

Biosorpsi Logam Zn^{2+} dan Pb^{2+} Oleh Mikroalga *Chlorella* sp

Jonathan Ivander Kurniawan dan Aunurohim

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: aunurohim@bio.its.ac.id

Abstrak—Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui nilai serta efisiensi kapasitas penjerapan logam pada *Chlorella* sp koleksi dari Laboratorium BTL-BPPT. Pada penelitian ini dilakukan uji biosorpsi logam dengan menggunakan 2 logam yaitu seng (Zn) dan timbal (Pb) pada skala laboratorium. Kedua logam tersebut dipaparkan pada *Chlorella* sp dengan sistem logam tunggal dan campuran dengan konsentrasi sebesar 25 mg/l dan 50 mg/l serta 0 mg/l (kontrol) dengan 3 ulangan. Uji ini dilakukan selama 3 jam dengan periode sampling setiap 60 menit. Selain itu dilakukan penghitungan jumlah sel. Hasil penelitian menunjukkan *Chlorella* mampu bertahan hidup pada konsentrasi 50 mg/l meskipun terjadi penghambatan pertumbuhannya dibanding control. Kemudian penjerapan logam pada *Chlorella* meningkat seiring bertambahnya konsentrasi logam awal yaitu semakin meningkat pada konsentrasi 50mg/l dengan P-value 0,000 dan 0,004. Hal yang sama juga ditunjukkan pada perlakuan logam campuran yang menunjukkan penjerapan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi. Pada perbandingan efisiensi penjerapan (EP) terlihat naik turunnya EP logam pada kedua sistem perlakuan. Namun secara keseluruhan nilai EP logam Pb menunjukkan hasil yang lebih tinggi dibanding nilai EP logam Zn. Hal ini dikarenakan afinitas logam Pb lebih tinggi dibanding Zn.

Kata kunci—*Chlorella* sp, Biosorpsi, Equilibrium.

I. PENDAHULUAN

DALAM beberapa tahun ini pencemaran limbah logam berat oleh industri telah menjadi masalah lingkungan yang cukup serius. Berbagai kasus keberadaan logam berat di alam menjadi racun bagi flora dan fauna. Keberadaan logam berat dalam lingkungan dapat berasal dari dua sumber, yaitu berasal dari proses alamiah seperti pelapukan secara kimiawi dari tumbuhan dan hewan yang membusuk, dan berikutnya berasal dari hasil aktivitas manusia terutama hasil limbah industri. Dengan berkembangnya sektor industri seperti tambang, *electroplating*, pertanian, perikanan dan lainnya membuat polusi logam di lingkungan semakin besar [1].

Pada penelitian ini digunakan logam Pb dan Zn mengacu pada limbah tambang timah yang didominasi kedua logam tersebut. Menurut [2], logam Pb memiliki afinitas penjerapan yang tinggi dibanding logam Zn sehingga dapat menghambat penjerapan logam tersebut.

Salah satu proses pengolahan limbah adalah dengan bioremediasi yaitu suatu proses pengelolaan cemaran limbah sebagai upaya untuk melakukan perbaikan kualitas lingkungan

dengan memanfaatkan makhluk hidup. Makhluk hidup memiliki kemampuan untuk mendegradasi ataupun mengakumulasi logam berat maupun senyawa pencemar yang bersifat racun sehingga toksisitasnya menjadi turun ataupun hilang sama sekali.

Salah satu makhluk hidup yang berpotensi besar sebagai agen bioremediasi adalah mikroalga. Mikroalga merupakan tumbuhan air yang berukuran mikroskopik terdiri dari berbagai jenis dengan sifat-sifat yang berbeda. Dalam siklus makanan di perairan, mikroalga berperan sebagai produsen utama. Diperkirakan bahwa 40% fotosintesis secara global dilakukan oleh mikroalga [3]. Mikroalga memiliki berbagai potensi yang dapat dikembangkan sebagai sumber pakan, pangan, dan bahan kimia lainnya. Selama ini mikroalga sudah dikenal sebagai bahan baku industri farmasi, kosmetika, dan *biofuel* [4]. Penelitian mengenai berbagai spesies mikroalga sebagai penyerap unsur logam berat di perairan sudah banyak diteliti. Menurut [5], mikroalga mampu secara selektif menyerap dan menjerap logam dari media cair dan mengakumulasi logam tersebut dalam selnya. Salah satu spesies mikroalga yang merupakan bahan baku pakan alami sektor perikanan serta memiliki kemampuan menyerap logam adalah *Chlorella* sp. [6]. *Chlorella* sp. terbukti dapat menurunkan kandungan logam berat Cu pada limbah industri pelapis logam [7]. Penelitian lain menunjukkan bahwa kemampuan biomassa *Chlorella* sp. dalam menjerap logam timbal sebesar 99,4% [3].

Penelitian mengenai kemampuan penjerapan *single-metal* oleh mikroalga telah banyak diteliti, namun untuk kemampuan kapasitas penjerapan *multi-metal* pada mikroalga kurang mendapat perhatian, sementara kondisi limbah di lingkungan mengandung lebih dari satu logam. Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kapasitas mikroalga *Chlorella* sp. dalam menjerap multi logam.

