

SKRIPSI

**STUDI KEMAMPUAN *Nannochloropsis* sp. DAN *Chlorella* sp. SEBAGAI
AGEN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT MERKURI (Hg) DAN
PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN**



Oleh :
SITI ARIFAH
GRESIK - JAWA TIMUR

**FAKULTAS PERIKANAN DAN KELAUTAN
UNIVERSITAS AIRLANGGA
SURABAYA
2014**

Surat Pernyataan Keaslian Karya Tulis Skripsi

Yang bertanda tangan di bawah ini :

N a m a : Siti Arifah
N I M : 141011104
Tempat, tanggal lahir : Gresik, 22 Januari 1992
Alamat : Jl. Tampomas RT. 003 RW. 007 Pangkahwetan, Kec. Ujungpangkah, Kab. Gresik. Telp./HP : 085732896521
Judul Skripsi : Studi Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan
Pembimbing : 1. Boedi Setya Rahardja, Ir., MP.
2. Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP.,

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa hasil tulisan laporan Skripsi yang saya buat adalah murni hasil karya saya sendiri (bukan plagiat) yang berasal dari Dana Penelitian : Proyek Dosen. Di dalam skripsi / karya tulis ini tidak terdapat keseluruhan atau sebagian tulisan atau gagasan orang lain yang saya ambil dengan cara menyalin atau meniru dalam bentuk rangkaian kalimat atau simbol yang saya aku seolah-olah sebagai tulisan saya sendiri tanpa memberikan pengakuan pada penulis aslinya, serta kami bersedia :

1. Dipublikasikan dalam Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga;
2. Memberikan ijin untuk mengganti susunan penulis pada hasil tulisan skripsi / karya tulis saya ini sesuai dengan peranan pembimbing skripsi;
3. Diberikan sanksi akademik yang berlaku di Universitas Airlangga, termasuk pencabutan gelar kesarjanaan yang telah saya peroleh (sebagaimana diatur di dalam Pedoman Pendidikan Unair 2010/2011 Bab. XI pasal 38 – 42), apabila dikemudian hari terbukti bahwa saya ternyata melakukan tindakan menyalin atau meniru tulisan orang lain yang seolah-olah hasil pemikiran saya sendiri

Demikian surat pernyataan yang saya buat ini tanpa ada unsur paksaan dari siapapun dan dipergunakan sebagaimana mestinya.

Surabaya, 18 Juli 2014
Yang membuat pernyataan,

Siti Arifah
NIM. 141011104

SKRIPSI

**STUDI KEMAMPUAN *Nannochloropsis* sp. DAN *Chlorella* sp. SEBAGAI
AGEN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT MERKURI (Hg) DAN
PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN**

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan
Pada Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga



Oleh:

SITI ARIFAH
NIM : 141011104

Menyetujui,
Komisi Pembimbing

Pembimbing Utama,

Pembimbing Serta,

Boedi Setya Rahardja, Ir., MP.
NIP. 19580117 198601 1 001

Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP.
NIP. 19690912 199702 2 001

SKRIPSI

**STUDI KEMAMPUAN *Nannochloropsis* sp. DAN *Chlorella* sp. SEBAGAI
AGEN BIOREMEDIASI LOGAM BERAT MERKURI (Hg) DAN
PENGARUHNYA TERHADAP PERTUMBUHAN**

Oleh :

SITI ARIFAH
NIM : 141011104

Telah diujikan pada
Tanggal :

KOMISI PENGUJI SKRIPSI

Ketua : Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D.
Anggota : Abdul Manan, S.Pi., M.Si.
Agustono, Ir., M.Kes.
Boedi Setya Rahardja, Ir., MP.
Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP.

Surabaya,

Fakultas Perikanan dan Kelautan
Universitas Airlangga
Dekan,

Prof. Dr. Hj. Sri Subekti, drh., DEA
NIP.19520517 197803 2 001

RINGKASAN

SITI ARIFAH. Studi Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Pengaruhnya Terhadap Pertumbuhan. Dosen Pembimbing Boedi Setya Rahardja, Ir., MP. dan Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP.

Merkuri (Hg) dikenal sebagai salah satu dari tiga jenis logam berat dengan tingkat bahaya paling tinggi terhadap makhluk hidup selain Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) (Widle and Benemann, 1993 dalam Heriyanto, 2011). Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang berbahaya dan tidak dapat terurai, maka tidak boleh diabaikan karena dalam jangka panjang dapat menimbulkan penyakit berbahaya (Gunawan dan Anwar, 2008).

Nannochloropsis sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kandungan protein cukup tinggi. Menurut Suhendrayatna (2004) dalam Al-ayubi dkk. (2010), protein dan polisakarida memegang peranan yang sangat penting dalam proses biosorpsi ion logam berat karena ikatan kovalen dapat terjadi dengan gugus karboksil dan gugus amina.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat Merkuri (Hg) dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan. Penelitian dilakukan di Laboratorium Pendidikan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya. Pengujian kandungan Merkuri (Hg) di dalam media kultur dilakukan di Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum Jasa Tirta I Malang. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari empat perlakuan dengan lima kali ulangan. Konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) yang digunakan adalah 0 ppm dan 0,06 ppm. Parameter utama dalam penelitian ini adalah kemampuan bioremediasi Merkuri (Hg) oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dan pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp., sedangkan parameter pendukung yang diamati adalah salinitas, suhu, pH dan DO.

Hasil analisis SPSS uji T 95% pada kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat Merkuri (Hg) konsentrasi 0 ppm menunjukkan bahwa data hasil yang didapatkan tidak berbeda nyata / *non significant*, sedangkan pada konsentrasi 0,06 ppm menunjukkan bahwa data hasil yang didapatkan berbeda sangat nyata / *highly significant*. Hasil analisis spss uji T pada perbandingan kemampuan penyerapan logam berat Merkuri (Hg) konsentrasi 0,06 ppm oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. menunjukkan bahwa hasil tidak berbeda nyata / *non significant*. Hasil rata-rata yang didapatkan, *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. mempunyai kemampuan yang sama dalam proses bioremediasi logam berat Merkuri (Hg) dengan persentasi penyerapan sebesar 97%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm tidak dapat menghambat pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Hasil analisis spss uji T 95% terhadap kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. menunjukkan bahwa hasil tidak berbeda nyata / *non significant*. Populasi puncak *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada penelitian terjadi pada hari ketujuh. Populasi tertinggi *Nannochloropsis* sp. adalah $35,8 \times 10^5$ sel/ml, sedangkan populasi tertinggi *Chlorella* sp. adalah $102,2 \times 10^5$ sel/ml.

Parameter kualitas air selama penelitian dalam kondisi yang optimal, sehingga tidak nampak pengaruhnya terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Salinitas selama penelitian berkisar antara 33-39 ppt, suhu berkisar antara 31-33°C, pH 9 dan DO 5.

SUMMARY

SITI ARIFAH . Study of *Nannochloropsis* sp . and *Chlorella* sp . Capabilities as Agent of Heavy Metal Mercury (Hg) Bioremediation and its Effect on Growth . Supervisor Lecture Boedi Setya Rahardja , Ir . , MP. and Dr . Endang Dewi Masithah , Ir . , MP.

Mercury (Hg) is known as one of the three types of heavy metal with the highest degree of danger to organism besides Lead (Pb) and Cadmium (Cd) (Widle and Benemann, 1993 in Heriyanto, 2011). Mercury (Hg) is a heavy metal that is hazardous and can not be decomposed, then it should not be ignored because in the long term can cause dangerous diseases (Gunawan and Anwar, 2008).

Nannochloropsis sp. and *Chlorella* sp. have a fairly high protein content. According to Suhendrayatna (2004) in Al - Ayubi et al. (2010), proteins and polysaccharides play a very important role in the process of biosorption of heavy metal ions because covalent bonding can occur with carboxyl and amine groups .

This study is conducted to compare the ability of *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. in absorbing the heavy metals mercury (Hg) and its influence on growth. The study was conducted at Education Laboratory of the Faculty of Fisheries and Marine Airlangga University Surabaya. Testing the content of Mercury (Hg) in the culture medium is done at Water Quality Laboratory of Jasa Tirta I Public Firm Malang. This research was carried out experimentally by using Completely Randomized Design consisting of four treatments with five replications. Concentrations of heavy metals Mercury (Hg) used is 0 ppm and 0,06 ppm. The main parameters in this study is the ability of bioremediation of mercury (Hg) by *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. and the growth of *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp., while supporters of the parameters measured are salinity, temperature, pH and DO.

SPSS analysis results of T 95% test on the ability of *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. in absorbing the heavy metals mercury (Hg) concentration of 0 ppm indicates that the data of the results is non- significant, whereas at a concentration of 0,06 ppm indicates that the data of the result is highly significant.

SPSS analysis result of the test on the comparison of the ability of T absorption of heavy metals Mercury (Hg) concentration of 0,06 ppm by *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. shows that the results are not significantly different / non-significant. The average result obtained, *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. have the same ability in the process of bioremediation of heavy metal mercury (Hg) with a percentage of 97% absorption.

Research result shows that Mercury (Hg) with a concentration of 0,06 ppm can not inhibit the growth of *Nannochloropsis* sp . and *Chlorella* sp . The results of the T test analysis SPSS 95 % of the density of *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. shows that the results are not significantly different / non-significant. The population peak of *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. on the study occurred on the seventh day. The highest population of *Nannochloropsis* sp. was 35.8×10^5 cells/ml, whereas the highest population of *Chlorella* sp. is 102.2×10^5 cells/ml.

Water quality parameters during the study is in optimal condition, so it does not appear to influence the growth of *Nannochloropsis* sp. and *Chlorella* sp. Salinity during the study ranged from 33-39 ppt, temperatures range between 31-33°C, pH 9 and DO 5.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, taufiq dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi dengan judul Studi Perbandingan Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sebagai Agen Bioremediasi Logam Berat Merkuri (Hg) dan Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Perikanan pada Program Studi S-1 Budidaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya.

Penulis menyadari bahwa Skripsi ini masih sangat jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan dan kesempurnaan Skripsi ini lebih lanjut. Akhirnya penulis berharap semoga Skripsi ini dapat memberikan manfaat dan informasi bagi semua pihak, khususnya bagi mahasiswa Program Studi S-1 Budidaya Perairan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga Surabaya demi kemajuan serta perkembangan ilmu dan teknologi dalam bidang perikanan.

Surabaya, 22 April 2014

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penyelesaian kegiatan dan penyusunan Skripsi ini penulis mendapatkan banyak masukan, bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Hj. Sri Subekti B.S., DEA., drh selaku Dekan Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga.
2. Bapak Yudi Cahyoko, Ir. M.Si., selaku Dosen Wali yang senantiasa memberikan bimbingan dan arahan dalam menempuh studi di Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga
3. Bapak Boedi Setya Rahardja, Ir., MP. selaku Dosen Pembimbing Pertama yang telah banyak memberikan bimbingan, arahan dan saran yang membangun mulai dari penyusunan proposal sampai terselesaikannya Skripsi ini.
4. Ibu Dr. Endang Dewi Masithah, Ir., MP. selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah banyak memberikan bimbingan, motivasi dan saran yang membangun dengan penuh kesabaran mulai dari penyusunan proposal sampai terselesaikannya Skripsi ini.
5. Bapak Moch. Amin Alamsjah, Ir., M.Si., Ph.D. selaku Ketua Penguji yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyempurnaan laporan Skripsi ini.
6. Bapak Abdul Manan, S.Pi., M.Si. selaku Sekretaris Penguji yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyempurnaan laporan Skripsi ini.
7. Bapak Agustono, Ir., M.Kes. selaku Anggota Penguji yang telah memberikan saran dan kritik dalam penyempurnaan laporan Skripsi ini.

8. Ayahanda dan ibunda tercinta (Moh. Orep dan Muthi'ah), kakak dan adik (Sholih dan Syaiful) dan mas Hasan yang telah banyak memberikan dukungan moril dan materi serta semangat sehingga Skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
9. Tim penelitian Bioremediasi (Rikky dan Dita) yang telah memberikan banyak bantuan, do'a dan semangat mulai dari penyusunan proposal, penelitian hingga terselesaikannya penyusunan laporan Skripsi ini.
10. Teman – teman Piranha 2010 (Dyah ayu, Binti, Faizah, Indra, Dila, Ahmad, Agus, Reza arif, Hutami, Dio, Citra, dan Ully) yang telah memberi membantu dalam pelaksanaan penelitian dan memberi motivasi sehingga Skripsi ini bisa terselesaikan.
11. Saudara-saudara seperjuangan dalam SKI Fakultas perikanan dan Kelautan (Mbak Indah, Mas Arif, Agus, Ahmad, Royyan, Eko agus, Ikhwan, Merdeka, Odhi, Izati, Ulum, Novi, Uus, Miki, Gita, Munjayana dan Vika) yang telah memberi dukungan, semangat dan membantu sehingga Skripsi ini bisa terselesaikan.
12. Saudari-saudari kontrakan Sophiyah (Mbak Ita, Ratih dan Lilis) yang telah memberikan dukungan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.

Surabaya, 25 April 2014

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN.....	v
SUMMARY	vii
KATA PENGANTAR	ix
UCAPAN TERIMA KASIH	x
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Biologi <i>Nannochloropsis</i> sp.	5
2.2 Biologi <i>Chlorella</i> sp.	6
2.3 Bioremediasi	8
2.4 Sifat Merkuri (Hg)	10
2.5 Sumber Merkuri (Hg)	11
2.6 Dampak Merkuri (Hg) pada Organisme Perairan	12
2.7 Interaksi antara Biomassa Organik dengan Ion Logam Merkuri..	13
III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS	15
3.1 Kerangka Konseptual Penelitian	15
3.2 Hipotesis Penelitian	18
IV METODE PENELITIAN	19
4.1 Tempat dan Waktu	19
4.2 Materi Penelitian	19
4.2.1 Alat Penelitian	19
4.2.2 Bahan Penelitian	19
4.3 Prosedur Penelitian	20
4.3.1 Rancangan Penelitian	20
4.3.2 Variabel Penelitian	20
4.4 Pelaksanaan Penelitian	21
4.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan	21
4.4.2 Persiapan Stok Fitoplankton	22
4.4.3 Pembuatan Stok Larutan Logam Berat Merkuri (Hg)	22
4.4.4 Perlakuan	23
4.4.5 Penghitungan Kepadatan Populasi Fitoplankton	24

4.4.6	Pengambilan Data Kemampuan Bioremediasi Merkuri (Hg) oleh <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp.	25
4.5	Parameter Pengamatan	26
4.6	Analisis Data	26
V	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
5.1	Hasil Penelitian	28
5.1.1	Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Media Kultur <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp..	28
5.1.2	Pertumbuhan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp.	30
5.1.3	Laju Pertumbuhan Spesifik (μ) <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. Selama Penelitian	33
5.1.4	Kualitas Air	35
5.2	Pembahasan	35
5.2.1	Kemampuan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. dalam Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg)	35
5.2.2	Pertumbuhan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp.	40
5.2.3	Pengaruh Perlakuan Merkuri (Hg) terhadap Laju Pertumbuhan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp.	44
5.2.4	Analisa Kualitas Air	45
VI	KESIMPULAN DAN SARAN	47
6.1	Kesimpulan	47
6.2	Saran	48
	DAFTAR PUSTAKA	49
	LAMPIRAN	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	<i>Nannochloropsis</i> sp.	5
2.	<i>Chlorella</i> sp.	7
3.	Mekanisme dugaan pertukaran ion antara biomassa organik dengan Hg^{2+}	13
4.	Mekanisme dugaan ikatan hidrogen antara biomassa organik dengan Hg^{2+}	14
5.	Mekanisme dugaan ikatan kompleks antara biomassa organik dengan Hg^{2+}	14
6.	Bagan kerangka konseptual penelitian	17
7.	Diagram alir penelitian	27
8.	Grafik konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) pada media kultur <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. pada awal dan akhir penelitian.....	29
9.	Grafik pertumbuhan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. pada hari pertama hingga hari ketujuh.	32
10.	Grafik laju pertumbuhan spesifik (μ) <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. pada hari pertama hingga hari ketujuh.....	34

