

STUDI PERBANDINGAN KEMAMPUAN *Nannochloropsis* sp. DAN *Chlorella* sp. SEBAGAI AGEN BIOREMEDIASI TERHADAP LOGAM BERAT TIMBAL (Pb)

COMPARATIVE STUDY OF ABILITY *Nannochloropsis* sp. AND *Chlorella* sp. AS AGENT BIOREMEDIATION OF HEAVY METAL PLUMBUM (Pb)

Khilyatun Nisak, Boedi Setya Rahardja dan Endang Dewi Masithah

Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
Kampus C Mulyorejo - Surabaya, 60115 Telp. 031-5911451

Abstract

Microalgae species *Nannochloropsis* sp. can used as heavy metal biosorben because of its adsorption capability that caused by the active cluster which contained in that species (Sembiring et al., 2008). *Chlorella* sp. is one of phytoplankton species that has the bioaccumulation ability of heavy metals and easily cultivated (Arifin, 1997). Lead (Pb) is a mineral belonging to microelements, is a heavy metal and is a potentially toxic material. Water bodies that have been polluted by compounds or ions Pb because can lead to the death of aquatic biota, the number of Lead (Pb) present in water bodies exceeding the proper concentration (Palar, 2004). One way to anticipate the increasing heavy metal pollution in the water is to bioremediation.

The research using experimentally, the research design used was completely randomized design (CRD) consisting of four treatments with five replications. The concentrations of heavy metals Plumbum (Pb) used is 0 ppm and 0.9 ppm. The main parameters in this study is the ability of bioremediation Plumbum (Pb) by *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp.

SPSS analytics normality test results and test the ability of T 95% in *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. in absorbing heavy metals Plumbum (Pb) concentrations of 0 ppm and 0.9 ppm indicate that the data is normal and the results obtained were significantly different / significant. While the analysis of SPSS test T on heavy metal absorption capability comparison Plumbum (Pb) concentration of 0 ppm and 0.9 ppm by *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. showed that the results were not significantly different / non significant. On average results obtained, *Nannochloropsis* sp. have a higher capacity than *Chlorella* sp. in the bioremediation process of heavy metals Plumbum (Pb).

Keywords : *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp., Plumbum(Pb) and Bioremediation

Pendahuluan

Pencemaran logam berat merupakan masalah yang sangat serius terhadap kondisi lingkungan dan ekosistem perairan pada saat ini. Semakin banyak logam berat yang terakumulasi dalam perairan maka kehidupan organisme dalam perairan semakin terganggu termasuk ikan-ikan yang hidup di perairan tersebut juga terkontaminasi logam berat (Friberg et al., 1974 dalam Connell dan Miller, 1995).

Timbal (Pb) merupakan mineral yang tergolong mikroelemen, merupakan logam berat dan berpotensi menjadi bahan toksik. Badan perairan yang telah tercemar senyawa atau ion-ion Pb, sehingga jumlah Timbal (Pb) yang ada dalam badan perairan melebihi konsentrasi yang semestinya, dapat mengakibatkan kematian bagi biota perairan (Palar, 2004). Salah satu cara untuk mengantisipasi meningkatnya pencemaran logam berat dalam suatu perairan adalah dengan cara bioremediasi. Menurut

Munir (2006), bioremediasi merupakan pengembangan dari bidang bioteknologi lingkungan dengan memanfaatkan proses biologi dalam mengendalikan pencemaran.

Salah satu organisme yang dapat digunakan untuk bioremediasi adalah mikroalga jenis *Nannochloropsis* sp. Mikroalga ini dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi ion-ion logam. Kemampuan adsorpsinya cukup tinggi karena di dalam *Nannochloropsis* sp. terdapat gugus fungsi amina, amida, dan karboksilat yang dapat berikatan dengan ion logam (Wisnu, 2006). *Nannochloropsis* sp. digunakan sebagai biosorben karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat dan tidak memiliki proteksi khusus untuk masuknya logam berat ke dalam sel. Penelitian tentang kemampuan *Nannochloropsis* sp. sebagai agen bioremediasi terhadap logam berat Timbal (Pb) telah dilakukan oleh Wardhany (2010) dan diperoleh hasil bahwa pada perlakuan konsentrasi Timbal (Pb) sebesar 0,3 ppm, 0,6 ppm dan 0,9 ppm,

kemampuan *Nannochloropsis* sp. didapatkan paling efektif pada perlakuan 0,9 ppm.

