

PERTUMBUHAN POPULASI CHLORELLA VULGARIS BEIJERINCK DENGAN PERLAKUAN PENAMBAHAN LOGAM BERAT TEMBAGA (CU) PADA SKALA LABORATORIUM

Hermawan Setiyo Budi Hartanto, Riche Hariyati, Tri Retnaningsih
Soeprbowati

Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Tembalang,
Semarang 50275 Telepon (024) 7474754; Fax. (024) 76480690

Abstract

Environmental pollution has become a serious problem in marine environment. Inorganic pollutants was harmful to the environment because difficult to decompose naturally, therefore induce environmental damage. One anorganic pollutants agent is heavy metal copper (Cu). Algae have a high tolerance to heavy metal copper stress in the environment so it can be used as a bioremediation agent, such as *Chlorella vulgaris* Beijerinck. This study aimed to determine the effect of copper to the population growth of *Chlorella vulgaris* Beijerinck. Research was carried out by inoculated *Chlorella vulgaris* Beijerinck in seawater culture medium containing copper (Cu) with concentration 0.05 ppm, 0.5 ppm, 5 ppm, and 25 ppm, respectively. Observation of the growth of *Chlorella vulgaris* Beijerinck were performed every 24 hours for 14 days by Improved Neubauer Haemocytometer. The results showed that copper with concentration 0.05 ppm and 0.5 ppm increased *Chlorella vulgaris* Beijerinck growth populations at day three and it also inhibit *Chlorella* growth until day eighth. *Chlorella* population then increased sigificantly at day eight until day fourteen of observation. Copper with concentration 5 ppm and 25 ppm decreased the population of *Chlorella vulgaris* Beijerinck and then increased its population at day six. *Chlorella* population then decreased at ten day of observation.

Key words: growth, heavy metals copper (Cu), *Chlorella vulgaris* Beijerinck, bioremediation

Abstrak

Pencemaran lingkungan telah menjadi masalah yang mendapatkan perhatian serius, khususnya pencemaran lingkungan perairan laut. Agen pencemar dapat berupa bahan organik maupun bahan anorganik. Bahan anorganik lebih berbahaya bagi lingkungan karena lebih sulit terurai secara alami dan dapat mengakibatkan kerusakan lingkungan. Salah satu agen pencemar anorganik adalah logam berat tembaga (Cu). Alga memiliki toleransi yang tinggi terhadap cekaman logam berat tembaga di lingkungan sekitarnya sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agen bioremediasi, salah satu alga tersebut adalah *Chlorella vulgaris* Beijerinck. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi logam berat tembaga terhadap populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck. Penelitian dilakukan dengan menginokulasikan *Chlorella vulgaris* Beijerinck pada medium kultur air laut yang mengandung logam berat tembaga (Cu) dengan konsentrasi 0,05 ppm; 0,5 ppm; 5 ppm; dan 25 ppm. Pengamatan pertumbuhan *Chlorella vulgaris* Beijerinck dilakukan setiap 24 jam selama 14 hari. Pengamatan dilakukan dengan cara menghitung kepadatan sel dengan Haemositometer. Hasil penelitian menunjukkan bahwa logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi 0,05 dan 0,5 ppm meningkatkan populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck pada hari ke tiga dan kemudian menghambat pertumbuhan populasi hingga hari ke delapan pengamatan serta kemudian meningkatkan populasi *Chlorella* secara tajam pada hari ke sembilan hingga hari ke empat belas. Logam tembaga dengan konsentrasi 5 dan 25 ppm pada medium menurunkan populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck dan kemudian meningkatkan populasi *Chlorella* pada hari keenam serta menurunkan populasi *Chlorella* pada hari ke sepuluh pengamatan.