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Rata-rata konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) dalam air media kultur <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp.	29
2. Kepadatan sel rata-rata <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. (10^5 sel/ml) pada hari pertama hingga hari ketujuh	31
3. Laju pertumbuhan spesifik (μ) sel <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. pada hari pertama hingga hari ketujuh	33
4. Nilai rata-rata kualitas air pada media kultur <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp.	35

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran		Halaman
1.	Data hasil pengujian kandungan Merkuri (Hg) pada media kultur <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp.	54
2.	Data analisa uji T kemampuan <i>Nannochloropsis</i> sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0 ppm	57
3.	Data analisa uji T kemampuan <i>Chlorella</i> sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0 ppm.....	58
4.	Data analisa uji T kemampuan <i>Nannochloropsis</i> sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm.....	59
5.	Data analisa uji T kemampuan <i>Chlorella</i> sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm.....	60
6.	Data analisa uji T perbandingan kemampuan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm	61
7.	Data kepadatan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. selama penelitian.....	62
8.	Uji T dua sampel berpasangan (konsentrasi merkuri 0 ppm dan 0,06 ppm) terhadap kepadatan <i>Nannochloropsis</i> sp.....	63
9.	Uji T dua sampel berpasangan (konsentrasi merkuri 0 ppm dan 0,06 ppm) terhadap kepadatan <i>Chlorella</i> sp.	67
10.	Uji T kepadatan <i>Nannochloropsis</i> sp. dan <i>Chlorella</i> sp. yang diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0,06 ppm.....	71
11.	Data kualitas air pada awal dan akhir penelitian	76

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kontaminasi bahan pencemar yang berasal dari aktivitas industri, pertanian, maupun kegiatan rumah tangga telah menyebabkan terjadinya penurunan kualitas air yang signifikan pada badan air seperti sungai, danau dan waduk (Priadie, 2012). Bahan pencemar dari limbah industri dapat mencemari air dan berdampak negatif yaitu terjadinya perubahan ekosistem perairan berupa perubahan temperatur, pH, BOD dan COD serta kandungan logam berat yang sangat mempengaruhi kehidupan flora dan fauna perairan. Menurut Heriyanto (2011), limbah pencemar berasal dari industri maupun rumah tangga yang melibatkan unsur-unsur logam seperti Timbal (Pb), Arsen (As), Kadmium (Cd), Merkuri (Hg), Krom (Cr), Nikel (Ni), Kalsium (Ca), Magnesium (Mg) dan Cuprum (Cu).

Merkuri (Hg) dikenal sebagai salah satu dari tiga jenis logam berat dengan tingkat bahaya paling tinggi terhadap makhluk hidup selain Timbal (Pb) dan Kadmium (Cd) (Widle and Benemann, 1993 *dalam* Heriyanto, 2011). Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang berbahaya dan tidak dapat terurai, maka tidak boleh diabaikan karena dalam jangka panjang dapat menimbulkan penyakit berbahaya (Gunawan dan Anwar, 2008).

Kandungan Merkuri (Hg) di beberapa sungai di Indonesia terus mengalami peningkatan. Berdasarkan hasil penelitian dari Famurianty (2005) *dalam* Chamid dkk. (2010), kandungan Merkuri (Hg) di Sungai Kapuas yakni sebesar 0,083–0,108 ppb telah melewati ambang batas baku mutu perairan sebesar 0,001 ppb.

Peningkatan konsentrasi Merkuri (Hg) di sungai-sungai di Indonesia dikhawatirkan akan menyebabkan terjadinya peningkatan konsentrasi Merkuri (Hg) pada ikan yang dikonsumsi oleh masyarakat yang akan berdampak pada kesehatan masyarakat.

Bioremediasi adalah tindakan untuk memulihkan kembali suatu keadaan lingkungan yang telah tercemar dengan menggunakan organisme hidup. Metode ini dianggap sebagai alternatif yang lebih murah dan aman. Oleh karena itu bioremediasi, baik secara sendiri maupun kombinasi dengan metode lain, telah berkembang dan semakin banyak digunakan dalam pemulihan air yang tercemar (Kholiq, 2013).

Sembiring dkk. (2008) mengungkapkan bahwa *Nannochloropsis* sp. dapat digunakan sebagai biosorben karena memiliki toleransi yang tinggi terhadap logam berat dan tidak memiliki proteksi khusus untuk masuknya logam berat ke dalam sel. Gugus fungsional yang utama bertindak sebagai ligan yaitu $-COOH$ yang merupakan penyusun utama dari polisakarida dan juga gugus amina sebagai penyusun pektin dan protein berada pada alga *Nannochloropsis* sp. yang mampu berikatan dengan baik pada ion logam seperti Cu, Pb dan Cd. Biomassa *Chorella* sp. juga memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi ion logam Cd, Pb dan Cu yang cukup tinggi. Adsorpsi pasif ion logam dapat terjadi karena terdapatnya gugus fungsional dalam sel mikrobial yaitu gugus karboksil, hidroksil, sulfhidril, amino, imino, imidazol, sulfat dan sulfonat dalam dinding sel sitoplasma (Hastuti dan Gunawan, 2006).

Penelitian tentang perbandingan kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sebagai agen bioremediasi logam berat telah dilakukan oleh Nisak (2013) terhadap Timbal (Pb) dan didapatkan hasil bahwa *Nannochloropsis* sp. lebih efektif dari pada *Chlorella* sp. Setiap spesies plankton memiliki kemampuan sebagai agen bioremediasi yang berbeda. Efektivitas masing-masing plankton dalam bioremediasi perlu diketahui sehingga dalam pemanfaatannya diperoleh hasil yang optimal. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui perbandingan kemampuan bioremediasi logam berat Merkuri (Hg) antara *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. serta pengaruh penambahan logam berat Merkuri (Hg) terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka rumusan masalah penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kemampuan menyerap logam berat Merkuri (Hg)?
2. Bagaimana pengaruh penambahan logam berat Merkuri (Hg) terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah tersebut maka tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Untuk mengetahui kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat Merkuri (Hg).

2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan logam berat Merkuri (Hg) terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat melengkapi informasi tentang kemampuan *Nannochloropsis* sp., *Chlorella* sp. dan beberapa jenis alga lain sebagai agen bioremediasi terhadap beberapa jenis logam berat terutama Merkuri (Hg) dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan.

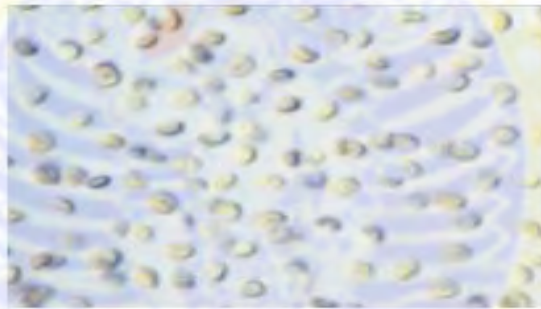


II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biologi *Nannochloropsis* sp.

Klasifikasi *Nannochloropsis* sp. menurut Adehoog dan Fitzsimmons (2001) dalam Muliono (2004) adalah sebagai berikut:

Divisi	: Chromophyta
Kelas	: Eustigmatophyceae
Ordo	: Eustigmatales
Famili	: Eustigmataceae
Genus	: <i>Nannochloropsis</i>
Spesies	: <i>Nannochloropsis</i> sp.



Gambar 1. *Nannochloropsis* sp. (Sumber : <http://www.sith.itb.ac.id>, 2013)

Nannochloropsis sp. memiliki ukuran sel 2-4 mikron, berbentuk bulat memanjang, memiliki dua flagella (*heterokontous*) yang salah satu flagella berambut tipis, memiliki kloroplas yang terdapat stigma (bintik mata) yang bersifat sensitif terhadap cahaya dan mengandung klorofil A dan C serta pigmen *fucoxanthin*. *Nannochloropsis* sp. bersifat kosmopolit, dapat tumbuh pada salinitas 0-35 ppt. Salinitas optimum untuk pertumbuhannya adalah 25-35 ppt, suhu 25-30°C dan tumbuh baik pada kisaran pH 8-9,5 (Fachrullah, 2011). Komposisi kandungan *Nannochloropsis* sp. adalah protein 55,80%, karbohidrat 20,10%, lemak 11,00%, EPA 2,50%, DHA 1,80%, klorofil A 0,89%, vitamin C

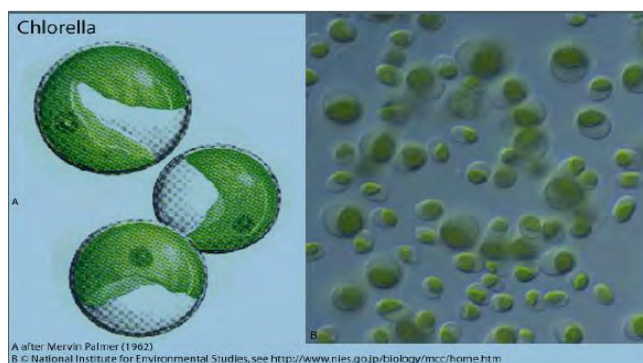
0,85%, kadar air 3,60% dan kadar abu 4,50% (*Reed Mariculture Inc.*, 2001 dalam Muliono, 2004).

Menurut Wahyuni dkk. (2010) dalam Ernest (2012), dinding sel *Nannochloropsis* sp. terbuat dari komponen selulosa yang kuat dan merupakan karbohidrat kompleks yang dapat mengikat zat-zat toksik. *Nannochloropsis* sp. merupakan jenis alga hijau bersel satu yang dapat dimanfaatkan untuk mengadsorpsi ion-ion logam. Kemampuan adsorpsinya cukup tinggi karena di dalam alga *Nannochloropsis* sp. terdapat gugus fungsi amina, amida dan karboksilat yang dapat berikatan dengan ion logam (Putra, 2007). Menurut Wahab dkk. (2013), *Nannochloropsis salina* dapat menyerap logam berat Timbal (Pb) dengan persentase penyerapan tertinggi terjadi pada konsentrasi 10 ppm yang diikuti dengan konsentrasi 30 dan 50 ppm. Pada konsentrasi tersebut juga mengakibatkan penurunan populasi *Nannochloropsis salina*. Medium kultivasi mengalami kontaminasi logam berat Timbal (Pb) yang toksik sehingga menghambat aktivitas pembelahan sel *Nannochloropsis salina*.

2.2 Biologi *Chlorella* sp.

Klasifikasi *Chlorella* sp. menurut Bold dan Wynne (1985) dan Vashista (1999) dalam Prabowo (2009) adalah sebagai berikut :

Divisi : Chlorophyta
Kelas : Chlorophyceae
Ordo : Chlorococcales
Family : Oocystaceae
Genus : *Chlorella*
Spesies : *Chlorella* sp.



Gambar 2. *Chlorella* sp. (Sumber : <http://www.repository.ipb.ac.id>, 2013)

Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) mengungkapkan bahwa *Chlorella* sp. merupakan alga bersel tunggal (*unicellular*). Bentuk sel *Chlorella* sp. bulat atau bulat telur dan di dalamnya terdapat protoplasma yang berbentuk cawan, diameter selnya berkisar antara 2-8 mikron, dinding selnya keras terdiri atas selulosa dan pektin. *Chlorella* sp. dapat tumbuh pada salinitas 0-35 ppt, salinitas optimum untuk pertumbuhannya adalah 10-20 ppt. Sedangkan suhu optimum untuk pertumbuhannya adalah 25-30⁰C. *Chlorella* sp. memiliki kandungan minyak sebesar 28-32%, karbohidrat 12-17%, lemak 14-22%, asam nukleat 4-5% dan protein 51-58% (Rachmaniah dkk., 2010).

Volesky dan Vieira (2000) dalam Suhendrayatna (2001) mengungkapkan bahwa protein dan polisakarida pada *Chlorella* sp. memegang peranan yang sangat penting dalam proses biosorpsi ion logam berat sampai konsentrasi tertentu tanpa menyebabkan keracunan pada organisme tersebut. Hal ini dikarenakan terjadinya ikatan kovalen antara ion logam berat dengan gugus amino dan gugus karbonil. Namun pada konsentrasi yang tinggi akan mengakibatkan keracunan sehingga berdampak pada penurunan populasi fitoplankton. Musa dkk. (2013) mengungkapkan bahwa penambahan Cu²⁺ dengan konsentrasi 0,8 ppm pada media

kultur *Chlorella vulgaris* dapat meningkatkan populasi, sedangkan pada konsentrasi 2,0 ppm mengakibatkan penurunan populasi. Cu^{2+} merupakan logam esensial bagi tumbuhan, namun dapat menjadi toksik pada konsentrasi tinggi (Purnomohadi, 2008 dalam Musa dkk., 2013).

2.3 Bioremediasi

Bioremediasi merupakan penggunaan mikroorganisme yang telah dipilih untuk ditumbuhkan pada lingkungan yang mengandung polutan tertentu sebagai upaya untuk menurunkan kadar polutan tersebut (Priadie, 2009). Bioremediasi didefinisikan sebagai teknologi yang menggunakan mikroba untuk mengolah bahan kontaminan melalui mekanisme biodegradasi alamiah atau meningkatkan mekanisme biodegradasi alamiah dengan menambahkan mikroba, nutrisi, donor elektron dan atau akseptor elektron (Nugroho, 2006 dalam Yulia dkk., 2012).

Teknologi bioremediasi memiliki banyak keuntungan, namun yang paling utama adalah *sustainable*. Saat bioremediasi terjadi, senyawa yang diproduksi oleh mikroorganisme memodifikasi polutan beracun dengan mengubah struktur kimia polutan tersebut, sebuah peristiwa yang disebut biotransformasi. Pada banyak kasus, biotransformasi berujung pada biodegradasi, dimana polutan beracun terdegradasi, strukturnya menjadi tidak kompleks dan akhirnya menjadi metabolit yang tidak berbahaya dan tidak beracun (Pusat Penelitian Bioteknologi Ilmu Pengetahuan Indonesia, 2013).

Menurut Mangkoedihardjo (2005), penggunaan tumbuhan untuk menghilangkan, memindahkan, menstabilkan atau menghancurkan bahan pencemar baik itu senyawa organik maupun anorganik disebut dengan

fitoremediasi. Secara umum, fitoremediasi dibedakan berdasarkan mekanisme fungsi dan struktur tumbuhan sebagai berikut:

A. Fitostabilisasi (phytostabilization)

Akar tumbuhan melakukan imobilisasi polutan dengan cara mengakumulasi, mengadsorpsi pada permukaan akar dan mengendapkan presipitat polutan dalam zona akar. Proses ini secara tipikal digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik yang terkandung minyak yaitu sulfur, nitrogen dan beberapa logam berat.

B. Fitoakumulasi (phytoaccumulation)

Akar tumbuhan menyerap polutan dan selanjutnya ditranslokasi ke dalam organ tumbuhan. Proses ini digunakan untuk dekontaminasi zat-zat anorganik seperti pada proses fitostabilisasi.

C. Rizofiltrasi (rhizofiltration)

Akar tumbuhan mengadsorpsi atau presipitasi pada zona akar atau mengabsorpsi larutan polutan sekitar akar ke dalam akar. Proses ini digunakan untuk bahan larutan yang mengandung bahan organik maupun anorganik.

D. Fitodegradasi (phytodegradation)

Organ tumbuhan menguraikan polutan yang diserap melalui proses metabolisme tumbuhan atau secara enzimatik.

E. Rizodegradasi (rhizodegradation)

Polutan yang diuraikan oleh mikroba dalam tanah, yang diperkuat oleh ragi, fungi, dan zat-zat keluaran akar tumbuhan (eksudat) yaitu gula, alkohol dan

asam. Eksudat itu merupakan makanan mikroba yang menguraikan polutan maupun biota tanah lainnya. Proses ini tepat untuk dekontaminasi zat organik.

F. Fitovolatilisasi (Phytovolatilization)

Penyerapan polutan oleh tumbuhan dan dikeluarkan dalam bentuk uap cair ke atmosfer. Kontaminan bisa mengalami transformasi sebelum lepas ke atmosfer. Proses ini tepat digunakan untuk kontaminan zat-zat organik.