Chlorella sp. salah satu jenis alga bersel tunggal, mempunyai kemampuan produktifitas tinggi dan berkembang biak dengan cepat (Venkataraman, 1969). *Chlorella* sp. merupakan salah satu spesies fitoplankton yang memiliki kemampuan bioakumulasi logam berat dan mudah dibudidayakan (Arifin, 1997). Kemampuan masing-masing spesies plankton sebagai agen bioremediasi adalah tidak sama. Kemampuan masing-masing spesies plankton dalam bioremediasi perlu diketahui sehingga dalam pemanfaatannya diharapkan akan diperoleh hasil yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat Timbal (Pb) dan perbandingan kemampuan bioremediasi logam berat timbal (Pb) antara *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Metodologi

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Perikanan Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga Surabaya pada bulan April sampai Juni 2013. Pengujian kandungan Timbal (Pb) yang terkandung didalam media dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya.

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah seperangkat alat *Atomic Absorbent Spectrophotometric* (AAS) atau *Spektrometri Serapan Atom* (SSA) di Laboratorium Pengujian, gelas plastik Polietilen untuk kultur plankton, batu aerasi, selang aerasi, kran aerasi, mikroskop, *cover glass*, pipet, *haemocytometer*, DO meter, lampu neon 40 watt, beaker glass, handtally counter, termometer, kertas saring, lux meter, kertas pH, *filter bag*, labu ukur, kapas dan tisu.

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan murni *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang diperoleh dari Balai Besar Budidaya Air Payau di daerah Situbondo, logam berat Pb, air laut, aquades, klorin, deterjen, Na-Thiosulfat, aluminium foil dan media Walne (1 mL/1000 mL) sebagai pupuk untuk kultur plankton.

Penelitian ini dilakukan secara eksperimental, rancangan penelitian yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dengan lima ulangan yaitu:

- Perlakuan A : kultur *Nannochloropsis* sp. tanpa pemberian logam berat Pb (0 ppm)

- Perlakuan B : kultur *Chlorella* sp. tanpa pemberian logam berat Pb (0 ppm)
- Perlakuan C : kultur *Nannochloropsis* sp. dengan pemberian logam berat Pb sebesar 0,9 ppm
- Perlakuan D : kultur *Chlorella* sp. dengan pemberian logam berat Pb sebesar 0,9 ppm

Pemberian logam berat Timbal (Pb) sebesar 0,9 ppm berdasarkan hasil Wardhany (2010) bahwa kemampuan *Nannochloropsis* sp. dalam menyerap Timbal (Pb) paling efektif adalah pada konsentrasi 0,9 ppm.

Persiapan dan sterilisasi media kultur yang akan digunakan sebagai media kultur *Nannochloropsis* sp. untuk sterilisasi air laut perlu digunakan larutan klorin. Air laut disaring dengan *filter bag* kemudian disterilkan dengan klorin 60 ppm selama 1 jam dan dinetralisir dengan larutan Na- Thiosulfat 40-45 ppm sampai tidak berbau klorin. Air yang telah disterilkan kemudian diaerasi dan disimpan dalam wadah tertutup dan terhindar dari cahaya matahari agar mencegah pertumbuhan lumut dan fitoplankton yang tidak diinginkan.

Pembuatan larutan stok timbal diawali dengan menimbang $Pb(NO_3)_2$ sebanyak 1 gram kemudian dilarutkan ke dalam gelas ukur dengan 100 mL aquades, dihomogenkan di atas *magnetic stirrer*. Larutan induk ini kemudian dipindah ke dalam Erlenmeyer 1000 mL dan ditambah aquades sebanyak 500 mL. Pengambilan stok timbal yang akan diperlakukan menggunakan rumus berikut (Gunawati, 2011):

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

Keterangan :

- V_1 = volume stok yang dicari
- N_1 = konsentrasi stok yang dicari
- V_2 = volume stok yang diketahui
- N_2 = konsentrasi stok yang diketahui

A. Kultur Fitoplankton

Sebelum diberi perlakuan, *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. diaklimatisasi selama tiga hari di dalam akuarium agar dapat beradaptasi terhadap kondisi dan lingkungan kultur penelitian. Pada tahap pemberian perlakuan, *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dimasukkan ke dalam botol-botol perlakuan yang dilapisi dengan plastik polietilen (PE) didalamnya, dikarenakan botol perlakuan yang terbuat dari gelas kaca menyebabkan sebagian logam berat yang terdapat dalam media akan teradsorpsi pada dinding gelas sehingga perlu dilapisi dengan

plastik polietilen (PE) (Hutagalung, 1995). Media kultur yang digunakan adalah air laut sebanyak 130 mL dan pupuk Walne sebanyak 2 mL/L kemudian diberikan aerasi yang bertujuan agar tidak terjadi pembentukan koloni. *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dimasukkan ke dalam botol perlakuan yang telah dilapisi plastik polietilen dengan kepadatan 1×10^5 unit/mL.