II. METODE PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan Mei - Juli 2013 di Laboratorium BTL - BPPT Serpong, Tangerang.

B. Prosedur Kerja

Tahapan kerja pada penelitian ini dibedakan menjadi 2 tahap yaitu tahap Persiapan dan tahap Eksperimental.

1. Tahap Persiapan

a. Pembuatan Stok Kultur Mikroalga

Mikroalga *Chlorella* sp. yang didapatkan dari kultur laboratorium BTL-BPPT diinokulasikan pada medium formulasi BTL-BPPT [8] sebanyak 5 L dalam carboy 10 L untuk pembuatan starter dengan komposisi mikroalga 10% dari medium dengan kepadatan awal inokulasi optimal sebesar 10^6 sel/mL [9]. Kemudian mikroalga tersebut dikultur pada ruangan tertutup dengan kondisi kultur disesuaikan dengan kondisi ruang kultur BTL-BPPT dan diberi aerasi dan penghitungan jumlah sel kultur setiap 24 jam sampai diperoleh fase kematian yang direpresentasikan dalam dan kurva pertumbuhan. Usia kultur yang digunakan untuk uji biosorpsi adalah pertengahan fase eksponensial hal ini karena aktivitas pertumbuhan sel pada keadaan paling optimal [10].

2. Tahap Eksperimental

uji biosorpsi logam dengan perlakuan tunggal dan multi logam. Kultur *Chlorella* sp. pada pertengahan fase eksponensial dari kultur stok dipanen kemudian diinokulasikan pada masing - masing pada medium kultur formulasi BTL-BPPT sebanyak 500 ml yang telah ditambah logam $ZnCl_2$ dan $PbCl_2$ dengan konsentrasi 25mg/l dan 50mg/l pada Erlenmeyer 1 L untuk perlakuan logam tunggal serta perlakuan logam campuran dengan kombinasi konsentrasi antara kedua logam tersebut [11]. Uji ini dilakukan setiap 60 menit selama 3 jam [12]. Kemudian diambil sampel sebanyak 15 ml dari masing-masing Erlenmeyer untuk dilakukan analisis kandungan logam yang terjepap dengan menggunakan AAS. Kemudian dilakukan penghitungan efisiensi penjerapan logam (Ep).

$$Ep = \left(\frac{C_s}{C_o} \times 100\% \right)$$

Keterangan :

Ep = Efisiensi penjerapan

Cs = Logam terjepap

Co = Logam awal

C. Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan uji deskriptif kuantitatif melalui metode RAL dengan parameter uji kemampuan biosorpsi logam $ZnCl_2$ dan $PbCl_2$ secara tunggal dan campuran dengan faktor konsentrasi logam 25 mg/l dan 50 mg/l serta waktu 60, 120, dan 180 menit dengan ulangan sebanyak 3 kali untuk masing - masing konsentrasi.

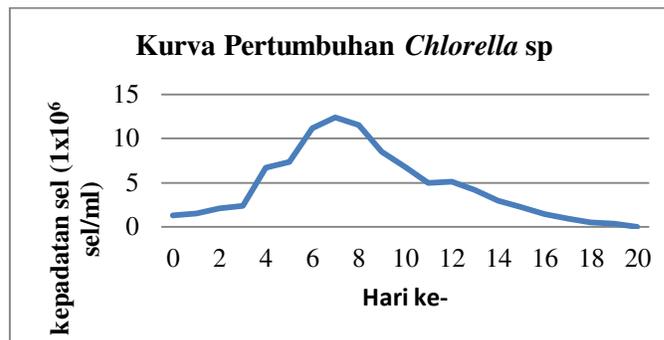
D. Analisa data

Setelah data diperoleh maka dilakukan uji analisis kuantitatif dengan menggunakan ANOVA 2-ways antara konsentrasi logam dan lama waktu pemaparan logam terhadap penjerapan logam

III. HASIL DAN DISKUSI

A. Pola Pertumbuhan *Chlorella* sp.

Pada penelitian ini digunakan kultur (starter) isolat Mikroalga *Chlorella* sp. yang merupakan koleksi kultur murni Laboratorium BTL-BPPT sebagai bagian dari persiapan uji



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan *Chlorella* sp.

biosorpsi dengan kepadatan awal sebesar $1,3 \times 10^6$ sel/ml. Kemudian kultur diberi aerasi pada kondisi optimum ruang kultur BTL-BPPT ($pH \pm 6$, $t = 25^\circ C$, TL 40 watt selama 24 jam). Aerasi atau pengadukan digunakan untuk dispersi antara udara, homogenisasi nutrisi, suhu dan biomassa *Chlorella* sp. [13]. Pengamatan kurva pertumbuhan diamati setiap 24 jam untuk mengetahui usia dari kultur *Chlorella* sp.