2.4 Sifat Merkuri (Hg)

Merkuri dalam tabel periodik terdapat pada golongan IIB, periode VI, memiliki nomor atom 80 dan berat atom 200,59 g/mol (Cotton and Geoffrey, 1989 *dalam* Sarjono, 2009). Logam berat ini memiliki beberapa sifat diantaranya adalah merupakan satu-satunya logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25°C) dan memiliki titik beku yang paling rendah dibanding logam lainnya, yaitu -39°C, memiliki volatilitas yang tinggi dibanding logam lainnya, merupakan konduktor yang baik karena memiliki ketahanan listrik yang rendah dan bersifat toksik terhadap semua makhluk hidup (Fardiaz, 2005 *dalam* Sarjono, 2009). Dibawah titik lelehnya, Merkuri (Hg) merupakan padatan putih dan diatas titik didihnya merupakan uap tak berwarna (Redjeki, 2007).

Merkuri (Hg) jarang ditemukan dalam bentuk bebas di alam tapi berupa bijih sinnabar (HgS), hal ini disebabkan sifat Merkuri (Hg) yang mudah membentuk ikatan kovalen dengan sulfur (Susanto, 2004). Menurut Chamid dkk. (2010), kelimpahan Merkuri (Hg) di bumi menempati urutan ke-67 diantara elemen lainnya pada kerak bumi. Merkuri terdapat dalam berbagai bentuk, diantaranya adalah merkuri anorganik, termasuk logam merkuri (Hg⁺⁺) dan garam-

garamnya seperti Merkuri Sulfida (HgS) dan Merkuri Klorida (HgCl_2) yang bersifat sangat toksik. Sedangkan komponen merkuri organik terdiri dari (1) aril merkuri, mengandung hidrokarbon aromatik seperti fenil merkuri asetat, (2) alkil merkuri, mengandung hidrokarbon alifatik dan merupakan merkuri yang paling beracun, misalnya metil merkuri dan etil merkuri dan (3) alkoksialkil merkuri (R-O-Hg).

2.5 Sumber Merkuri (Hg)

Salah satu sumber pencemaran Merkuri (Hg) adalah limbah hasil proses pengolahan emas secara amalgamasi. Pada proses amalgamasi emas yang dilakukan oleh rakyat secara tradisional, Merkuri (Hg) dapat terlepas ke lingkungan pada tahap pencucian dan pembakaran. Pada proses pencucian, limbah yang umumnya masih mengandung Merkuri (Hg) dibuang langsung ke badan air. Hal ini disebabkan Merkuri (Hg) tersebut terpecah menjadi butiran-butiran halus yang sifatnya sukar dipisahkan pada proses penggilingan, sehingga pada proses pencucian Merkuri (Hg) dalam ampas terbawa masuk ke sungai. Di dalam air, Merkuri (Hg) dapat berubah menjadi senyawa organik metil merkuri akibat proses dekomposisi oleh bakteri. Selanjutnya senyawa organik tersebut akan terserap oleh jasad renik yang akan masuk dalam rantai makanan dan kemudian akan terjadi akumulasi dalam tubuh hewan air seperti ikan dan kerang, yang akhirnya masuk kedalam tubuh manusia yang mengkonsumsinya (Widhiyatna, 2005).

Sumber Merkuri (Hg) yang lain adalah dari bidang pertanian yang menggunakan Merkuri (Hg) sebagai senyawa organoraksa yang digunakan untuk fungisida dan pengawet kayu (Kristianingrum, 2007). Selain itu, beberapa industri

kosmetik juga menggunakan Merkuri (Hg) dalam proses produksinya terutama sebagai bahan pemutih kulit (Polii dkk., 2013). Beberapa industri tersebut masih banyak yang belum memenuhi syarat dalam hal pembuangan limbahnya sehingga dapat menyebabkan terjadinya pencemaran lingkungan (Kristianingrum, 2007).

2.6 Dampak Merkuri (Hg) pada Organisme Perairan

Gunawan dan Anwar (2008) berpendapat bahwa Merkuri (Hg) merupakan logam berat yang bersifat tidak terurai sehingga akan terus terakumulasi dalam tubuh makhluk hidup yang mengkonsumsinya yang disebut proses *bioaccumulation*. Logam berat dapat masuk ke dalam tubuh organisme perairan melalui tiga cara, yaitu melalui rantai makanan, insang dan difusi melalui permukaan kulit (Sarjono, 2009). Sakamoto (2004) dalam Simange (2013) mengatakan bahwa Merkuri (Hg) akan berpindah dari satu tingkat trofik ke tingkat lainnya dan menunjukkan peningkatan kepekaan dalam makhluk hidup sesuai dengan tingkat trofiknya. Selanjutnya disebutkan bahwa ikan yang lebih besar dengan tingkat trofik yang lebih tinggi memiliki kadar Merkuri (Hg) yang lebih banyak dibandingkan dengan ikan kecil.

Menurut Widodo (1980) dalam Simange dkk. (2013), akumulasi Merkuri (Hg) dalam biota laut umumnya terpusat pada organ tubuh yang berfungsi untuk reproduksi, sehingga akan berpengaruh terhadap perkembangan kehidupan biota laut terutama dalam mengembangkan keturunannya, disamping itu Merkuri (Hg) yang diakumulasi dalam tubuh ikan akan merangsang sistem enzimatik yang berakibat dapat menurunkan kemampuan adaptasi bagi ikan terhadap lingkungan yang tercemar tersebut.

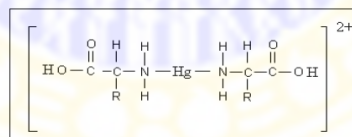
2.7 Interaksi antara Biomassa Organik dengan Ion Logam Merkuri (II)

Efektivitas interaksi antara ion logam dengan senyawa asam amino sangat tergantung terhadap spesiasi gugus yang dikandungnya dalam larutan. Gugus fungsional $-\text{COOH}$ akan terdeprotonasi menjadi $-\text{COO}^-$ yang nantinya akan digunakan untuk berikatan dengan logam Hg^{2+} .

Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan biomassa organik menurut Narsito (2006) dalam Al-ayubi dkk. (2010) mempunyai beberapa kemungkinan yaitu pertukaran ion (lemah dan kuat), ikatan hidrogen dan ikatan kompleks.

A. Mekanisme Pertukaran Ion

Mekanisme pertukaran kation berlangsung ketika terjadi pertukaran kation yang terdapat pada biomassa dengan logam yang bermuatan. Gambar 3 menyajikan perkiraan mekanisme pertukaran kation. Pada mekanisme ini terjadi pertukaran kation Hg^{2+} menggantikan ion H^+ .

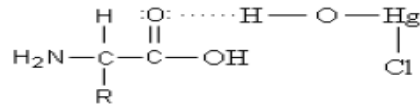


Gambar 3. Mekanisme dugaan pertukaran ion antara biomassa organik dengan Hg^{2+}

B. Mekanisme Ikatan Hidrogen

Mekanisme pembentukan ikatan hidrogen memberikan peran yang sangat besar, karena logam Hg^{2+} berada dalam keadaan terkompleksikan dengan OH. Ikatan hidrogen terjadi antara dua atom yang memiliki elektronegatifitas yang tinggi dengan hidrogen yang bersifat prototik. Oleh sebab itu adsorpsi logam Hg^{2+} pada biomassa dalam medium air, mekanisme pembentukan ikatan hidrogen

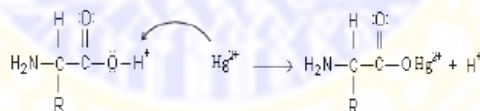
diperkirakan memberi kontribusi terbesar. Mekanisme yang terjadi diperkirakan seperti pada Gambar 4 :



Gambar 4. Mekanisme dugaan ikatan hidrogen antara biomassa organik dengan Hg^{2+}

C. Mekanisme Ikatan Kompleks

Mekanisme pembentukan senyawa kompleks antara logam Hg^{2+} dengan biomassa sangat mungkin terjadi, karena ion Hg^{2+} memiliki bilangan koordinasi 4, akan tetapi meskipun merkuri (II) memiliki bilangan koordinasi 4, dua ikatan terkadang lepas sehingga ligan yang terikat hanya 2, bentuk kompleksnya linear. Dugaan pembentukan ikatan kompleks antara biomassa dengan Hg^{2+} diperkirakan seperti pada Gambar 5 :



Gambar 5. Mekanisme dugaan ikatan kompleks antara biomassa organik dengan Hg^{2+}

III KERANGKA KONSEPTUAL DAN HIPOTESIS

3.1 Kerangka Konseptual Penelitian

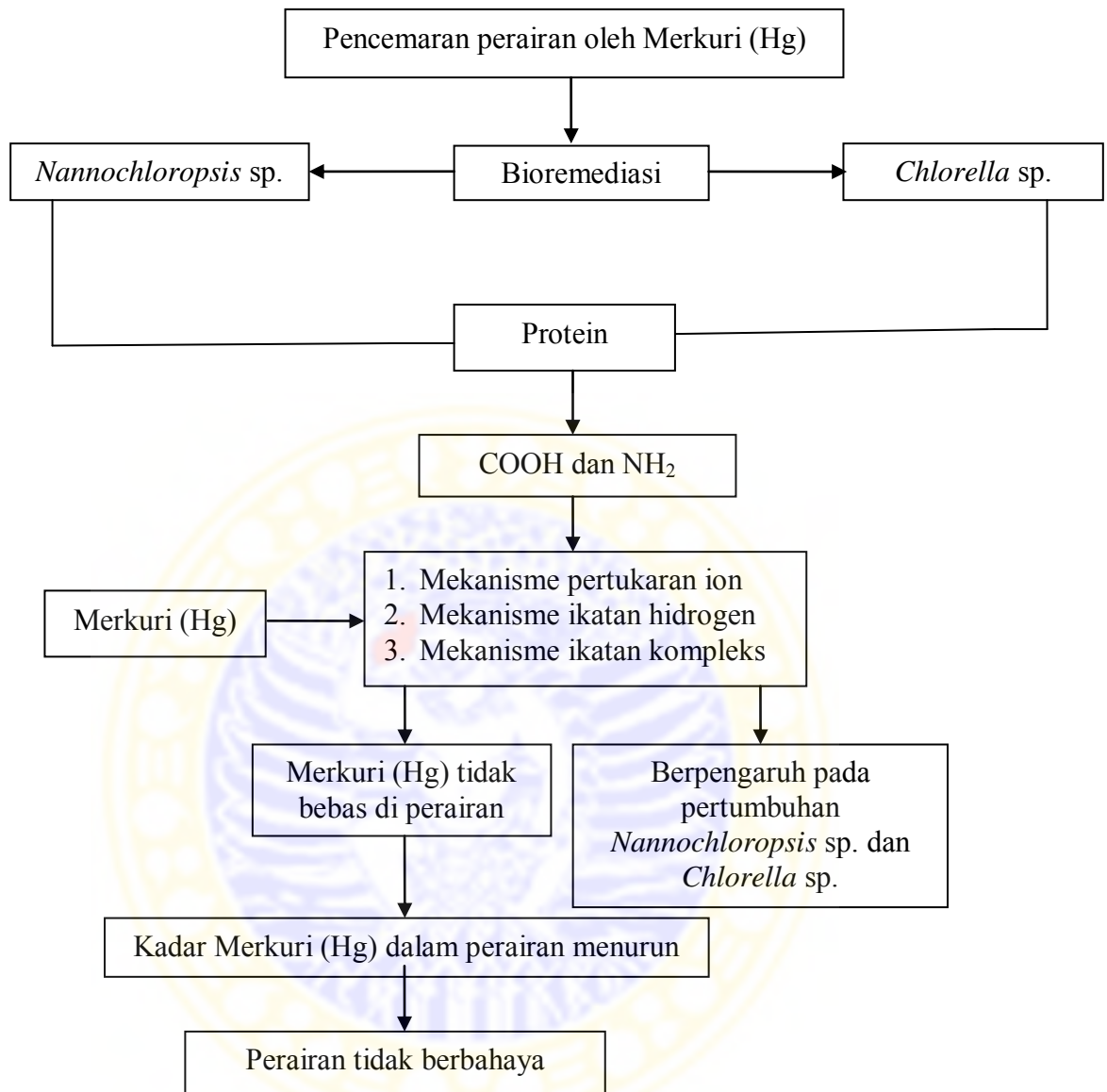
Kontaminasi logam berat di perairan sangat berbahaya baik secara langsung terhadap kehidupan organisme perairan, maupun efeknya secara tidak langsung terhadap kesehatan manusia. Hal ini berkaitan dengan sifat-sifat logam berat yang sulit didegradasi, sehingga dapat terakumulasi dalam sedimen dan organisme perairan termasuk kerang, ikan dan tumbuhan air (Sarjono, 2009).

Bioremediasi merupakan upaya untuk mengembalikan lingkungan yang tercemar pada kondisi semula. Menurut Moreno *et al.* (2000) dalam Rahmadiani dan Aunurohim (2013), penyerapan logam berat oleh fitoplankton dapat melalui dua jalur yaitu pengikatan pada dinding sel (adsorpsi) dan penyerapan logam ke dalam sel (absorpsi).

Nannochloropsis sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kandungan protein cukup tinggi. Volesky dan Vieira (2000) dalam Suhendrayatna (2001) mengungkapkan bahwa protein dan polisakarida memegang peranan yang sangat penting dalam proses biosorpsi ion logam berat sampai konsentrasi tertentu tanpa menyebabkan keracunan pada organisme tersebut. Hal ini dikarenakan terjadinya ikatan kovalen antara ion logam berat dengan gugus amino dan gugus karbonil. Namun pada konsentrasi yang tinggi akan mengakibatkan keracunan sehingga berdampak pada penurunan populasi fitoplankton.

Menurut Narsito (2006) dalam Al-ayubi dkk. (2010), ikatan yang terjadi antara ion logam dengan biomassa organik ada beberapa macam, yaitu: (1) pertukaran ion (lemah dan kuat). Mekanisme ini terjadi pada saat gugus-gugus

karboksilat (COOH) pada asam-asam amino mengalami deprotonasi akibat hadirnya ion hidroksida (OH⁻), sehingga gugus karboksilat berubah menjadi bermuatan negatif (COO⁻) yang sangat reaktif untuk berikatan dengan Hg²⁺. (2) Ikatan hidrogen. Ikatan ini terjadi antara dua atom yang memiliki elektronegatifitas yang tinggi dengan hidrogen yang bersifat protolitik, dalam hal ini logam Hg²⁺ berada dalam keadaan terkompleksikan dengan OH⁻. (3) Ikatan kompleks. Mekanisme pembentukan senyawa kompleks antara logam Hg²⁺ dengan biomassa terjadi karena ion Hg²⁺ memiliki bilangan koordinasi 4, namun terkadang dua ikatan lepas, sehingga bentuk kompleksnya linear. Ikatan yang terjadi antara biomassa *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Merkuri (Hg) diharapkan dapat mengurangi kadar logam berat tersebut di perairan.



Gambar 6. Bagan kerangka konseptual penelitian

3.2 Hipotesis Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang ada, maka hipotesis yang diberikan adalah sebagai berikut:

1. Terdapat perbedaan kemampuan antara *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat Merkuri (Hg).
2. Merkuri (Hg) berpengaruh terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.



IV METODE PENELITIAN

4.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Pendidikan Fakultas Perikanan dan Kelautan, Universitas Airlangga, Surabaya. Pemeriksaan kandungan Merkuri (Hg) pada air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dilaksanakan di Laboratorium Kualitas Air Perusahaan Umum Jasa Tirta I Malang. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari 2014.

4.2 Materi Penelitian

4.2.1 Alat Penelitian

Alat-alat yang diperlukan dalam penelitian ini adalah botol kaca, batu aerasi, selang aerasi, pipet volume, pipet tetes, lampu neon 40 watt, gelas ukur, labu ukur, corong gelas, tabung Erlenmeyer, *autoclave*, mikroskop, *handtally counter*, DO meter, kertas pH, termometer, refraktometer, kertas saring, *haemocytometer*, botol sampel, tisu dan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS) Shimadzu tipe AA-6800 dan Generator Hidrida tipe HVG-1.