Kata kunci: pertumbuhan, logam berat tembaga (Cu), *Chlorella vulgaris* Beijerinck, bioremediasi

Pendahuluan

Air adalah sumber kehidupan karena dibutuhkan makhluk hidup untuk kelangsungan hidup mereka. Air digunakan oleh manusia untuk keperluan sehari-harinya, seperti : makan, minum, mandi, cuci, kakus. Namun air juga merupakan habitat bagi beberapa jenis hewan dan tumbuhan akuatik. Mengingat fungsi air bagi kehidupan makhluk hidup, maka idealnya air berada dalam kondisi tanpa pencemaran sehingga aman digunakan sesuai fungsinya. Namun dewasa ini telah terjadi pencemaran terhadap lingkungan perairan, seperti perairan darat dan perairan laut. Pencemaran air dapat terjadi akibat kehadiran bahan-bahan organik, maupun bahan-bahan anorganik. Bahan-bahan anorganik tersebut, yaitu logam-logam berat hasil buangan pabrik, juga dapat menjadi pemicu penyakit-penyakit yang timbul akibat kehadiran logam berat (Wardhana, 2004).

Tembaga merupakan salah satu logam berat yang didapati pada limbah buangan industri dan merupakan salah satu logam berat penyebab pencemaran lingkungan perairan. Logam ini telah dikenal oleh manusia sejak 10.000 tahun yang lalu. Penggunaan logam tembaga oleh manusia pertama kali digunakan oleh orang-orang Mesopotamia kuno. Tembaga digunakan oleh manusia purba sebagai perkakas rumah tangga, perhiasan, dan senjata berburu. Produksi logam tembaga pada masa modern ini, dipergunakan untuk keperluan industri mesin, dan kelistrikan. Tembaga juga digunakan sebagai bahan baku pembuatan pestisida dan herbisida, produk-produk pertanian dan pengawetan kayu. Industri pengolahan tembaga di seluruh dunia pada masa modern melepaskan sekitar 1,8 juta metrik ton tembaga setiap tahun pada biosfer global. Kehadiran logam ini pada lingkungan perairan, baik air tawar, maupun perairan laut merupakan masalah lingkungan yang serius dewasa ini (Eisler, 1998 dalam Okocha dan Adedeji,

2012). Tembaga merupakan salah satu anggota Zat Gizi Mikro/Mikronutrien. Mikronutrien adalah vitamin dan mineral yang dibutuhkan tubuh dalam jumlah yang sangat kecil (dalam ukuran mikrogram/miligram perhari). Defisiensi zat gizimikro pada umumnya dapat menyebabkan pengurangan kemampuan belajar, mengurangi produktivitas kerja, bahkan dapat memperparah penyakit dan memperparah kematian terutama bagi ibu hamil dan bayi (Soekirman, 2000). Paparan Cu yang berlebih pada tubuh manusia dapat menyebabkan kerusakan atropik pada selaput lendir yang berhubungan dengan hidung serta menyebabkan timbulnya penyakit Wilson dan Kinsky. Penyakit ini merupakan penyakit kerusakan pada jaringan otak dan demyelinisasi. Gejala lain yang timbul yaitu : penurunan kerja ginjal dan pengendapan Cu pada kornea mata. (Palar, 1994).

Berbagai metode penanggulangan pencemaran logam berat telah dikembangkan, termasuk teknologi bioremediasi dengan menggunakan mikroba, seperti : bakteri, jamur, khamir, dan mikroalga. Keunggulan mikro alga dalam proses remediasi adalah rentang toksisitas mikroalga yang lebar, banyak limbah yang dapat diremediasi, dan sifatnya yang non patogen. Salah satu mikroalga digunakan dalam proses bioremediasi adalah *Chlorella vulgaris*. (Muthukumar et al., 2005 dalam Dominic, et.al., 2009). Sel *Chlorella vulgaris* berbentuk bulat, hidup soliter, berukuran 2-8 μm . Sel *Chlorella* mengandung 50% protein, lemak serta vitamin A, B, D, E dan K, disamping banyak terdapat pigmen hijau (klorofil) yang berfungsi sebagai katalisator dalam proses fotosintesis (Sachlan, 1982). Sel *Chlorella* umumnya dijumpai sendiri, atau kadang-kadang bergerombol. *Chlorella vulgaris* berkembangbiak secara vegetatif. Masing-masing sel induk membelah menghasilkan 4, 8, atau 16 autospora

