

**PEMANFAATAN *Porphyridium cruentum* SEBAGAI FIKOREMEDIATOR  
LOGAM BERAT MERKURI (Hg)**

**SKRIPSI**

Oleh :

**ILYASA FAJRIN  
NIM. 155080107111001**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

**PEMANFAATAN *Porphyridium cruentum* SEBAGAI FIKOREMEDIATOR  
LOGAM BERAT MERKURI (Hg)**

**SKRIPSI**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Meraih Gelar Sarjana  
Perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan  
Universitas Brawijaya**

Oleh :

**ILYASA FAJRIN  
NIM. 155080107111001**



**PROGRAM STUDI MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
JURUSAN MANAJEMEN SUMBERDAYA PERAIRAN  
FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN  
UNIVERSITAS BRAWIJAYA  
MALANG  
2019**

**SKRIPSI**

**PEMANFAATAN *Porphyridium cruentum* SEBAGAI FIKOREMEDIATOR  
LOGAM BERAT MERKURI (Hg)**

Oleh:

**ILYASA FAJRIN**  
NIM. 155080107111001

**Menyetujui,  
Dosen Pembimbing 1**



**Dr. Yuni Kilawati, S.Pi. M.Si**  
NIP. 19730702 2005 012001  
Tanggal : 28 NOV 2019

**Dosen Pembimbing 2**



**Sulastris Arsad, S.Pi. M.Si. M.Sc**  
NIK. 201304870707 2 001  
Tanggal : 28 NOV 2019



**Dr. Ir. M. Pirdaus, MP**  
NIP. 19680919 200501 1 001  
Tanggal : 28 NOV 2019



## IDENTITAS TIM PENGUJI

Judul : **PEMANFAATAN *Porphyridium cruentum* SEBAGAI FIKOREMEDIATOR LOGAM BERAT MERKURI (Hg)**

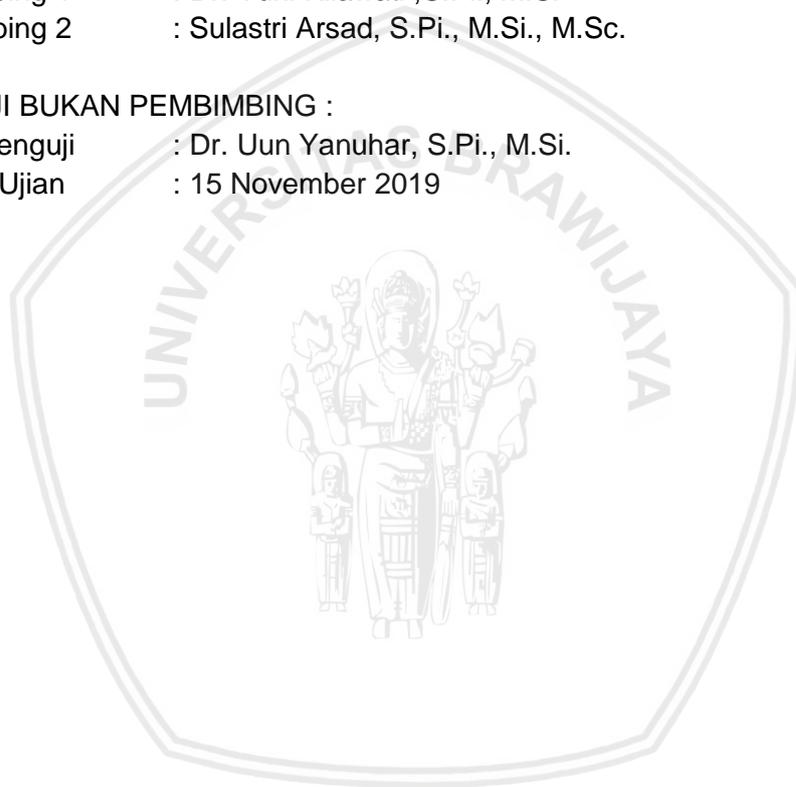
Nama Mahasiswa : Ilyasa Fajrin  
NIM : 155080107111001  
Program Studi : Manajemen Sumberdaya Perairan

### PENGUJI PEMBIMBING :

Pembimbing 1 : Dr. Yuni Kilawati ,S.Pi., M.Si  
Pembimbing 2 : Sulastri Arsad, S.Pi., M.Si., M.Sc.

### PENGUJI BUKAN PEMBIMBING :

Dosen Penguji : Dr. Uun Yanuhar, S.Pi., M.Si.  
Tanggal Ujian : 15 November 2019

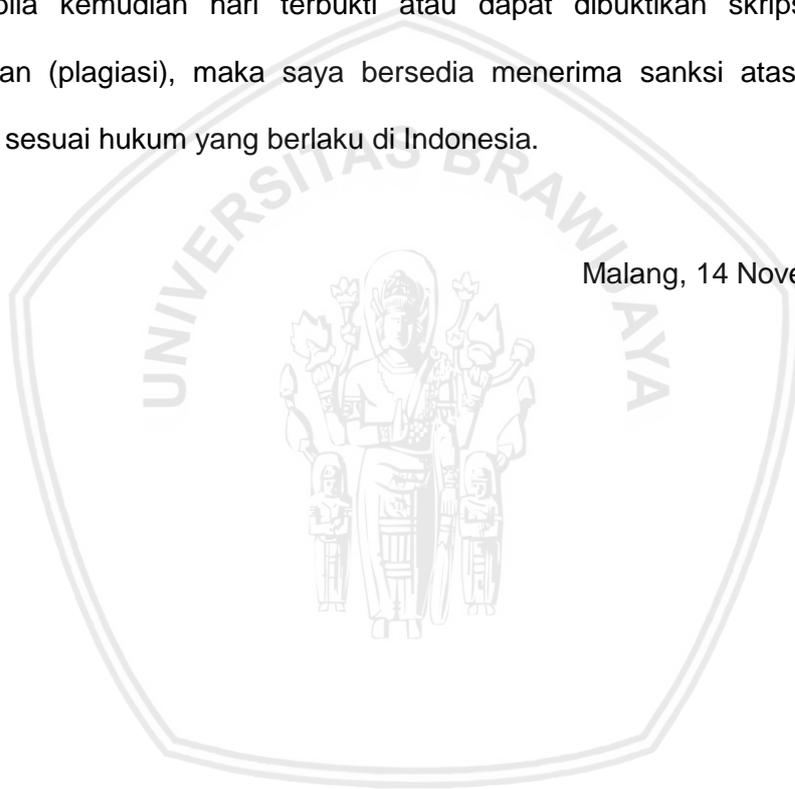


## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam skripsi yang saya tulis ini benar benar merupakan hasil karya saya sendiri, dan sepanjang pengetahuan saya juga tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain kecuali yang tertulis dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka.

Apabila kemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut, sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.

Malang, 14 November 2019



## UCAPAN TERIMAKASIH

Disampaikan Terima Kasih Kepada :

Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat  
Universitas Brawijaya

Yang Telah Membiayai :

Hibah Peneliti Pemula (HPP)  
Melalui Dana Penerimaan Negara Bukan Pajak (PNBP) Universitas Brawijaya  
Sesuai dengan Daftar Isian Pelaksanaan Anggaran (DIPA) Universitas Brawijaya  
Nomor DIPA-042.01.2.400919/2019

Dengan Judul :

“Pemanfaatan *Porphyridium cruentum* Sebagai Fikoremediator Logam Berat  
Merkuri (Hg)”

Sebagai Ketua Peneliti **Sulastri Arsad, S.Pi., M.Si., M.Sc**

Anggota Tim Penelitian Sebagai Berikut:

1. Ilyasa Fajrin
2. Robroy Freebela Hartiono
3. Siti Nur Kholifah
4. Estuningdyah Prabawati

Ketua Peneliti,

**Sulastri Arsad, S.Pi., M.Si., M.Sc**  
NIK. 20130487 0707 2 001

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada semua pihak yang telah berperan serta dalam membantu pelaksanaan sampai penulisan laporan skripsi ini dapat terselesaikan. Terimakasih penulis sampaikan kepada :

1. Allah SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya sehingga penulis diberikan kelancaran dalam pelaksanaan penelitian Skripsi.
2. Kedua orang tua saya, adik kandung saya serta seluruh keluarga besar yang selalu memberikan doa, restu, motivasi dan semangat yang tiada henti.
3. Dr. Yuni Kilawati ,S.Pi., M.Si dan Sulastris Arsad, S.Pi., M.Si., M.Sc. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah bersedia membimbing dan memberikan motivasi serta masukan dalam penyusunan laporan Skripsi ini.

Malang, 14 November 2019

Ilyasa Fajrin

## RINGKASAN

**ILYASA FAJRIN.** PEMANFAATAN *PORPHYRIDIDIUM CRUENTUM* SEBAGAI FIKOREMEDIATOR LOGAM BERAT MERKURI (Hg). (Dibawah bimbingan Dr. Yuni Kilawati ,S.Pi., M.Si dan Sulastri Arsad, S.Pi., M.Si., M.Sc.).

Secara umum, *Porphyridium cruentum* efektif dalam menurunkan kadar logam berat. Penggunaan mikroalga dalam bioremediasi lebih dikenal dengan sebutan fikoremediasi. Keuntungan pemanfaatan mikrolaga sebagai agen biologis yaitu biaya yang relatif murah dalam proses kulturnya karena hanya memerlukan sinar matahari, karbondioksida dan nutrisi berupa garam mineral. Tujuan pada penelitian ini adalah untuk mengetahui persentase penurunan konsentrasi logam berat Hg dalam kultur *Porphyridium cruentum* serta waktu yang efisien pada proses penyerapan logam berat merkuri (Hg). Penelitian dilaksanakan pada April - Mei 2019, bertempat di Laboratorium Budidaya Ikan Divisi Reproduksi Ikan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya. Pengujian kandungan merkuri (Hg) di dalam media kultur dilakukan di Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang. Penelitian dilakukan selama 8 hari dengan menggunakan metode rancangan acak lengkap. Perlakuan pada penelitian ini menggunakan 3 perlakuan konsentrasi yaitu 1 ppm, 3 ppm dan 5 ppm serta pada masing-masing perlakuan dilakukan 3 kali pengulangan. Selain itu, penelitian ini juga mengukur kualitas air diantaranya yaitu DO, pH, suhu, salinitas dan intensitas cahaya. Kepadatan *Porphyridium cruentum* yang digunakan sebanyak 100.000 sel/ml. Pada penelitian ini mikroalga diinokulasi terlebih dahulu selama 4 hari. Selanjutnya mikroalga dikultur pada media dengan salinitas 33 ppt yang diberi aerasi serta lampu TL dengan intensitas cahaya 3200 lux dan fotoperiode dengan perbandingan 12 jam terang dan 12 jam gelap. Sebelumnya alat dan bahan yang digunakan pada penelitian dilakukan sterilisasi terlebih dahulu dengan menggunakan kaporit. Logam berat yang digunakan pada penelitian adalah logam berat merkuri (Hg) yang diambil dari senyawa HgCl<sub>2</sub>. Metode yang digunakan untuk mengukur kandungan logam berat pada media kultur yaitu menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Selanjutnya untuk analisis data hasil penelitian digunakan metode uji *Analysis of Variance* (ANOVA), yang kemudian dilanjutkan dengan menggunakan uji lanjutan Beda Nyata Terkecil (BNT). Hasil yang diperoleh dari penelitian ini yaitu pada pemaparan logam berat sebesar 1 ppm dapat diserap sebesar 3,62% oleh *Porphyridium cruentum*, selanjutnya pemaparan logam berat sebesar 3 ppm dapat diserap oleh *Porphyridium cruentum* sebesar 0,75% dan pada pemaparan logam berat sebesar 5 ppm dapat diserap oleh *Porphyridium cruentum* sebesar 0,37%. Waktu efisiensi penyerapan terbaik terhadap logam berat merkuri dengan menggunakan mikroalga *Porphyridium cruentum* yaitu pada rentang 0 sampai 8 hari. Berdasarkan hasil penelitian diatas, disarankan pada penelitian selanjutnya agar melakukan pengukuran logam berat pada biomassa mikroalga.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“Pemanfaatan *Porphyridium cruentum* sebagai Fikoremediator Logam Berat Merkuri (Hg)”** sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar sarjana perikanan di Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Brawijaya.

Penyusunan laporan skripsi ini tentu tak lepas dari dukungan banyak pihak sehingga laporan skripsi dapat terselesaikan. Penulis menyadari bahwa laporan skripsi ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu, penulis sangat membutuhkan masukan berupa kritik dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan dalam penyusunan laporan selanjutnya sehingga tujuan yang diharapkan dapat tercapai.