4.2.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah biakan murni *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang diperoleh dari Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau Jepara, logam berat Merkuri (Hg), air laut, akuades, alkohol 96%, klorin, Na-Thiosulfat, tipol, aluminium foil dan media Walne sebagai pupuk untuk kultur plankton.

4.3 Prosedur Penelitian

4.3.1 Rancangan Penelitian

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 Merkuri Hg (0 ppm)
- Perlakuan B : kultur *Nannochloropsis* sp. dengan pemberian logam berat Merkuri (Hg) 0,06 ppm
- Perlakuan C : kultur *Chlorella* sp. tanpa pemberian logam berat Merkuri (Hg) (0 ppm)
- Perlakuan D : kultur *Chlorella* sp. dengan pemberian logam berat Merkuri (Hg) 0,06 ppm

Pemberian logam berat Merkuri (Hg) sebesar 0,06 ppm berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Nuzzi (1972) dalam Supriharyono (2002) bahwa merkuri organik dengan konsentrasi 0,06 ppm telah menghambat pertumbuhan diatom *phaeodactylum tricornutum*.

4.3.2 Variabel Penelitian

Variabel dalam penelitian ini meliputi variabel bebas, variabel terkontrol dan variabel terikat. Variabel bebas penelitian ini adalah jenis fitoplankton dan konsentrasi Merkuri (Hg). Variabel terkontrol adalah salinitas, DO dan intensitas cahaya. Sedangkan variabel terikat adalah kandungan logam berat Merkuri (Hg) dalam media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dan kepadatan sel serta laju pertumbuhan spesifik (μ) *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

4.4 Pelaksanaan Penelitian

4.4.1 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sterilisasi alat dan bahan bertujuan agar alat dan bahan bebas dari mikroorganisme yang tidak diinginkan. Sterilisasi air laut yang akan digunakan sebagai media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. menggunakan larutan klorin 60 ppm selama 24 jam dan dinetralkan dengan larutan Na- Thiosulfat 20 ppm. Kemudian air laut diaerasi secara terus-menerus hingga kurang lebih dua hari sampai bau klorin hilang. Air yang telah disterilkan kemudian diaerasi dan disimpan dalam wadah tertutup dan terhindar dari cahaya matahari untuk mencegah pertumbuhan lumut dan fitoplankton yang tidak diinginkan

Sterilisasi alat-alat yang berbahan kaca dengan menggunakan *autoclave*. Sebelum digunakan, peralatan dicuci dengan tipol kemudian dibilas dengan air tawar, dikeringkan, kemudian dibungkus dengan aluminium foil. Setelah itu dimasukkan dan diatur rapi dalam *autoclave*, *autoclave* ditutup rapat dan dioperasikan dengan suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah proses selesai, botol kultur dikeluarkan dari *autoclave* dan disimpan pada wadah yang bersih.

Selang dan batu aerasi disterilisasi dengan cara dicuci terlebih dahulu dengan tipol yang kemudian dibilas dengan air tawar. Kemudian dilakukan perendaman dengan HCl 0.2% selama 24 jam dan dibilas kembali dengan air bersih.

4.4.2 Persiapan Stok Fitoplankton

Bibit *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dimasukkan dalam botol-botol kultur yang berbahan kaca. Media kultur yang digunakan dalam penelitian adalah air laut sebanyak 500 mL dan media Walne sebanyak 1 mL/L serta diberi aerasi. Bibit *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dimasukkan dalam botol masing-masing dengan kepadatan 1×10^5 sel/mL (Nisak, 2013). Lingkungan kultur yang diharapkan dalam penelitian adalah suhu 20-25°C, salinitas 30-35 ppt, pH 8-9,5 yang merupakan lingkungan kultur terbaik bagi *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Penyiaran dengan menggunakan lampu neon 40 watt.

Menurut Ekawati (2005), perhitungan jumlah bibit *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. untuk kultur menggunakan rumus :

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

Keterangan :

- V1 : volume bibit untuk penebaran awal (mL)
- N1 : kepadatan bibit / stok *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. (sel/mL)
- V2 : volume media kultur yang dikehendaki (mL)
- N2 : kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang dikehendaki (sel/mL)

4.4.3 Pembuatan Stok Larutan Logam Berat Merkuri (Hg)

Larutan Merkuri (Hg) yang dibuat yaitu larutan stok dengan konsentrasi 60 ppm. Senyawa Merkuri (Hg) yang digunakan sebagai larutan stok pada penelitian ini berupa HgCl_2 . Larutan stok dibuat dengan cara menimbang HgCl_2 sebanyak 0,006 gram kemudian dilarutkan dalam 100 ml akuades dalam labu ukur.

Cara membuat larutan stok Merkuri (Hg) menggunakan rumus (Rosales, 1982) :

$$Q = \frac{V}{P} \times K$$

Keterangan :

- Q = berat bahan kimia yang akan dilarutkan (mg, gr)
 V = volume pelarut (akuades) (ml, L)
 P = volume penggunaan dalam media kultur (ml/L)
 K = konsentrasi pupuk yang diketahui (ppm, mg/L)

Larutan stok Merkuri (Hg) digunakan dalam penelitian dengan cara pengenceran. Pengambilan stok Merkuri (Hg) 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

4.4.4 Perlakuan

Biakan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dimasukkan ke dalam masing-masing 10 botol transparan yang sudah berisi air media dengan volume total setiap botol 500 ml, kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang digunakan adalah 1×10^5 sel/mL. Kemudian masing-masing biakan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. diberi perlakuan Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm dan 0 ppm dengan 5 kali ulangan. Biakan *Nannochloropsis*

sp. dan *Chlorella* sp. dikultur selama 7 hari dan diberi cahaya dengan lampu neon 40 watt.

Merkuri (Hg) dalam air laut terlebih dahulu diuji untuk mengetahui kadarnya sebelum diberi perlakuan. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk mencapai kadar Merkuri (Hg) yang akan diberikan yaitu 0,06 ppm. Aerasi pada biakan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dilakukan agar tidak muncul pembentukan koloni. Pengukuran parameter kualitas air perlu dilakukan, seperti pengukuran salinitas, suhu, kandungan oksigen terlarut (DO) dan pH. Untuk pengukuran suhu dan salinitas dilakukan dua kali sehari yaitu pada pukul 07.00 dan 16.00 WIB, sedangkan DO dan pH diukur satu kali pada pukul 07.00 WIB.

4.4.5 Penghitungan Kepadatan Populasi Fitoplankton

Penghitungan kepadatan fitoplankton dilakukan setiap hari sejak awal hingga akhir penelitian. Penghitungan dilakukan dengan menggunakan *haemocytometer* dan untuk memudahkan penghitungan digunakan *handtally counter*. Sampel plankton diteteskan dengan menggunakan pipet tetes sebanyak 1 tetes (0,05 ml) pada *haemocytometer* dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 atau 400 kali. Rumus penghitungan plankton yang digunakan adalah metode *Small Block* (Satyantini dkk., 2012) karena ukuran *Chlorella* sp. 2-8 mikron dan *Nannochloropsis* sp. berukuran 2-4 mikron.

$$\text{Kepadatan (sel/ml)} = \frac{nA + nB + nC + nD + nE}{5 \times 4 \times 10^{-6}}$$

Keterangan :

nA, nB, nC, nD, nE : jumlah sel fitoplankton pada kotak A, B, C, D dan E

5 : jumlah kotak yang dihitung
 4×10^{-6} : luas kotak kecil A, B, C, D dan E

4.4.6 Pengambilan Data Kemampuan Bioremediasi Merkuri (Hg) oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Kemampuan penyerapan Merkuri (Hg) oleh fitoplankton dapat diketahui dengan melakukan penghitungan efisiensi penyerapan dengan membandingkan konsentrasi logam setelah penyerapan dengan konsentrasi logam mula-mula (Wiyarsi dan Priyambodo, 2013). Pengambilan data kemampuan Merkuri (Hg) oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dilakukan dengan mengukur kandungan logam berat Merkuri (Hg) sebelum perlakuan dan pada akhir perlakuan, sampel disaring dengan kertas saring 0,45 μm untuk memisahkan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dari air media.

Pengukuran konsentrasi Merkuri (Hg) pada air media diuji dengan AAS untuk mengetahui konsentrasi Merkuri (Hg) yang tersisa pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Konsentrasi Merkuri (Hg) yang tersisa pada air media pemeliharaan plankton pada akhir penelitian menunjukkan sisa Merkuri (Hg) yang tidak terserap oleh fitoplankton. Menurut Wiyarsi dan Priyambodo (2013), penghitungan efisiensi penyerapan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\text{Eff} = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan :

Eff : efisiensi penyerapan
 C₀ : konsentrasi logam mula-mula
 C₁ : konsentrasi logam setelah penyerapan

Hasil uji disajikan dalam bentuk persentase untuk mengetahui kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menyerap Merkuri (Hg) pada konsentrasi 0,06 ppm.

4.5 Parameter Pengamatan

A. Parameter Utama

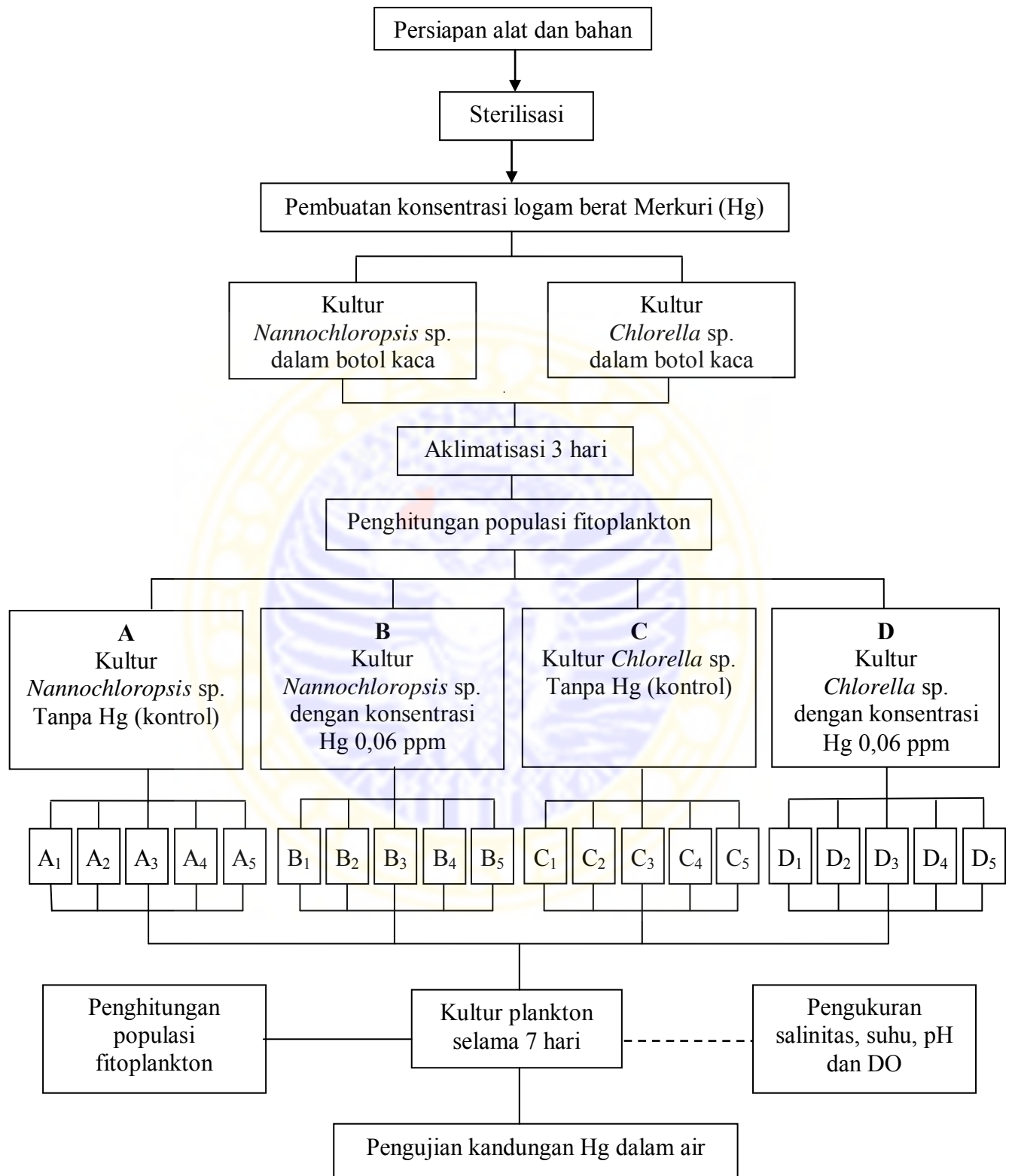
Parameter utama dalam penelitian ini adalah kemampuan bioremediasi Merkuri (Hg) oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dan pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

B. Parameter Pendukung

Parameter pendukung digunakan untuk melengkapi data dari parameter utama. Parameter pendukung dalam penelitian ini adalah kualitas air media kultur yang meliputi salinitas, suhu, pH dan DO. Pengukuran parameter kualitas air ditujukan untuk mengetahui kemungkinan adanya pengaruh kualitas air terhadap hasil penelitian.

4.6 Analisis Data

Data penelitian dianalisis secara statistik dan deskriptif. Analisis yang digunakan untuk menjawab rumusan masalah adalah dengan uji T. Keseluruhan analisis statistik dilakukan dengan program SPSS 16 *for windows*. Analisis data deskriptif digunakan untuk mengetahui kapasitas konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) yang mampu diserap oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. serta pengaruh Merkuri (Hg) terhadap pertumbuhan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

V HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Hasil Penelitian

Hasil penelitian terdiri dari data kandungan konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) dalam media kultur, data pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. serta parameter kualitas air berupa salinitas, suhu, pH dan DO selama penelitian.

5.1.1 Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) dalam Media Kultur

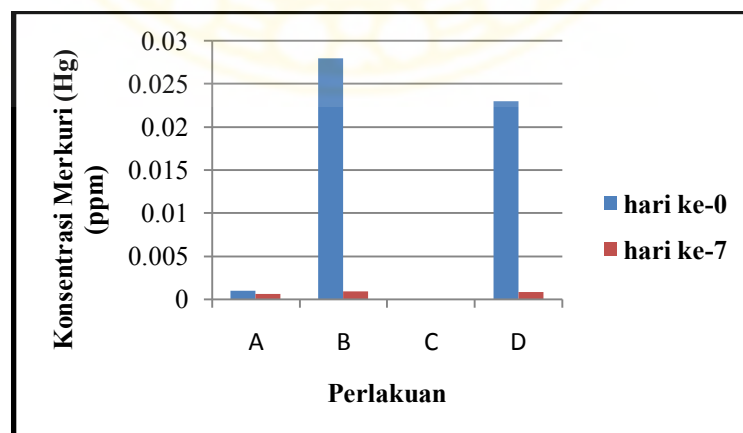
Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisa kandungan logam berat Merkuri (Hg) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. menunjukkan terjadinya penurunan. Analisa kandungan logam berat Merkuri (Hg) juga dilakukan terhadap media kultur tanpa penambahan Merkuri (Hg). Hasil analisis menunjukkan bahwa pada media kultur *Nannochloropsis* sp. terdapat logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,001 ppm, sedangkan pada media kultur *Chlorella* sp. tidak terdeteksi adanya logam berat Merkuri (Hg). Hasil pengujian logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan penambahan logam berat Merkuri (Hg) 0,06 ppm terdapat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,02 ppm. Data lengkap hasil pengujian kandungan Merkuri (Hg) pada media kultur disajikan pada Lampiran 1. Pengujian dilakukan menggunakan AAS dengan MDL (*Method Detection Limit*) $< 0,0003 \times 10^{-1}$. Data rata-rata konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) pada media kultur dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Rata-rata konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) dalam air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Perlakuan	Konsentrasi Merkuri		Awal-Akhir	Persentase penurunan (%)
	Awal	Akhir		
A	0,0010	0,0006	0,0004	40
B	0,0280	0,0009	0,0271	97
C	0	0	0	0
D	0,0230	0,0008	0,0222	97

Keterangan : (A) *Nannochloropsis* sp. 0 ppm, (B) *Nannochloropsis* sp. 0,06 ppm, (C) *Chlorella* sp. 0 ppm, (D) *Chlorella* sp. 0,06 ppm, (Awal) Hari Ke-0, (Akhir) Hari Ke-7

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) persentase penurunan logam berat media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada akhir penelitian. Grafik konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada awal dan akhir penelitian disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik konsentrasi logam berat Merkuri (Hg) pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada awal dan akhir penelitian

Berdasarkan hasil uji T diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap kandungan logam berat Merkuri (Hg) pada media *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Merkuri (Hg) 0 ppm pada awal dan akhir penelitian ($P>0,05$). Hasil uji T kandungan logam berat media *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Merkuri (Hg) 0 ppm pada awal dan akhir penelitian disajikan pada Lampiran 2 dan 3.