yang dibebaskan bersama dengan pecahnya dinding sel induk. Perkembangbiakan sel ini diawali dengan pertumbuhan sel yang membesar. Periode berikutnya adalah terjadinya peningkatan aktivitas sintesa sebagai bagian dari persiapan pembentukan autospora yang merupakan tingkat pemasakan akhir yang akan disusul oleh pelepasan autospora (Bold dan Wynne, 1985). Mikroalga tersebut digunakan dalam proses bioremediasi karena mudah diperoleh, mudah dikembangbiakkan (Syahputra, 2008), serta memiliki kemampuan absorpsi logam berat secara proporsional (Darmono, 1995). Afkar et al, (2010) menyatakan bahwa *Chlorella vulgaris* Beijerinck memiliki kemampuan mengakumulasi tembaga, lebih daripada mengakumulasi Co (Kobalt) dan Zn (Seng).

Bahan dan Metode

Bahan Penelitian

Bahan penelitian adalah biakan fitoplankton *Chlorella vulgaris* Beijerinck yang didapatkan dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau (BBPBAP) Jepara, larutan Walne, dan larutan logam CuSO_4 .

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah refraktosalinometer, mikroskop, lampu neon, toples kaca ukuran 3 liter, aerator, handy counter, pH meter, kaca preparat, Neubauer hemositometer, pipet ukur, gelas ukur, dan pipet tetes.

Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi dilakukan untuk menghilangkan mikroorganisme atau zat pengganggu yang tidak diharapkan keberadaannya pada alat dan media kultur / bahan yang akan digunakan selama penelitian. Tahapan sterilisasi yang dilakukan, menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) sbb :

- a. Semua peralatan non elektronik dicuci dengan sabun pencuci perabotan gelas, kemudian dibilas dengan air dingin yang telah dididihkan pada suhu 100o C sebelumnya. Kemudian peralatan dibilas dengan larutan HCl 4 N yang telah diencerkan 10% dan dibilas kembali dengan air dingin hasil rebusan. Selanjutnya dibilas dengan larutan alkohol 70% dan terakhir dibilas dengan aquades hingga hilang bau alkoholnya. Peralatan ditiriskan di atas meja yang telah disemprot alkohol sebelumnya.
- b. Selang plastik aerator, gelas kultur, dan pengatur debit udara disterilkan terlebih dahulu dengan direndam larutan kaporit 10-15 menit. Kemudian dicuci dengan air dingin hasil rebusan dan ditiriskan seperti peralatan gelas.

Penyiapan kondisi fisik dan kimia air laut

Air laut yang digunakan sebagai media pertumbuhan mikroalga (*Chlorella vulgaris* Beijerinck) disterilisasi terlebih dahulu. Sterilisasi memiliki tujuan untuk memperkecil jumlah mikroorganisme kontaminan yang terdapat di dalamnya. Sterilisasi air laut dilakukan dengan merebus air laut hingga mendidih selama kurang lebih 2 jam, kemudian didinginkan sampai suhu air laut mencapai temperatur ruang. Medium kultur untuk mikroalga dijaga supaya berada pada rentang pH tertentu untuk mengoptimalkan produktivitas mikroalga perairan, yaitu 7,5 – 8,5. Salinitas medium diupayakan berada pada konsentrasi tinggi, yaitu di atas 30 ppt agar tercipta kondisi stress yang mampu meningkatkan pertumbuhan

mikroalga (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Penyiapan biakan *Chlorella vulgaris* Beijerinck dan larutan logam berat

c. Biakan *Chlorella vulgaris* Beijerinck diaklimatisasi di dalam temperatur ruang selama 4 hari. Setelah aklimatisasi, bibit *C. vulgaris* Beijerinck diinokulasikan kedalam 1 L medium air laut steril untuk memperoleh stock kultur *C. vulgaris* Beijerinck. Berdasarkan stok kultur tersebut kemudian dibagi ke dalam 13 kultur perlakuan (12 kultur yang diberi perlakuan logam berat dan 1 kultur sebagai kontrol) *Chlorella vulgaris* Beijerinck yang akan digunakan dalam penelitian. Pembagian kultur dilakukan menggunakan gelas ukur.