Guna mengetahui kemampuan penyerapan Timbal (Pb) oleh Fitoplankton dilakukan pengukuran konsentrasi Timbal (Pb) pada media pemeliharaan plankton pada awal dan akhir penelitian. Konsentrasi Timbal (Pb) yang tersisa pada media pemeliharaan plankton pada akhir penelitian menunjukkan sisa Timbal (Pb) yang tidak terserap oleh plankton. Selanjutnya kedua konsentrasi Timbal (Pb) tersebut dimasukkan dalam rumus (Gunawati, 2011):

$$\% \text{ bioremediasi timbal} = \frac{N1 - N2}{N1} \times 100\%$$

Keterangan:

N1 = Konsentrasi Timbal (Pb) media pada awal penelitian

N2 = Konsentrasi Timbal (Pb) media pada akhir penelitian

Parameter utama dalam penelitian ini adalah kandungan logam berat Timbal (Pb) pada media oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Pengujian kandungan Timbal (Pb) yang terkandung didalam air dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan Surabaya. Sebagai parameter penunjang juga diamati kualitas air meliputi suhu, pH, oksigen terlarut, dan salinitas.

Data penelitian studi perbandingan kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sebagai agen bioremediasi terhadap logam berat timbal (Pb) dianalisis menggunakan uji normalitas dan uji T statistik berpasangan (paired comparison). Uji T digunakan apabila percobaan dikatakan berpasangan apabila tiap-

tiap ulangan ditempatkan pada media yang sama atau 2 perlakuan dibandingkan dalam keadaan yang sama (Kusriningrum, 2008).

Hasil dan Pembahasan

Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Dalam Media Kultur

Data rata-rata konsentrasi logam berat Timbal (Pb) pada media kultur dapat dilihat pada Tabel 1. Terhadap media kultur tanpa penambahan logam berat Timbal (Pb), juga dilakukan analisa kandungan logam berat Timbal (Pb) dan diketahui bahwa pada media tersebut juga terdapat logam berat Timbal (Pb).

Berdasarkan data tersebut, dilakukan analisa uji T menggunakan SPSS, masing-masing terhadap: 1) kandungan logam berat media kultur *Nannochloropsis* sp. pada awal dan akhir penelitian, 2) kandungan logam berat media kultur *Chlorella* sp. pada awal dan akhir penelitian, 3) presentase penurunan logam berat media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada akhir penelitian. Berikut grafik penurunan konsentrasi logam berat Timbal (Pb) yang telah di serap oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Hasil uji T kandungan logam berat media *Nannochloropsis* sp. dengan Timbal (Pb) 0 ppm dan 0,9 ppm pada awal dan akhir penelitian diketahui bahwa terdapat perbedaan yang nyata terhadap kandungan logam berat Timbal (Pb) pada awal dan akhir penelitian ($<0,05$).

Hasil uji T kandungan logam berat media *Chlorella* sp. dengan Timbal (Pb) 0 ppm dan 0,9 ppm pada awal dan akhir penelitian diketahui bahwa terdapat perbedaan yang nyata terhadap kandungan logam berat Timbal (Pb) pada awal dan akhir penelitian ($<0,05$).

Pada hasil uji T presentase penurunan logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Timbal (Pb) 0 ppm dan 0,9 ppm pada akhir penelitian, diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan

Tabel 1. Rata-rata konsentrasi logam berat Timbal (Pb) dalam air media perlakuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Hari ke-	Perlakuan			
	A	B	C	D
0	0,0130	0,0344	0,9006	0,8696
1	0,0108	0,0309	0,7973	0,7825
Presentase penurunan konsentrasi Timbal (Pb)	16,9230	10,1744	11,4701	10,0160

Tabel 2. Nilai rata-rata kualitas air pada media kultur *Nannochloropsis* sp.

Konsentrasi logam berat Timbal (Pb)	Suhu (°C)		pH		Salinitas (‰)	DO mg/l
	pagi	sore	Pagi	Sore		
0 ppm	33 °C	34 °C	8	8	35	4
0,9 ppm	34 °C	35 °C	8	8	35	4

Tabel 3. Nilai rata-rata kualitas air pada media kultur *Chlorella* sp.