Hasil pengamatan kepadatan kultur *Chlorella* sp. selama 20 hari diperoleh kurva pertumbuhan pada Gambar 1. Gambar 1 menunjukkan bahwa pada hari ke-1 terjadi fase adaptasi dari sel *Chlorella* sp. Pada fase ini terjadi penyesuaian terhadap lingkungan yang baru sehingga penambahan populasi cenderung sedikit atau bahkan tidak ada [12]. Fase eksponensial dicapai pada umur kultur hari ke-2 hingga mencapai puncak pertumbuhan pada hari ke-6 dengan kepadatan sel antara $2,1 \times 10^6$ hingga $11,5 \times 10^6$ sel/ml. Fase eksponensial ditandai dengan meningkatnya jumlah sel secara konstan. Pada hari ke-8 hampir tidak terjadi penambahan jumlah sel sehingga dianggap sebagai fase stasioner. Fase stasioner ditandai dengan jumlah sel yang stabil. Fase kematian ditunjukkan dari penurunan jumlah sel yaitu pada hari ke-8 hingga hari ke-20.

Menurut [2], secara alami pertumbuhan dari Mikroalga akan menurun setelah mencapai kondisi optimum. Hal ini terjadi karena jumlah nutrisi pada medium menurun dengan bertambahnya kepadatan mikroalga. Selain itu penurunan jumlah biomassa juga disebabkan oleh penumpukan senyawa organik seperti NH_4^+ yang didapat dari sel *Chlorella* sp. yang mati dan mengendap di dasar tabung dalam konsentrasi tinggi. Penumpukan senyawa tersebut dapat meracuni sel *Chlorella* sp. sendiri sehingga dapat meningkatkan mortalitas serta dapat mengganggu penyerapan oksigen terlarut maupun nutrisi lainnya bagi sel yang masih hidup [14].

Melalui kurva pertumbuhan sel *Chlorella* sp. terhadap waktu didapatkan usia starter yang tepat untuk inokulasi pada medium tercemar logam yaitu pada pertengahan fase eksponensial yaitu, pada hari ke-5.

Menurut [15], ciri metabolisme selama fase logaritmik atau eksponensial yaitu tingginya aktivitas fotosintesis yang berguna untuk pembentukan protein dan komponen-komponen plasma sel yang dibutuhkan dalam pertumbuhan. Selain itu, ketersediaan nutrisi dalam media kultivasi masih mencukupi untuk terjadinya pertumbuhan sehingga penetapan waktu panen pada pertengahan fase eksponensial dilakukan karena aktivitas pertumbuhan sel pada keadaan paling optimal sehingga penjerapan logam juga menjadi maksimal [10].

Cahaya terdiri dari radiasi elektromagnetik dan energi yang bergantung pada panjang gelombang. Pigmen adalah molekul

yang menyerap beberapa gelombang cahaya dan memantulkan warna tersebut sehingga dapat terlihat oleh mata kita. Klorofil dari sel *Chlorella* sp. memiliki kapasitas dalam menangkap beberapa gelombang cahaya [16]. Tumbuhan memiliki dua pusat reaksi fotosintesis yaitu fotosistem I dan II. Pada fotosistem I terdiri atas klorofil a yang memiliki pigmen yang mampu menyerap panjang gelombang 700 nm (P700). Sedangkan pada fotosistem II terdiri atas klorofil b yang mampu menyerap panjang gelombang 600 nm (P680) [17]. Namun ketika kultur masuk pada fase kematian warna medium berangsur-angsur pudar (tak berwarna). Hal ini berarti seiring dengan kematian sel maka pigmen klorofil tersebut kehilangan kemampuan fisiologisnya untuk menangkap gelombang cahaya tersebut sehingga warna medium berangsur-angsur menjadi pudar.

B. Uji Biosorpsi Logam Oleh Mikroalga *Chlorella* sp.

Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari makhluk hidup dalam mengikat atau menyerap senyawa logam maupun limbah lain pada permukaan dinding selnya [18]; [19]. Pada uji biosorpsi ini digunakan medium sebanyak 500 ml dalam Erlenmeyer 1 L. Selanjutnya *Chlorella* sp dari kultivasi starter yang telah dipanen pada fase eksponensial dikultivasi kembali pada medium kultur formulasi BTL-BPPT dengan tambahan pencemar logam. Kepadatan awal *Chlorella* sp. yang diinokulasikan adalah sebesar $1,08 \times 10^6$ sel/ml. Kemudian dilakukan pengambilan sampel sebanyak 15 ml setiap 60 menit selama 3 jam. Sampel tersebut kemudian diukur kadar logamnya menggunakan *Atomic Absorption Spectrofotometer* (AAS) serta dihitung kepadatannya dengan menggunakan *Haemocytometer*. Hasil yang didapat kemudian diuji secara statistik menggunakan ANOVA yang membandingkan antara konsentrasi logam terhadap nilai penyerapan logam.