Berdasarkan hasil uji T diketahui bahwa terdapat perbedaan yang sangat nyata terhadap kandungan logam berat Merkuri (Hg) pada media *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Merkuri (Hg) 0,06 ppm pada awal dan akhir penelitian ($P<0,01$). Hasil uji T kandungan logam berat media *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Merkuri (Hg) 0,06 ppm pada awal dan akhir penelitian disajikan pada Lampiran 4 dan 5.

Berdasarkan hasil uji T terhadap persentase penurunan logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. diketahui bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam menyerap logam berat Merkuri (Hg) ($P>0,05$). Hasil uji T persentase penurunan logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan Merkuri (Hg) 0,06 ppm pada akhir penelitian disajikan pada Lampiran 6.

5.1.2 Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Data kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam penelitian ini digunakan untuk mengetahui pengaruh perlakuan Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm pada media kultur terhadap pertumbuhan kedua fitoplankton

tersebut. Data lengkap kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. selama penelitian disajikan pada Lampiran 7. Kepadatan rata-rata *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. selama penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kepadatan sel rata-rata *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. (10^5 sel/ml). pada hari pertama hingga hari ketujuh

Hari ke-	Perlakuan			
	A	B	C	D
0	1	1	1	1
1	3,5 ± 1,5	3,1 ± 1,517	9,5 ± 3,536	14,5 ± 12,227
2	4,7 ± 1,605	5,2 ± 2,197	27,3 ± 11,536	30 ± 9,11729
3	7,4 ± 4,839	5,3 ± 2,949	51,6 ± 12,671	46,5 ± 12,455
4	5,3 ± 5,964	14,6 ± 10,79	67,7 ± 17,006	61,9 ± 24,559
5	20,4 ± 18,207	22,1 ± 18,962	76,3 ± 39,992	63,2 ± 27,174
6	22,7 ± 14,463	31,8 ± 18,714	89,2 ± 46,673	64,2 ± 27,892
7	25,5 ± 11,819	35,8 ± 14,813	102,2 ± 66,974	66 ± 34,519

Keterangan : (A) *Nannochloropsis* sp. 0 ppm, (B) *Nannochloropsis* sp. 0,06 ppm, (C) *Chlorella* sp. 0 ppm, (D) *Chlorella* sp. 0,06 ppm

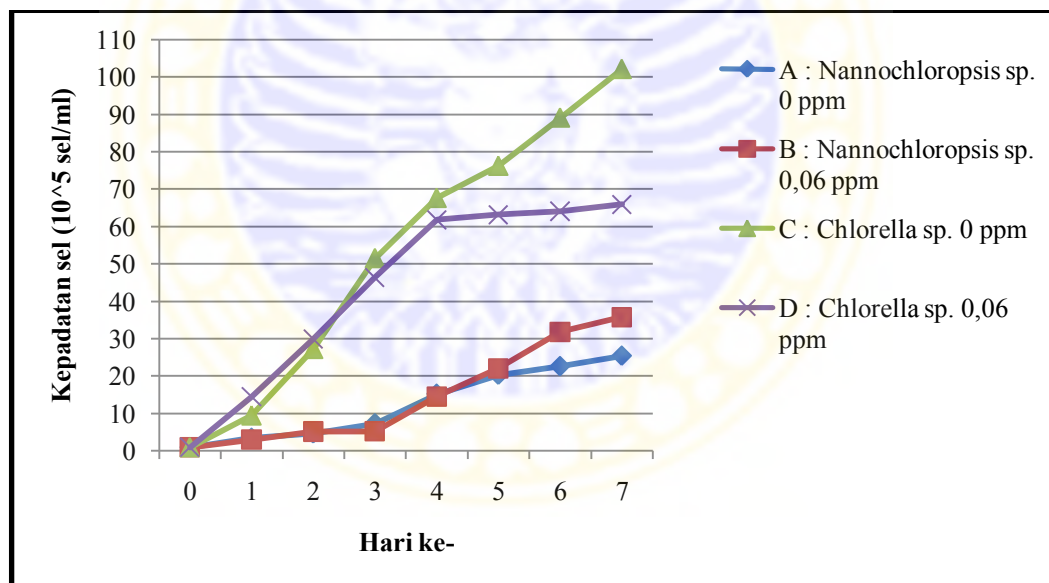
Berdasarkan data tersebut, dilakukan analisis uji T menggunakan SPSS masing-masing terhadap perlakuan A dan B, C dan D serta B dan D. Hasil analisis dengan uji T menggunakan SPSS dapat dilihat pada Lampiran 8-10. Berdasarkan hasil analisis tersebut diketahui bahwa penambahan Merkuri (Hg) 0,06 ppm terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada hari pertama hingga hari ketujuh tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$).

Kepadatan perlakuan A lebih tinggi dari pada perlakuan B pada hari pertama sampai hari keempat, sedangkan pada hari kelima sampai hari ketujuh kepadatan perlakuan B lebih tinggi dari pada perlakuan A.

Kepadatan perlakuan C lebih tinggi dari pada perlakuan D pada hari ketiga sampai hari ketujuh, sedangkan pada hari pertama sampai hari kedua kepadatan perlakuan D lebih tinggi dari pada perlakuan C.

Populasi tertinggi pada semua perlakuan terjadi pada hari ketujuh penelitian. Perlakuan A dengan jumlah kepadatan $25,5 \times 10^5$ sel/ml, perlakuan B dengan jumlah kepadatan $35,8 \times 10^5$ sel/ml, perlakuan C dengan jumlah kepadatan $102,2 \times 10^5$ sel/ml dan perlakuan D dengan jumlah kepadatan 66×10^5 sel/ml.

Grafik pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 9.



Gambar 9. Grafik pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada hari pertama sampai hari ketujuh

Gambar 9 menunjukkan bahwa pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang dikultur dari hari pertama sampai hari ketujuh terus mengalami peningkatan. Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada penelitian belum dapat dikatakan terdiri dari 4 fase pertumbuhan yaitu adaptasi,

eksponensial, stasioner dan penurunan karena hingga hari ketujuh kultur masih mengalami peningkatan. Fase adaptasi terjadi pada hari ketika inokulum pertama kali dimasukkan sampai hari pertama pada semua perlakuan. Fase eksponensial dimulai dari hari kedua pengamatan yang ditunjukkan dengan peningkatan jumlah pertambahan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang cukup besar hingga hari ketujuh.

5.1.3 Laju Pertumbuhan Spesifik (μ) *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Selama Penelitian

Penghitungan nilai laju pertumbuhan spesifik (μ) dilakukan untuk menggambarkan kecepatan pertambahan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. per satuan waktu yang dapat dipakai sebagai tolok ukur untuk mengetahui daya dukung media kultur yang sudah diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0,06 ppm terhadap pertumbuhan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

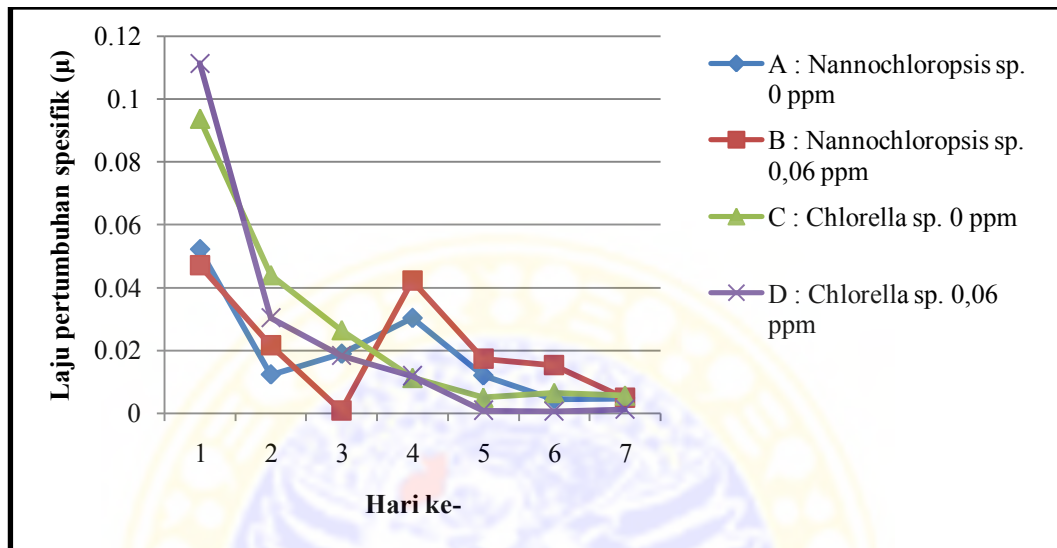
Nilai laju pertumbuhan spesifik (μ) sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Laju pertumbuhan spesifik (μ) sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada hari pertama hingga hari ketujuh

Hari ke-	Perlakuan			
	A	B	C	D
1	0,0522	0,0471	0,0938	0,1114
2	0,0123	0,0216	0,0440	0,0303
3	0,0189	0,0008	0,0265	0,0183
4	0,0303	0,0422	0,0113	0,0119
5	0,0120	0,0173	0,0050	0,0009
6	0,0045	0,0152	0,0065	0,0006
7	0,0048	0,0049	0,0057	0,0012

Keterangan : (A) *Nannochloropsis* sp. 0 ppm, (B) *Nannochloropsis* sp. 0,06 ppm, (C) *Chlorella* sp. 0 ppm, (D) *Chlorella* sp. 0,06 ppm

Grafik laju pertumbuhan spesifik (μ) *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. selama penelitian dapat dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. Grafik laju pertumbuhan spesifik (μ) *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada hari pertama hingga hari ketujuh

Pengaruh perlakuan Merkuri (Hg) terhadap laju pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dapat dilihat dari grafik laju pertumbuhan spesifik (μ) kedua fitoplankton tersebut yang lebih tinggi atau lebih rendah dari kontrol.

Berdasarkan grafik tersebut dapat diketahui bahwa laju pertumbuhan spesifik (μ) perlakuan A dan B mengalami penurunan pada hari kedua tetapi meningkat pada hari keempat kemudian menurun kembali pada hari kelima hingga hari ketujuh. Laju pertumbuhan spesifik (μ) perlakuan C dan D mengalami penurunan dari kedua hingga hari ketujuh. Laju pertumbuhan spesifik (μ) kedua fitoplankton tersebut cenderung sama dengan kontrol. Dengan demikian dapat

disimpulkan bahwa pemberian Merkuri (Hg) 0,06 ppm tidak berpengaruh terhadap laju pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

5.1.4 Kualitas Air

Hasil pengukuran kualitas air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. selama penelitian disajikan pada Tabel 4. Data lengkap nilai parameter kualitas air selama penelitian disajikan pada Lampiran 11.

Tabel 4. Nilai rata-rata kualitas air pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Konsentrasi logam berat Merkuri (Hg)	Salinitas (ppt)	Suhu ($^{\circ}$ C)	pH	DO
0 ppm	33-38	31-32	9	5
0,06 ppm	34-39	31-33	9	5

5.2 Pembahasan

5.2.1 Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg)

Fitoplankton merupakan organisme bersel tunggal yang luas permukaannya lebih besar dibandingkan dengan rasio volumenya, sehingga memiliki kemampuan akumulasi yang tinggi dalam waktu yang relatif singkat terhadap zat organik maupun anorganik, yaitu berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam (Haryoto dan Wibowo, 2004 dalam Rahmadiani dan Aunurohim, 2013).

Hasil pengukuran logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. tanpa penambahan logam berat Merkuri (Hg), ternyata pada media

kultur *Nannochloropsis* sp. masih terdapat logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,001 ppm, diduga logam berat Merkuri (Hg) ini berasal dari air media yang sebelumnya mengandung logam berat. Sedangkan pada media kultur *Chlorella* sp. tidak terdeteksi adanya logam berat Merkuri (Hg). Pengujian dilakukan menggunakan AAS dengan MDL (*Method Detection Limit*) $< 0,0003 \times 10^{-1}$.

Hasil pengukuran logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan penambahan logam berat Merkuri (Hg) terdapat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,02 ppm, padahal perlakuan Merkuri (Hg) yang diberikan adalah sebesar 0,06 ppm, hal ini diduga sudah ada proses penyerapan Merkuri (Hg) oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sejak hari dilakukannya perlakuan. Hasil uji T terhadap kandungan logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. tanpa penambahan Merkuri (Hg) menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap kandungan logam berat Merkuri (Hg) pada awal dan akhir penelitian ($P > 0,05$).

Hasil uji T terhadap kandungan logam berat pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan penambahan Merkuri (Hg) sebesar 0,06 ppm menunjukkan perbedaan yang sangat nyata terhadap kandungan logam berat Merkuri (Hg) pada awal dan akhir penelitian ($P < 0,01$). Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Merkuri (Hg), sehingga dapat disimpulkan bahwa kedua fitoplankton tersebut mampu melakukan proses bioremediasi.

Hasil presentasi penyerapan logam berat Merkuri (Hg) oleh *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada media kultur dengan penambahan Merkuri (Hg) 0,06 ppm lebih tinggi dibandingkan pada media kultur tanpa penambahan Merkuri (Hg) karena kemampuan penyerapan fitoplankton terhadap logam berat semakin tinggi seiring dengan meningkatnya konsentrasi logam berat. Hal ini sesuai penelitian yang dilakukan oleh Davis *et al.* (2003) dalam Kurniawan dan Aunurohim (2004) bahwa 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.

Hasil uji T terhadap persentase penurunan logam berat dalam media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan penambahan Merkuri (Hg) 0,06 ppm menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata ($P > 0,05$). Demikian juga pada perhitungan rata-rata persentase hasil penurunan logam berat pada awal dan akhir penelitian menunjukkan angka hasil persentase *Nannochloropsis* sp. sama dengan *Chlorella* sp. (97%). Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kemampuan yang sama dalam menyerap logam berat Merkuri (Hg).

Menurut Wardhany (2010), *Nannochloropsis* sp. merupakan jenis alga hijau bersel satu yang dapat dimanfaatkan untuk mengabsorpsi ion-ion logam. Kemampuan absorpsinya 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 Merkuri (Hg) sehingga terjadi pengikatan ion akibat dari perbedaan muatan tersebut.

Setiap sel mikroalga memiliki daya serap yang berbeda-beda, tergantung dari kandungan gugus fungsional dari dinding sel dan pertukaran ion yang terjadi pada permukaan selnya. Selain itu, luas permukaan sel dari masing-masing jenis mikroalga juga mempengaruhi laju serapan logam berat oleh mikroalga tersebut (Fachrullah, 2011). Ukuran diameter *Nannochloropsis* sp. adalah 2-4 μm (Fachrullah, 2011), sedangkan ukuran diameter *Chlorella* sp. adalah 2-8 μm (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Semakin kecil ukuran sel, maka semakin besar luas permukaannya sehingga masuknya nutrisi ke dalam jaringan sel lebih cepat (Paramata dkk, 2011 dalam Musa dkk., 2013).