Konsentrasi logam berat Timbal (Pb)	Suhu (°C)		pH		Salinitas (‰)	DO mg/l
	pagi	sore	Pagi	Sore		
0 ppm	33 °C	34 °C	8	8	35	4
0,9 ppm	34 °C	35 °C	8	8	35	4

Chlorella sp. dalam menyerap logam berat Timbal (Pb).

Data kualitas air selama penelitian menunjukkan bahwa kondisi parameter kualitas air media kultur seperti pH, suhu, kandungan oksigen terlarut (DO) dan salinitas masih berada dalam kondisi optimal. Hasil pengukuran kualitas air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. selama penelitian di sajikan pada tabel 2 dan tabel 3.

Hasil pengukuran logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. tanpa penambahan logam berat Timbal (Pb), ternyata masih terdapat logam berat di dalamnya. Di duga logam berat Timbal (Pb) ini berasal dari air media yang sebelumnya mengandung logam berat.

Hasil uji T terhadap kandungan logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp., baik tanpa penambahan Timbal (Pb) maupun dengan penambahan Timbal (Pb) menjelaskan adanya perbedaan (<0,05). Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. maupun *Chlorella* sp. memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Timbal (Pb). Dengan kata lain, mampu melakukan proses bioremediasi.

Hasil uji T terhadap presentase penurunan logam berat dalam media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp., baik dengan penambahan Timbal (Pb) maupun tanpa penambahan Timbal (Pb) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Akan tetapi pada perhitungan rata-rata presentase hasil penurunan logam berat pada awal dan akhir penelitian menunjukkan angka hasil presentase *Nannochloropsis* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan *Chlorella* sp. Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. memiliki kemampuan lebih tinggi dalam menyerap logam berat Timbal (Pb) dibandingkan dengan *Chlorella* sp. meskipun dalam analisis hasil uji T menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Menurut Darmono (1995) dalam Pandebesie dan Hermana (2001), *Chlorella* sp.

tidak mempunyai kemampuan untuk meregulasi logam berat Timbal (Pb) dalam konsentrasi tinggi karena timbal bukan merupakan logam essential bagi *Chlorella* sp. Menurut Palar (2004), timbal (Pb) merupakan logam berat non essential yang mampu berikatan dengan jaringan sel sehingga sel hanya mampu mengekskresikan logam berat Timbal (Pb) dengan konsentrasi yang sangat rendah. Hal ini mengakibatkan terjadi akumulasi Timbal (Pb) secara perlahan sampai akhirnya mencapai tingkat yang bersifat racun yang menyebabkan kematian sel. Sehingga pada penelitian ini presentase penurunan kandungan logam berat Timbal (Pb) pada media kultur *Chlorella* sp. lebih rendah dibandingkan *Nannochloropsis* sp.

Hasil analisa kandungan logam berat Timbal (Pb) dalam air media yang diabsorbsi oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. memiliki kemampuan lebih tinggi dibandingkan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat Timbal (Pb). Menurut Wardhany (2010), *Nannochloropsis* sp. merupakan jenis alga hijau bersel satu yang dapat dimanfaatkan untuk mengabsorbsi ion-ion logam. Kemampuan absorbsinya cukup tinggi karena di dalam alga *Nannochloropsis* sp. terdapat gugus fungsi amina, amida, sulfat dan karboksilat yang dapat berikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut dapat melakukan pengikatan dengan ion logam disebabkan karena adanya reaksi antara muatan negatif yang terdapat pada gugus fungsi di dalam dinding sel dengan muatan positif ion logam berat Timbal (Pb) sehingga terjadi pengikatan ion akibat dari perbedaan muatan tersebut.

Hasil data kualitas air selama penelitian menunjukkan bahwa kondisi parameter kualitas air media kultur seperti pH, suhu, kandungan oksigen terlarut (DO) dan salinitas masih berada dalam kondisi optimal. Salinitas air media relatif tinggi pada kisaran optimumnya yaitu 35 ‰. Menurut Sylvester *et al.* (2002), kisaran salinitas yang paling

optimum untuk pertumbuhan mikroalga adalah 25-35%. Menurut Fachrullah (2011), Salinitas media meningkat karena terjadi penguapan akibat pengaruh dari panas lampu yang digunakan saat kultivasi. Selain itu, kenaikan salinitas juga diduga berasal dari pengadukan media kultur dari aerator sehingga mengakibatkan terjadinya penguapan.

Derajat Keasaman (pH) pada media kultur adalah 8 pada awal dan akhir penelitian. Hasil ini termasuk dalam kisaran batas atas pH optimum. Kisaran pH optimum untuk alga laut antara 7,5-8,5 (Cotteau, 1996; Taw, 1990). Hasil pengukuran suhu media kultur pada awal dan akhir penelitian diperoleh kisaran suhu 33-35°C.