Penyiapan Larutan Logam Berat

d. Logam berat yang digunakan dalam penelitian ini adalah CuSO_4 . Larutan stok CuSO_4 dibuat dengan melarutkan 1 g CuSO_4 padat dalam 1L akuades untuk mendapatkan larutan logam berat dengan konsentrasi 1000 ppm. Larutan stok ini kemudian diencerkan menggunakan rumus $V_1 \times N_1 = V_2 \times N_2$ untuk memperoleh larutan logam berat dengan konsentrasi 0,05 ppm; 0,5 ppm ; 5 ppm ; dan 25 ppm. Larutan dengan konsentrasi 25 ppm diperoleh dengan menambahkan 25 ml larutan stok dengan 975 ml air laut steril. Larutan dengan konsentrasi 5 ppm diperoleh dengan menambahkan 5 ml larutan stok dengan 975 ml air laut steril. Konsentrasi 0,5 ppm dan 0,05 ppm diperoleh dengan mengambil masing-masing 0,5 ml dan 0,05 ml larutan stok untuk

kemudian ditambahkan dengan air laut steril hingga diperoleh volume sebesar 1000 ml.

Pengamatan pertumbuhan *Chlorella vulgaris* Beijerinck

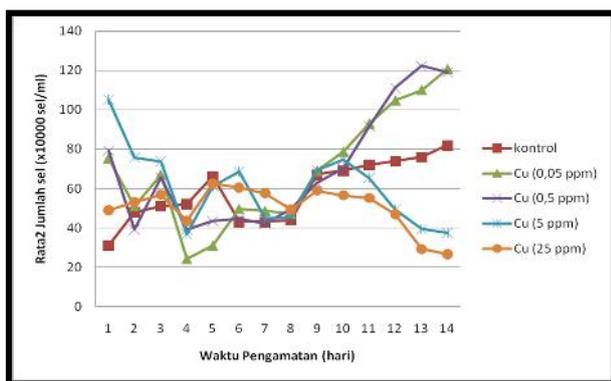
Biakan *Chlorella* murni yang diperoleh selanjutnya diambil sebanyak 2 ml berdasarkan rumus $V_1 N_1 = V_2 N_2$ dan kemudian diinokulasikan ke dalam 1 liter air laut yang telah disterilkan. Kondisi fisik dan kimia air laut ini telah diatur sehingga diperoleh pH 7 dan salinitas 30 ppt, serta dialiri udara yang dihasilkan dari aerator untuk menciptakan kondisi optimal bagi pertumbuhan *Chlorella*. Kultur tersebut digunakan sebagai kontrol dalam penelitian.

Kultur selain kontrol kemudian diberi perlakuan khusus dengan ditambah larutan logam berat CuSO_4 setelah 4 hari. Masing – masing perlakuan kemudian diulang sebanyak 3 kali. Semua kultur, baik yang diberi perlakuan logam, maupun yang tidak diberi logam (kontrol) kemudian diambil sampelnya setiap 24 jam untuk dihitung jumlah populasi *Chlorella*. Penghitungan populasi sel *Chlorella* dilakukan dengan menggunakan Improved Neubauer Haemocytometer. Penghitungan dilakukan dengan menghitung jumlah sel yang teramati melalui mikroskop pada bagian tengah hemositometer kemudian dikali dengan 104 sel untuk mengetahui jumlah sel setiap ml medium kultur (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Parameter lain yang diamati dalam penelitian ini, selain jumlah populasi *Chlorella*, adalah pengamatan kondisi fisik dan kimia media air laut (Temperatur, pH, dan salinitas). Kondisi fisik dan kimia air laut, sebagaimana halnya dengan pengamatan populasi *Chlorella*, diamati setiap 24 jam hingga hari ke 14. Data yang diperoleh kemudian ditabulasikan

dalam bentuk tabel dan diolah untuk mendapatkan grafik pertumbuhan populasi *C. vulgaris* Beijerinck.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian pertumbuhan populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck pada medium yang mengandung logam berat tembaga dapat diamati pada gambar berikut:



Gambar 1. Grafik pertumbuhan populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck

Gambar 1 merupakan grafik pertumbuhan populasi *C. vulgaris* Beijerinck yang ditumbuhkan pada berbagai medium dengan konsentrasi tembaga (Cu) yang berbeda. *Chlorella* yang ditumbuhkan pada medium kontrol yang tidak diberi perlakuan penambahan logam Cu tampak mengalami pertumbuhan pada hari pertama inokulasi pada medium hingga hari ke lima setelah inokulasi. Pada hari ke enam hingga ke delapan tidak terlihat adanya peningkatan pertumbuhan secara tajam. Peningkatan populasi *Chlorella* secara tajam terjadi pada hari ke delapan pengamatan hingga hari ke empat belas.

Pertumbuhan yang berbeda terlihat pada *Chlorella vulgaris* Beijerinck yang ditumbuhkan pada medium yang mengandung logam tembaga (Cu). Pertumbuhan sel *Chlorella* yang diinokulasikan pada medium yang mengandung 0,05 ppm Cu menunjukkan pola yang berbeda dalam pertumbuhannya. *Chlorella* yang

ditumbuhkan pada medium dengan konsentrasi 0,05 ppm Cu menunjukkan fluktuasi pertumbuhan dan penurunan pada hari ke empat setelah inokulasi. Pertumbuhan populasi *Chlorella* terjadi setelah hari kelima inokulasi. Pertumbuhan tampak mengalami penghambatan pada hari ke enam, kemudian terjadi kembali peningkatan populasi pada hari ke sembilan. Grafik pertumbuhan memperlihatkan adanya kenaikan jumlah sel hingga hari keempat belas pada kedua kelompok tersebut. Jumlah sel bahkan mencapai 120×10^4 sel/ml, terlihat mengalami peningkatan yang besar jika dibandingkan dengan perlakuan kontrol.

Mikroalgae *Chlorella vulgaris* Beijerinck yang ditumbuhkan pada medium yang mengandung 0,5 ppm tembaga (Cu) memperlihatkan fluktuasi pertumbuhan di dalam medium sejak hari pertama inokulasi hingga hari ke empat. Pada hari ke lima setelah inokulasi populasi *Chlorella* mulai mengalami kenaikan. Peningkatan jumlah sel secara tajam terjadi pada hari ke delapan hingga hari ke empat belas. Jumlah sel pada akhir pengamatan juga mencapai 120×10^4 sel/ml, sama halnya dengan kelompok pertama yang diberi penambahan 0,05 ppm Cu.

Chlorella vulgaris Beijerinck yang ditumbuhkan pada medium 5 ppm tembaga (Cu) memperlihatkan pertumbuhan fluktuatif dan menunjukkan adanya penurunan jumlah sel pada akhir masa pengamatan. Populasi *Chlorella* menurun secara tajam sejak hari pertama inokulasi hingga hari ke empat. Peningkatan populasi terlihat pada hari ke lima hingga hari ke tujuh. Peningkatan kembali terjadi pada hari ke delapan hingga hari ke sepuluh serta diikuti dengan penurunan populasi hingga berakhirnya masa pengamatan.

Pola pertumbuhan yang serupa dengan *Chlorella vulgaris* Beijerinck yang ditumbuhkan pada medium dengan 5 ppm tembaga (Cu) ditunjukkan oleh *Chlorella vulgaris* Beijerinck yang ditumbuhkan pada

medium yang mengandung 25 ppm Cu. *Chlorella* yang ditumbuhkan pada medium dengan konsentrasi 25 ppm tampak mengalami pertumbuhan fluktuatif dan menunjukkan adanya penurunan jumlah sel pada akhir masa pengamatan. *Chlorella* tampak mengalami pertumbuhan sejak hari pertama inokulasi dan diikuti dengan penurunan populasi pada hari ke tiga. Pada hari ke lima terjadi peningkatan populasi, namun kemudian terjadi penurunan pada hari ke enam. Peningkatan populasi *Chlorella* terjadi kembali pada hari ke sembilan namun diikuti dengan penurunan populasi pada hari ke sepuluh. Penurunan ini terjadi hingga hari ke empat belas.

Pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. dipengaruhi oleh berbagai faktor, diantaranya ketersediaan unsur makro dan unsur mikro pada medium disekitarnya. Unsur mikro yang berperan penting bagi pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. diantaranya adalah tembaga (Oh-hama dan Miyachi, 1992). Dari grafik pertumbuhan diketahui bahwa konsentrasi tembaga (Cu) pada medium air laut sebesar 0,05 ppm dan 0,5 ppm menghambat pertumbuhan populasi *Chlorella* pada awal pengamatan, namun kemudian meningkatkan populasi *Chlorella* pada akhir pengamatan. Penghambatan pertumbuhan tersebut disebabkan oleh kehadiran logam berat Cu pada medium kultur. Hasil penelitian Yan dan Pan (2002) mengungkapkan tembaga (Cu) pada konsentrasi tinggi pada medium (50µg/L) menghambat pertumbuhan mikroalga hijau *Scenedesmus obliquus*. Terhambatnya pertumbuhan ini disebabkan akibat penundaan fase logaritmik dan pemanjangan fase adaptasi (fase lag). De Fillipis dan Pallaghy (1994), menyatakan bahwa adanya logam berat (seperti Ni, Zn, dan Cd) mengakibatkan terhambatnya pertumbuhan mikroalga, dengan memperpanjang fase adaptasi dalam pertumbuhannya. Hal ini disebabkan akibat terganggunya sistem enzim

intraseluler. Selain itu, konsentrasi logam berat yang tinggi akan menyebabkan pengrusakan membran sel, dan mengakibatkan ketidakseimbangan elektron dan ion-ion penting sehingga mengakibatkan penghambatan pertumbuhan. Meskipun demikian pada akhir masa pengamatan tampak terjadi peningkatan secara tajam pada populasi *Chlorella* Cu yang ditumbuhkan dalam medium dengan konsentrasi 0,05 dan 0,5 ppm. Hasil penelitian Abirhire (2012) mengungkapkan kemampuan mikroalga untuk tumbuh dan memanfaatkan logam pada lingkungan di sekitarnya. Penelitian tersebut dilakukan dengan memaparkan beberapa jenis mikroalga (*Chlorella vulgaris*, *Phacus curvicauda*, *Euglena acus*, dan *Oscillatoria bornettia*) dalam medium yang mengandung logam berat (Zn, Cd, Al, dan Cu) selama 4 minggu. Adanya logam berat pada medium justru memacu pertumbuhan mikroalga. Hal ini disebabkan ion-ion logam merupakan kofaktor bagi reaksi enzimatik yang berlangsung didalam sel mikroalga (Maeda et al, 1990 dalam Abirhire, 2012). Lakitan (2010), juga mengungkapkan logam Cu dibutuhkan *Chlorella* untuk melangsungkan metabolismenya karena Cu merupakan salah satu unsur mikro esensial yang dibutuhkan *Chlorella*

Grafik pertumbuhan memperlihatkan tembaga (Cu) dengan konsentrasi 5 ppm dan 25 ppm pada medium menunjukkan penghambatan pertumbuhan populasi *Chlorella* pada awal pengamatan dan kemudian mengakibatkan pengurangan populasi *Chlorella* pada medium kultur. Tembaga (Cu) yang ada pada medium kultur merupakan salah satu mikronutrien yang diperlukan *Chlorella*. Konsentrasi Cu yang berlebih justru menghambat pertumbuhan populasi *Chlorella*. Cu dapat memiliki efek toksik pada mikroalga, termasuk *Chlorella* sp. Toksisitas logam berat berkaitan dengan interaksi-interaksi pada permukaan atau akumulasi di dalam sel. Ion logam Cu, dapat mengganggu proses metabolik

