

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

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

**Endang Dewi Masithah, Boedi Setya Rahardja dan Tri Nadya Olyvia Kerin Hardianie**

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

**Abstract**

Sea water is a component that interacts with the terrestrial environment, where the discharge of waste empties into the sea to the mainland. One of the most dangerous pollutants for human health is the heavy metal plumbum (Pb). Bioremediation offers a promising alternative method and the potential to reduce the concentration of heavy metals in water. Bioremediation is the application of biological processes to recover a contaminated place by using microorganisms. Biomass of algae *Nannochloropsis* sp. can be used as bioremediation of heavy metals because it has the ability adsorption caused the active cluster contained therein. In addition, *Spirulina* sp. thought to have the ability as an agent of bioremediation of heavy metal plumbum (Pb) because the proteins and polysaccharides are high.

Information about uptake ability of heavy metal of plumbum (Pb) by *Nannochloropsis* sp. and *Spirulina* sp., in order to know how it compares to the ability of *Nannochloropsis* sp. and *Spirulina* sp. in absorbing the content of heavy metal plumbum (Pb). The method used in this study is the experimental method, the test T of SPSS analysis as the experimental design. Treatment given in the form of differences in the concentration of plumbum, which include, treatment A (*Nannochloropsis* sp. without the addition of plumbum), treatment B (*Nannochloropsis* sp. 0.9 ppm with plumbum concentrations), treatment C (*Spirulina* sp. without the addition of plumbum) and treatment D (*Spirulina* sp. with plumbum concentrations 0.9 ppm) of each treatment was repeated 5 times. The main parameters measured were real heavy metal plumbum (Pb) in water culture media *Nannochloropsis* sp. and *Spirulina* sp.

The results showed that *Nannochloropsis* sp. and *Spirulina* sp. able to absorb the heavy metals plumbum (Pb) so that it can be used as a bioremediation agent, where *Spirulina* sp. have higher ability in absorbing heavy metals plumbum (Pb) compared with *Nannochloropsis* sp.

**Keywords :** *Nannochloropsis* sp., *Spirulina* sp., heavy metal plumbum (Pb)

---

**Pendahuluan**

Air merupakan sarana utama untuk meningkatkan derajat kesehatan manusia. Air yang tersedia tidak terlepas dari pengaruh pencemaran karena fenomena alam ataupun dari ulah manusia (Darmono, 2001). Air laut merupakan suatu komponen yang berinteraksi dengan lingkungan daratan, dimana buangan limbah dari daratan akan bermuara di laut. Salah satu bahan pencemar yang paling berbahaya bagi kesehatan manusia adalah logam berat (Purnomo, 2009). Timbal (Pb) merupakan logam beracun yang keberadaannya dalam rantai makanan harus selalu diwaspadai karena dapat memberi efek racun terhadap banyak fungsi organ yang terdapat dalam tubuh meskipun hanya sejumlah kecil yang terserap oleh tubuh (Palar, 2008). Bioremediasi menawarkan sebuah metode alternatif yang menjanjikan dan potensial untuk mengurangi

konsentrasi logam berat di perairan. Bioremediasi adalah aplikasi dari proses biologis untuk memulihkan suatu tempat yang tercemar dengan menggunakan mikroorganisme. Biomassa alga *Nannochloropsis* sp. dapat digunakan sebagai bioremediasi logam berat karena memiliki kemampuan adsorpsi yang disebabkan adanya gugus aktif yang terkandung di dalamnya. Selain itu, *Spirulina* sp. diduga memiliki kemampuan sebagai agen bioremediasi logam berat timbal (Pb) karena kandungan protein dan polisakarida yang tinggi.

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah : untuk mengetahui kemampuan *Nannochloropsis* sp. dalam menyerap kandungan logam berat timbal (Pb). Untuk mengetahui kemampuan *Spirulina* sp. dalam menyerap kandungan logam berat timbal (Pb). Untuk mengetahui perbandingan kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina*

sp. dalam menyerap kandungan logam berat timbal (Pb).

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dalam menyerap kandungan logam berat timbal (Pb), sehingga dapat dimanfaatkan dalam sistem penanganan limbah yang mengandung timbal (Pb).

### Metodologi

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya. Pemeriksaan kandungan timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dilakukan di Balai Besar Laboratorium Kesehatan, Surabaya. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Mei 2013.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen, yaitu mengadakan percobaan untuk melihat suatu hasil. Perlakuan yang diberikan berupa perbedaan konsentrasi timbal, yang meliputi, perlakuan A (*Nannochloropsis* sp. tanpa penambahan timbal), perlakuan B (*Nannochloropsis* sp. dengan konsentrasi timbal 0,9 ppm), perlakuan C (*Spirulina* sp. tanpa penambahan timbal) dan perlakuan D (*Spirulina* sp. dengan konsentrasi timbal 0,9 ppm).