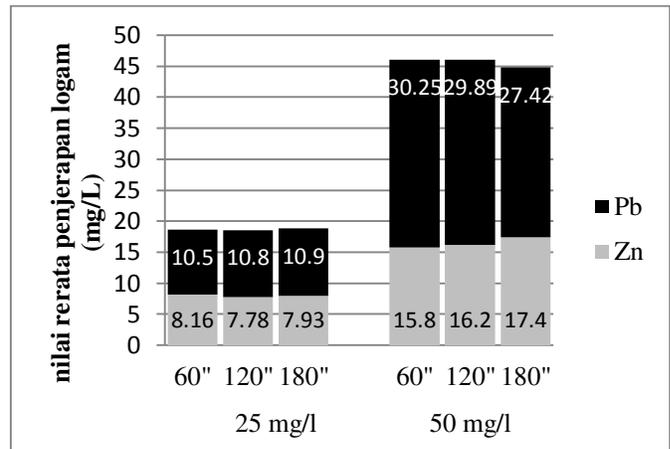
C. Penghitungan biosorpsi logam oleh *Chlorella* sp.

1. Biosorpsi *Chlorella* sp. dengan sistem logam tunggal.

Pada uji biosorpsi logam tunggal digunakan 3 konsentrasi yaitu 0 mg/l (kontrol), 25 mg/l, dan 50 mg/l. Perlakuan kontrol digunakan sebagai acuan untuk mengetahui apakah ada kandungan logam pada *Chlorella* sp. sebelum dilakukan penambahan logam. Namun pada pengukuran kadar logam pada perlakuan kontrol tidak terdeteksi adanya logam Zn maupun Pb. Hal ini kemungkinan kadar logam Zn dan Pb pada perlakuan kontrol berada dibawah limit uji AAS. Gambar 2 adalah perbandingan nilai rerata penyerapan logam tunggal.

Data tersebut menunjukkan semakin bertambahnya konsentrasi logam awal, nilai penyerapan logam juga bertambah. Hasil ini juga dibuktikan dengan uji analisis varian dua arah antara pengaruh konsentrasi logam terhadap nilai penyerapan logam oleh *Chlorella* sp.

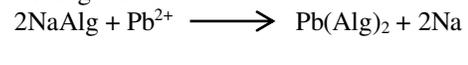
Penyerapan logam tunggal Zn oleh *Chlorella* sp. yaitu untuk pengaruh parameter konsentrasi logam terhadap nilai penyerapan antara 25 mg/l dengan 50 mg/l menunjukkan nilai *P value* sebesar $0,000 < \alpha 0,05$ yang berarti adanya pengaruh pada rerata serap logam antar kedua konsentrasi sehingga menunjukkan adanya pengaruh antara konsentrasi dengan nilai penyerapan logam Zn.



Gambar 2. Rerata Penjerapan Logam Tunggal oleh *Chlorella* sp.

Hasil yang sama juga ditunjukkan pada uji statistik pada penyerapan logam tunggal Pb oleh *Chlorella* sp. yaitu pada perbandingan parameter konsentrasi logam 25 mg/l dengan 50 mg/l terlihat nilai *P value* sebesar $0.004 < \alpha 0,05$ yang berarti ada pengaruh antara konsentrasi terhadap nilai penyerapan logam Pb.

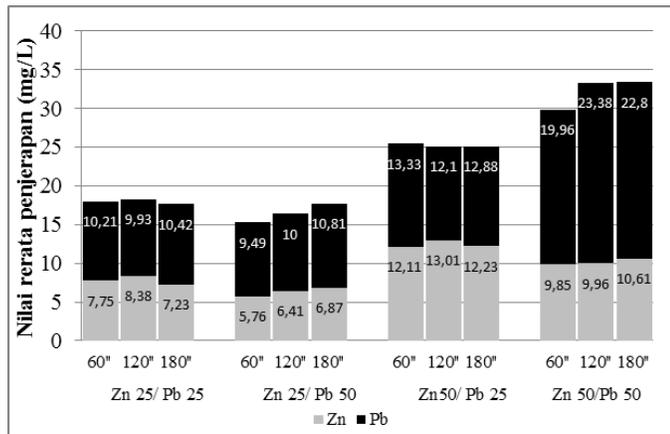
Menurut penelitian [20], peningkatan kemampuan biosorpsi berbanding lurus dengan peningkatan konsentrasi. Hal ini berkaitan dengan adanya efek cekaman yang terjadi sehingga meningkatkan semua transfer ionik dan mengakibatkan adsorpsi ion logam lebih tinggi. Edris juga melaporkan bahwa *Chlorella* HA-1 mampu menyerap logam pada konsentrasi 10 mg/l dan semakin tinggi pada konsentrasi 50 - 100 mg/l. Seperti yang telah diketahui bahwa proses biosorpsi terjadi dengan dua cara, pertama yaitu adsorpsi secara fisis yaitu terbentuknya ikatan antara adsorben dan adsorbat dengan gaya *Van der waals* yang bergantung pada jarak antara molekul dalam hal ini dinding sel bertindak sebagai adsorben dan logam sebagai adsorbat. Selain itu terjadi adsorpsi secara kimia melalui terbentuknya ikatan dengan sejumlah gugus kimia (hidroksil, karboksil, karbonil, dan gugus amino) yang terdapat dipermukaan sel mikroalga dan kedua adalah terjadinya pertukaran ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat. Dinding sel jasad hidup baik prokariotik maupun eukariotik tersusun dari polisakarida, salah satu polisakarida yang terkandung dalam dinding sel adalah senyawa alginat yang mempunyai ikatan ionik dengan mekanisme sebagai berikut :



Namun ikatan ionik ini sangat terbatas bergantung tipe, jumlah keberadaan sisi pengikatan serta luas dari dinding sel *Chlorella* sp. sehingga membuat penyerapan ion logam juga terbatas [19]; [21]; [22].