Malang, 14 November 2019

Penulis

DAFTAR ISI

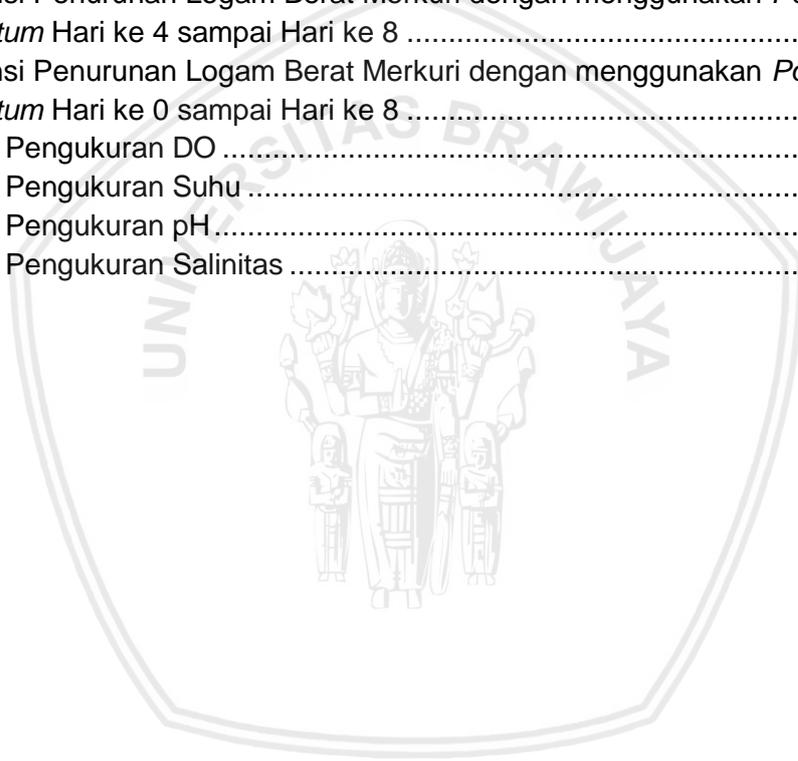
<b>PERNYATAAN ORISINALITAS.....</b>	<b>v</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH.....</b>	<b>vii</b>
<b>RINGKASAN.....</b>	<b>viii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>x</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>xiv</b>
<b>1. PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Hipotesis.....	4
1.5 Kegunaan.....	5
1.6 Waktu dan Tempat .....	5
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>6</b>
2.1 <i>Porphyridium cruentum</i> .....	6
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi .....	6
2.1.2 Habitat <i>Porphyridium cruentum</i> .....	9
2.1.3 Fase Kehidupan.....	10
2.1.4 Manfaat <i>Porphyridium cruentum</i> .....	12
2.2 Logam Berat Merkuri (Hg) .....	13
2.2.1 Karakteristik .....	13
2.2.2 Sumber Logam Berat Merkuri (Hg) .....	14
2.2.3 Dampak Toksisitas Logam Berat Merkuri (Hg).....	15
2.3 Fikoremediasi .....	16
2.4 Faktor yang Memengaruhi Kehidupan <i>Porphyridium cruentum</i> dan Toksisitas Logam Berat .....	17
2.4.1 DO (Dissolved Oxygen) .....	17
2.4.2 Suhu .....	18
2.4.3 pH (Derajat Keasaman) .....	19
2.4.4 Salinitas.....	20
2.4.5 Intensitas Cahaya .....	20
2.5 Mekanisme penyerapan logam berat oleh mikroalga.....	21
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>24</b>
3.1 Materi Penelitian.....	24
3.2 Alat dan Bahan Penelitian .....	24
3.3 Metode Penelitian.....	24
3.3.1 Data Primer .....	25
3.3.2 Data Sekunder.....	25
3.4 Rancangan Penelitian.....	25
3.5 Tahapan Penelitian.....	26
3.5.1 Pemasangan Lampu.....	26
3.5.2 Sterilisasi Alat dan Bahan .....	27



3.5.3	Persiapan Inokulum .....	27
3.5.4	Penentuan Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg) .....	28
3.5.5	Pengukuran <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i> (AAS) .....	29
3.6	Pengukuran Kualitas Air .....	29
3.6.1	DO ( <i>Dissolved Oxygen</i> ) .....	29
3.6.2	Suhu .....	30
3.6.3	pH (Derajat Keasaman) .....	30
3.6.4	Salinitas .....	30
3.6.5	Intensitas Cahaya .....	31
3.7	Analisis Data .....	31
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1	Pengukuran Logam Berat Merkuri (Hg) .....	32
4.1.1	Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan <i>Porphyridium cruentum</i> pada Hari ke 0 sampai Hari ke 4 .....	32
4.1.2	Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan <i>Porphyridium cruentum</i> pada Hari ke 4 sampai Hari ke 8 .....	33
4.1.3	Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan <i>Porphyridium cruentum</i> pada Hari ke 0 sampai Hari ke 8 .....	34
4.1.4	Analisis Data Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri .....	35
4.1.5	Analisis Waktu Efisiensi Penyerapan Terbaik pada Logam Berat Merkuri .....	36
4.2	Parameter Kualitas Air .....	37
4.2.1	DO ( <i>Dissolved Oxigen</i> ) .....	37
4.2.2	Suhu .....	39
4.2.3	pH (Derajat Keasaman) .....	40
4.2.4	Salinitas .....	41
4.2.5	Intensitas Cahaya .....	42
<b>5.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>44</b>
5.1	Kesimpulan .....	44
5.2	Saran .....	44
	<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>45</b>
	<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>49</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Porphyridium cruentum</i> .....	6
2. Struktur Sel <i>Porphyridium cruentum</i> .....	7
3. Grafik Pertumbuhan <i>Porphyridium cruentum</i> .....	10
4. Mekanisme adsorpsi logam berat .....	23
5. Rancangan Penelitian.....	26
6. Kultur <i>Porphyridium cruentum</i> .....	28
7. Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan <i>Porphyridium cruentum</i> Hari ke 0 sampai Hari ke 4 .....	32
8. Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan <i>Porphyridium cruentum</i> Hari ke 4 sampai Hari ke 8 .....	33
9. Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan <i>Porphyridium cruentum</i> Hari ke 0 sampai Hari ke 8 .....	34
10. Hasil Pengukuran DO .....	38
11. Hasil Pengukuran Suhu .....	39
12. Hasil Pengukuran pH.....	40
13. Hasil Pengukuran Salinitas .....	41



**DAFTAR TABEL**

Tabel	Halaman
1. Penelitian Terdahulu Terkait dengan Logam Berat dan Mikroalga <i>Porphyridium cruentum</i> .....	8
2. Tabel ANOVA untuk Analisis Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri .....	35
3. Tabel Uji BNT untuk Analisis Efisiensi Penurunan Logam Berat .....	35
4. Tabel ANOVA untuk Analisis Efisiensi Waktu Penyerapan Logam Berat Merkuri.....	36
5. Tabel Uji BNT untuk Analisis Efisiensi Waktu Penyerapan Logam Berat .....	37



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Pengenceran dan perhitungan stok logam berat merkuri (Hg) .....	49
2. Alat dan Bahan .....	50
3. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Berat .....	51
4. Penghitungan Rancangan Acak Lengkap Penyerapan Logam .....	52
5. Penghitungan Uji Beda Nyata Terkecil.....	53
6. Penghitungan Rancangan Acak Lengkap Efisiensi Waktu .....	54
7. Penghitungan Uji Beda Nyata Terkecil Efisiensi Waktu.....	55
8. Data Hasil Pengukuran DO ( <i>Dissolved Oxygen</i> ) .....	56
9. Data Hasil Pengukuran Suhu.....	57
10. Data Hasil Pengukuran pH.....	58
11. Data Hasil Pengukuran Salinitas.....	59
12. Dokumentasi Penelitian .....	60



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jumlah penduduk Indonesia pada tahun 2017 berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (2018) yaitu lebih dari 261 juta penduduk. Jumlah tersebut akan terus meningkat dari tahun ke tahun. Badan Pusat Statistik (2013) memproyeksikan pertumbuhan penduduk pada tahun 2035 akan meningkat menjadi sebesar 305 juta penduduk. Pesatnya pertumbuhan penduduk yang terjadi dan tidak terkendali akan menyebabkan lingkungan sulit untuk menampung penduduk yang begitu banyak, sehingga hal tersebut menimbulkan masalah kesehatan karena lingkungan yang tercemar. Pencemaran lingkungan yang terjadi salah satunya adalah masalah pencemaran lingkungan perairan. Selain itu peningkatan jumlah penduduk yang terjadi membuat kebutuhan akan industri juga ikut meningkat. Pertumbuhan industri yang tidak terkendali dan tidak memerhatikan aspek lingkungan akan menyebabkan pencemaran pada lingkungan. Pencemaran yang timbul terjadi dikarenakan jumlah penduduk yang banyak sehingga membuat produksi limbah rumah tangga juga meningkat. Perkembangan IPTEK juga turut menimbulkan perluasan kawasan industri yang banyak menghasilkan limbah, namun hal tersebut akan memperparah kondisi lingkungan apabila limbah yang dibuang tidak melalui pengelolaan yang baik.

Limbah yang dapat mencemari lingkungan dapat berupa limbah padat, limbah cair atau limbah berupa gas. Diantara limbah-limbah tersebut terdapat limbah yang dapat dikategorikan sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (limbah B3). Menurut Nindyapuspa dan Ni'am (2017) limbah B3 merupakan hasil sisa dari sebuah kegiatan yang memiliki sifat, konsentrasi atau jumlahnya dapat merusak lingkungan serta membahayakan manusia dan makhluk hidup lainnya. Limbah B3 selalu menjadi permasalahan yang serius pada setiap industri. Salah

satu limbah yang dikategorikan sebagai limbah B3 adalah limbah logam berat. Konsentrasi logam berat di perairan yang melebihi ambang batas terjadi dikarenakan adanya industri yang belum dilengkapi dengan proses pengolahan limbah yang baik. Logam berat dapat menyebar melalui udara, tanah serta perairan. Suatu perairan dapat dikatakan terjadi pencemaran oleh logam berat jika kandungan logam berat yang ada pada badan air telah melebihi nilai baku mutu yang telah ditetapkan. Jenis-jenis logam berat yang sering dijumpai pada perairan yang tercemar yaitu merkuri (Hg), timbal (Pb), kadmium (Cd), arsen (As), selenium (Se), kobalt (Co), nikel (Ni), tembaga (Cu), kromium (Cr), seng (Zn).

Menurut Wulandari *et al.* (2009), efek racun yang ditimbulkan oleh satu jenis logam berat terhadap semua biota tidak sama, namun tetap akan menyebabkan terputusnya mata rantai kehidupan. Pada tahap selanjutnya, keadaan tersebut dapat menghancurkan tatanan ekosistem pada suatu perairan. Salah satu contoh logam berat yang berbahaya yaitu logam berat merkuri yang merupakan salah satu logam berat non esensial yang bersifat sangat beracun. Akumulasi logam berat merkuri dalam tubuh organisme termasuk juga manusia dapat menimbulkan keracunan, gangguan kesehatan bahkan kematian. Wulandari *et al.* (2015), menjelaskan bahwa logam berat Hg merupakan logam berat yang memiliki efek toksisitas yang paling tinggi. Industri pengecoran logam dan beberapa industri lainnya memanfaatkan logam berat Hg sebagai bahan bakunya, namun limbah yang dihasilkan merupakan sumber pencemaran bagi lingkungan. Keracunan logam berat Hg yang akut dapat menyebabkan terjadinya kerusakan pada saluran pencernaan, gangguan pada kardiovaskuler serta kegagalan ginjal yang akut. Selain itu, Nirmala *et al.*, (2012) menyebutkan efek yang ditimbulkan oleh ikan terhadap pencemaran merkuri diantaranya adalah perilaku ikan menjadi hiper-aktif, terjadi iritasi pada kulit, terganggunya respirasi

pada ikan, terjadi kehilangan pada keseimbangan, warna tubuh pada ikan akan menghitam, berputar-putar, berenang mundur, akumulasi mucus yang berlebihan dan berakhir pada kematian.

Efek toksik yang ditimbulkan oleh pencemaran logam berat sangat berbahaya, oleh karena itu diperlukan pemulihan kembali lingkungan yang telah tercemar. Salah satu caranya yaitu dengan bioremediasi yang merupakan upaya mendegradasi zat pencemar dari lingkungan dengan menggunakan agen biologis. Mikroalga adalah salah satu agen biologis yang dapat digunakan dalam proses bioremediasi. Penggunaan mikroalga dalam bioremediasi lebih dikenal dengan sebutan fikoremediasi. Keuntungan pemanfaatan mikrolaga sebagai agen biologis yaitu biaya yang relatif murah dalam proses kulturnya karena hanya memerlukan sinar matahari, karbondioksida dan nutrisi berupa garam mineral (Afandi *et al.*, 2014).

Mikroalga yang dapat dimanfaatkan sebagai fikoremediator logam berat yaitu *Porphyridium cruentum*. *Porphyridium cruentum* merupakan salah satu mikroalga merah yang memiliki sel tunggal, tidak memiliki komponen selulosa mikrofibril, tetapi pada dinding sel dibungkus dengan polisakarida sulfat yang membentuk gel. Pada penelitian Soeprbowati dan Hariyati (2013) secara umum, *Porphyridium cruentum* mampu mengurangi konsentrasi logam berat Cu pada konsentrasi 1 mg/l sebesar 92%. Pada konsentrasi 0,5 mg/l *Porphyridium cruentum* dapat mengurangi logam berat Cu sebesar 96%. Sedangkan pada konsentrasi 3 dan 5 mg/l mampu menurunkan pertumbuhan populasi dari *Porphyridium cruentum*. Selain itu *Porphyridium cruentum* mampu menurunkan konsentrasi logam berat Pb, Cd dan Cr. Oleh karena itu, berdasarkan pada uraian tersebut penelitian ini dilakukan sebagai upaya untuk mengurangi pencemaran lingkungan akibat dari Limbah B3 yaitu logam berat merkuri (Hg) dengan menggunakan metode fikoremediasi yang menggunakan agen biologis

mikroalga merah yaitu yaitu *Porphyridium cruentum*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui presentase penurunan konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dalam kultur *Porphyridium cruentum* dan pengaruh logam berat merkuri (Hg) terhadap pertumbuhan *Porphyridium cruentum*.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka didapatkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapa persentase efisiensi penurunan kadar logam berat merkuri (Hg) yang dapat diserap *Porphyridium cruentum* selama proses pemaparan berlangsung?
2. Berapa waktu yang efisien untuk proses penyerapan logam berat merkuri (Hg)?

## 1.3 Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah tersebut, maka tujuan penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Menganalisis efisiensi penurunan kadar logam berat merkuri (Hg) yang dapat diserap oleh *Porphyridium cruentum* selama proses pemaparan berlangsung.
2. Menganalisis waktu yang efisien pada proses penyerapan logam berat merkuri (Hg).

## 1.4 Hipotesis

Penelitian ini melakukan dua pengamatan, hipotesis pengamatan pertama yaitu sebagai berikut:

Ho : *Porphyridium cruentum* tidak mempengaruhi perubahan konsentrasi logam berat merkuri (Hg).

H1 : *Porphyridium cruentum* mempengaruhi perubahan konsentrasi logam berat merkuri (Hg).

Hipotesis pada pengamatan kedua yaitu sebagai berikut:

Ho : Waktu tidak mempengaruhi penyerapan konsentrasi logam berat merkuri (Hg).

H1 : *Porphyridium cruentum* mempengaruhi perubahan konsentrasi logam berat merkuri (Hg).

### 1.5 Kegunaan

Kegunaan dari penelitian ini yaitu dapat digunakan untuk melihat konsentrasi dan waktu yang paling efisien pada penyerapan logam berat merkuri dengan menggunakan mikroalga *Porphyridium cruentum*.