Pada tahap awal dilakukan sterilisasi alat untuk menghindari adanya kontaminasi oleh mikroorganisme lain. Alat-alat yang disterilkan antara lain tabung Erlenmeyer, botol transparan untuk perlakuan dan pipet ukur, dengan menggunakan *autoclave* pada suhu 121°C selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi, alat dikeluarkan dari *autoclave* dan disimpan dalam wadah yang bersih. Untuk botol sampel analisis timbal (Pb) dan akuarium cukup dicuci bersih dengan deterjen, dibilas sampai bersih kemudian direndam dengan HCL 8 N selama 3 hari dan dikeringkan (Hutagalung, 1995).

Air laut untuk media kultur disterilkan dengan menggunakan kaporit atau klorin 20 ppm minimal selama 24 jam dan dinetralkan dengan larutan natrium tiosulfat 10 ppm untuk menghilangkan sisa klorin dalam air laut.

Larutan timbal yang dibuat yaitu larutan stok larutan timbal 1000 mg/L. Larutan stok digunakan sebagai larutan induk yang dimaksud agar dapat digunakan dalam penelitian dengan cara pengenceran. Cara membuat larutan stok timbal adalah menimbang dengan teliti 1 gram  $Pb(NO_3)_2$  p.a dan melarutkannya ke dalam gelas ukur berisi 100

mL *aquades* dengan bantuan pengaduk magnetic agar dapat terlarut sempurna. Kemudian larutan dipindahkan dalam Erlenmeyer 1000 mL dan ditambah *aquades* hingga 500 mL (Gunawati, 2009).

Media kultur yang digunakan dalam penelitian adalah air laut sebanyak 150 mL dan media Walne sebanyak 2 mL/L serta diberi aerasi. Bibit *Nannochloropsis* sp. dimasukkan dalam botol dengan kepadatan  $1 \times 10^5$  unit/mL dan *Spirulina* sp. dimasukkan dalam botol dengan kepadatan  $1 \times 10^5$  unit/mL kemudian diaklimatisasi  $\pm 3$  hari pada suhu kamar. Lingkungan kultur yang diharapkan dalam penelitian adalah suhu 30-35°C, salinitas 30-35 ppt, pH 8-9,5 yang merupakan lingkungan kultur terbaik *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. Photoperiod 12 jam dalam keadaan terang dan 12 jam dalam keadaan gelap.

Perhitungan jumlah bibit *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. untuk kultur menggunakan rumus :

$$V1 = \frac{N2 \times N1 \times V2}{N1}$$

Keterangan :

- V1 : Volume bibit untuk penebaran awal (mL)
- N1 : Kepadatan bibit / stock *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. (unit/mL)
- V2 : Volume media kultur yang dikehendaki (mL)
- N2 : Kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. yang dikehendaki (unit/mL)

*Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. yang akan digunakan untuk penelitian kemudian dimasukkan ke dalam masing-masing 10 botol transparan yang berisi air media sebanyak 130 mL dengan bibit *Nannochloropsis* sp. dimasukkan dalam botol dengan kepadatan  $1 \times 10^5$  unit/mL dan *Spirulina* sp. dengan kepadatan  $1 \times 10^5$  unit/mL. Setelah teraklimatisasi masing-masing biakan *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. diberi perlakuan timbal (Pb) dengan konsentrasi 0 ppm dan 0,9 ppm dengan 5 kali ulangan. Pada perlakuan 0 ppm ditambahkan *aquades* 1,17 mL sebagai pengganti timbal (Pb) dan pada perlakuan 0,9 ppm ditambahkan larutan timbal (Pb) sebanyak 1,17. Larutan biakan kemudian diinkubasi pada suhu  $\pm 33^\circ C$  selama 1 hari dan diberi cahaya selama 12 jam sehari dengan lampu neon 40 watt yang diletakkan diatas botol dengan jarak menyesuaikan.

Pengambilan data kemampuan timbal (Pb) oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dilakukan pada akhir perlakuan yaitu pada hari ke-1, sampel disaring dengan kertas 0,45 µm untuk memisahkan *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dengan air media.

Pengukuran konsentrasi timbal (Pb) pada air media diuji dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi timbal (Pb) yang tersisa pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. Hasil pengukuran konsentrasi timbal (Pb) yang tersisa pada media pemeliharaan plankton pada akhir penelitian menunjukkan sisa timbal (Pb) yang tidak terserap oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. Standart pengujian AAS yang digunakan yaitu SNI 6989.8 – 2009. Hasilnya disajikan dalam bentuk presentase untuk mengetahui kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dalam bioremediasi timbal (Pb) pada konsentrasi 0,9 ppm.