2. Uji biosorpsi *Chlorella* sp. dengan sistem logam campuran.

Rerata hasil penyerapan logam campuran oleh *Chlorella* sp. disajikan dalam bentuk tabel seperti dibawah ini



Gambar 3. Rerata Hasil Penjerapan Logam Campuran oleh *Chlorella* sp.

Dari tabel diatas dapat dilihat rerata nilai penjerapan logam Zn oleh *Chlorella* sp. konsentrasi 25 mg/l pada perlakuan logam campuran menunjukkan nominal yang berbeda dan cenderung menurun dengan bertambahnya konsentrasi logam Pb, hal yang sama juga diperlihatkan pada konsentrasi 50 mg/l nilai penjerapan Zn menurun dengan bertambahnya konsentrasi Pb pada medium.

Sedangkan pada rerata nilai penjerapan logam Pb oleh *Chlorella* sp. pada konsentrasi 25 mg/l menunjukkan bertambahnya nilai penjerapan seiring dengan bertambahnya konsentrasi logam Zn pada media kultur. Begitu juga yang terjadi pada rerata nilai penjerapan Pb 50 mg/l juga terlihat meningkat seiring bertambahnya konsentrasi logam Zn.

Hasil yang sama seperti pada perlakuan logam tunggal juga ditunjukkan pada perlakuan logam campuran, yaitu terlihat bahwa semakin bertambahnya konsentrasi logam maka semakin besar juga penjerapannya.

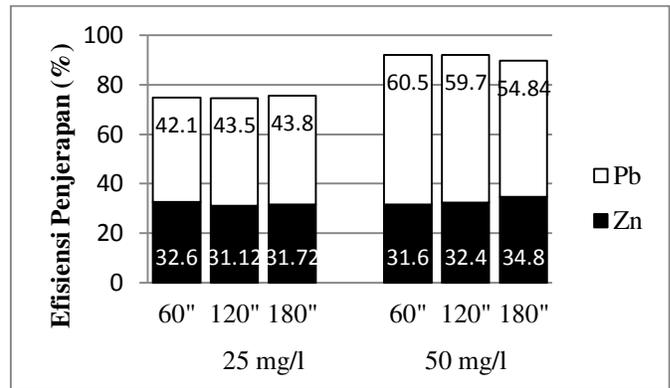
Menurut HSAB, menunjukkan bahwa Pb dan Zn sama-sama merupakan asam kelompok tengah (*borderline*) yang menyebabkan adanya perebutan untuk berikatan dengan dinding sel *Chlorella* sp. yang merupakan basa. Namun ion Pb memiliki afinitas yang lebih tinggi dibandingkan ion Zn sehingga lebih mudah dijerap pada dinding sel *Chlorella* sp. dengan mekanisme seperti yang dijelaskan pada subbab 4.2.2a.

Uji statistik anova 2-ways untuk penjerapan logam campuran yaitu campuran Zn dan Pb pada parameter konsentrasi logam terhadap penjerapan, nilai *P-value* menunjukkan 0,00 yang berarti ada pengaruh (*P-value* < 0,05) konsentrasi logam terhadap penjerapan logam untuk semua campuran konsentrasi.

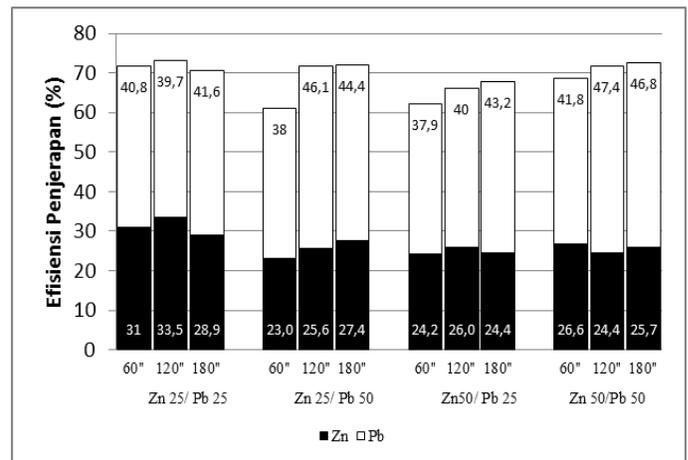
3. Efisiensi kapasitas penjerapan logam oleh *Chlorella* sp.

Pengukuran efisiensi kapasitas penjerapan (*E_p*) dilakukan untuk mengetahui kemampuan mikroalga *Chlorella* sp. dalam menyerap logam tunggal maupun campuran yaitu dengan cara membandingkan konsentrasi logam terjerap dengan logam awal kemudian dibuat prosentase. Hasil prosentase efisiensi kapasitas penjerapan yang didapat kemudian disajikan dalam bentuk grafik.