### 1.6 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April - Mei 2019. Penelitian dilakukan di Laboratorium Hidrobiologi Divisi Biota Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Analisis pengukuran logam berat merkuri dilakukan di Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang.

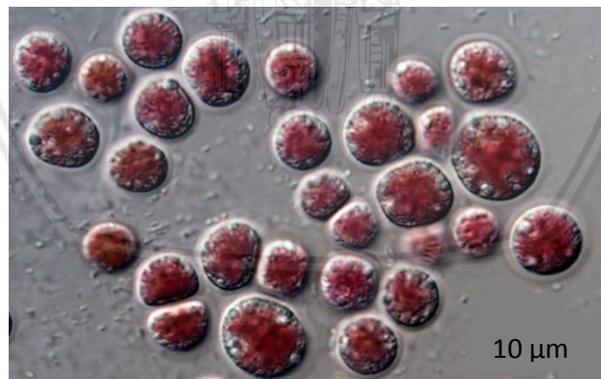
## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 *Porphyridium cruentum*

#### 2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi

Berdasarkan Algae base (2019), klasifikasi *Porphyridium cruentum* adalah sebagai berikut.

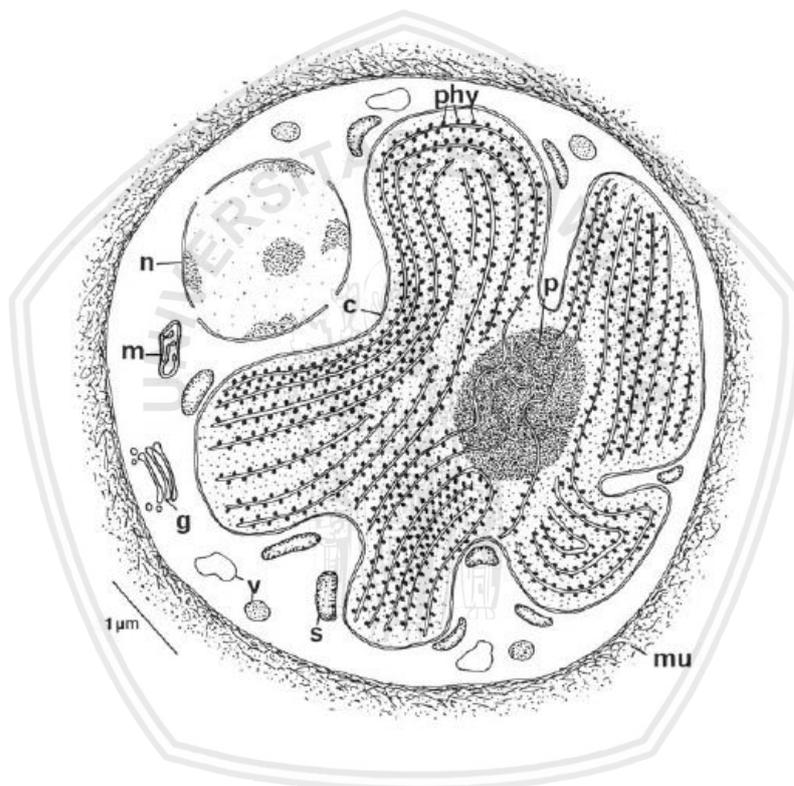
Kingdom : Plantae  
Sub kingdom : Biliphyta  
Filum : Rhodophyta  
Sub filum : Proteorhodophytina  
Kelas : Porphyridiophyceae  
Ordo : Porphyridiales  
Famili : Porphyridiaceae  
Genus : *Porphyridium*  
Spesies : *Porphyridium cruentum*



**Gambar 1.** *Porphyridium cruentum* (Algaebase, 2019)

Zaib *et al.* (2016), Mulyadi (2007), menyatakan bahwa *Porphyridium cruentum* adalah mikroalga yang memiliki sel tunggal berukuran lebih kecil dari 10 μm. Hidup dengan cara soliter namun terkadang juga membentuk sebuah koloni kecil yang tidak beraturan. Beberapa terkadang bersifat amuboid (tak beraturan) serta beberapa memiliki ukuran lebih besar dalam satu populasi.

Mikroalga ini tidak memiliki dinding sel, namun dilindungi oleh sejenis kapsul pembungkus berupa lendir yang disusun oleh senyawa polisakarida sulfat yang larut dalam air. Setiap *Porphyridium cruentum* memiliki satu kloroplast yang berbentuk bintang dengan satu pyrenoida irreguler, namun pada *Porphyridium cruentum* muda memiliki kloroplast tipe fokal. *Porphyridium cruentum* memiliki inti sel lateral dan di dalam sitoplasma terdapat mitokondria, retikulum endoplasma, badan golgi, butir-butir amilum, butir lemak dan sejumlah vakuola sperik.



**Gambar 2.** Struktur Sel *Porphyridium cruentum* (Lee, 2008)

Struktur sel *Porphyridium cruentum* menurut Lee (2008), seperti pada **Gambar 2** yaitu c adalah kloroplas, g adalah golgi, m adalah mitokondria, mu adalah mucilage, n adalah nukleus, p adalah pyrenoid, phy adalah phycobilisomes, s adalah starch dan v adalah vesicle. *Porphyridium cruentum* memiliki diameter sekitar 4-9 μm. *Porphyridium cruentum* memiliki struktur sel yang terdiri dari nukleus, tubuh golgi, mitokondria, kloroplas, pati, lendir, dan vesikel. *Porphyridium cruentum* memiliki kandungan pigmen merah phycoerythrin

yang merupakan pigmen tambahan. Phycoerythrin mendominasi warna hijau dari klorofil, sehingga *Porphyridium cruentum* berwarna merah. Pigmen yang terkandung dipengaruhi oleh kedalaman habitat, semakin dalam habitat, phycoerythrin akan menjadi lebih dominan dan begitupun sebaliknya. *Porphyridium cruentum* mengandung klorofil a dan tidak memiliki klorofil b, namun memiliki klorofil d. Pigmen merah *Porphyridium cruentum* mampu menutupi warna pigmen fotosintesis lainnya, sehingga pigmen merah ini menjadi pigmen utama yang berperan dalam penerimaan cahaya pada saat proses fotosintesis (Mutmainah *et. al*, 2018). Terdapat beberapa referensi artikel terdahulu mengenai kemampuan *Porphyridium cruentum* dalam mereduksi logam berat, dapat dilihat pada **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Penelitian Terdahulu Terkait dengan Logam Berat dan Mikroalga *Porphyridium cruentum*

No.	Nama/Tahun/Judul Penelitian	Output
1	Soeprobowati, T. R. dan R. Hariyati. 2013. Bioaccumulation of Pb, Cd, Cu, and Cr by <i>Porphyridium cruentum</i> (S.F. Gray) Nägeli. <i>International Journal of Marine Science</i> . <b>3</b> (27): 212-218.	Kemampuan <i>Porphyridium cruentum</i> untuk mengurangi kadar logam berat Cu pada konsentrasi 1 mg/l sebesar 92%, 0,5 mg/l sebesar 96% serta pada 3 dan 5 mg/l mampu menurunkan pertumbuhan populasi. Selain itu <i>Porphyridium cruentum</i> mampu menurunkan kadar logam berat Pb, Cd dan Cr.
2	Pranajaya, R. H., A. Djunaedi dan B. Yulianto. 2014. Pengaruh Tembaga Terhadap Kandungan Pigmen dan Pertumbuhan Mikroalga Merah <i>Porphyridium cruentum</i> . <i>ILMU KELAUTAN</i> . <b>19</b> (2): 97–104.	Kadar 1 ppm Cu dapat diserap oleh <i>P. cruentum</i> sebesar 13,1% dan kadar 4 ppm dapat diserap oleh <i>P. cruentum</i> sebesar 2,57%. Semakin rendah kadar yang diberikan maka semakin mudah diserap oleh mikroalga.
3	Kabaivanova, L., G. Chernev, J. Ivanova. 2015. Construction of Inorganic and Hybrid Biosorbents for Heavy Metal Ions Removal. <i>INT. J. BIOAUTOMATION</i> . <b>19</b> (4): 473-482.	<i>Porphyridium cruentum</i> berpotensi sebagai biosorben logam berat yang sangat baik karena mengandung jumlah polisakarida terbesar dengan kemampuan mengikat logam.

No.	Nama/Tahun/Judul Penelitian	Output
4	Prasetyo, H., I. Setyaningsih, D. R. Agungpriyono. 2015. Pertumbuhan dan Produksi Ekstraseluler Polisakarida <i>Porphyridium cruentum</i> pada Berbagai Kondisi Fotoperiode. <i>JPHPI</i> . <b>18</b> (2): 219-229.	Fotoperiode berpengaruh terhadap pertumbuhan dan produksi ekstraseluler polisakarida (EPs) mikroalga <i>P. cruentum</i> . Pertumbuhan tertinggi terdapat pada pencahayaan penuh 24:0 (terang:gelap) dan 12:12 (terang:gelap), sedangkan produksi ekstraseluler polisakarida tertinggi pada fotoperiode 12:12 jam.
5	Adlim, M. 2016. Pencemaran merkuri di perairan dan karakteristiknya: suatu kajian kepustakaan ringkas. <i>Depik</i> . <b>5</b> (1): 33-40.	Merkuri terbagi dalam dua jenis yaitu merkuri anorganik dan merkuri organik. Merkuri organik seperti metil merkuri atau dimetil merkuri beracun bagi manusia.

### 2.1.2 Habitat *Porphyridium cruentum*

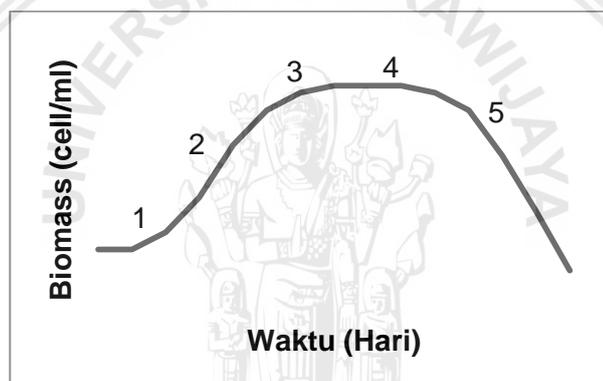
Mulyadi (2007) menyatakan bahwa *Porphyridium cruentum* dapat tumbuh pada berbagai macam habitat diantaranya yaitu habitat perairan tawar, perairan payau atau perairan laut dan telah dilakukan isolasi pada habitat tersebut. Mikroalga ini dapat tumbuh pada permukaan tanah maupun hidup tersuspensi dalam badan air. Soeprbowati dan Hariyati (2013) menyatakan bahwa *Porphyridium cruentum* dapat hidup di berbagai habitat seperti air laut, air tawar atau pada permukaan tanah yang lembab dan membentuk lapisan kemerahan. Namun *Porphyridium cruentum* lebih memilih untuk hidup di habitat yang bersalinitas tinggi.

Zaib *et al.* (2016), menyatakan bahwa habitat dari *Porphyridium cruentum* yaitu di laut. mikroalga merah ini berasal dari dari genus *Porphyridium*, ordo *Porphyridiales* dan filum *Rhodophyta*. Pada *Porphyridium cruentum* kandungan monomer pati, karbohidrat dan gula (glukosa, xilosa, asam metil glukuronat) dari

polisakarida menjadikannya sumber karbon potensial. Serta biomassa terdiri dari 32% karbohidrat yang tersedia dan 34% protein kasar.

### 2.1.3 Fase Kehidupan

Hadiyanto dan Azim (2012) menyatakan bahwa masa pertumbuhan mikroalga dapat diketahui melalui pengukuran berdasarkan biomasa, maupun jumlah sel yang berada dalam media. Fase pertumbuhan pada mikroalga dapat digambarkan melalui grafik pada saat keadaan mikroalga homogen, sistem batch (terakumulasi), dengan kondisi suplai nutrisi yang telah ditentukan di awal pembibitan seperti pada **Gambar 3**. Fase pertumbuhan mikroalga terdapat lima fase diantaranya yaitu.



**Gambar 3.** Grafik Pertumbuhan *Porphyridium cruentum* (Hadiyanto dan Azim 2012)

#### 1. Fase Lag

Fase lag merupakan fase adaptasi mikroalga dalam sebuah media baru. Pada tahap ini mikroalga membutuhkan waktu penyesuaian karena lingkungan inokulum (bibit) cenderung berbeda dengan lingkungan yang sebelumnya. Selama masa adaptasi, mikroalga cenderung lebih sensitif terhadap nutrisi, temperatur dan sensitif pada kondisi yang berbeda dari kondisi aslinya.

#### 2. Fase Eksponensial (fase log)

Pada fase ini, pertumbuhan mikroalga dapat dihitung berdasarkan kenaikan biomassa dan selisih waktu yang dibutuhkan. Kecepatan pertumbuhan

(growth rate) merupakan salah satu indikasi penting berhasil atau tidaknya fase adaptasi. Durasi dalam fase eksponensial tergantung pada volume inokulum, kecepatan pertumbuhan, medium, dan kondisi lingkungan untuk mendukung pertumbuhan alga. Fase eksponensial ditandai dengan pertumbuhan yang cepat, pembelahan sel terjadi dengan laju konstan, aktivitas metabolik terjadi secara konstan serta pertumbuhan seimbang antara suplai makanan dengan kenaikan mikroalga.

### 3. Penurunan Fase Log

Pada fase ini terjadi penurunan yang dipengaruhi oleh biomassa yang sudah mencapai tahap populasi maksimum. Hal tersebut membuat kebutuhan makanan pada media menjadi berkurang. Selain itu, sumber cahaya dan akumulasi oksigen yang dihasilkan dari fotosintesis dapat memengaruhi fase penurunan pertumbuhan mikroalga. Akumulasi oksigen yang terjadi dapat mempengaruhi keasaman pada sel. Sedangkan jumlah sel yang semakin meningkat dapat menghalangi cahaya yang akan masuk ke media.

### 4. Fase Stasioner

Fase di mana sudah tidak terdapat pertumbuhan mikroalga atau nilai kecepatan pertumbuhan (growth rate) yang terjadi menjadi nol. Pada fase stasioner, terjadi akumulasi racun yang diakibatkan oleh metabolisme mikroalga, kekurangan nutrisi serta terjadi perubahan kondisi lingkungan. Selain itu, pada fase ini jumlah sel mikroalga yang hidup sama dengan jumlah sel yang mati.