rutin pada mikroalgae dengan berkompetisi terhadap senyawa-senyawa lain pada sisi aktif enzim, mengaktivasi enzim-enzim serta senyawa lain, sehingga mengakibatkan pertumbuhan rendah atau menghentikan pertumbuhan sama sekali (Arunakumara dan Xuecheng, 2008). Tripathi dan Gaur (2006) menyatakan bahwa Cu dan Zn menurunkan kandungan protein, karbohidrat, pigmen fotosintesis, metabolisme nitrat serta respirasi dan pertumbuhan pada beberapa algae hijau, diantaranya *Scenedesmus* sp. Welde et al (2006), menyatakan bahwa Cu menghambat pembelahan sel *Chlorella* sp. Proses pembelahan yang terhambat ini dapat disebabkan oleh pergantian pada struktur membran tilakoid kloroplas akibat adanya Cu, sehingga terjadi penghambatan fotosintesis (Wong et al, 1994). Pergantian struktur tilakoid ini disebabkan oleh adanya oksidasi pada membran lipid oleh radikal oksigen aktif sebagai akibat kehadiran logam Cu (Patsikka et al, 2001). Hasil penelitian Ouyang et al (2012), menunjukkan bahwa Cu pada medium dengan konsentrasi 5 μMol bersifat toksik (dengan urutan toksisitas : Cu>Cr>Cd>Zn>Pb) bagi pertumbuhan *Chlorella vulgaris*. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Qian et al (2009) juga menyebutkan, bahwa Cu dan Cd bersifat toksik bagi *Chlorella vulgaris* karena dapat mempengaruhi proses fotosintesis dan menghambat laju pembelahan sel pada *Chlorella vulgaris*. Konsentrasi Cu 1,5 μMol diketahui menghambat gen *psbA* pada *Chlorella vulgaris*, sebuah gen yang mengkode produksi protein penyusun membran integral pada fotosistem II (PS II). Inhibisi transkrip mRNA pada gen *psbA* dapat mengurangi aktivitas fotosistem II dan laju transfer elektron.

Logam berat dapat menghambat reaksi-reaksi reduksi dalam jalur biosintesis pigmen fotosintetik. Logam berat juga diketahui menghambat enzim protochlorofillide reductase yang mengaktivasi protoklorofil menjadi

klorofil. Penghambatan aktivitas fotosintesis merupakan akibat dari kondisi lingkungan yang tercekam logam berat. Aktivitas fotosintesis dapat terhambat karena terjadi penghancuran pigmen-pigmen di dalam kloroplas yang berfungsi untuk menyerap cahaya serta penghambatan enzim-enzim kunci yang terlibat dalam fiksasi CO₂. (De Fillipis dan Pallaghy, 1994). Adanya logam berat selain tembaga (Cu) seperti Cr (Chromium), Cd (Cadmium), dan Pb (Timbal) di dalam sel *Chlorella* sp mempengaruhi aktivitas Nitrat Reduktase dan Alkalin Fosfatase serta menyebabkan terjadinya perubahan struktur protein enzim. Gangguan pada perangkat fotosintesis ini mengakibatkan pertumbuhan sel *Chlorella* sp menjadi tidak optimal (Van Assche dan Clijsters, 1990).

Kesimpulan

Logam tembaga (Cu) dengan konsentrasi 0,05 dan 0,5 ppm meningkatkan populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck pada hari ke tiga dan kemudian menghambat pertumbuhan populasi hingga hari ke delapan pengamatan serta kemudian meningkatkan populasi *Chlorella* secara tajam pada hari ke delapan hingga hari ke empat belas. Logam tembaga dengan konsentrasi 5 dan 25 ppm pada medium menurunkan populasi *Chlorella vulgaris* Beijerinck dan kemudian meningkatkan populasi *Chlorella* pada hari ke enam serta menurunkan populasi *Chlorella* pada hari ke sepuluh pengamatan.