Dari gambar 4 dapat terlihat bahwa nilai efisiensi kapasitas penjerapan logam Pb pada konsentrasi 25 mg/l terlihat meningkat seiring bertambahnya waktu yaitu berturut-turut 42,1%, 43,5%, dan 43,8%. Namun pada konsentrasi 50 mg/l



Gambar 4. Hasil Pengukuran Efisiensi Kapasitas Penjerapan Logam Oleh *Chlorella* sp. Perlakuan Sistem Tunggal.



Gambar 5. Hasil Pengukuran Efisiensi Penjerapan Logam Oleh *Chlorella* sp. Perlakuan Sistem Logam Campuran.

nilai efisiensi kapasitas penjerapan logam Pb terlihat menurun seiring bertambahnya waktu berturut-turut yaitu 60,5%, 59,7%, dan 54,8%. sedangkan untuk nilai efisiensi kapasitas penjerapan logam Zn pada konsentrasi 25 mg/l terlihat menurun pada waktu 120 menit yaitu sebesar 32,6% dan meningkat sebesar 31,72% pada waktu 180 menit. Namun untuk nilai efisiensi kapasitas penjerapan logam Zn pada konsentrasi 50 mg/l terlihat meningkat seiring bertambahnya waktu yaitu sebesar 31,6%, 32,4%, dan 34,8%. Naik turunnya nilai efisiensi kapasitas penjerapan logam diduga terkait dengan kemampuan desorpsi pada mikroalga sebagai bentuk pertahanan diri. Desorpsi merupakan proses pelepasan kembali ion/molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben [23].

Menurut [24], pada mikroalga *Chlorella vulgaris* memiliki kemampuan desorpsi yang tidak terlalu besar sebagai mekanisme resistensi terhadap logam yang beracun. Namun selain itu, naik turunnya nilai penjerapan logam juga dipengaruhi oleh luas permukaan dinding sel, aerasi, dan berat jenis logam.

Hal yang serupa juga ditunjukkan pada nilai efisiensi kapasitas penjerapan pada perlakuan logam campuran, terlihat dari parameter waktu nilai efisiensi kapasitas penjerapan pada logam campuran juga menunjukkan hasil yang tidak stabil (gambar 4.6). Namun jika dilihat secara keseluruhan terlihat bahwa nilai efisiensi kapasitas penyerapan logam Pb

cenderung lebih tinggi dibandingkan logam Zn baik pada perlakuan sistem tunggal maupun sistem logam campuran.

Menurut [25], tiap-tiap jenis mikroalga memiliki kemampuan penyerapan maupun akumulasi logam yang berbeda-beda untuk setiap jenis logam. Nacorda melaporkan bahwa Pb lebih mudah diserap oleh sel *Chlorella* sp. dibanding Cd dan Cr. [2] juga melaporkan bahwa pada alga *Chaetoceros* menunjukkan penyerapan logam Pb lebih tinggi dibanding Zn. Hal tersebut diduga terkait dengan sifat logam Pb yang memiliki afinitas lebih tinggi dibandingkan logam Zn sehingga lebih mudah terjerap oleh sisi aktif dari dinding sel *Chlorella* sp.

Pada perlakuan logam campuran terjadi penurunan nilai efisiensi kapasitas penyerapan pada sistem logam campuran bila dibandingkan nilai efisiensi kapasitas penyerapan logam pada sistem tunggal yang terkait pula dengan interaksi antar logam (subbab 4.2.2b).

Hal ini diduga karena terjadi mekanisme penghambatan penyerapan ion. Logam Pb maupun Zn yang mengikat gugus fungsi yang sama pada dinding sel *Chlorella* sp. sehingga terjadi kompetisi untuk berikatan dengan dinding sel [2].

iii Pengaruh logam terhadap pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp.

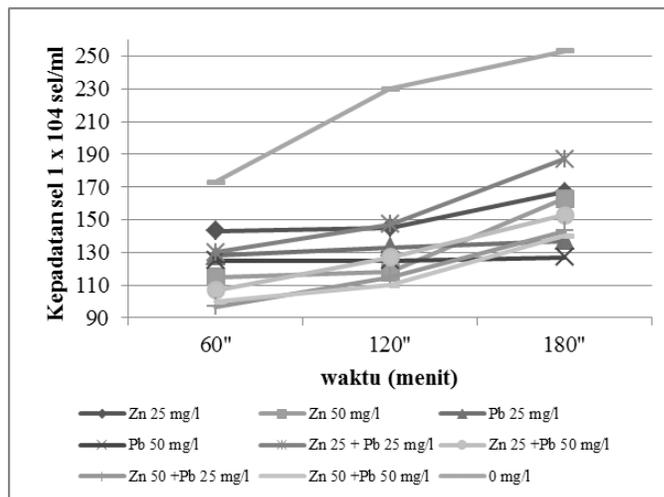
Respon *Chlorella* sp. terhadap seng (Zn) dan timbal (Pb) dapat terlihat dari pertumbuhan mikroalga yang dinyatakan dalam sel/ml pada tiap-tiap konsentrasi yang berbeda selama 3 jam pemaparan. Pertumbuhan *Chlorella* sp. dimulai pada jam ke-0 dengan kepadatan sel awal pada seluruh konsentrasi (perlakuan) sebesar $1,08 \times 10^6$ sel/ml. Menurut [9], secara umum kepadatan sel untuk inokulasi awal adalah sebesar 10^6 sel/ml. Hal ini mengacu pada jumlah nutrisi pada medium kultur yang mempengaruhi optimasi pertumbuhan dari sel *Chlorella* sp.