### 5. Fase Kematian

Jumlah sel mikroalga yang mati lebih banyak dari jumlah sel yang hidup terjadi pada saat fase kematian berlangsung. Kadar nutrisi semakin menipis atau bahkan habis, cadangan makanan yang terdapat dalam tubuh sel menjadi berkurang serta terjadi penumpukan racun yang semakin meningkat. Pada fase ini, sel yang mati bahkan dapat lisis atau pecah dan larut ke dalam media.

#### 2.1.4 Manfaat *Porphyridium cruentum*

Mikroalga dapat dimanfaatkan sebagai agen biologis dalam proses pengolahan air limbah. Pemanfaatan mikroalga dalam pengolahan air limbah memiliki beberapa kelebihan jika dibandingkan dengan bahan kimia. Beberapa keuntungan tersebut diantaranya adalah biaya yang relatif lebih murah karena terdapat nitrogen dan fosfor yang merupakan sumber nutrisi bagi mikroalga. Kebutuhan energi yang rendah karena dalam pengolahan limbah hanya membutuhkan alat yang sedikit. Pengolahan limbah dengan mikroalga dapat mengurangi emisi gas rumah kaca karena gas CO<sub>2</sub> dapat dimanfaatkan oleh mikroalga untuk melakukan proses fotosintesis. Pengolahan air limbah menggunakan mikroalga dapat sekaligus menghasilkan biomassa mikroalga, yaitu sebagai hasil sampingan dari pengolahan limbah.

Mahendrajaya *et al.* (2014), menyatakan bahwa mikroalga mempunyai komponen aktif yang dapat dimanfaatkan dalam bidang industri pangan, kosmetik, pharmaceutical dan nutraceutical. Komponen aktif mikroalga diantaranya adalah fenol, terpenoid, sterol, flavonoid dan polisakarida yang mempunyai aktivitas antimikroba, antitumor dan antimikroba serta aktivitas antioksidan. Salah satu mikroalga yang mempunyai komponen aktif tersebut yaitu *Porphyridium cruentum*. *Porphyridium cruentum* mempunyai komponen aktif yang dapat dimanfaatkan sebagai antivirus. Menurut Soeprbowati dan Hariyati (2013), *Porphyridium cruentum* juga telah digunakan sebagai sumber nutrisi, secara khusus polisakarida, asam lemak tak jenuh, karotenoid, dan phycobiliprotein. Selain itu, mikroalga juga berpotensi digunakan untuk menghilangkan beberapa zat toksik seperti dengan cara mengakumulasi logam berat.

Nilai guna yang dapat dimanfaatkan dari *Porphyridium cruentum* yaitu meliputi biomassa, polisakarida, asam lemak, asam amino, pigmen dan enzim

superoksida dismutase. Biomassa dimanfaatkan sebagai bahan baku industri, bahan baku makanan dan sebagai bahan baku pakan budidaya. Asam amino merupakan senyawa yang dibutuhkan sebagai sumber makanan, karena komposisi asam amino berkaitan erat dengan nilai gizi proteinnya. Pigmen pada *Porphyridium cruentum* dimanfaatkan sebagai zat pewarna dalam industri makanan dan kosmetik. Superoksida dismutase (SOD) adalah enzim yang memiliki peran dalam aktivitas fotosintesa, dimana enzim ini berperan mengikat radikal oksigen bebas. Dalam dunia industri, Superoksida dismutase sangat penting untuk keperluan farmasi, kosmetik dan agroalimenter (Mulyadi 2007).

Selain itu, pemilihan *Porphyridium cruentum* sebagai agen biologis dalam proses bioremediasi menurut Soeprbowati dan Hariyati (2013) dikarenakan *Porphyridium cruentum* tidak terdapat produksi beracun, mudah dibudidayakan, mampu tumbuh pada salinitas, pH, dan suhu yang ekstrem serta pertumbuhan cepat dalam media yang ditentukan. *Porphyridium cruentum* digunakan dalam bioremediasi logam berat karena memberikan solusi ganda untuk mengatasi pencemaran lingkungan serta energi alternatif. Menurut Pranajaya *et al.* (2014), *Porphyridium cruentum* dapat dijadikan sebagai agen biologis fikoremediasi karena *Porphyridium cruentum* memiliki kandungan protein dan polisakarida yang dapat mengikat ion logam.

## 2.2 Logam Berat Merkuri (Hg)

### 2.2.1 Karakteristik

Handayanto *et al.* (2017), menyatakan bahwa merkuri berada dalam kelompok yang sama dengan Zn dan Cd dalam tabel periodik. Merkuri memiliki nomor atom 80, berat 200,6 g/mol, berat jenis 13,6 gm/cm<sup>3</sup>, dan titik didih sebesar 357°C. Hg di alam biasanya berada dalam bentuk merkuri (Hg<sup>2+</sup>), *mercurous* (Hg<sub>2</sub><sup>2+</sup>), unsur (Hg<sup>0</sup>) atau dalam bentuk teralkilasi (metil/etil merkuri).

Merkuri merupakan satu-satunya unsur logam yang berbentuk cair pada suhu kamar (25°C) dan akan tetap cair pada suhu 0°C. merkuri akan membeku pada suhu -38,87°C. Pada fase cair merkuri akan berwarna putih perak sedangkan pada fase padat akan berwarna abu-abu. Merkuri atau raksa mempunyai potensial oksidasi yang rendah yaitu pada 0,799 volt, hal ini menyebabkan tidak dapat bereaksi dengan oksigen pada suhu kamar dan tahan terhadap korosi. Ketahanan listrik yang dimiliki oleh merkuri sangat rendah, sehingga membuat merkuri menjadi logam yang sangat baik dalam menghantarkan daya listrik.

Terdapat tiga jenis senyawa merkuri yang mencemari lingkungan, yang pertama adalah senyawa merkuri anorganik termasuk logam merkuri yang berbentuk cair dengan titik didih yang lebih tinggi sehingga sangat mudah menguap. Kedua adalah senyawa organik atau sering disebut alkil merkuri yang mempunyai struktur hidrokarbon rantai lurus, senyawa alkil merkuri yang paling banyak digunakan yaitu seperti metil merkuri klorida ( $\text{CH}_3\text{HgCl}$ ) dan etil klorida ( $\text{CH}_2\text{H}_5\text{HgCl}$ ), senyawa-senyawa ini digunakan sebagai pestisida dalam bidang pertanian dan sebagai katalis dalam industri kimia. Ketiga senyawa aril merkuri dengan struktur yang mengandung cincin hidrokarbon, senyawa yang di kenal dalam bentuk FMA atau fenil merkuri asetat, senyawa ini akan mengalami oksidasi dan berubah menjadi senyawa merkuri anorganik (Selayar *et al.*, (2015).

### 2.2.2 Sumber Logam Berat Merkuri (Hg)

Wanna *et al.* (2017), menyatakan bahwa secara alamiah logam berat yang terkandung dalam perairan merupakan hasil dari pengikisan batu mineral yang banyak disekitar perairan selain itu, adanya partikel-partikel logam yang terdapat di udara terbawa pada saat hujan dapat juga menjadi sumber logam di badan perairan. Aktivitas manusia seperti aktivitas industri maupun rumah tangga juga sebagai sumber pencemaran logam berat. Industri pertanian adalah bidang industri yang mungkin banyak menggunakan senyawa merkuri (Hg) dalam

bentuk senyawa organo merkuri (Hg) yang berguna sebagai penghalang agar jamur tidak tumbuh pada bibit. Sisa hasil penggunaan merkuri (Hg) tersebut kemudian terbawa ke perairan. Selain aktivitas pertanian diperkirakan pencemaran juga berasal dari kegiatan-kegiatan lain yang menggunakan bahan merkuri (Hg) seperti hasil pembuangan laboratorium kimia. Air buangan dari suatu laboratorium juga mengandung merkuri karena terdapat senyawa merkuri dalam reagen yang banyak dipakai di laboratorium-laboratorium. Selain itu industri pulp dan kertas banyak digunakan senyawa fenil merkuri asetat (FMA) sebagai upaya dalam mencegah pengapuran dan pertumbuhan jamur selama proses pengeringan.

Hananingtyas (2015) menyebutkan bahwa merkuri masuk ke dalam lingkungan akuatik, dapat melalui udara maupun kegiatan antropogenik di daratan. Bentuk merkuri yang masuk ke dalam ekosistem perairan laut terdapat tiga bentuk. Pertama yaitu merkuri anorganik yang berasal dari air hujan atau aliran sungai yang bersifat stabil pada pH rendah. Kedua merkuri organik antara lain fenil merkuri ( $C_6H_5Hg$ ), metal merkuri ( $CH_3Hg$ ), alkoksil merkuri, atau metoksi etil merkuri. Ketiga terikat dalam bentuk *suspended soil* sebagai Hg.

### **2.2.3 Dampak Toksisitas Logam Berat Merkuri (Hg)**

Menurut Suyanto *et al.* (2010), meningkatnya industri yang ada menyebabkan pencemaran lingkungan oleh logam berat. Pencemaran logam berat yang terjadi pada lingkungan dapat menimbulkan bahaya kesehatan baik pada manusia, hewan, tumbuhan, maupun lingkungan. Efek yang ditimbulkan karena pencemaran logam berat terhadap kesehatan manusia tergantung dari organ tubuh manusia yang terikat oleh logam berat. Efek toksik dari logam berat yaitu mampu menghalangi kerja enzim sehingga dapat mengganggu metabolisme tubuh dan dapat menyebabkan alergi pada tubuh. Selain itu menurut Yusuf *et al.* (2013), merkuri dapat menyebabkan efek pada

gastrointestinal yang lebih ringan tetapi dapat menimbulkan toksisitas neurologis yang berat seperti rasa sakit pada bibir, lidah dan pergerakan (kaki dan tangan), konfusi, mengalami halusinasi, iritabilitas, gangguan tidur, ataxia, hilang ingatan, kesulitan bicara, kemunduran cara berfikir, merusak pendengaran, emosi tidak stabil, tidak mampu berfikir, koma bahkan kematian.

Pengaruh logam berat yang terjadi tidak hanya terjadi pada manusia tetapi terjadi juga pada ikan. Toksisitas logam berat pada ikan terjadi pada insang. Insang selain sebagai alat pernapasan pada ikan, digunakan juga sebagai alat pengatur tekanan air dan tekanan dalam tubuh ikan (osmoregulasi). Akibatnya ikan akan mati karena terjadinya gangguan pada proses pertukaran ion-ion dan gas-gas pada insang. Pengaruh logam berat berikutnya adalah pada alat pencernaan. Toksisitas pada saluran pencernaan terjadi melalui pakan yang terkontaminasi oleh logam. Toksisitas logam berat juga terjadi pada ginjal ikan. Ginjal ikan berfungsi untuk filtrasi dan mengekskresikan bahan yang biasanya tidak dibutuhkan oleh tubuh. Hal ini menyebabkan ginjal sering mengalami kerusakan oleh daya toksik logam berat. Pengaruh-pengaruh tersebut kemudian menghasilkan akumulasi logam dalam jaringan atau yang disebut bioakumulasi. Proses akumulasi terjadi setelah absorpsi logam dari air atau melalui pakan yang terkontaminasi (Suyanto *et al.*, 2010).

### **2.3 Fikoremediasi**

Upaya yang dapat dilakukan untuk menanggulangi pencemaran logam berat di lingkungan salah satunya yaitu dengan fikoremediasi. Fikoremediasi sendiri merupakan salah satu aplikasi dari bioremediasi yang merupakan upaya membersihkan lingkungan dari bahan pencemar dengan menggunakan agen-agen biologis. Agen biologis yang digunakan dalam fikoremediasi adalah alga yang meliputi mikroalga maupun makroalga. Pemanfaatan alga sebagai

fikoremediator memiliki beberapa kelebihan dalam penggunaannya. Kelebihan fikoremediasi diantaranya yaitu bahan baku yang cukup mudah untuk diperoleh karena banyak terdapat di alam, mudah dalam membudidayakan mikroalga dan biaya operasional yang terhitung rendah (Fauzi *et al.*, 2015).

Manfaat fikoremediasi juga dikemukakan oleh Rao *et al.* (2011), diantaranya yaitu kemampuan mikroalga untuk mengatasi lebih dari satu masalah secara bersamaan, solusi tidak mungkin dengan menggunakan proses kimia konvensional. Proses dapat dilakukan secara berulang atau secara terus menerus. Manfaat komersial yang diperoleh yaitu berasal dari biomassa dan hasil ekstraksi biokimia lainnya. Hemat biaya karena menghemat daya dan penggunaan bahan kimia. Kemampuan dalam penyerapan CO<sub>2</sub> merupakan solusi untuk ancaman pemanasan. Fleksibilitas untuk menangani fluktuasi kualitas dan kuantitas pakan. Suplai oksigen pada lingkungan. Selektif dalam menyerap kontaminasi yang ada pada lingkungan. Bersifat keberlanjutan dan ramah lingkungan dari segi ekologi.

## **2.4 Faktor yang Memengaruhi Kehidupan *Porphyridium cruentum* dan Toksisitas Logam Berat**

### **2.4.1 DO (Dissolved Oxygen)**

Hadiyanto dan Azim (2012) menyatakan bahwa oksigen menjadi faktor yang memengaruhi alga dalam proses pertumbuhan. Oksigen dihasilkan dari reaksi fotosintesis algae. Kadar oksigen terlarut dalam media yang semakin tinggi dapat membahayakan bagi proses fotosintesis. Jika menggunakan sistem budidaya wadah terbuka (*open pond*), gas oksigen akan mudah menguap ke atmosfer. Sedangkan untuk kultur tertutup, gas oksigen dapat terakumulasi pada media dan akan menjadi toksik.

Sumber oksigen terlarut berasal dari proses difusi dan fotosintesis. Difusi oksigen secara langsung yang berasal dari atmosfer, namun proses ini

berlangsung secara lambat. Oleh karena itu, sumber utama oksigen terlarut juga berasal dari fotosintesis tumbuhan air dan fitoplankton. Kadar oksigen terlarut di perairan laut berkisar  $\pm 11$  mg/liter pada suhu  $0^{\circ}\text{C}$  dan  $\pm 7$  mg/liter pada suhu  $25^{\circ}\text{C}$  (Effendi, 2003)..

