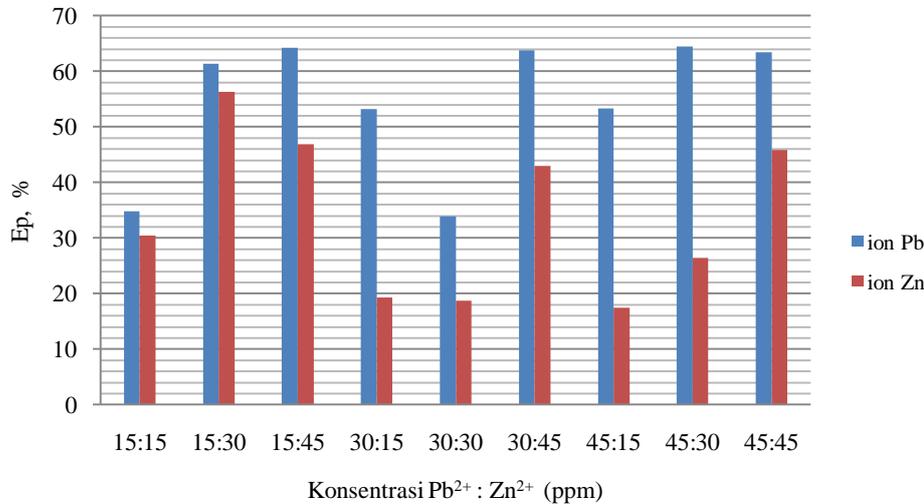
Penjerapan ion Zn^{2+} oleh *C. calcitrans* cenderung meningkat sejalan dengan meningkatnya konsentrasi ion Zn^{2+} di dalam medium. Dampak penambahan ion Pb^{2+} terhadap penjerapan ion Zn^{2+} pada *C. calcitrans* ditunjukkan pada Gambar 6.

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⁻¹. 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*, 2nd 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