Dari gambar 4.5 terlihat bahwa pada seluruh perlakuan konsentrasi logam Zn, *Chlorella* sp. mengalami pertumbuhan yang ditandai dengan penambahan jumlah sel mulai dari menit ke-60 hingga menit ke-180. Namun bila dibandingkan jumlah sel pada kedua konsentrasi tersebut, jumlah sel yang terpapar logam pada konsentrasi 50 mg/l lebih kecil dibandingkan jumlah sel pada konsentrasi 25 mg/l. Hal ini menunjukkan bahwa sel *Chlorella* sp. mampu bertahan hidup dalam medium tercemar logam namun terjadinya penghambatan tumbuh bila dibandingkan dengan kontrol.

Dinding sel merupakan *barrier* pertama sel saat penyerapan logam dan adsorpsi permukaan merupakan mekanisme bertahan yang membuat mikroalga memiliki toleransi pada logam dengan toksik tinggi pada mediumnya [26].

Menurut [27], pada kultur *Chlorella* sp. yang diberi paparan logam berat menunjukkan jumlah sel semakin meningkat setiap hari hingga waktu 6 hari. Namun populasi sel *Chlorella* semakin menurun seiring meningkatnya konsentrasi logam berat.

[12] juga melaporkan bahwa kepadatan jumlah sel *Chlorella* sp. mengalami peningkatan mulai dari hari ke-1 hingga hari ke-12, namun pada saat kadar logam pencemar ditingkatkan jumlah sel *Chlorella* sp. semakin menurun. Hal ini diduga terkait dengan kemampuan *Chlorella* sp. yang memiliki sifat adaptasi yang lebih baik dibandingkan mikroalga lain dan mampu bertahan hidup walaupun di ling-



Gambar 6. Rerata Kepadatan Sel *Chlorella* sp Pada Medium Tercemar Logam Zn dan Pb.

kungan yang ekstrim miskin nutrisi, salinitas tinggi, dan pH yang berfluktuatif, disertai dengan adanya ion-ion logam berat dengan konsentrasi tinggi yang terdapat di dalam media kultur.

IV. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa *Chlorella* sp koleksi kultur BTL-BPPT dapat menyerap logam berat Seng (Zn) dan Timbal (Pb) dari media pertumbuhannya secara tunggal maupun campuran, nilai penyerapan logam akan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi logam awal yaitu meningkat pada konsentrasi 50mg/l pada perlakuan logam tunggal dengan *P-value* berturut-turut untuk Zn dan Pb sebesar 0,000 dan 0,004. Hal yang sama juga ditunjukkan pada perlakuan logam campuran yang menunjukkan penyerapan meningkat seiring bertambahnya konsentrasi dengan nilai *P-value* 0,000. Pada perbandingan efisiensi penyerapan (EP) terlihat bahwa logam Pb menunjukkan efisiensi jerap yang lebih tinggi yaitu sebesar 60,5% pada perlakuan tunggal, dan 47,4% pada perlakuan logam campuran. dibanding logam Zn dengan nilai efisiensi tertinggi sebesar 34,8% pada perlakuan logam tunggal dan 33,5% pada perlakuan logam campuran.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis J.I.K mengucapkan terima kasih kepada Bapak Aunurohim, dosen penguji serta Bapak Kamal, terima kasih atas waktu dan bimbingannya. Kepada Bapak, Ibu, Kakak dan Adik tercinta, yang senantiasa memberikan dukungan, kasih sayang, dan do'anya. Kepada teman-teman Biologi ITS angkatan 2009 dan Laboratorium Ekologi ITS atas dukungan dan motivasinya. Terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Das, Nilanjana., R. Vimala., P. Karthika. 2007. Biosorption of heavy metals-An overview. School of Biotechnology, India: Chemical and Biomedical Engineering.
- [2] Hala, Y; Emma Suryati; dan Paulina Taba. 2012. Biosorpsi Campuran Logam Pb^{2+} dan Zn^{2+} oleh