Menurut Rachmaningrum *et al.*, (2015), jumlah oksigen terlarut yang berada pada perairan mampu mempengaruhi daya kelarutan logam pada perairan. Pada kondisi oksigen terlarut yang rendah akan menyebabkan daya larut logam lebih rendah dan mudah mengendap. Selanjutnya Prihatini dan Mulyati (2013), menyatakan bahwa kandungan oksigen terlarut yang tinggi akan mengurangi tingkat toksisitas logam berat.

#### 2.4.2 Suhu

Pertumbuhan *Porphyridium cruentum* tergantung dari beberapa faktor pendukung pertumbuhan mikroalga. Faktor-faktor pendukung pertumbuhan *Porphyridium cruentum* tersebut diantaranya adalah salinitas, pH, suhu, nutrien, proses aerasi dan pencahayaan. Kondisi suhu *Porphyridium cruentum* mempunyai sifat yang toleran pada suhu  $10^{\circ}\text{C}$  hingga  $35^{\circ}\text{C}$  dengan suhu yang optimum untuk *Porphyridium cruentum* adalah sebesar  $25^{\circ}\text{C}$ . Pada suhu optimum  $25^{\circ}\text{C}$  *Porphyridium cruentum* akan mengalami aktivitas optimum untuk fotosintesis (Mahendrajaya *et al.*, 2014).

Suhu dipengaruhi oleh musim, garis lintang (*latitude*), ketinggian dari permukaan laut (*altitude*), waktu dalam hari, sirkulasi udara, tutupan awan serta aliran dan kedalaman air. Suhu berdampak langsung terhadap proses fisika, kimia dan biologi badan air. Suhu juga berperan dalam mengendalikan kondisi suatu ekosistem perairan. Kisaran suhu yang mampu ditoleransi atau yang optimal bagi organisme akuatik berbeda-beda tergantung dengan jenis organismenya (Effendi, 2003). Menurut Nurhayati *et al.* 2013, Suhu yang tinggi

dan melebihi batas optimal dari mikroalga, maka akan meningkatkan respirasi dan menyebabkan kemampuan fotosintesis mikroalga akan menurun.

Amriani *et al.*, (2011), menyatakan bahwa suhu perairan yang meningkat cenderung meningkatkan akumulasi logam berat, hal ini dapat terjadi dikarenakan meningkatnya laju metabolisme dari organisme air. Selain itu, meningkatnya suhu juga dapat meningkatkan toksisitas logam berat di perairan. Suhu mempengaruhi konsentrasi logam berat di kolom air dan sedimen, kenaikan suhu air yang lebih dingin akan mempermudah logam berat mengendap ke sedimen. Sementara suhu yang tinggi akan melarutkan logam berat di perairan.

#### **2.4.3 pH (Derajat Keasaman)**

Sebagian besar biota akuatik sangat sensitif terhadap perubahan pH yang terjadi. Selain itu, biasanya biota akuatik dapat menoleransi pH yang berkisar antara 7-8,5. Jika pH melebihi batas toleransi biota, maka akan menjadikannya racun dan mematikan biota tersebut (Effendi, 2003).

Menurut Soeprbowati dan Hariyati (2013), *Porphyridium cruentum* dapat tumbuh pada kondisi lingkungan yang ekstrem yaitu yaitu pada kondisi suhu, pH dan salinitas yang ekstrem. Kondisi pH yang optimal yaitu berkisar antara 7-8 atau dengan pH yang basa. Parameter yang perlu diperhatikan selain pH yaitu antara lain suhu, salinitas dan intensitas cahaya.

Menurut Mahardika dan Salami (2012), pH yang tinggi dapat menurunkan tingkat kelarutan logam dalam perairan. Hal ini dikarenakan kenaikan pH mengubah kestabilan dari bentuk karbonat menjadi hidroksida yang membentuk ikatan dengan partikel pada badan air sehingga akan mengendap. Peningkatan toksisitas logam terjadi pada pH rendah, semakin rendahnya nilai pH sedimen maka akan semakin tinggi logam berat dan sebaliknya semakin tingginya nilai pH maka semakin rendah konsentrasi logam berat di perairan tersebut. pH pada

sedimen juga termasuk faktor- faktor yang mempengaruhi laju absorpsi logam di perairan

#### 2.4.4 Salinitas

Salinitas air merupakan salah satu faktor yang memengaruhi kehidupan organisme air. Hal tersebut karena organisme air harus mempertahankan tekanan osmotik yang baik antara protoplasma organisme dengan air sebagai media hidupnya. Mikroalga laut memiliki batas toleransi yang cukup besar terhadap perubahan salinitas. Kadar salinitas yang optimum untuk mikroalga laut yaitu berkisar antara 20-24 ‰ (Kawaroe *et al.*, 2010).

Salinitas dapat memengaruhi *Porphyridium cruentum* dalam proses pertumbuhan. *Porphyridium cruentum* dapat mentolerir salinitas antara 1-87,5 ‰. Sedangkan kadar optimal untuk pertumbuhan *Porphyridium cruentum* yaitu tergantung dari galur. *Porphyridium cruentum* dapat dijumpai pada perairan pantai dan perairan laut (Mulyadi, 2007).

Wulandari *et al.*, (2009), berpendapat bahwa kadar salinitas yang tinggi menyebabkan peningkatan pembentukan ion klorida yang akan berakibat pada penurunan konsentrasi ion logam berat pada perairan. Hal tersebut karena bereaksinya ion logam tersebut dengan ion klorida. Terdapatnya kandungan klorida pada perairan menunjukkan bahwa perairan tersebut cenderung basa, sehingga logam akan sukar larut pada air dalam kondisi basa karena pH yang tinggi.

#### 2.4.5 Intensitas Cahaya

Menurut Setyaningsih *et al.* (2013), terdapat beberapa faktor yang memengaruhi pertumbuhan *Porphyridium cruentum*, cahaya adalah salah satu faktor yang memengaruhi. Cahaya menjadi faktor lingkungan yang penting untuk kultivasi mikroalga, karena berperan sebagai faktor utama pada fotosintesis. Pertumbuhan *Porphyridium cruentum* akan meningkat jika peningkatan intensitas

cahaya terjadi, meskipun cahaya yang melebihi titik jenuh akan menjadi penghambat pertumbuhan pada mikroalga.

Prasetyo *et al.* (2015), menyatakan bahwa pencahayaan merupakan faktor yang dapat memengaruhi pertumbuhan mikroalga. Hal tersebut dikarenakan pencahayaan adalah salah satu faktor yang memfasilitasi proses asimilasi nutrisi terutama gula. Menurut Jati *et al.* (2012), Intensitas cahaya yang diperlukan untuk mendukung terjadinya fotosintesis yaitu berkisar antara 500-10000 lux dengan kisaran optimum antara 2000-8000 lux.

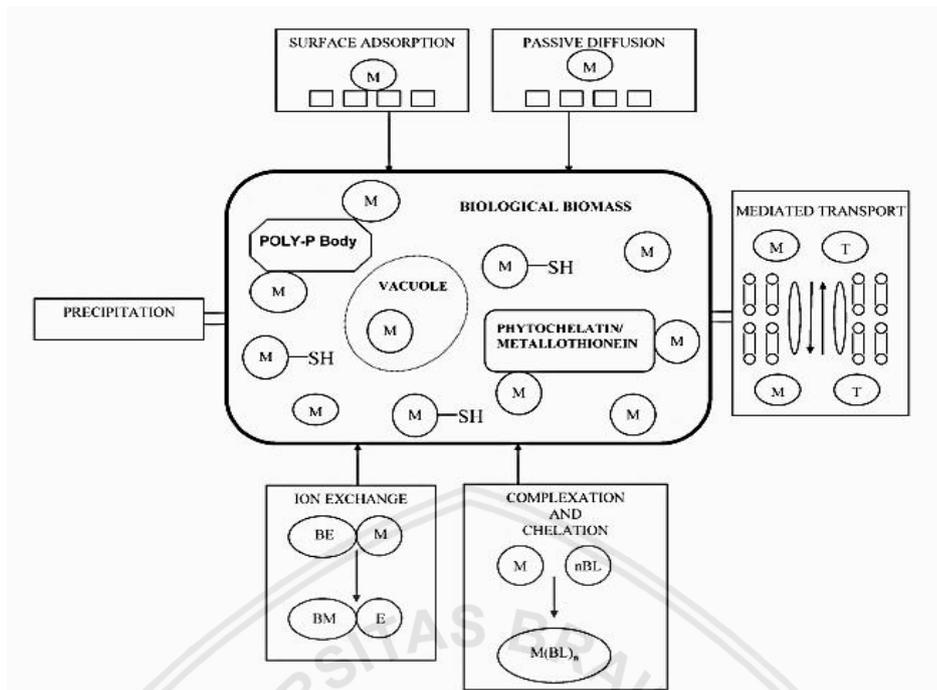
Menurut Lawson (2011), pengaruh dari intensitas cahaya berdampak kepada nilai suhu perairan. Semakin besar intensitas cahaya maka energi panas yang sampai pada perairan makin besar pula. Hal ini mempengaruhi suhu yang akan ikut tinggi sehingga dapat meningkatkan toksisitas logam misalnya seperti logam merkuri.

## **2.5 Mekanisme penyerapan logam berat oleh mikroalga**

Proses penyerapan logam berat melalui proses *passive uptake* dan *active uptake*. Pada proses *passive uptake* logam berat akan berikatan dengan elemen yang terdapat pada dinding sel berdasarkan kemampuan daya afinitas kimia yang telah dimiliki oleh mikroalga tersebut. Sebelum logam berat sampai ke membran sel dan sitoplasma, logam berat harus melalui dinding sel mikroalga yang mengandung berbagai macam variasi polisakarida dan protein yang memiliki sejumlah sisi aktif dan mampu berikatan logam berat. Terjadi pertukaran ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg, dan Ca yang terdapat pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat lalu terbentuk formasi kompleks antara ion-ion logam berat dengan kelompok fungsional seperti karbonil, amino, thiol, hidroksi, fosfat dan hidroksi-karboksil. Biosorpsi berlangsung secara cepat dan terjadi bolak-balik serta terjadi pada sel mati

maupun hidup. Proses ini berlangsung efektif dengan kehadiran pH tertentu dan kehadiran ion lainnya, dimana logam berat dapat menjadi garam tak terlarut yang diendapkan. Setelah terjadi proses biosorpsi (*passive uptake*), mekanisme berikutnya adalah *active uptake*. Penangkapan aktif dapat terjadi pada berbagai sel hidup. Mekanisme ini terjadi secara bersamaan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau akumulasi intraseluler ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekskresi. Pada proses ini, mikroalga memindahkan ion logam yang telah terikat di dinding sel ke organel sel yang lebih dalam melalui proses bioakumulasi atau absorpsi (Purnamawati *et al.*, 2015).

Biosorpsi dapat terjadi karena terdapat material biologis yang disebut dengan biosorben dan terdapat larutan yang mengandung logam berat dengan afinitas tinggi sehingga mudah terikat dengan biosorben. Pengikatan logam berat terjadi dengan cara pertukaran ion, dimana ion-ion pada dinding sel mikroorganisme digantikan oleh ion-ion logam berat. Kompleksitas ion logam berat yang bermuatan positif berinteraksi dengan pusat aktif yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel atau dalam polimer ekstra seluler, seperti protein dan polisakarida sebagai sumber gugus fungsi berperan penting dalam mengikat ion logam berat. Selanjutnya proses penangkapan aktif dapat terjadi pada berbagai sel hidup. Mekanisme ini secara simultan ini terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau akumulasi intraseluler ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekskresi pada tingkat kedua. Proses ini tergantung pada energi yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ionik, dan cahaya (Ratnawati *et al.* 2010).



**Gambar 4.** Mekanisme adsorpsi logam berat (Monteiro dan Castro, 2012)

Keterangan:

M : Metal (logam berat)

T : Transport pasif

BE : Biomolekul yang mengandung ion yang dapat ditukar

BL : Biomolekul yang mengandung ion logam

E : Ion bebas

Menurut Monteiro dan Castro (2012), mekanisme biosorpsi terjadi seperti pada **Gambar 4**. Logam berat (M) masuk ke dalam sel melalui transport pasif (T), logam akan terikat dengan senyawa intraseluler tertentu atau dapat terangkut ke vakuola atau polifosfat. Biomolekul yang mengandung ion yang dapat ditukar (BE) akan berikatan dengan logam (M) sehingga menjadi biomolekul yang mengandung ion logam (BL) dan ion yang dapat ditukar dapat menjadi ion bebas (E). Salah satu mekanisme paling umum untuk detoksifikasi logam berat pada mikroalga ialah pembentukan peptida atau protein pengikat logam (fitokelatin) pada mikroalga yang berfungsi sebagai kompleks organometalik, senyawa tersebut akan terpisah dan masuk ke dalam vakuola.

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1 Materi Penelitian

Penggunaan materi dalam penelitian ini yaitu pemanfaatan *Porphyridium cruentum* sebagai fikoremediator logam berat merkuri (Hg) dalam analisis kualitas air. Beberapa parameter diukur untuk menganalisis kualitas air, diantaranya yaitu suhu, salinitas, pH (Derajat Keasaman), DO (*Dissolved oxygen*) dan kepadatan populasi *Porphyridium cruentum* serta penurunan logam berat merkuri (Hg).

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Penggunaan alat-alat dalam penelitian ini diantaranya yaitu toples plastik 3L, aerator, batu aerasi, selang aersi, pipet volume, pipet tetes, lampu TL 18 watt, stop kontak *timer*, gelas ukur, tabung erlenmeyer, mikroskop, cover glass, haemocytometer, *hand tally counter*, DO meter, pH meter, refraktometer dan botol sampel.

Peggunaan bahan-bahan dalam peneltian ini diantaranya yaitu bibit *Porphyridium cruentum* yang diperoleh dari Balai Perikanan Benih Air Payau (BPBAP) Situbondo, senyawa logam berat merkuri ( $\text{HgCl}_2$ ), air laut, tisu, aquades, pupuk walne sebagai pupuk dalam kultur alga, vitamin, alkohol 70%, kaporit, Na-tiosulfat dan kertas label.