Suhendrayatna (2001) menyatakan bahwa secara alami di mana kondisi tanpa kendali, proses bioremoval ion logam berat umumnya terdiri dari dua mekanisme yang melibatkan proses active uptake dan passive uptake. Pada saat ion logam berat tersebar pada permukaan sel, ion akan mengikat pada bagian permukaan sel berdasarkan kemampuan daya afinitas kimia yang dimilikinya.

Passive uptake dikenal dengan istilah proses biosorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertama pertukaran ion di mana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg, dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat; dan kedua adalah formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan *functional groups* seperti *carbonyl*, *amino*, *thiol*, *hydroxy*, *phosphate* dan *hydroxy-carboxyl* yang berada

pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat bolak balik dan cepat. Proses bolak balik ikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari suatu biomass. Aktif uptake dapat terjadi pada berbagai tipe sel hidup. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau akumulasi intraselular ion logam tersebut.

Nannochlorella sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kandungan protein cukup tinggi. Menurut Suhendrayatna (2004) dalam Al-ayubi dkk. (2010), protein dan polisakarida memegang peranan yang sangat penting dalam proses biosorpsi ion logam berat karena ikatan kovalen dapat terjadi dengan gugus karboksil dan gugus amina.

Ikatan yang terjadi antara ion logam dengan biomassa organik menurut Narsito (2006) dalam Al-ayubi dkk. (2010) mempunyai beberapa kemungkinan yaitu (1) pertukaran ion (lemah dan kuat). Mekanisme pertukaran ion berlangsung ketika terjadi pertukaran kation yang teradapat pada biomassa dengan logam yang bermuatan. Mekanisme ini terjadi pada saat gugus-gugus karboksilat (COOH) pada asam-asam amino yang terkandung dalam fitoplankton mengalami deprotonasi akibat hadirnya ion hidoksida (OH^-), sehingga gugus karboksilat berubah menjadi bermuatan negative (COO^-) yang sangat reaktif untuk berikatan dengan Hg^{2+} . (2) Mekanisme ikatan hidrogen. Mekanisme pembentukan ikatan hidrogen memberikan peran yang sangat besar, karena logam Hg^{2+} berada dalam keadaan terkompleksikan dengan OH. Ikatan hidrogen terjadi antara dua atom yang memiliki elektronegatifitas yang tinggi dengan hidrogen yang bersifat prototik.

Oleh sebab itu adsorpsi logam Hg^{2+} dapat terjadi pada biomassa organik dalam medium air, sehingga mekanisme pembentukan ikatan hidrogen diperkirakan memberi kontribusi terbesar. (3) Mekanisme ikatan kompleks. Mekanisme pembentukan senyawa kompleks antara logam Hg^{2+} dengan biomassa sangat mungkin terjadi, karena ion Hg^{2+} memiliki bilangan koordinasi 4, akan tetapi meskipun merkuri (II) memiliki bilangan koordinasi 4, dua ikatan terkadang lepas sehingga ligan yang terikat hanya 2, bentuk kompleksnya linear.

5.2.2 Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Pertumbuhan fitoplankton dalam kultur ditandai dengan bertambah besarnya ukuran sel atau bertambah banyaknya jumlah sel yang secara langsung akan berpengaruh terhadap kepadatan fitoplankton. Pertumbuhan fitoplankton terdiri atas lima fase yaitu adaptasi, fase eksponensial, fase penurunan relatif, fase stasioner dan kematian (Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995).

Pada penelitian ini, pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. mengalami 2 fase pertumbuhan yaitu fase adaptasi dan eksponensial. Fase adaptasi dimulai setelah penebaran inokulum pada media kultur hingga beberapa saat sesudahnya. Proses sintesis protein terjadi pada fase ini. Metabolisme berjalan tetapi pembelahan sel belum terjadi sehingga kepadatan sel belum meningkat karena mikroalga masih beradaptasi dengan lingkungan yang baru. Fase adaptasi pada masing-masing perlakuan tidak terlihat jelas pada grafik pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. (Gambar 9). Hal ini dikarenakan fase adaptasi *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. terjadi sangat singkat yaitu sebelum 24 jam.

Peningkatan kepadatan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. pada masing-masing perlakuan mulai nampak pada pengamatan sehari setelah penebaran inokulum hingga hari terakhir penelitian. Adanya peningkatan kepadatan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. mulai memasuki fase eksponensial. Fase ini ditandai dengan meningkatnya pembelahan sel (Omori and Ikeda, 1984 dalam Wijaya, 2006).

Pada penelitian ini, pertumbuhan puncak *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. terjadi pada hari ketujuh. Menurut Arief dkk. (2004) dalam Restiada dkk. (2008), pertumbuhan populasi *Nannochloropsis oculata* mencapai puncaknya untuk bisa dipanen rata-rata umur 4 sampai 7 hari. Sedangkan menurut Isnansetyo dan Kurniastuty (1995) *Chlorella* sp. mencapai fase eksponensial yang merupakan fase terbaik untuk dipanen adalah pada umur 4-6 hari.

Menurut Fogg (1975) dalam Kurniawan dan Aunurohim (2014), ciri metabolisme selama fase eksponensial yaitu tingginya aktivitas fotosintesis yang berguna untuk pembentukan protein dan komponen-komponen plasma sel yang dibutuhkan dalam pertumbuhan.

Suantika (2009) dalam Safitri (2013) menyatakan bahwa fase eksponensial terjadi ketika nutrisi, pH dan intensitas cahaya pada medium masih dapat memenuhi kebutuhan fisiologis *Nannochloropsis oculata* sehingga dalam fase ini sel masih memiliki kemampuan bereproduksi hingga kepadatannya masih bertambah.

Pada penelitian ini digunakan pupuk Walne pada semua perlakuan. Pupuk Walne mempunyai komposisi unsur hara yang lengkap bagi pertumbuhan *Nannochloropsis oculata* dan dapat dimanfaatkan secara langsung oleh *Nannochloropsis oculata* terutama nitrogen. Nitrogen merupakan salah satu unsur yang paling penting dan sangat dibutuhkan dalam pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*. Nitrogen merupakan komponen utama protein sel yang merupakan bagian dasar kehidupan organisme dan merupakan bagian penting dari klorofil (Corsini and Kardys, 1990 dalam Prabowo, 2009).

Media walne juga merupakan media tumbuh yang baik bagi *Chlorella* sp. karena media ini memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan oleh *Chlorella* sp. di antaranya adalah nitrogen, fosfor, vitamin B1 (tiamin) dan vitamin B12 (sianokobalamin). *Chlorella* sp. membutuhkan vitamin B12 karena vitamin B12 berguna bagi pertumbuhan selnya dan alga ini tidak dapat menghasilkannya sendiri.

Fase Stasioner merupakan fase dimana fase kematian sama dengan laju reproduksi sehingga populasi menjadi tetap untuk sementara waktu. Fase stasioner pada penelitian ini belum dapat terlihat karena hingga hari ketujuh pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. masih dalam kondisi meningkat. Hal ini dikarenakan nutrisi pada seluruh perlakuan masih dalam keadaan optimal sehingga masih dapat dimanfaatkan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. untuk pertumbuhannya.

Nuzzi (1972) dalam Supriharyono (2002) mengemukakan bahwa merkuri organik dengan konsentrasi 0,06 ppm telah menghambat pertumbuhan diatom

phaeodactylum tricornutum, sedangkan hasil analisa uji T (Lampiran 10) pada penelitian ini menunjukkan bahwa perlakuan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm tidak dapat menghambat pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Hal ini dimungkinkan karena konsentrasi Merkuri (Hg) yang ditambahkan pada media kultur masih belum menghambat pertumbuhan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp., tapi sebaliknya berfungsi sebagai nutrisi dalam proses pertumbuhannya. Suhendrayatna (2001) menyatakan bahwa *Chlorella vulgaris* dan *Nannochloris* memiliki toleransi yang tinggi terhadap ion logam berat dan laju pertumbuhan mikroalga ini menuntut hadirnya ion logam pada media kulturisasinya.

Menurut Wahab dkk. (2013), penambahan logam berat Timbal (Pb) dengan konsentrasi 10, 30 dan 50 ppm pada media kultur dapat mengakibatkan penurunan populasi *Nannochloropsis salina*. Medium kultivasi mengalami kontaminasi logam berat Timbal (Pb) yang toksik sehingga menghambat aktivitas pembelahan sel *Nannochloropsis salina*. Musa dkk. (2013) mengungkapkan bahwa penambahan Cu^{2+} dengan konsentrasi 0,8 ppm pada media kultur *Chlorella vulgaris* dapat meningkatkan populasi, sedangkan pada konsentrasi 2,0 ppm mengakibatkan penurunan populasi. Cu^{2+} merupakan logam esensial bagi tumbuhan, namun dapat menjadi toksik pada konsentrasi tinggi (Purnomohadi, 2008 dalam Musa dkk., 2013).

5.2.3 Pengaruh Perlakuan Merkuri (Hg) terhadap Laju Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

Hasil perhitungan kepadatan sel yang diperoleh, ditentukan laju pertumbuhan spesifiknya (μ) pada setiap konsentrasi Merkuri (Hg) yang diberikan. Analisa yang digunakan untuk menghitung laju pertumbuhan spesifik (μ) mikroalga dihitung dengan rumus menurut Krichnavaruk *et al* (2004) dalam Susanti dkk. (2013), sebagai berikut:

$$\mu = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{T_t - T_0}$$

Keterangan :

- μ = tetapan laju pertumbuhan spesifik (jam⁻¹)
- N_t = kepadatan populasi sel pada saat t (sel/mL)
- N_0 = kepadatan populasi sel pada saat awal (sel/mL)
- T_0 = waktu pada saat awal (jam)
- T_t = waktu pada saat t (jam)

Menurut Wulandari (2011) dalam Musa dkk. (2013), laju pertumbuhan spesifik (μ) menggambarkan kecepatan pertambahan sel fitoplankton per satuan waktu yang dapat dipakai sebagai tolok ukur untuk mengetahui daya dukung medium atau nutrien terhadap pertumbuhan dan pembelahan sel fitoplankton. Pada penelitian ini, *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0,06 ppm mengalami laju pertumbuhan yang cenderung mengikuti laju pertumbuhan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi Merkuri (Hg) yang ditambahkan masih belum menghambat pertumbuhan sel *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

5.2.4 Analisa Kualitas Air

Hasil data kualitas air selama penelitian menunjukkan bahwa kondisi parameter kualitas air media kultur seperti salinitas, suhu, pH dan DO masih berada dalam kondisi optimal. Salinitas selama kultur berkisar antara 33-39 ppt, kenaikan salinitas selama penelitian terjadi karena pengaruh laju penguapan air. Kisaran ini termasuk dalam kisaran normal untuk pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. Menurut Fachrullah (2011), *Nannochloropsis* sp. dapat tumbuh optimum pada salinitas 25-35 ppt, sedangkan *Chlorella* sp. dapat tumbuh optimum pada salinitas 15-35 ppt (Hirata, 1981 dalam Prabowo, 2009).

Suhu selama penelitian berkisar antara 31-33°C. Suhu mempengaruhi aktivitas metabolisme organisme, selain itu suhu sangat berpengaruh terhadap kehidupan dan pertumbuhan biota air. Secara umum laju pertumbuhan meningkat sejalan dengan kenaikan suhu, namun peningkatan suhu yang ekstrim dapat menyebabkan kematian (Rizky, 2010 dalam Hermanto dkk., 2011). Suhu pada hasil pengamatan sudah memenuhi kriteria untuk *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dimana dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 25-30 °C (Fachrullah, 2011 dan Isnansetyo dan Kurniastuty, 1995). Menurut Fachrullah (2011), perubahan suhu berpengaruh terhadap proses kimia, biologi dan fisika, peningkatan suhu dapat menurunkan suatu kelarutan bahan dan dapat menyebabkan peningkatan kecepatan metabolisme dan respirasi mikroalga di perairan.

Hasil pengukuran pH selama penelitian adalah 9. Nilai pH ini sesuai untuk media hidup *Nannochloropsis* sp. Fachrullah (2011) mengungkapkan bahwa

Nannochloropsis sp. dapat tumbuh dengan baik pada kisaran pH 8-9,5 sedangkan menurut Ohama dan Miyachi (1992) dalam Dyah (2011), pH optimum untuk pertumbuhan *Chlorella* sp. adalah 6-7.

Oksigen diperlukan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. untuk respirasi. Oksigen terlarut (DO) pada perairan berasal dari hasil fotosintesis dan difusi dari udara. Fox (1987) dalam Dyah (2011) mengatakan bahwa biakan mikroalga di laboratorium perlu penyediaan oksigen terlarut (DO) yang cukup. Kadar oksigen terlarut (DO) 3-5 ppm kurang produktif, 5-7 ppm produktivitasnya tinggi dan diatas 7 ppm sangat tinggi. Kadar oksigen terlarut (DO) selama penelitian adalah 5mg/L sehingga sudah sesuai dengan kebutuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

VI KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan dalam penelitian ini, dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Pada hasil uji T kandungan logam berat media *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan konsentrasi Merkuri (Hg) sebesar 0,06 ppm pada awal dan akhir penelitian menunjukkan bahwa terdapat perbedaan yang sangat nyata terhadap kandungan logam berat Merkuri (Hg) pada awal dan akhir penelitian ($p < 0,01$). Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat Merkuri (Hg).
2. Hasil uji T terhadap persentase penurunan logam berat dalam media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dengan penambahan Merkuri (Hg) 0,06 ppm menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Demikian juga pada perhitungan rata-rata persentase hasil penurunan logam berat pada awal dan akhir penelitian menunjukkan angka hasil persentase *Nannochloropsis* sp. sama dengan *Chlorella* sp. yaitu sebesar 97%. Hal ini menunjukkan bahwa *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. memiliki kemampuan yang sama dalam menyerap logam berat Merkuri (Hg).
3. Pada hasil analisa uji T pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. menunjukkan bahwa tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0 ppm dan 0,06 ppm ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan bahwa

Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm tidak dapat menghambat pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.

6.2 Saran

Dari hasil penelitian disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang bioremediasi terhadap perairan yang tercemar logam berat menggunakan plankton *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-ayubi, M. C., H. Baroroh dan D. Candra. 2010. Studi Keseimbangan Adsorpsi Merkuri (II) pada Biomassa Daun Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Jurnal kimia. Vol. 1. No. 2. Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maliki Malang. Malang. <http://www.lib.uin-malang.ac.id>. 20 Oktober 2013. 9 hal.
- Chamid, C., N. Yulianita dan P. Renosari. 2010. Kajian Tingkat Konsentrasi Merkuri (Hg) pada Rambut Masyarakat Kota Bandung. Prosiding SNa2010 Edisi Eksata. 25 hal.
- Dyah, P. S. 2011. Produksi Biodiesel dari Mikroalga *Chlorella* sp. dengan Metode Esterifikasi In-Situ. Tesis. Program Pasca Sarjana. Universitas Diponegoro. Semarang.
- Ekawati, A. W. 2005. Diktat Kuliah Budidaya Pakan Alami. Fakultas Perikanan. Universitas Brawijaya. Malang. Hal 48.
- Ernest, P. 2012. Pengaruh Kandungan Ion Nitrat terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis* sp. Skripsi. Universitas Indonesia. Jakarta. 83 hal.
- 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. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://www.repository.ipb.ac.id>. 25 September 2013. 103 hal.
- Gunawan, H. dan C. Anwar. 2008. Kualitas Perairan dan Kandungan Merkuri (Hg) dalam Ikan pada Tambak Empang Parit di Bagian Kesatuan Pemangkuan Hutan Ciasem-Pamanukan, Kesatuan Pemangkuan Hutan Purwakarta, Kabupaten Subang, Jawa Barat. Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam. Vol. V. No. 1. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. 10 hal.
- Gunawati, W. D. 2011. Bioremoval oleh *Spirulina plantensis*. Skripsi. Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Hastuti, R. dan Gunawan. 2006. Amobilisasi Biomassa *Chlorella* sp. pada Silika Gel sebagai Adsorben Tembaga. JSKA. Vol.IX.No.2. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Diponegoro. Semarang. <http://www.ejournal.undip.ac.id>. 25 September 2013. 4 hal.