Daftar Pustaka

- Abirhire, O. 2012. Long-term Uptake of Heavy Metals by Microalgae. *Journal Acad. Indus.Res.* 1: 290-292
- Afkar, E; H.Ababna; A.Fathi. 2010. Toxicological Response of the Green Algae *Chlorella vulgaris* to some Heavy Metals. *American Journal of Environmental Sciences.* 6:230-237

- Darmono. 1995. Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup. Universitas Indonesia press. Jakarta
- De Fillipis and C.Pallaghy. 1994. Heavy Metals: Sources and Biological effects, in; L.C Rai, J.Gaur,C.Soeder. Algae and water Pollution. E.Schweizerbartsche Verlagsbuchhandlung.Stuttgart: 3 1-77
- Dominic V; S. Murali ;M. Nisha 2009. Phycoremediation Efficiency Of Three Micro Algae *Chlorella vulgaris*, *Synechocystis salina* and *Gloeocapsa gelatinosa*. SB Academic Review 2009: 138-146
- Isnansetyo,A dan Kurniastuy. 1995. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Penerbit Kanisius: Yogyakarta
- K,Arunakumara; Z.Xuecheng. 2008. Heavy Metal Bioacumulation and Toxicity with Special Reference to Microalgae. J.Ocean Univ.China. 7: 25-30
- Oh-hama,T and S. Miyachi. 1992. Microalgae Biotechnology. Cambridge University Press : England
- Okocha,R and O,Adedeji. 2012. Overview of Copper Toxicity to Aquatic Life. Report and Opinion.4(8): 57-66
- Ouyang H; X.Kong; W.He; Qin; Q.He; Y.Wang; R.Wong; F.Xu. 2012. Effects of Five Heavy Metals at sub-lethal Concentrations on the Growth and Photosynthesis of *Chlorella vulgaris*. Chinese Science Bulletin. 57: 3363-3370
- Patsikka,E; E.Aro; E. Tyystjarvi. Mechanism of Copper-enhanced Photoinhibition in Thylakoid Membranes. *Physiol Plant*. 113: 142-150
- Qian,H; L.Jingjing; L.Sun; W.Chen; G.Heng;L.Weiping; F.Zhengwei. 2009. Combined Effect of Copper and Cadmium on *Chlorella vulgaris* Growth and Photosynthesis-related Gene Transcription. *Aquatic Toxicology*. 94: 56-61
- Palar,H.1994. Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat. Rineka Cipta: Jakarta
- Sachlan,M. 1982. Planktonologi. Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Diponegoro: Semarang
- Soekirman. 2000. Ilmu Gizi dan Aplikasinya untuk Keluarga dan Masyarakat. Dirjen Dikti: Jakarta
- Syahputra, B. 2008. Pemanfaatan Algae *Chlorella pyrenoidosa* untuk Menurunkan Tembaga (Cu) pada Industri Pelapisan Logam <http://smk3ae.wordpress.com/2008/05/09/pemanfaatan-algae-chlorella-pyrenoidosa-untuk-menurunkan-tembaga-cu-pada-industri-pelapisan-logam> diakses 5 Februari 2013
- Tripathi,B and J. Gaur. 2006 Physiological Behavior of *Scenedesmus* sp during Exposure to elevated Levels of Cu and Zn and after withdrawal of Metal stress. *Protoplasma* 229: 1-9
- Van Asche, F ; H, Clijsters. 1990. Effects of Metals on Enzyme Activity in Plants. *Plant Cell Environmen*. 13: 195-206
- Vashista,B. 1979.Botany for Degree Student.S Chand and Company LTD Ram Nager: New Delhi

Wardhana,W. 2004. Dampak Pencemaran Lingkungan Edisi Revisi. Penerbit ANDI: Yogyakarta

Wilde,K ; J. Stauber; S. Markich; N.Franklin and P.Brown. 2006. The Effect of pH on the Uptake and Toxicity of Copper and Zinc in a Tropical Freshwater Algae (*Chlorella* sp). Arch. Environmental Contamination Toxicology. 51: 174-185

Wong,S; L.Nakamoto; J.Wainwright. 1994. Identification of Toxic Metals in Affected Algal Cells in Assays of Wastewaters. J. Appl. Phycology 6: 405-414

Yan,H and G.Pan. 2002. Toxicity and Bioaccumulation of Copper in Three Green Microalgal Species. Chemosphere 49: 471-476