#### 3.3 Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen atau percobaan. Menurut Prijana dan Rohman (2016) metode eksperimen merupakan metode yang digunakan untuk menguji hipotesis, yaitu menguji keterkaitan variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas adalah variabel rekayasa sedangkan variabel terikat adalah konstan. Hasil rekayasa variabel

bebas terhadap variabel terikat dapat diukur. Pada percobaan kedua kelompok diasumsikan sama lalu perbedaan yang terjadi disebabkan oleh perlakuan yang diberikan pada kelompok eksperimen.

### **3.3.1 Data Primer**

Siyoto dan Sodik (2015) menyatakan bahwa data primer merupakan suatu data yang diperoleh atau dikumpulkan secara langsung dari sumber data. Data primer yang dimaksud dalam penelitian ini yaitu hasil kualitas air selama penelitian, pertumbuhan mikroalga setelah dipapar oleh logam berat merkuri dan persentase penurunan kadar logam berat.

### **3.3.2 Data Sekunder**

Menurut Siyoto dan Sodik (2015) data sekunder merupakan suatu data yang diperoleh atau dikumpulkan dari berbagai sumber yang telah ada. Data sekunder yang dapat mendukung data primer dalam penelitian ini dikumpulkan dari hasil penelitian terdahulu yang terkait dengan penelitian ini serta literatur dan buku-buku yang mengacu kepada penelitian ini.

## **3.4 Rancangan Penelitian**

Rancangan Acak Lengkap (RAL) merupakan rancangan yang paling sederhana di antara rancangan lainnya. Keuntungan dari penggunaan RAL diantaranya yaitu denah perancangan lebih mudah, analisis statistik terhadap subjek percobaan sangat sederhana, fleksibel dalam penggunaan jumlah perlakuan dan jumlah ulangan, kehilangan informasi data relatif sedikit. Penggunaan rancangan acak lengkap (RAL) dapat menghasilkan perhitungan yang tepat jika bahan percobaannya homogen atau relatif homogen (Christina *et al.*, 2016).

Pada penelitian ini, perlakuan yang diberikan ialah perbedaan konsentrasi logam berat sebanyak lima perlakuan dan ulangan perlakuan sebanyak tiga kali dengan racangan penelitian dapat dilihat pada **Gambar 5**.

- Kontrol : Air laut dengan tambahan kultur Logam berat Merkuri dengan konsentrasi 1 ppm (K1), 3 ppm (K2) dan 5 ppm (K3).
- Perlakuan A : Media kultur *Porphyridium cruentum* dengan penambahan konsentrasi merkuri 1 ppm
- Perlakuan B : Media kultur *Porphyridium cruentum* dengan penambahan konsentrasi merkuri 3 ppm
- Perlakuan C : Media kultur *N. oculata* dengan penambahan konsentrasi merkuri 5 ppm

C2	K1	C1	A3
B1	C3	K3	B3
K2	A1	B2	A2

**Gambar 5.** Rancangan Penelitian

### 3.5 Tahapan Penelitian

#### 3.5.1 Pemasangan Lampu

Lampu yang digunakan pada penelitian ini adalah lampu *tabular lamp* (TL) dengan daya 18 watt yang dipasang pada masing-masing rak sebanyak 3 lampu. Intensitas cahaya yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 3200 lux. Pada kultur yang dilakukan oleh Agustini (2017), lampu yang digunakan adalah lampu TL dengan daya 40 watt yang memiliki intensitas cahaya sekitar 2.500

Lux. Selain itu, lampu yang dipasang juga menggunakan *timer* agar diperoleh fotoperiode yang diinginkan. Fotoperiode yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan 12 jam terang dan 12 jam gelap. Hal tersebut mengacu pada pernyataan Irwani *et al.* (2013), bahwa fotoperiode yang optimal bagi pertumbuhan *Porphyridium cruentum* yaitu dengan perbandingan 12 jam terang dan 12 jam gelap. Selain itu, pemilihan fotoperiode 12 jam terang dan 12 jam gelap karena mempertimbangkan kondisi alami pada habitat tropis *Porphyridium cruentum*.

### 3.5.2 Sterilisasi Alat dan Bahan

Sebelum penelitian ini dilakukan, peralatan dan air laut yang akan digunakan disterilisasi terlebih dahulu dengan Kaporit. Menurut Azizah *et al.* (2015), sterilisasi dilakukan bertujuan agar peralatan yang akan digunakan dalam penelitian bersih. Agar sisa-sisa klorin hilang maka peralatan terlebih dahulu dinetralkan dengan natrium thiosulfat sampai bau klorin hilang. Air laut yang akan digunakan sebagai media hidup mikroalga sebelum digunakan disaring terlebih dahulu, selanjutnya disterilisasi dengan klorin sebanyak 60 mg/L dengan durasi minimal 1 jam. Agar sisa – sisa klorin hilang pada air laut maka dinetralkan dengan natrium thiosulfat sebanyak 20 mg/L, hal tersebut dilakukan hingga bau klorin menghilang.

### 3.5.3 Persiapan Inokulum

Penelitian ini menggunakan mikroalga *Porphyridium cruentum* sebanyak 100.000 sel/ml. Pada saat awal inokulum diperoleh *Porphyridium cruentum* sebanyak 660.000 sel/ml. Selanjutnya diambil 152 ml untuk mendapatkan sel sebanyak 100.000 sel/ml maka setiap perlakuan yang berisi 1000 ml. Untuk perlakuan 1 ppm ditambahkan air laut sebanyak 838 ml, perlakuan 3 ppm ditambahkan air laut sebanyak 818 ml dan perlakuan 5 ppm ditambahkan air laut sebanyak 798 ml. Inokulum dapat dilihat pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Kultur *Porphyridium cruentum*

Regista *et al.* (2017), menyatakan bahwa perbanyakan sel dilakukan terlebih dahulu sebelum dilakukannya perlakuan pada sel. Sel yang diperbanyak berasal dari stok biakan murni. Perhitungan jumlah besarnya inokulum yang dibutuhkan, yaitu menggunakan rumus perhitungan sebagai berikut:

$$V_r = V_c \times \frac{C_r}{C_c}$$

Keterangan:

$V_r$  = volume inokulum yang dibutuhkan (ml)

$V_c$  = volume air media kultur (ml),

$C_f$  = kepadatan awal yang dibutuhkan (sel/ml),

$C_c$  = kepadatan sel inokulum (sel/ml).

#### 3.5.4 Penentuan Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg)

Konsentrasi logam berat yang dilakukan pada penelitian ini dibuat dengan 4 perlakuan konsentrasi logam berat yang berbeda yaitu kontrol, 1 ppm, 3 ppm, dan 5 ppm dengan masing-masing dilakukan sebanyak 3 kali pengulangan. Logam berat yang digunakan pada penelitian ini adalah logam berat merkuri (Hg) yang diambil dari senyawa  $HgCl_2$ . Penggunaan konsentrasi tersebut merujuk kepada penelitian yang telah dilakukan oleh Purnamawati *Porphyridium cruentum*. (2015) yang menggunakan konsentrasi logam berat pada kultur mikroalga yaitu kontrol, 1 ppm, 3 ppm dan 5 ppm.

### 3.5.5 Pengukuran *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS)

Pengukuran konsentrasi logam berat merkuri (Hg) dilakukan pada hari ke-0, ke-4 dan ke-8. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan metode *Atomic Absorption Spectroscopy* (AAS). Sisa logam berat merkuri (Hg) pada akhir penelitian menunjukkan logam berat merkuri (Hg) yang tidak dapat terserap oleh mikroalga (Tangjo, 2013). Nisak *et al.* (2013), menyatakan bahwa kemampuan mikroalga dalam menyerap logam berat dapat diketahui dengan cara melakukan pengukuran konsentrasi logam berat pada awal penelitian dan pada akhir penelitian. Konsentrasi logam berat yang tersisa pada media pemeliharaan mikroalga di akhir penelitian, menunjukkan bahwa logam berat yang tersisa adalah logam berat yang tidak dapat terserap oleh mikroalga. Perhitungan efisiensi penyerapan logam berat menurut Afandi *Porphyridium cruentum*. (2014), menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan :

Eff : efisiensi penyerapan

$C_0$  : konsentrasi logam mula-mula

$C_1$  : konsentrasi logam setelah penyerapan

## 3.6 Pengukuran Kualitas Air

### 3.6.1 DO (*Dissolved Oxygen*)

Prosedur pengukuran Dissolved oxygen dengan menggunakan DO meter Cyberscan-300, adapun prosedur pengukuran DO (*Dissolved Oxygen*) sebagai berikut:

1. Tombol "ON" ditekan untuk menyalakan DO meter.
2. DO meter dikalibrasi dengan menggunakan aquades.

3. DO meter dimasukkan ke dalam air sampel.
4. Angka yang tertera pada layar dicatat dengan satuan mg/liter.
5. Ujung batang DO meter dikalibrasi dengan aquades agar netral kembali.

### 3.6.2 Suhu

Parameter suhu diukur dengan menggunakan DO meter jenis Cyberscan-300. Adapun dengan prosedur penggunaan sebagai berikut:

1. Tombol "ON" ditekan untuk menyalakan DO meter.
2. DO meter dikalibrasi menggunakan aquades agar tidak terkontaminasi dengan sampel sebelumnya.
3. Batang DO meter dimasukan ke dalam air sampel.
4. Hasil angka yang ditunjukkan pada layar DO meter dicatat dengan satuan °C.
5. DO meter dikalibrasi dengan menggunakan aquades agar netral kembali

### 3.6.3 pH (Derajat Keasaman)

Parameter pH diukur dengan menggunakan pH meter ATC-pH pen. Adapun dengan prosedur penggunaan sebagai berikut:

1. Tombol "ON" ditekan untuk menyalakan pH meter.
2. pH meter dikalibrasi dengan menggunakan aquades.
3. pH meter dikeringkan dengan menggunakan tisu.
4. pH meter dimasukan ke dalam air sampel.
5. Angka yang tertera pada layar dicatat sebagai hasil nilai pH.

### 3.6.4 Salinitas

Salinitas diukur dengan menggunakan refraktometer jenis atago manual. Adapun dengan prosedur penggunaan sebagai berikut :

1. Lensa refraktometer dibersihkan dengan menggunakan aquades.
2. Lensa refraktometer dikeringkan dengan tisu.

3. Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan aquades, lalu lihat skala yang menunjukkan nilai nol.
4. Lensa refraktometer dikeringkan kembali dengan menggunakan tisu..
5. Air sampel yang akan diukur, diteteskan pada lensa refraktometer.
6. Lensa ditutup dengan menggunakan penutup lensa.
7. Skala yang tertera dibaca dengan cara mengarahkan alat ke cahaya matahari.

### 3.6.5 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya diukur dengan menggunakan lux meter dengan jenis Lutron LX-101A. Adapun dengan prosedur penggunaan sebagai berikut:

1. Lux meter dinyalakan dengan menekan tombol power
2. *Range* lux diubah pada indikator B (2000 – 19990 lux)
3. "*Light Sensor*" diarahkan pada sumber cahaya
4. Hasil yang tertera dilihat sebagai hasil akhir intensitas cahaya.
5. Hasil yang tertera pada layar lalu dicatat.

### 3.7 Analisis Data

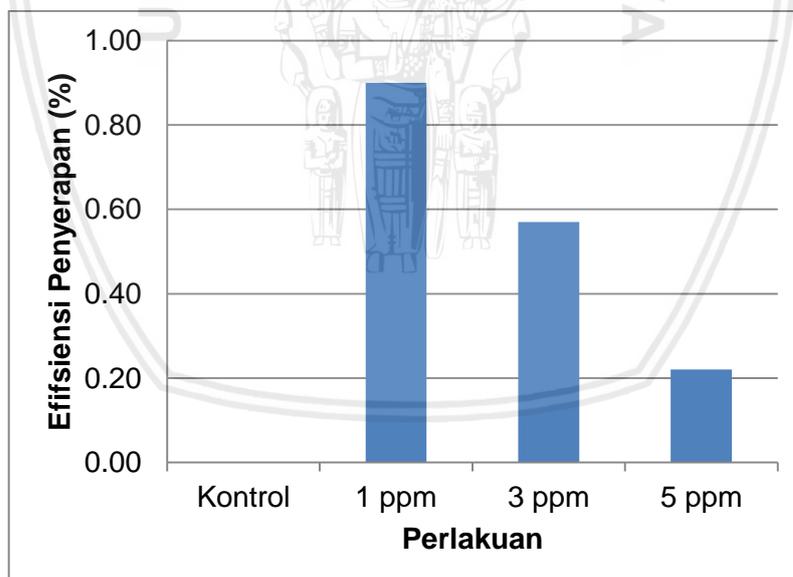
Data hasil pada penelitian ini diolah dengan menggunakan analisis deskriptif yaitu dengan ANOVA (*Analysis of Variance*) yang memiliki tingkat kepercayaan sebesar 95%. Uji ANOVA yang dilakukan menggunakan program SPSS. Selanjutnya Uji ANOVA pada penelitian ini dilanjutkan dengan metode uji lanjutan. Uji lanjutan dilakukan apabila perlakuan yang dicobakan menunjukkan adanya perbedaan yang nyata, maka akan dilanjutkan dengan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) (Masduqi *et al.*,2014).

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Pengukuran Logam Berat Merkuri (Hg)

Pada pengukuran logam berat dilakukan dengan metode AAS yang diuji pada Laboratorium Halal Center, Universitas Islam Malang. Pengukuran dilakukan sebanyak 3 kali, yaitu pada saat hari ke 0, hari ke 4 dan hari ke 8. Konsentrasi logam berat merkuri yang digunakan pada penelitian ini berbeda-beda pada setiap perlakuan. Konsentrasi tersebut diantaranya yaitu pada perlakuan A menggunakan konsentrasi sebesar 1 ppm, pada perlakuan B menggunakan konsentrasi sebesar 3 ppm dan pada perlakuan C menggunakan konsentrasi sebesar 5 ppm.