Analisis data yang digunakan dalam penelitian adalah analisis secara statistik dan deskriptif. Analisis yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah adalah dengan uji T yang dilakukan pada program SPSS 16 for windows. Analisis data deskriptif digunakan untuk mengetahui kapasitas konsentrasi logam

berat timbal (Pb) yang mampu diserap oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp.

**Hasil dan Pembahasan**

Hasil analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. selama penelitian menunjukkan terjadinya penurunan. Hasil analisa rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur dapat dilihat pada Tabel 1. Terhadap air media kultur tanpa penambahan logam berat timbal (Pb), juga dilakukan analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dan diketahui bahwa pada media tersebut juga terdapat kandungan logam berat timbal (Pb).

Analisa data kandungan logam berat timbal (Pb) diuji secara statistik menggunakan SPSS uji T, masing-masing terhadap : 1) Kandungan logam berat timbal (Pb) air media kultur *Nannochloropsis* sp. pada awal dan akhir penelitian, 2) Kandungan logam berat timbal (Pb) air media kultur *Spirulina* sp. pada awal dan akhir penelitian, 3) Persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. pada akhir penelitian.

Tabel 1. Rata-rata kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp.

Hari ke-	Perlakuan			
	<i>Nannochloropsis</i> sp. Pb 0 ppm (A)	<i>Nannochloropsis</i> sp. Pb 0,9 ppm (B)	<i>Spirulina</i> sp. Pb 0 ppm (C)	<i>Spirulina</i> sp. Pb 0,9 ppm (D)
0 (awal)	0,0130	0,9006	0,0380	0,8977
1 (akhir)	0,0108	0,7973	0,0220	0,7850
Selisih kandungan Pb	0,0021	0,1032	0,0159	0,1126
Persentase penurunan (%)	16,46	11,46	42	12,54

Tabel 2. Analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dengan konsentrasi 0 ppm

Ulangan	<i>Nannochloropsis</i> sp.			
	Konsentrasi Pb 0 ppm (A)			
	Awal (0 hari)	Akhir (1 hari)	(Awal-Akhir)	Persentase (%)
1	0.013	0.0114	0.0016	12.30769231
2	0.013	0.0102	0.0028	21.53846154
3	0.013	0.0107	0.0023	17.69230769
4	0.013	0.0122	0.0008	6.153846154
5	0.013	0.0098	0.0032	24.61538462
	Total		0.0107	82.30769231
	Rata-rata		0.00214	16.46153846

Tabel 3. Analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dengan konsentrasi 0,9 ppm

Ulangan	<i>Nannochloropsis</i> sp.			
	Konsentrasi Pb 0,9 ppm (B)			
	Awal (0 hari)	Akhir (1 hari)	(Awal-Akhir)	Persentase (%)
1	0.9006	0.8063	0.0943	10.47079725
2	0.9006	0.7999	0.1007	11.1814346
3	0.9006	0.7483	0.1523	16.91094826
4	0.9006	0.8606	0.04	4.441483455
5	0.9006	0.7717	0.1289	14.31268044
	Total		0.5162	57.31734399
	Rata-rata		0.10324	11.4634688

Tabel 4. Analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Spirulina* sp. dengan konsentrasi 0 ppm

Ulangan	<i>Spirulina</i> sp.			
	Konsentrasi Pb 0 ppm ( C )			
	Awal (0 hari)	Akhir (1 hari)	(Awal-Akhir)	Persentase (%)
1	0.038	0.0214	0.0166	43.68421053
2	0.038	0.0276	0.0104	27.36842105
3	0.038	0.0104	0.0276	72.63157895
4	0.038	0.0207	0.0173	45.52631579
5	0.038	0.0301	0.0079	20.78947368
	Total		0.0798	210
	Rata-rata		0.01596	42

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dengan konsentrasi 0 ppm, dapat dilihat pada tabel 2. Sedangkan untuk kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dengan konsentrasi 0,9 ppm, dapat dilihat pada tabel 3.

Hasil uji T kandungan logam berat timbal (Pb) air media kultur *Nannochloropsis* sp. dengan Pb 0 ppm pada awal dan akhir penelitian diketahui bahwa terdapat perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) pada awal dan akhir penelitian, dimana nilai sig (0,008) < 0,05. Sedangkan dengan Pb 0,9 ppm pada awal dan akhir diketahui bahwa terdapat perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) pada awal dan akhir penelitian, dimana nilai sig (0,005) < 0,05.

Kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Spirulina* sp. dengan konsentrasi 0 ppm, dapat dilihat pada tabel 4. Sedangkan untuk kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Spirulina* sp.

dengan konsentrasi 0,9 ppm, dapat dilihat pada tabel 5.

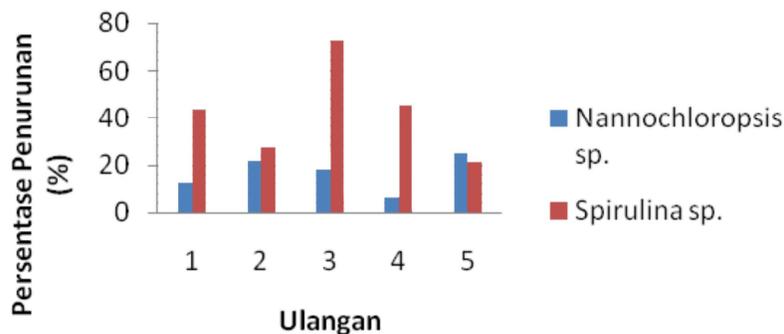
Hasil uji T kandungan logam berat timbal (Pb) air media kultur *Spirulina* sp. dengan Pb 0 ppm pada awal dan akhir penelitian diketahui bahwa terdapat perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) pada awal dan akhir penelitian, dimana nilai sig (0,01) < 0,05. Sedangkan dengan Pb 0,9 ppm pada awal dan akhir penelitian diketahui bahwa terdapat perbedaan kandungan logam berat timbal (Pb) pada awal dan akhir penelitian, dimana nilai sig (0,00) < 0,05.

Perbandingan persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dengan konsentrasi 0 ppm dapat dilihat pada gambar 1. Sedangkan untuk konsentrasi 0,9 ppm dapat dilihat pada gambar 2.

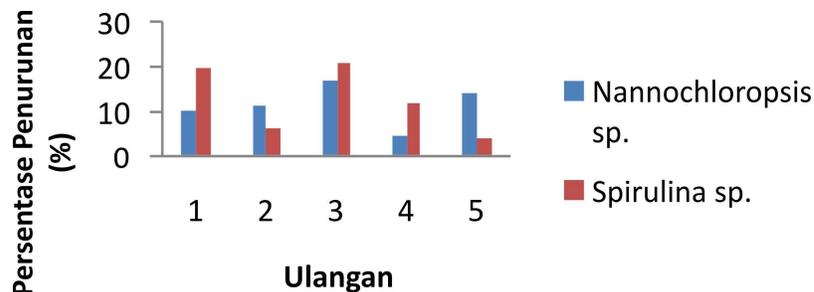
Hasil analisa SPSS uji T pada data persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dengan Pb 0 ppm pada akhir penelitian menunjukkan

Tabel 5. Analisa kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Spirulina* sp. dengan konsentrasi 0,9 ppm

Ulangan	<i>Spirulina</i> sp.			
	Konsentrasi Pb 0,9 ppm (D)			
	Awal (0 hari)	Akhir (1 hari)	(Awal-Akhir)	Persentase (%)
1	0.8977	0.7216	0.1761	19.61679849
2	0.8977	0.8403	0.0574	6.394118302
3	0.8977	0.7108	0.1869	20.81987301
4	0.8977	0.7911	0.1066	11.87479113
5	0.8977	0.8614	0.0363	4.043667149
	Total		0.5633	62.74924808
	Rata-rata		0.11266	12.54984962



Gambar 1. Perbandingan persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. (0 ppm)



Gambar 2. Perbandingan persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. (0,9 ppm)

adanya perbedaan antara kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Spirulina* sp., dimana nilai sig (0,029) < 0,05. Sedangkan, dengan Pb 0,9 ppm menunjukkan tidak adanya perbedaan antara kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur

*Nannochloropsis* sp. dan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Spirulina* sp., dimana nilai sig (0,792) > 0,05.

Hasil pengukuran kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. tanpa penambahan logam berat timbal (Pb), ternyata masih terdapat kandungan logam berat timbal

(Pb) di dalamnya. Diduga kandungan logam berat tersebut berasal dari air media kultur yang sebelumnya telah mengandung logam berat timbal (Pb). Air laut alami yang dimungkinkan telah mengandung logam berat timbal (Pb) dapat berasal dari residu bahan bakar yang digunakan kapal-kapal atau kegiatan industri yang membuang limbahnya ke sungai-sungai dan bermuara di laut (Yanney, 1990).