Kesimpulan

Pada hasil uji T kandungan logam berat media *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan konsentrasi Timbal (Pb) sebesar 0 ppm dan 0,9 ppm pada awal dan akhir penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang nyata terhadap kandungan logam berat Timbal (Pb) pada awal dan akhir penelitian (<0,05). Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Timbal (Pb).

Hasil uji T terhadap presentase penurunan logam berat dalam media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp., baik dengan penambahan Timbal (Pb) maupun tanpa penambahan Timbal (Pb) menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Akan tetapi pada perhitungan rata-rata presentase hasil penurunan logam berat pada awal dan akhir penelitian menunjukkan angka hasil presentase *Nannochloropsis* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan *Chlorella* sp. Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. memiliki kemampuan lebih tinggi dalam menyerap logam berat Timbal (Pb) dibandingkan dengan *Chlorella* sp. meskipun dalam analisis hasil uji T menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata.

Dari hasil penelitian disarankan untuk menggunakan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam bioremediasi pada pencemaran air oleh logam berat Timbal (Pb) dan perlu adanya penelitian lebih lanjut tentang bioremediasi oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. untuk jenis logam berat lainnya.

Daftar Pustaka

Arifin. 1997. Studi Interaksi antara Kadmium dan Fitoplankton Lingkungan Laut, *Thesis*. Program Pasca Sarjana Program Studi Kimia FMIPA UGM. Yogyakarta.

- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup Dan Pencemaran Hubungannya Dengan Toksikologi Senyawa Logam. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Fachrullah, M. R. 2011. Laju Pertumbuhan Mikroalga Penghasil Biofuel Jenis *Chlorella* sp. dan *Nannochloropsis* sp. yang Dikultivasi Menggunakan Air Limbah Hasil Penambangan Timah di Pulau Bangka. Skripsi. IPB. Bogor. 102 Hal.
- Friberg, L., Piscator, M., Nordberg, G. F. and Kjellstrom, L. 1974. Cadmium in the Environment. *Dalam*: Connel, D. W. dan Miller, G. J. 1995. Kimia dan Toksikologi Pencemaran. Cetakan Pertama. Universitas Indonesia. Jakarta.
- Gunawati, W. D. 2009. Bioremoval Timbal Oleh *Spirulina platensis*. Skripsi. Program Studi Biologi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Hutagalung, H. 1995. Heavy Metals Content in Sediment in Jakarta Bay, Indonesia. *Dalam* : Asean Criteria and Monitoring. Advance in Marine Environmental Management and Human Health Protection (Watson D, KS Wong and Vigers Eds) Asean Canada CPMS II. Proceeding of Asean Canada Midterm Technical Review Conference on Marine Science, Singapore 24-28 Oktober 1994. Hal: 273-275
- Kusriningrum. 2008. Perancangan Percobaan. Airlangga University Press. Surabaya. Hal 21.
- Munir, E. 2006. Pemanfaatan Mikroba dalam Bioremediasi: Suatu Teknologi Alternatif untuk Pelestarian Lingkungan. Pidato Pengukuhan Guru Besar Tetap dalam Bidang Mikrobiologi FMIPA USU. Sumatera Utara. Hal 5.
- Palar, H. 2004. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT Rineka Cipta. Jakarta.
- Pandebesie, S. E. Dan J, Hermana. 2001. Inhibisi Kadmium Terhadap Pertumbuhan Algae Hijau (*Chlorella* sp.). *Jurnal Purifikasi*. 2: 301-306.
- Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2001 tentang Pengendalian Pencemaran Air dan Pengelolaan Kualitas Air.

- Sembiring, Z., Suharso., Regina., Marta F. dan Murniyarti. 2008. Studi proses adsorpsi-desorpsi ion logam Pb(II), Cu(II), dan Cd(II) terhadap pengaruh waktu dan konsentrasi pada biomassa *Nannochloropsis* sp. yang terenkapsulasi aqua-gel silika dengan metode kontinyu. Jurnal Kimia dalam Seminar Nasional Sains dan Teknologi II. Universitas Lampung. 17-18 November 2008.
- Venkataraman, G. S. 1969. The Cultivation of Algae Indian Council of Agricultural Research. New Delhi.
- Wardhany, S. Y. 2010. Analisa Kemampuan Mikroalga *Nannochloropsis* sp. Sebagai Bioremediator Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi Berbeda. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Wisnu, C. 2006. Analisis dan Aspek Kesehatan Bahan Tambahan Pangan. Bumi Aksara, Jakarta.