#### 4.1.1 Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan *Porphyridium cruentum* pada Hari ke 0 sampai Hari ke 4

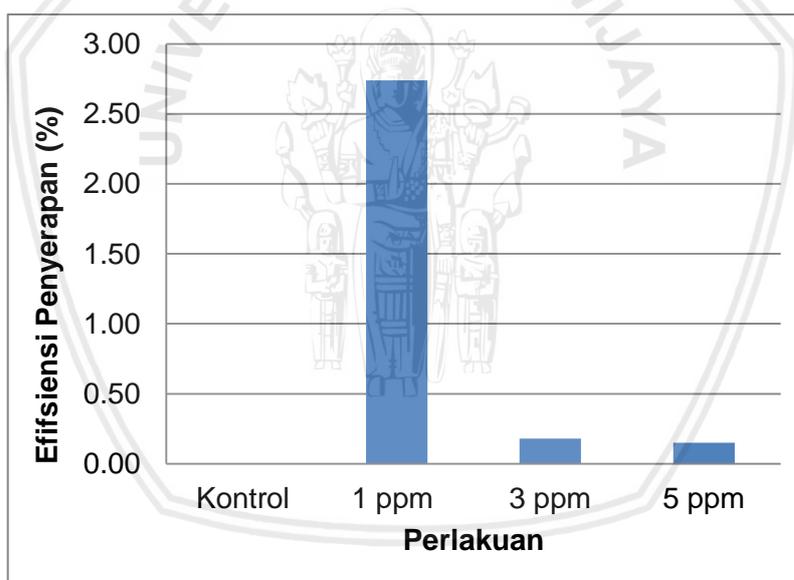


**Gambar 7.** Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan *Porphyridium cruentum* Hari ke 0 sampai Hari ke 4

Hasil pengukuran logam berat pada hari ke 0 dan hari ke 4 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar logam berat merkuri **Gambar 7**. Penurunan yang terjadi berbeda-beda dari setiap perlakuan. Pada perlakuan A dengan

konsentrasi 1 ppm, kadar logam berat merkuri mampu diturunkan oleh *Porphyridium cruentum* dengan nilai efisiensi sebesar 0.90%. Pada perlakuan B dengan konsentrasi 3 ppm, kadar logam berat merkuri mampu diturunkan oleh *Porphyridium cruentum* sama seperti perlakuan A yaitu efisiensi penurunannya sebesar 0.57%. Pada perlakuan C dengan konsentrasi paling besar, yaitu sebesar 5 ppm, *Porphyridium cruentum* mampu untuk menurunkan logam berat merkuri sebesar 0.22%. Sedangkan pada kontrol nilai efisiensi penurunan logam berat hanya 0%. Hal tersebut berarti pada hari ke-0 hingga hari ke-4 tidak terjadinya penurunan.

#### 4.1.2 Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan *Porphyridium cruentum* pada Hari ke 4 sampai Hari ke 8



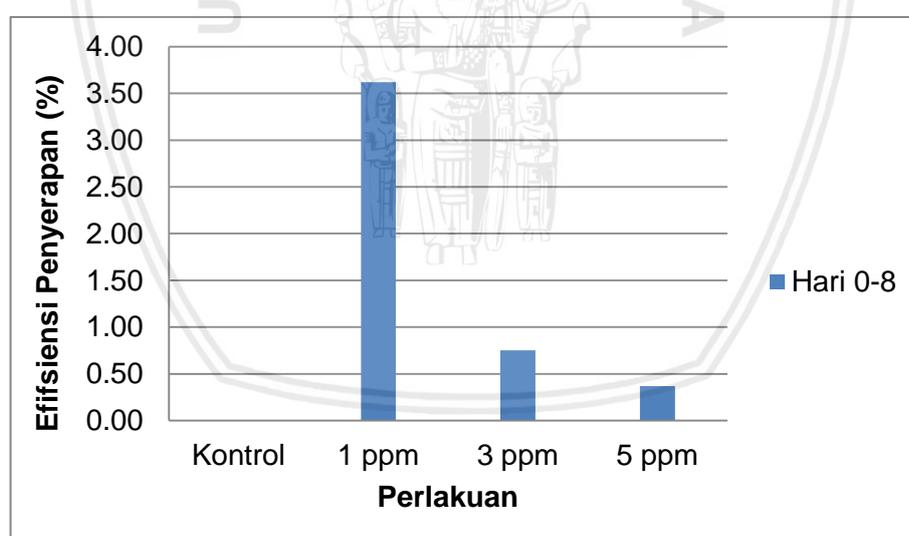
**Gambar 8.** Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan *Porphyridium cruentum* Hari ke 4 sampai Hari ke 8

Hasil pengukuran logam berat pada hari ke 4 dan hari ke 8 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar logam berat merkuri **Gambar 8**. Penurunan yang terjadi berbeda-beda dari setiap perlakuan. Pada perlakuan A dengan konsentrasi 1 ppm, kadar logam berat merkuri mampu diturunkan oleh *Porphyridium cruentum* dengan nilai efisiensi sebesar 2.74%. Hasil efisiensi

penurunan logam berat merkuri pada perlakuan A menunjukkan peningkatan dari hari ke 0 sampai hari ke 4 dan hari ke 4 sampai hari 8. Pada perlakuan B dengan konsentrasi 3 ppm, kemampuan *Porphyridium cruentum* dalam menyerap logam berat sudah mulai menurun dibanding hari 0 sampai 4 dengan nilai efisiensi yaitu sebesar 0.18%. Pada perlakuan C dengan konsentrasi paling besar, yaitu sebesar 5 ppm, kemampuan *Porphyridium cruentum* dalam menyerap logam berat juga sama seperti pada perlakuan B yang juga menurun kemampuannya dalam menurunkan logam berat merkuri dengan nilai efisiensi penurunan logam berat merkuri sebesar 0.15%. Sedangkan pada kontrol nilai efisiensi penurunan logam berat hasilnya masih sama seperti pada hari ke-0 hingga ke-8 yaitu sebesar 0%.

#### 4.1.3 Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan

##### *Porphyridium cruentum* pada Hari ke 0 sampai Hari ke 8



**Gambar 9.** Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri dengan menggunakan

*Porphyridium cruentum* Hari ke 0 sampai Hari ke 8

Hasil pengukuran logam berat pada hari ke 0 hingga hari ke 8 menunjukkan bahwa terjadi penurunan kadar logam berat merkuri **Gambar 9**. Penurunan yang terjadi berbeda-beda dari setiap perlakuan. Pada perlakuan A dengan konsentrasi 1 ppm, kadar logam berat merkuri mampu diturunkan oleh

*Porphyridium cruentum* dengan nilai efisiensi terbesar yaitu sebesar 3.62%. Pada perlakuan B dengan konsentrasi 3 ppm, kadar logam berat merkuri mampu diturunkan oleh *Porphyridium cruentum* yaitu efisiensi penurunannya sebesar 0.75%. Pada perlakuan C dengan konsentrasi paling besar, yaitu sebesar 5 ppm, *Porphyridium cruentum* mampu untuk menurunkan logam berat merkuri sebesar 0.37%. Dengan begitu nilai efisien terbesar yaitu pada hari ke 0 hingga ke 8 pada perlakuan A dengan konsentrasi 1 ppm. Sedangkan pada kontrol nilai efisiensi penurunan logam berat masih sama hasilnya hingga hari terakhir penelitian yaitu sebesar 0%.

#### 4.1.4 Analisis Data Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri

Efisiensi penurunan logam berat pada penelitian ini menggunakan metode uji ANOVA. Perhitungan uji ANOVA dapat dilihat pada **tabel 2**.

**Tabel 2.** Tabel ANOVA untuk Analisis Efisiensi Penurunan Logam Berat Merkuri

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F <sub>Hitung</sub>	F <sub>Tabel (5%)</sub>
Perlakuan	2	18,891	9,446	89,121	5,140
Galat	6	0,636	0,106		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>19,527</b>			

Hasil dari uji anova menunjukkan bahwa  $F_{Hitung} (89,121) > F_{Tabel\ 5\%} (5,140)$  maka dapat disimpulkan bahwa tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$ , yang artinya *Porphyridium cruentum* memengaruhi penurunan logam berat merkuri dengan konsentrasi yang berbeda. Selanjutnya analisis data dilanjutkan dengan menggunakan metode uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Hasil dari uji BNT diperoleh kesimpulan bahwa *Porphyridium cruentum* dapat menurunkan logam berat merkuri paling efektif pada konsentrasi 1 ppm. Hasil perhitungan uji BNT dapat dilihat pada **tabel 3**.

**Tabel 3.** Tabel Uji BNT untuk Analisis Efisiensi Penurunan Logam Berat

Perlakuan				NOTASI	
	Rata-rata	C	B		A
		0,373	0,754	3,619	
C	0,373	0			A
B	0,754	0,381	0		Ax
A	3,619	3,246*	2,865*	0	B

Keterangan : \*(Berbeda Nyata)

Pranajaya *et al.* (2014), menyatakan bahwa umumnya mikroalga memiliki toleransi terhadap logam berat yang berbeda-beda. Semakin tingginya pemaparan konsentrasi logam berat maka akan semakin menghambat pertumbuhan mikroalga. Hal tersebut dikarenakan sel tidak mampu mengimbangi dampak toksik yang ditimbulkan oleh logam berat. Menurut Soeprbowati dan Hariyati (2013), konsentrasi logam berat sebesar 3 ppm dan 5 ppm telah menurunkan populasi *Porphyridium cruentum*.

#### 4.1.5 Analisis Waktu Efisiensi Penyerapan Terbaik pada Logam Berat Merkuri

Berdasarkan data yang sudah didapatkan, maka didapatkan hasil analisis waktu efisiensi penyerapan terbaik pada logam berat merkuri yang dapat dilihat pada **tabel 4**.

**Tabel 4.** Tabel ANOVA untuk Analisis Efisiensi Waktu Penyerapan Logam Berat Merkuri

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F <sub>Hitung</sub>	F <sub>Tabel (5%)</sub>
Perlakuan	2	11,529	5,764	42,205	5,140
Galat	6	0,819	0,137		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>12,348</b>			

Hasil dari uji anova menunjukkan bahwa  $F_{Hitung} (42,205) > F_{Tabel} 5\% (5,140)$  maka dapat disimpulkan bahwa tolak  $H_0$  dan terima  $H_1$ , yang artinya waktu memengaruhi proses penyerapan logam berat merkuri. Selanjutnya analisis data dilanjutkan dengan menggunakan metode uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Hasil dari uji BNT diperoleh kesimpulan bahwa *Porphyridium cruentum*

dapat menurunkan logam berat merkuri paling efektif pada konsentrasi 1 ppm. Hasil perhitungan uji BNT dapat dilihat pada **tabel 5**. Menurut Prambodo *et al.* (2016), semakin lama waktu kultur maka akan semakin besar persentase penyerapan logam berat.

**Tabel 5.** Tabel Uji BNT untuk Analisis Efisiensi Waktu Penyerapan Logam Berat

Perlakuan	Rata-rata	C	B	A	NOTASI
			0,903	2,741	
C	0,903	0			A
B	2,741	1,838*	0		B
A	3,619	2,716*	0,878*	0	C

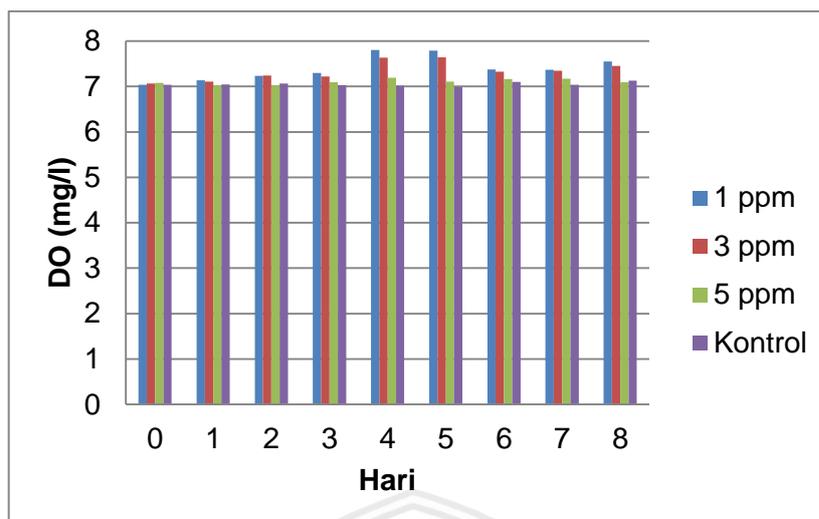
Keterangan : \*(Beda Nyata Terkecil)

#### 4.2 Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur pada penelitian ini meliputi parameter fisika yaitu intensitas cahaya serta suhu, parameter kimia yaitu DO, pH serta salinitas dan parameter biologi yaitu kepadatan *Porphyridium cruentum*. Pengukuran parameter kualitas air dilakukan setiap hari pada pukul 09.00 WIB.

##### 4.2.1 DO (*Dissolved Oxygen*)

Hasil yang diperoleh dari pengukuran DO selama penelitian menunjukkan bahwa DO yang terdapat pada media kultur termasuk kedalam kadar optimal. Hasil rata-rata yang diperoleh dari pengukuran DO selama penelitian yaitu sebesar 7,28 mg/l. Data Hasil pengukuran DO dapat dilihat pada **Gambar 10**.



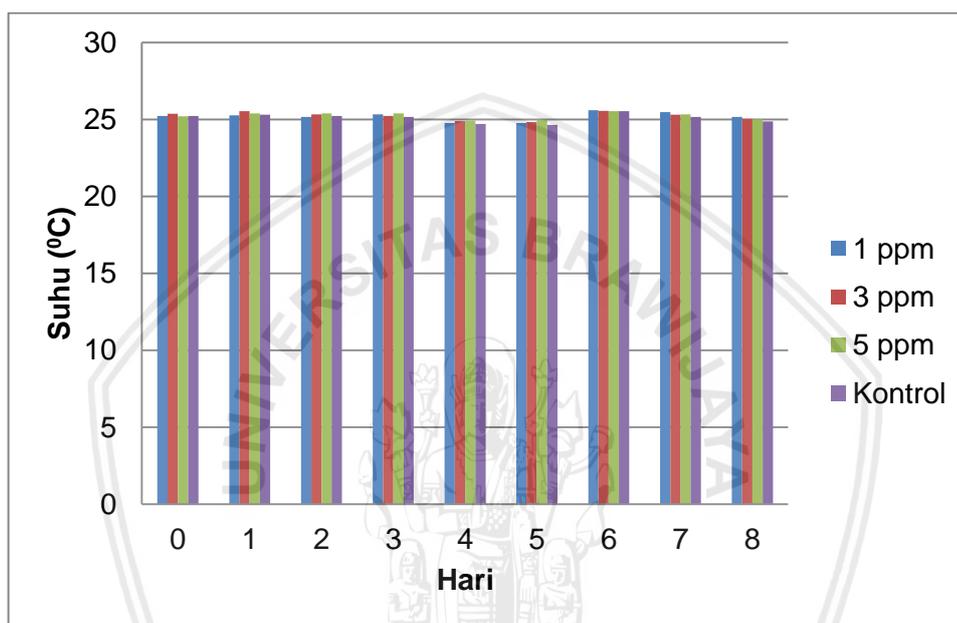
**Gambar 10.** Hasil Pengukuran DO

Berdasarkan pada gambar di atas kadar DO mengalami fluktuasi selama penelitian berlangsung. Kadar DO selama penelitian berkisar antara 6,99 mg/l - 7,89 mg/l. Kadar DO pada penelitian termasuk kedalam kadar yang sesuai untuk pertumbuhan *Porphyridium cruentum*. Hal ini sesuai dengan yang dijelaskan oleh Devita *et al.* (2018) bahwa kadar DO yang baik bagi kehidupan organisme laut yaitu > 5 mg/l. Lebih spesifik dijelaskan oleh Yusuf (2014), bahwa DO minimal yang sesuai untuk pertumbuhan mikroalga yaitu sebesar 3 mg/l.