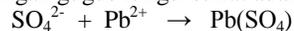
Hasil uji T terhadap kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. baik tanpa penambahan Pb maupun dengan penambahan Pb menunjukkan adanya perbedaan kandungan awal dan akhir penelitian, dimana nilai sig < 0,05. Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat logam timbal (Pb) sehingga dapat digunakan sebagai agen bioremediasi logam berat timbal (Pb).

Hasil uji T terhadap persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. tanpa penambahan logam berat timbal (Pb) menunjukkan hasil berbeda. Sedangkan dengan penambahan logam berat timbal (Pb) menunjukkan hasil tidak berbeda secara statistik (uji T). Namun nilai persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) *Spirulina* sp. lebih besar dibandingkan *Nannochloropsis* sp. Hal tersebut bisa terjadi karena diduga *Spirulina* sp. memiliki gugus fungsi lebih banyak dibandingkan *Nannochloropsis* sp. sehingga penyerapan terhadap logam berat timbal (Pb) menunjukkan hasil yang berbeda.

*Nannochloropsis* sp. merupakan jenis alga hijau bersel satu yang dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi ion-ion logam. Menurut Putra (2007), kemampuan adsorpsinya cukup tinggi karena di dalam *Nannochloropsis* sp. terdapat gugus fungsi amina, amida dan karboksilat yang berikatan dengan ion logam. Menurut Babadzhanov (2004), *Spirulina* sp. memiliki kandungan protein yang sangat tinggi dari 55 % hingga 77 %. Dalam proses bioremediasi, protein dan polisakarida memegang peranan penting untuk mengikat logam berat karena ion logam berat akan mengadakan ikatan dengan gugus karboksilat dari protein dan gugus hidroksil dari polisakarida (Gupta *et al.*, 2000). Mekanismenya adalah gugus karboksilat dan hidroksil dari dinding sel berperan sebagai anion yang akan mengikat kation logam berat.

Gugus fungsi yang dimiliki oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. tersebut

dapat melakukan pengikatan dengan ion logam disebabkan karena adanya reaksi antara muatan positif ion logam berat timbal (Pb), sehingga terjadi pengikatan ion akibat dari perbedaan muatan tersebut. Proses pengikatan ion logam berat dengan gugus fungsi sulfat adalah



Pemanfaatan mikroalga

*Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. sebagai agen bioremediasi memiliki kelebihan. *Nannochloropsis* sp. tidak memiliki lapisan lendir pada permukaan tubuhnya sehingga tidak ada proteksi khusus untuk terserapnya logam berat timbal (Pb) ke dalam tubuh *Nannochloropsis* sp. Sedangkan *Spirulina* sp. memiliki kemampuan adaptasi yang cukup tinggi sehingga mudah ditumbuhkan.

### Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini adalah terdapat perbedaan kemampuan penyerapan logam berat timbal (Pb) antara *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp., dimana persentase penurunan kandungan logam berat timbal (Pb) dalam air media kultur *Spirulina* sp. lebih tinggi dibandingkan dengan *Nannochloropsis* sp.

Mikroalga *Nannochloropsis* sp. dan *Spirulina* sp. dapat digunakan sebagai agen bioremediasi logam berat timbal (Pb), sehingga diharapkan dapat dimanfaatkan untuk menurunkan limbah yang mengandung logam berat timbal (Pb) pada instalasi pengolahan limbah sebelum dibuang ke perairan sehingga perairan tetap lestari dan dapat dimanfaatkan secara berkelanjutan.

### Daftar Pustaka

- Babadzhanov, A.S. 2004. Chemical Composition of *Spirulina Platensis* Cultivated in Uzbekistan. *Chemistry of Natural Compounds*. Uzbekistan
- Darmono. 2001. Lingkungan Hidup dan Pencemaran. UI Press. Jakarta.
- Gunawati, W. D. 2009. Bioremoval oleh *Spirulina plantesis*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya
- Gupta, R., Ahuja, P., Khan, S., Saxena, R.K., and Mohapatra, H. 2000. Microbial Biosorbents: Meeting Challenges of Heavy Metal Pollution in Aqueous Solution. *Current Science*, (78) 967-973
- 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
- Palar, H. 2008. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. Rineka Cipta. Jakarta
- Purnomo, D. 2009. Logam Berat Sebagai Penyumbang Pencemaran Air Laut. Diarsip oleh Lingkungan Hidup.
- Putra, S.E. 2003. Alga Sebagai Bioindikator dan Biosorben Logam Berat (Bagian II: Biosorben). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. [Online]. Tersedia : <http://www.chem-is-try.org>. (7 Maret 2013)
- Yanney, E. 1990. Ekologi Tropika. Penerbit ITB. Bandung.