- Heriyanto, N. M. 2011. Kandungan Logam Berat pada Tumbuhan, Tanah, Air, Ikan dan Udang di Hutan Mangrove. Pusat Penelitian dan Pengembangan Konservasi dan Rehabilitasi. <http://www.forda-mof.org>. 27 September 2013. 9 hal.
- Hermanto, M. B., Sumardi, L. C. Hawa, S. M. Fiqtinovri. 2011. Perancangan Bioreaktor untuk Pembudidayaan Mikroalga. Jurnal Teknologi Pertanian, 12 (3), 153-162. Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Brawijaya. Malang. 9 hal.
- Isnansetyo, A. dan Kurniastuty. 1995. Tehnik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Kanasius. Yogyakarta. Hal 34-35.
- Kholiq, M.A. 2013. Bioremediasi Cemar Minyak dengan Teknik Biopile. Balai Teknologi Lingkungan. <http://www.balaitl.com>. 27 September 2013. 3 hal.
- Kristianingrum, S. 2007. Modifikasi Metode Analisis Spesiasi Merkuri dalam Lingkungan Perairan. Prosiding Seminar Nasional Penelitian. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. 4 hal.
- Kurniawan, J. I. dan Aunurohim. 2014. Biosorpsi Logam Zn^{2+} dan Pb^{2+} oleh Mikroalga *Chlorella* sp. Jurnal Sains dan Seni Pomits Vol. 3 No.1. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Surabaya. 6 hal.
- Mangkoediharjo, S. 2005. Seleksi Teknologi Pemulihan untuk Ekosistem Laut Tercemar Minyak. Makalah Seminar Nasional Teori dan Aplikasi Teknologi Kelautan. 24 November 2005. Surabaya. 9 hal.
- Muliono. 2004. Pengaruh Suhu dan Lama Penyinaran terhadap Kondisi Sel *Nannochloropsis* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 42 hal.
- Musa, B., I. Raya, S. Dali. 2013. Pengaruh Penambahan Ion Cu^{2+} terhadap Laju Pertumbuhan Fitoplankton *Chlorella vulgaris*. Universitas Hasanuddin. Makassar. 9 hal.
- Nisak, K. 2013. Studi Perbandingan Kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. sebagai Agen Bioremediasi terhadap Logam Berat Timbal (Pb). Skripsi. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya. 66 hal.
- Polii, B., H. Palandeng dan V. Porong. 2013. Analisis Kandungan Merkuri pada Kosmetik Pemutih Wajah yang Dijual Pedagang Kaki Lima di Pasar 45

- Kota Manado. Fakultas Kesehatan Masyarakat. Universitas Sam Ratulangi. Manado. 5 hal.
- Prabowo, D.A. 2009. Optimasi Pengembangan Media untuk Pertumbuhan *Chlorella* sp. pada Skala Laboratorium. Skripsi. Program Studi Ilmu dan Teknologi Kelautan. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Institut Pertanian Bogor. <http://www.repository.ipb.ac.id>. 29 September 2013. 108 hal.
- Priadie, B. 2012. Teknik Bioremediasi sebagai Alternatif dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air. Jurnal Ilmu Lingkungan. Vol. 10. Program Studi Ilmu Lingkungan. Program Pasca Sarjana Universitas Diponegoro.. <http://www.ejournal.undip.ac.id>. 27 September 2013. 10 hal.
- Pusat Penelitian Bioteknologi Ilmu Pengetahuan Indonesia. 2013. Mikrolaga, Agen Bioremediasi dan Bioprospeksi dalam Limbah. <http://www.biotek.lipi.go.id>. 27 September 2013.
- Putra, S.E. 2007. Alga Sebagai Bioindikator dan Biosorben Logam Berat (Bagian II: Biosorben). Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung. <http://www.chem-is-try.org>. 27 September 2013. 50 hal.
- Rachmaniah, O., R. D. Setyarini dan L. Maulida. 2010. Pemilihan Metode Ekstraksi Minyak Alga dari *Chlorella* sp. dan Prediksinya sebagai Biodiesel. Seminar Teknik Kimia Soehadi Reksowardojo 2010. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 10 hal.
- Rahmadiani, W.D.D dan Aunurohim. 2013. Bioakumulasi Logam Berat Kadmium (Cd) oleh *Chaetoceros calcitrans* pada Konsentrasi Sublethal. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. ITS. Surabaya. 5 hal.
- Redjeki, S. 2007. Pemisahan Logam Merkuri dengan Cara Elektrodialisis. Jurnal Teknik Kimia. Vol. 1 No. 2. Jurusan Teknik Kimia. Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur. Surabaya. 5 hal.
- Restiada, I., Muhdiat dan A. G. Arif. 2008. Penyediaan Bibit Plankton *Nannochloropsis oculata* untuk Skala Massal. Balai Besar Riset Perikanan Budidaya Laut. Bali.
- Rosales, M. 1982. Preparation of Various Culture Media and Stock Solutions. SEAFDEC Aquaculture Department. Report of the Training Course On Growing Food Organisms For Fish Hatcheries. Guerrero, R. D and C. T. Villegas. Natural Food Project. Tigbauan, Iloilo, Philippines. pp. 01-28.
- Safitri, M. E., R. Diantari, Suparmono dan M. Muhaemin. 2013. Kandungan Lemak Total *Nannochloropsis* sp. pada Fotoperiode yang Berbeda. E-


- Jurnal Rekayasa dan Teknologi Budidaya Perairan. Vol. I No. 2. Fakultas Pertanian. Universitas Lampung. Lampung. 8 hal.
- Satyantini, W. H., E. D. Masithah, M. A. Alamsjah, Prayogo dan S. Andriyono. 2012. Diktat Praktikum Budidaya Pakan Alami. Fakultas Perikanan dan Kelautan. Universitas Airlangga. Surabaya. Hal 49.
- Sarjono, A. 2009. Analisis Kandungan Logam Berat Cd, Pb dan Hg pada Air dan Sedimen di Perairan Kamal Muara, Jakarta Utara. Skripsi. Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. <http://www.repository.ipb.ac.id>. 15 Oktober 2013. 67 hal.
- Sembiring, Z., Buhani, Suharso dan Sumadi. 2008. Adsorpsi Isoterm Ion Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) pada Biomassa *Nannochloropsis* sp. yang dienkapsulasi Akuagel Silika. Jurnal Kimia Indonesia. Vol. 9. [http://www. i-lib.ugm.ac.id/jurnal](http://www.i-lib.ugm.ac.id/jurnal). 15 Oktober 2013. 5 hal.
- Simange, S. M., D. Simbolon dan D. Jusadi. 2013. Analisis Kandungan Merkuri (Hg) dan Sianida (Cn) pada Beberapa Jenis Ikan Hasil Tangkapan Nelayan di Teluk Kao, Halmahera Utara. 19 hal.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: Suatu Kajian Kepustakaan (*Heavy Metal Bioremoval by Microorganism: A Literature Study*). Makalah. disampaikan pada Seminar On-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21. 1-14 Februari 2001. Sinergy Forum – PPI Tokyo Institute of Technology.
- Supriharyono. 2002. Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Tropis. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. Hal 154-156.
- Susanti, T. I., M. Lutfi dan W. A. Nugroho. 2013. Pengaruh Penambahan *Plant-Growth Promoting Bacteria* (*Azospirillum* sp.) terhadap Laju Pertumbuhan Mikroalga (*Chlorella* sp.) pada Media Limbah Cair Tahu Sintetis. Jurnal Keteknikaan Pertanian Tropis dan Biosistem. Vol. 1 No. 3. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Brawijaya. Malang. 10 hal.
- Susanto, D. H. 2004. Bahaya Merkuri di Indonesia. Jurnal Meditek. Vol.12. No. 30. 9 hal.
- Wahab, A. W., Y. Hala dan Fibiyanthi. 2013. Pengaruh Medium Tercemar Logam Pb dan Cu terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis salina*. Vol. 1 No. 1. Universitas Hasanuddin. Makassar. 5 hal.

- Wardhany, S. Y. 2010. Analisa Kemampuan Mikroalga *Nannochloropsis* sp. Sebagai Bioremediator Timbal (Pb) Dengan Konsentrasi Berbeda. Skripsi. Universitas Brawijaya. Malang.
- Widhiyatna, D. 2005. Pendataan Penyebaran Merkuri Akibat Usaha Pertambangan Emas di Daerah Tasikmalaya, Propinsi Jawa Barat. Kolokium Hasil Lapangan . <http://www.psdg.bgl.esdm.go.id>. 29 November 2013. 15 hal.
- Wijaya, S. A. 2006. Pengaruh Pemberian Konsentrasi Urea yang Berbeda Terhadap Pertumbuhan *Nannochloropsis oculata*. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Wiyarsi, A. dan E. Priyambodo. 2013. Pengaruh Konsentrasi Kitosan dari Cangkang Udang terhadap Efisiensi Penyerapan Logam Berat. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Yogyakarta. Yogyakarta. 27 hal.
- Yulia, L. R., B. Marsa dan S. R. Juliastuti. 2012. Bioremediasi Air Laut Terkontaminasi Minyak Bumi dengan Menggunakan Bakteri *Pseudomonas aeruginosa*. Fakultas Teknologi Industri. Institut Teknologi Sepuluh Nopember. Surabaya. 5 hal.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data hasil pengujian kandungan Merkuri (Hg) pada media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp.


A. Hasil pengujian Merkuri (Hg) pada hari ke-0



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
Desa Lengkok Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370
E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id



KAN
Laboratorium Pengujian
IP - 227 - IDN

No : 0578 S/LKA MLG/II/2014

Kode Contoh Uji : Ext. 06 - 09 /PC/II/2014/ 06 - 09
Sample Code

Metode Pengambilan Contoh Uji : -
Sampling Method

Tempat Analisa : Laboratorium Kualitas Air PJT I Malang
Place of Analysis


Tanggal Pengujian : 03 Februari - 16 Februari 2014
Testing Date(s)

Halaman 2 dari 2
Page 2 of 2

HASIL ANALISA
Result of Analysis



No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Tertampil					
A0 b0					
1	Raksa	mg/L	0,001	QI/LKA/56 (HVG)	-
A0 b1					
1	Raksa	mg/L	0,028	QI/LKA/56 (HVG)	-
A1 b0					
1	Raksa	mg/L	tt*)	QI/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
A1 b1					
1	Raksa	mg/L	0,023	QI/LKA/56 (HVG)	-

*) Keterangan:
tt*) = Tidak terdeteksi
MDL = Methode Detection Limit




Lampiran 1. (Lanjutan)

B. Hasil pengujian Merkuri (Hg) pada hari ke-7

		LABORATORIUM KUALITAS AIR Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551975 Desa Langkang Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370 E-mail : laboratoriumjastuta1@yahoo.co.id			
		No: 0642	S/LKA MLG/II/2014	Halaman 2 dari 2 Page 2 of 2	
Kode Contoh Uji: Sample Code		Evi_124_139/PC/II/2014_149_164			
Metode Pengambilan Contoh Uji: Sampling Method		-			
Tempat Analisa: Place of Analysis		Laboratorium Kualitas Air PPT 1 Malang			
Tanggal Analisa: Testing Date(s)		-06 Februari - 20 Februari 2014			
HASIL ANALISA <i>Result of Analysis</i>					
No	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
Perampir					
A (1)					
1	Raksa	mg/L	n ^o *	Q/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
B (1)					
1	Raksa	mg/L	n ^o *	Q/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
C (1)					
1	Raksa	mg/L	n ^o *	Q/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
D (1)					
1	Raksa	mg/L	0,002	Q/LKA/56 (HVG)	
A (2)					
1	Raksa	mg/L	0,002	Q/LKA/56 (HVG)	
B (2)					
1	Raksa	mg/L	n ^o *	Q/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
C (2)					
1	Raksa	mg/L	0,006 x 10 ⁻¹	Q/LKA/56 (HVG)	
(2)					
1	Raksa	mg/L	0,001	Q/LKA/56 (HVG)	
A (3)					
1	Raksa	mg/L	n ^o *	Q/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
B (3)					
1	Raksa	mg/L	0,001	Q/LKA/56 (HVG)	
C (3)					
1	Raksa	mg/L	n ^o *	Q/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
D (3)					
1	Raksa	mg/L	0,001 x 10 ⁻¹	Q/LKA/56 (HVG)	
E (4)					
1	Raksa	mg/L	0,005 x 10 ⁻¹	Q/LKA/56 (HVG)	
B (4)					
1	Raksa	mg/L	0,004 x 10 ⁻¹	Q/LKA/56 (HVG)	
(4)					
1	Raksa	mg/L	0,001	Q/LKA/56 (HVG)	
E (4)					
1	Raksa	mg/L	0,001	Q/LKA/56 (HVG)	

Sertifikat atau laporan ini hanya berlaku pada kondisi uji di atas dan dilindungi undang-undang dan tidak dapat dipertanggungjawabkan jika sertifikat ini tanpa izin dari
Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1
Sertifikat atau laporan ini sah bila ditandatangani oleh Laboratorium Kualitas Air Perum Jasa Tirta 1


Lampiran 1. (Lanjutan)



JASA TIRTA I

LABORATORIUM KUALITAS AIR

Jl. Surabaya 2A Malang 65115, Indonesia. Telp. (0341) 551971, Fax. (0341) 551976
 Desa Lengkong Kec. Mojoanyar-Mojokerto, Indonesia Telp. (0321) 331860, Fax. (0321) 333370
 E-mail : laboratoriumjasatirta1@yahoo.co.id



KAN
 Kecamatan Air Rodhuliyah Malang
Laboratorium Pengujian
 LP - 227 - IIM

No : 0642 S/LKA MLG/II/2014

Kode Contoh Uji
Sample Code : Ext. 140 - 143 /PC/II/2014/ 165 - 168

Metode Pengambilan Contoh Uji
Sampling Method : -

Tempat Analisa
Place of Analysis : Laboratorium Kualitas Air PJTI Malang

Tanggal Analisa
Testing Date(s) : 06 Februari - 20 Februari 2014

Halaman 2 dari 2
 Page 2 of 2

HASIL ANALISA
Result of Analysis

	Parameter	Satuan	Hasil	Metode Analisa	Keterangan
A (5)					
1	Raksa	mg/L	0,005 x 10 ⁻¹	QI/LKA/56 (HVG)	-
F (5)					
1	Raksa	mg/L	0,003	QI/LKA/56 (HVG)	-
C (5)					
1	Raksa	mg/L	tt*)	QI/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹
L (5)					
1	Raksa	mg/L	tt*)	QI/LKA/56 (HVG)	MDL <0,0003 x 10 ⁻¹

Keterangan:
 *) = Tidak terdeteksi
 MDL = Metode Detection Limit

Lampiran 2. Data analisa uji T kemampuan *Nannochloropsis* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0 ppm

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre_Nannochloropsis	...	5	.00000000	.00000000
post_Nannochloropsis	...	5	.000821584	.000367423

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre_Nannochloropsis & post_Nannochloropsis	5	.	.

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre_Nannochloropsis - post_Nannochloropsis000821584	.000367423	-.000620131	.001420131	1.089	4	.338

Keterangan:

- Uji T kemampuan *Nannochloropsis* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0 ppm tidak terdapat perbedaan yang nyata
- Data significant $> 0,05$ = non significant

Lampiran 3. Data analisa uji T kemampuan *Chlorella* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0 ppm

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre_Chlorella	.000000	5	.0000000	.0000000
post_Chlorella	.000320	5	.0004604	.0002059

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre_Chlorella & post_Chlorella	5	.	.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	pre_Chlorella - post_Chlorella	-3.200E-4	.0004604	.0002059	-.0008917	.0002517	-1.554	4	.195

Keterangan:

- Uji T kemampuan *Chlorella* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0 ppm tidak terdapat perbedaan yang nyata
- Data significant > 0,05 = non significant

Lampiran 4. Data analisa uji T kemampuan *Nannochloropsis* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre_Nannochloropsis	.028000	5	.0000000	.0000000
post_Nannochloropsis	.000880	5	.0012538	.0005607

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre_Nannochloropsis & post_Nannochloropsis	5	.	.