- Chaetoceros calcitrans*. Skripsi. Makassar: Kimia FMIPA, Universitas Hassanudin.
- [3] Aung, W. L., Kyaw Nyein., Nway Nay Hlaing. 2012. *Biosorption of Lead (Pb²⁺) by using Chlorella vulgaris*. ICCEA September 8-9th. Bangkok : Yangon University.
- [4] Kawaroe, Mujizat., Tri Prariono, Adriani Sunuddin, Dahlia Wulan Sari, Dina Augustine . 2010. Laju Pertumbuhan Spesifik *Chlorella* sp. dan *Dunaliella* sp. Berdasarkan Perbedaan nutrien dan Fotoperiode. Skripsi. Fakultas Farmasi. UNMUH.
- [5] Aksu Z, Donmez G. 2006. Binary biosorption of cadmium(II) and nickel(II) onto dried *Chlorella vulgaris* : co-ion effect on monocomponent isotherm parameters. *Journal of Process Biochem* 41:860–868.
- [6] Christi, Y. 2007. Biodiesel from Microalgae, *Biotechnol Adv.* 25: 294-306.
- [7] Syahputra, Benny. 2010 . Pemanfaatan Algae *Chlorella Pyrenoidosa* Untuk Menurunkan Tembaga (Cu) Pada Industri Pelapisan Logam. Skripsi. Semarang. Fakultas Teknik Universitas Islam Sultan Agung.
- [8] Mulyanto, Adi. 2010. Mikroalga (*Chlorella* sp) Sebagai Agensia Penambat Gas Karbon Dioksida. *Jurnal Hidrosfir Indonesia* Jakarta: BTL-BPPT.
- [9] Haryoto; Wibowo, Agus. 2010. Kinetika Bioakumulasi Logam Berat Kadmium Oleh Fitoplankton *Chlorella* sp Lingkungan Perairan Laut.
- [10] Setya, A.G., Surya R.P. 2010. Identifikasi Biohidrogen Secara Fermentatif Dengan Kultur Campuran Menggunakan Glukosa Sebagai Substrat. Skripsi. Surabaya: Jurusan Kimia Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.
- [11] Apiratikul, R., Marhaba, T.F., Wattanachira, S., and Pavasant, P. 2004. Biosorption of binary mixtures of heavy metals by green macro alga *Caulerpa lentillifera*. *Songklanakar J. Sci. Technol.* 26(Suppl. 1) : 199-207.
- [12] Fachrullah. Muhammad Reza. 2011. Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis* sp. yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka. Skripsi. Bogor: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Institut Pertanian Bogor.
- [13] Siswati, N., Tenti I., Meliya Rahmah. 2011. Biosorpsi Logam Berat Plumbum (Pb) Menggunakan Biomassa *Phanerochaete chrisosporium*. Skripsi. Surabaya: Jurusan Teknik Kimia UPN Veteran..
- [14] Suantika, G., Pingkan, dan Yusuf. 2009. Tesis. Pengaruh Kepadatan Awal Inokulum terhadap Kualitas Kultur *Chaetoceros gracilis* (Schuut) pada Sistem Batch. Skripsi. Bandung : ITB.
- [15] Fogg, G.E. 1975. *Algal Cultures and Phytoplankton Ecology*. UK : University of Winconsin press.
- [16] Alters, Sandra. 2002. *Biology Understanding Life* 3rd edition. London: Jones and Barlett Publising.
- [17] Mishira R., Subhrata. 2004. *Photosynthesis in Plants*. New Delhi: Discovery Publishing House.
- [18] Gadd, G.M. 1990. Biosorption, Chemistry, and Industry Society. *Journal of Chemical Industry* A13, 421-426.
- [19] Chojnacka, Katarzyna. 2009. *Biosorption and bioaccumulation in practice*. New York. Nova Science Publisher, Inc.
- [20] Davis P. A. and M. Dent, J. Parker, C.S. Reynolds and A.E. Walsby. 2003. The annual cycle of growth rate and biomass change in *Planktothrix* spp. in Blelham Tarn, English Lake District. *Journal of Freshwater Biology* 48:852-867.
- [21] Gokhale, S.V.; Jyoti, K.K.; Lele, S.S. 2007. Kinetic and equilibrium modeling of chromium (VI) biosorption on fresh and spent *Spirulina platensis* / *Chlorella vulgaris* biomass. *Elsevier Bioresource Technology*. 99: 3600-3608. ISSN: 0960-8524 DOI: 10.1016.
- [22] Edris, Gaber., Yahia Alhamed., and Abdulrahim Alzahrani. 2012. Cadmium and Lead Biosorption by *Chlorella Vulgaris*. *Journal of Chemical and Materials Engineering Department, Faculty of Engineering, Istanbul: King Abdulaziz*.
- [23] Triani, L. 2006. *Desorpsi Tembaga (II) dari Chlorella sp yang Terimobilisasi pada Silika Gel*. Skripsi. Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang.
- [24] Tam, Nora F. Y. 1998. *Wastewater Treatment with Algae*. USA : Springer publisher.
- [25] Nacorda, J.O., M.R. Martines., N.K. Torreta., F.E. Merca. 2007. Metal resistance and removal by two strains of the green alga, *Chlorella vulgaris* Beijerinck, isolated from Laguna de Bay, Philippines. *Journal of Biological Sciences, University of Los Bunos* 22: 342-347
- [26] Monteiro CM, Castro PML, Malcata FX (2010a) Cadmium removal by two strains of *Desmodesmus pleiomorphus* cells. *Journal of Water Air Soil Pollutan* 208:17–27.
- [27] Kaplan, D; Yair M. Heimer; Aharon Abeliovich; and Peter Goldsbrough. 1995. *Cadmium toxicity and resistance in Chlorella sp*. *Elsevier Plant Science* 109: 129-137.