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 pre_Nannochloropsis - post_Nannochloropsis0012538	.0005607	.0255632	.0286768	48.367	4	.000

Keterangan:

- Uji T kemampuan *Nannochloropsis* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm terdapat perbedaan yang sangat nyata
- Data significant $< 0,01$ = highly significant

Lampiran 5. Data analisa uji T kemampuan *Chlorella* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 pre_Chlorella	.023000	5	.0000000	.0000000
post_Chlorella	.000820	5	.0008136	.0003639

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 pre_Chlorella & post_Chlorella	5	.	.

Paired Samples Test

		Paired Differences				t	df	Sig. (2-tailed)	
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
					Lower				Upper
Pair 1	pre_Chlorella - post_Chlorella0008136	.0003639	.0211697	.0231903	60.956	4	.000

Keterangan:

- Uji T kemampuan *Chlorella* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm terdapat perbedaan yang sangat nyata.
- Data significant < 0,01 = highly significant

Lampiran 6. Data analisa uji T perbandingan kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm

Group Statistics			
	presentasi penurunan Hg		
	Jenis fitoplankton		
	nannochloropsis sp.	chlorella sp.	
N	5	5	
Mean	96.80	96.40	
Std. Deviation	4.658	3.507	
Std. Error Mean	2.083	1.568	

Independent Samples Test				
		presentasi penurunan Hg		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	.400		
	Sig.	.545		
t-test for Equality of Means	t	.153	.153	
	df	8	7.432	
	Sig. (2-tailed)	.882	.882	
	Mean Difference	.400	.400	
	Std. Error Difference	2.608	2.608	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-5.613	-5.694
		Upper	6.413	6.494

Keterangan:

- Uji T perbandingan kemampuan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. dalam penyerapan logam berat Merkuri (Hg) dengan konsentrasi 0,06 ppm tidak berbeda nyata
- Data significant $> 0,05$ = non significant

Perlakuan	Ulangan	Pengamatan hari ke-							
		0	1	2	3	4	5	6	7
A (<i>Nannochloropsis</i> sp. dengan perlakuan Merkuri (Hg) 0 ppm)	1	1	3	6,5	10	18	18,5	24,5	16,5
	2	1	3,5	4	4,5	20,5	34,5	29	31,5
	3	1	6	6	14	18,5	36	38	53,5
	4	1	2	4,5	1,5	5,5	5	9	5,5
	5	1	3	2,5	7	14	8	13	20,5
Rata-rata		1	3,5	4,7	7,4	15,3	20,4	22,7	25,5
B (<i>Nannochloropsis</i> sp. dengan perlakuan Merkuri (Hg) 0,06 ppm)	1	1	3,5	8,5	5,5	9	10,5	18,5	15,5
	2	1	1,5	3	2,5	11	19	19	28
	3	1	2,5	5	2,5	14,5	30	43	48,5
	4	1	5,5	6	9,5	33	43,5	60	61,5
	5	1	2,5	3,5	6,5	5,5	7,5	18,5	25,5
Rata-rata		1	3,1	5,2	5,3	14,6	22,1	31,8	35,8
C (<i>Chlorella</i> sp. dengan perlakuan Merkuri (Hg) 0 ppm)	1	1	13	39,5	64,5	88	135,5	162	184,5
	2	1	10	30	55,5	53,5	51,5	63,5	80,5
	3	1	8,5	26,5	40	73	43,5	52,5	35
	4	1	12	32	61,5	47	51	58	50
	5	1	4	8,5	36,5	77	100	110	161
Rata-rata		1	9,5	27,3	51,6	67,7	76,3	89,2	102,2
D (<i>Chlorella</i> sp. dengan perlakuan Merkuri (Hg) 0,06 ppm)	1	1	11	23	50	73	77,5	90,5	110,5
	2	1	8	32,5	50,5	59	69,5	71,5	65
	3	1	6	21	25	22,5	16	20,5	28
	4	1	36	44	57,5	88,5	68,5	55	37,5
	5	1	11,5	29,5	49,5	66,5	84,5	83,5	89
Rata-rata		1	14,5	30	46,5	61,9	63,2	64,2	66

Lampiran 7. Data kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. (10^5 sel/ml) selama penelitian

Lampiran 8. Uji T dua sampel berpasangan (konsentrasi merkuri 0 ppm dan 0,06 ppm) terhadap kepadatan *Nannochloropsis* sp.

Data hari pertama :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	3.50E5	5	150000.000	67082.039
pemberian_Hg	3.10E5	5	151657.509	67823.300

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	-.549	.337

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	4.000E4	265518.361	118743.421	-289684.590	369684.590	.337	4	.753

Data hari kedua :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	4.70E5	5	160468.065	71763.500
pemberian_Hg	5.20E5	5	219658.826	98234.414

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	.766	.131

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	-5.000E4	141421.356	63245.553	-225597.807	125597.807	-.791	4	.473

Lampiran 8. (Lanjutan)

Data hari ketiga :

T-Test

[DataSet0]

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	7.40E5	5	483993.802	216448.608
pemberian_Hg	5.30E5	5	294957.624	131909.060

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	-.615	.270

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	2.100E5	704804.938	315198.350	-665130.917	1085130.917	.666	4	.542

Data hari keempat :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	1.53E6	5	596447.818	266739.573
pemberian_Hg	1.46E6	5	1079004.171	482545.335

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	-.787	.114

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	7.000E4	1591618.673	711793.509	-1906255.605	2046255.605	.098	4	.926

Lampiran 8. (Lanjutan)

Data hari kelima :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	2.55E6	5	1820714.146	814248.119
pemberian_Hg	3.18E6	5	1896246.292	848027.122

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	-.102	.870

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	-6.300E5	2759664.835	1234159.633	-4056576.472	2796576.472	-.510	4	.637

Data hari keenam :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	2.04E6	5	1446288.353	646799.814
pemberian_Hg	3.58E6	5	1871363.140	836899.038

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	-.131	.834

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	-1.540E6	2510079.680	1122541.759	-4656675.571	1576675.571	-1.372	4	.242

Lampiran 8. (Lanjutan)

Data hari ketujuh :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	2.27E6	5	1181947.545	528583.011
pemberian_Hg	2.21E6	5	1481300.105	662457.546

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	-.102	.871

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	6.000E4	1986642.897	888453.713	-2406742.962	2526742.962	.068	4	.949

Kesimpulan :

- Sig > 0,05
- Tidak terdapat perbedaan pada kepadatan *Nannochloropsis* sp. yang diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0 ppm dan 0,06 ppm.

Lampiran 9. Uji T dua sampel berpasangan (konsentrasi merkuri 0 ppm dan 0,06 ppm) terhadap kepadatan *Chlorella* sp.

Data hari pertama :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	9.50E5	5	353553.391	158113.883
pemberian_Hg	1.45E6	5	1222701.926	546808.925

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	.366	.545

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	-5.000E5	1141818.725	510636.857	-1917755.203	917755.203	-979	4	.383

Data hari kedua :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	2.73E6	5	1153581.380	515897.277
pemberian_Hg	3.00E6	5	911729.126	407737.661

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	.009	.989

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	-2.700E5	1463984.290	654713.678	-2087776.586	1547776.586	-.412	4	.701

Lampiran 9. (Lanjutan)

Data hari ketiga :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	5.16E6	5	1267083.265	566656.863
pemberian_Hg	4.65E6	5	1245491.871	557000.898

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	.592	.293

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	5.100E5	1134900.877	507543.102	-899165.560	1919165.560	1.005	4	.372

Data hari keempat :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	6.77E6	5	1700588.134	760526.134
pemberian_Hg	6.19E6	5	2455962.133	1098339.656

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	-.269	.661

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	5.800E5	3342828.144	1494958.193	-3570669.359	4730669.359	.388	4	.718

Lampiran 9. (Lanjutan)

Data hari kelima :

T-Test**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	7.63E6	5	3999156.161	1788477.006
pemberian_Hg	6.32E6	5	2717443.652	1215277.746

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	.600	.285

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	1.310E6	3214303.968	1437480.435	-2681085.517	5301085.517	.911	4	.414

Data hari keenam :

T-Test**Paired Samples Statistics**

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	8.92E6	5	4667252.939	2087258.968
pemberian_Hg	6.42E6	5	2789175.505	1247357.206

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	.772	.126

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	2.500E6	3076727.157	1375954.214	-1320261.343	6320261.343	1.817	4	.143

Lampiran 9. (Lanjutan)

Data hari ketujuh :

T-Test

Paired Samples Statistics

	Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1 kontrol	1.02E7	5	6697443.542	2995187.807
pemberian_Hg	6.60E6	5	3451992.178	1543777.834

Paired Samples Correlations

	N	Correlation	Sig.
Pair 1 kontrol & pemberian_Hg	5	.982	.003

Paired Samples Test

	Paired Differences					t	df	Sig. (2-tailed)
	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference				
				Lower	Upper			
Pair 1 kontrol - pemberian_Hg	3.620E6	3373907.230	1508857.183	-569259.141	7809259.141	2.399	4	.074

Kesimpulan :

- Sig > 0,05
- Tidak terdapat perbedaan pada kepadatan *Chlorella* sp. yang diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0 ppm dan 0,06 ppm.

Lampiran 10. Uji T kepadatan *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. yang diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0,06 ppm

Data hari pertama :

Group Statistics

Jenis_fitoplankton	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kepadatan <i>Nannochloropsis</i> sp.	5	3.00E5	158113.883	70710.678
<i>Chlorella</i> sp.	5	1.45E6	1222701.926	546808.925

Independent Samples Test

		kepadatan		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	4.741		
	Sig.	.061		
t-test for Equality of Means	t	-2.086	-2.086	
	df	8	4.134	
	Sig. (2-tailed)	.070	.103	
	Mean Difference	-1150000.000	-1150000.000	
	Std. Error Difference	551361.950	551361.950	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-2421442.937	-2661489.815
		Upper	121442.937	361489.815

Data hari kedua :

Group Statistics

Jenis_fitoplankton	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kepadatan <i>Nannochloropsis</i> sp.	5	5.20E5	219658.826	98234.414
<i>Chlorella</i> sp.	5	3.00E6	911729.126	407737.661

Lampiran 10. (Lanjutan)

Independent Samples Test				
		kepadatan		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	4.081		
	Sig.	.078		
t-test for Equality of Means	t	-5.913	-5.913	
	df	8	4.463	
	Sig. (2-tailed)	.000	.003	
	Mean Difference	-2480000.000	-2480000.000	
	Std. Error Difference	419404.340	419404.340	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-3447148.141	-3598340.952
		Upper	-1512851.859	-1361659.048

Data hari ketiga :

Group Statistics

Jenis_fitoplankton	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kepadatan Nannochloropsis_sp	5	5.30E5	294957.624	131909.060
Chlorella_sp.	5	4.65E6	1245491.871	557000.898

Independent Samples Test				
		kepadatan		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	3.107		
	Sig.	.116		
t-test for Equality of Means	t	-7.198	-7.198	
	df	8	4.447	
	Sig. (2-tailed)	.000	.001	
	Mean Difference	-4120000.000	-4120000.000	
	Std. Error Difference	572407.198	572407.198	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-5439973.365	-5648164.150
		Upper	-2800026.635	-2591835.850

Lmapiran 10. (Lanjutan)

Data hari keempat :

Group Statistics

Jenis_fitoplankton	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kepadatan Nannochloropsis_sp	5	1.46E6	1079004.171	482545.335
Chlorella_sp.	5	6.19E6	2455962.133	1098339.656

Independent Samples Test

		kepadatan	
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed
Levene's Test for Equality of Variances	F	1.554	
	Sig.	.248	
t-test for Equality of Means	t	-3.943	-3.943
	df	8	5.489
	Sig. (2-tailed)	.004	.009
	Mean Difference	-4730000.000	-4730000.000
	Std. Error Difference	1199666.620	1199666.620
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-7496436.187
		Upper	-1726943.350

Data hari kelima :

Group Statistics

Jenis_fitoplankton	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kepadatan Nannochloropsis_sp	5	2.21E6	1481300.105	662457.546
Chlorella_sp.	5	6.32E6	2717443.652	1215277.746

Lampiran 10. (Lanjutan)

Independent Samples Test				
		kepadatan		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	.753		
	Sig.	.411		
t-test for Equality of Means	t	-2.969	-2.969	
	df	8	6.184	
	Sig. (2-tailed)	.018	.024	
	Mean Difference	-4110000.000	-4110000.000	
	Std. Error Difference	1384106.210	1384106.210	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-7301754.643	-7472472.059
		Upper	-918245.357	-747527.941

Data hari keenam :

Group Statistics

Jenis_fitoplankton		N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kepadatan	Nannochloropsis_sp	5	3.18E6	1896246.292	848027.122
	Chlorella_sp.	5	6.42E6	2789175.505	1247357.206

Independent Samples Test				
		kepadatan		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	.545		
	Sig.	.481		
t-test for Equality of Means	t	-2.148	-2.148	
	df	8	7.047	
	Sig. (2-tailed)	.064	.069	
	Mean Difference	-3240000.000	-3240000.000	
	Std. Error Difference	1508326.888	1508326.888	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-6718208.040	-6801833.587
		Upper	238208.040	321833.587

Lampiran 10. (Lanjutan)

Data hari ketujuh :

Group Statistics

Jenis_fitoplankton	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
kepadatan <i>Nannochloropsis_sp</i>	5	3.58E6	1871363.140	836899.038
<i>Chlorella_sp.</i>	5	6.60E6	3451992.178	1543777.834

Independent Samples Test				
		kepadatan		
		Equal variances assumed	Equal variances not assumed	
Levene's Test for Equality of Variances	F	2.018		
	Sig.	.193		
t-test for Equality of Means	t	-1.720	-1.720	
	df	8	6.164	
	Sig. (2-tailed)	.124	.135	
	Mean Difference	-3020000.000	-3020000.000	
	Std. Error Difference	1756032.460	1756032.460	
	95% Confidence Interval of the Difference	Lower	-7069418.114	-7289269.926
		Upper	1029418.114	1249269.926

Kesimpulan :

- Sig > 0,05
- Tidak terdapat perbedaan pada kepadatan *Nannochloropsis sp.* dan *Chlorella sp.* yang diberi perlakuan Merkuri (Hg) 0,06 ppm.

Lampiran 11. Kualitas air media kultur *Nannochloropsis* sp. dan *Chlorella* sp. selama penelitian

Tabel 1. Salinitas media kultur (ppt)

Hari ke-	Perlakuan							
	A		B		C		D	
	pagi	sore	pagi	sore	pagi	sore	pagi	sore
1	33	33	33	33	33	34	33	34
2	34	35	34	35	34	34	34	35
3	35	35	34	35	34	35	34	35
4	35	36	35	36	35	36	35	35
5	36	36	35	36	36	36	36	37
6	37	37	37	37	37	37	37	37
7	37	38	38	39	38	38	38	39

Tabel 2. Suhu media kultur ($^{\circ}\text{C}$)

Hari ke-	Perlakuan							
	A		B		C		D	
	pagi	sore	pagi	sore	pagi	sore	pagi	sore
1	31	31	31	31	31	31	31	31
2	31	32	31	32	31	31	31	32
3	31	32	31	32	31	31	31	32
4	32	32	32	32	31	31	31	32
5	32	32	32	33	31	31	32	32
6	32	32	32	33	31	32	32	32
7	32	32	32	33	32	32	32	33

Lampiran 11. (Lanjutan)

Tabel 3. pH media kultur

Hari ke-	Perlakuan			
	A	B	C	D
1	9	9	9	9
2	9	9	9	9
3	9	9	9	9
4	9	9	9	9
5	9	9	9	9
6	9	9	9	9
7	9	9	9	9

Tabel 4. DO media kultur (mg/L)

Hari ke-	Perlakuan			
	A	B	C	D
1	5	5	5	5
2	5	5	5	5
3	5	5	5	5
4	5	5	5	5
5	5	5	5	5
6	5	5	5	5
7	5	5	5	5