Kadar DO pada hari ke 4 beberapa perlakuan mengalami peningkatan. Peningkatan yang terjadi pada perlakuan A, perlakuan B dan kontrol positif. Pada kontrol negatif kadar DO cenderung stabil. Hal ini dikarenakan jumlah *Porphyridium cruentum* yang terdapat pada perlakuan C tidak sebanyak perlakuan A, perlakuan B dan kontrol positif serta pada kontrol negatif tidak terdapat *Porphyridium cruentum*, sehingga DO yang dihasilkan oleh *Porphyridium cruentum* pada perlakuan A, perlakuan B dan kontrol positif lebih banyak dibandingkan perlakuan C dan kontrol negatif. Selain itu, DO juga dipengaruhi oleh kondisi suhu lingkungan kultur *Porphyridium cruentum*. Hal tersebut sesuai dengan pernyataan Yusuf (2014), bahwa sumber DO berasal dari fotosintesis organisme yang berklorofil serta suhu juga memengaruhi kondisi DO.

#### 4.2.2 Suhu

Hasil yang diperoleh dari pengukuran suhu selama penelitian menunjukkan bahwa suhu yang terdapat pada media kultur termasuk kedalam suhu yang optimal. Hasil rata-rata yang diperoleh dari pengukuran suhu selama penelitian yaitu sebesar 25,2 °C. Data Hasil pengukuran suhu dapat dilihat pada **Gambar 11**.



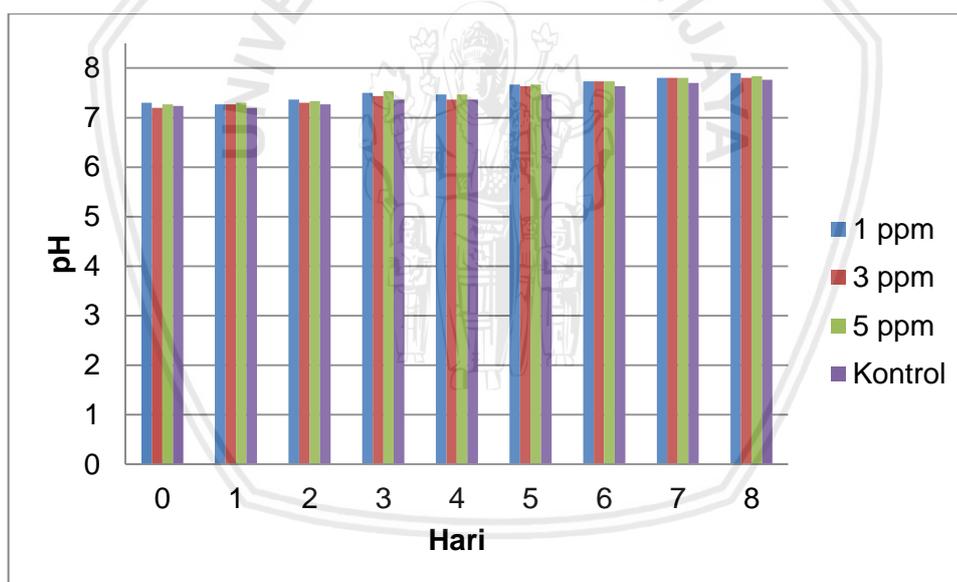
**Gambar 11.** Hasil Pengukuran Suhu

Berdasarkan pada gambar di atas suhu mengalami fluktuasi selama penelitian berlangsung. Suhu selama penelitian berkisar antara 24,6 °C – 25,6 °C. Kisaran suhu tersebut masih termasuk kedalam kisaran suhu yang optimal untuk pertumbuhan *Porphyridium cruentum*. Sesuai dengan Regista *et al.* (2017), yang menyatakan bahwa suhu yang optimal bagi pertumbuhan mikroalga yaitu berkisar antara 15 °C-30 °C. Selain itu, Mahendrajaya *et al.* (2014), juga menyatakan bahwa kisaran optimal bagi pertumbuhan *Porphyridium cruentum* yaitu sebesar 25 °C, namun *Porphyridium cruentum* dapat toleran terhadap suhu berkisar antara 10 °C-35 °C.

Selama penelitian berlangsung parameter suhu mengalami perbedaan. Perbedaan suhu ini dikarenakan oleh faktor kondisi cuaca selama penelitian berlangsung. Selain itu intensitas cahaya juga memengaruhi besaran nilai suhu selama penelitian berlangsung. Hal ini sesuai dengan pernyataan Patty (2013) bahwa faktor utama yang memengaruhi suhu yaitu kondisi cuaca serta kondisi intensitas cahaya.

#### 4.2.3 pH (Derajat Keasaman)

Hasil yang diperoleh dari pengukuran pH selama penelitian menunjukkan bahwa pH yang terdapat pada media kultur termasuk kedalam pH yang optimal. Hasil rata-rata yang diperoleh dari pengukuran pH selama penelitian yaitu sebesar 7,5. Data Hasil pengukuran pH dapat dilihat pada **Gambar 12**.



**Gambar 12.** Hasil Pengukuran pH

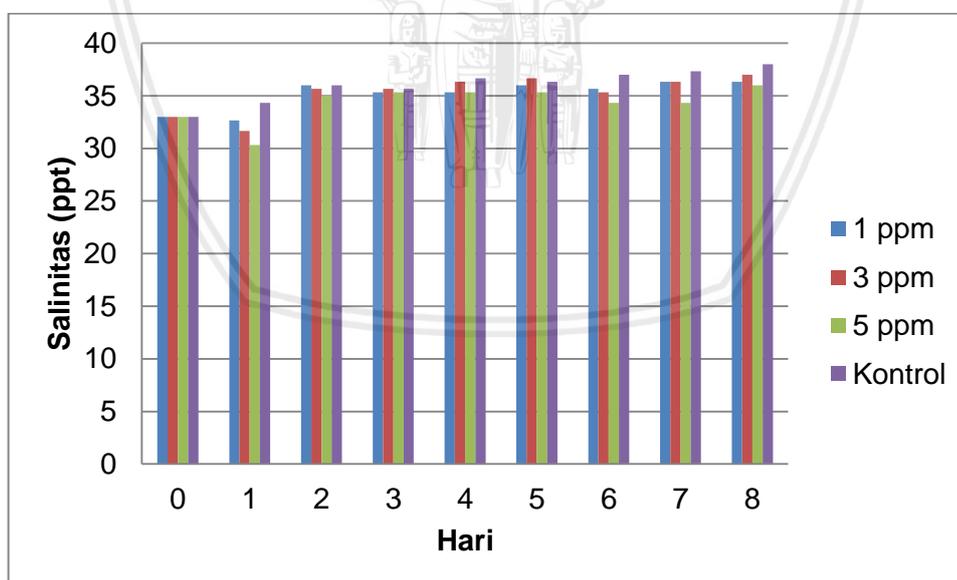
Berdasarkan pada gambar di atas pH mengalami fluktuasi selama penelitian berlangsung. pH selama penelitian berkisar antara 7,2 - 7,9. Kisaran nilai pH selama penelitian menunjukkan bahwa nilai pH masih termasuk kedalam kisaran yang baik bagi pertumbuhan *Porphyridium cruentum*. Menurut Mahendrajaya *et al.* (2014), kisaran pH yang optimal untuk proses fotosintesis *Porphyridium cruentum* yaitu sebesar 7,5. Selain itu, nilai pH yang dapat

ditoleransi oleh *Porphyridium cruentum* adalah pada kisaran 5,2-8,3. Jika nilai pH kurang dari 5 maka akan menghambat pertumbuhan *Porphyridium cruentum*.

Selama penelitian berlangsung nilai pH cenderung stabil hingga akhir penelitian. pH merupakan faktor yang memengaruhi ketersediaan CO<sub>2</sub> pada media kultur *Porphyridium cruentum*. Menurut Regista *et al.* (2017), nilai pH akan berpengaruh terhadap kemampuan mikroalga dalam memanfaatkan unsur hara. Selain itu, pH juga berpengaruh terhadap jumlah konsentrasi CO<sub>2</sub> pada media kultur.

#### 4.2.4 Salinitas

Hasil yang diperoleh dari pengukuran salinitas selama penelitian menunjukkan bahwa salinitas yang terdapat pada media kultur termasuk kedalam salinitas yang optimal. Hasil rata-rata yang diperoleh dari pengukuran salinitas selama penelitian yaitu sebesar 35 ppt. Data Hasil pengukuran salinitas dapat dilihat pada **Gambar 13**.



**Gambar 13.** Hasil Pengukuran Salinitas

Berdasarkan pada gambar di atas kadar salinitas mengalami fluktuasi selama penelitian berlangsung. Kadar salinitas selama penelitian berkisar antara 30 ppt - 38 ppt. Hasil tersebut masih pada kisaran yang dapat ditoleransi oleh

*Porphyridium cruentum*. Menurut Imelda *et al.* (2018), kadar salinitas yang dapat ditoleransi oleh mikroalga agar dapat tumbuh yaitu berkisar antara 22 ppt-60 ppt. Selain itu, Devita *et al.* (2018) menyatakan bahwa terdapat beberapa mikroalga yang mampu hidup dengan optimal pada salinitas berkisar 35 ppt.

Pada hasil pengukuran salinitas terjadi peningkatan kadar salinitas selama penelitian berlangsung. Peningkatan salinitas ini terjadi karena adanya penguapan media kultur, sehingga terjadi pengendapan garam pada media kultur. Terdapatnya aerasi pada media kultur *Porphyridium cruentum* juga menjadi faktor meningkatnya kadar salinitas pada media kultur. Hal ini bersesuaian dengan pernyataan Devita *et al.* (2018), bahwa terjadinya peningkatan kadar salinitas dapat disebabkan oleh penguapan massa air dan aerasi yang ada pada media kultur.

#### 4.2.5 Intensitas Cahaya

Intensitas cahaya pada penelitian ini diukur pada saat pengaturan awal tempat penelitian dengan menggunakan lux meter dengan merek dagan Lutron LX-101A. Intensitas cahaya pada penelitian menunjukkan bahwa intensitas cahaya yang digunakan pada media kultur termasuk kedalam intensitas cahaya yang optimal. Hasil untuk intensitas cahaya yang diukur adalah sebesar 3200 lux. Pada penelitian, intensitas cahaya juga menggunakan fotoperiode dengan perbandingan 12 jam terang dan 12 jam gelap.

Menurut Jati *et al.* (2012), Intensitas cahaya yang diperlukan untuk mendukung terjadinya fotosintesis yaitu berkisar antara 500-10000 lux dengan kisaran optimum antara 2000-8000 lux. Selain itu fotoperiode dijelaskan oleh Irwani *et al.* (2013), bahwa fotoperiode yang optimal bagi pertumbuhan *Porphyridium cruentum* yaitu dengan perbandingan 12 jam terang dan 12 jam gelap. Selain itu, pemilihan fotoperiode 12 jam terang dan 12 jam gelap karena mempertimbangkan kondisi alami pada habitat tropis *Porphyridium cruentum*.

Selain itu, menurut Hadiyanto dan Azim (2012) sebagian besar mikroalga tidak dapat tumbuh dengan baik dalam keadaan pencahayaan yang konstan dan secara terus menerus, karena mikroalga memerlukan waktu untuk istirahat agar dapat menyimpan makanan. Oleh karena itu, dibutuhkan fotoperiode.



## 5. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang didapatkan dari penelitian pemanfaatan *Porphyridium cruentum* sebagai Fikoremediator Logam Berat Merkuri adalah sebagai berikut:

1. Nilai efektifitas penyerapan logam merkuri pada perlakuan A menjadi yang tertinggi dengan besaran presentase sejumlah 3,62%, selanjutnya perlakuan B dengan nilai presentase sejumlah 0,75% dan yang terendah adalah perlakuan C dengan presentase sejumlah 0,37%.
2. Waktu efisiensi penyerapan terbaik terhadap logam berat merkuri dengan menggunakan mikroalga *Porphyridium cruentum* yaitu pada rentang 0 sampai 8 hari dengan persentase nilai efisiensi sebesar 3,62%.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian diatas, disarankan pada penelitian selanjutnya agar melakukan pengukuran logam berat pada biomassa mikroalga. Hal ini dikarenakan jika dibandingkan dengan mengukur logam berat pada media kultur mikroalga, mengukur logam berat pada biomassa mikroalga akan didapatkan hasil yang lebih valid mengenai konsentrasi yang dapat diserap oleh mikroalga.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, A. Y., T. R. Soeprbowati dan R. Hariyati. 2014. Pengaruh Perbedaan Kadar Logam Berat Kromium (Cr) Terhadap Pertumbuhan Populasi *Spirulina platensis* (Gomont) Geitler Dalam Skala Laboratorium. *Jurnal Biologi*. **3**(3): 1-6.
- Agustini, N. W. S. 2017. Kemampuan Pigmen Karoten dan Xantofil Mikroalga *Porphyridium crunetum* Sebagai Antioksidan Pada Domba. *Informatika Pertanian*. **26**(1): 1 – 12.
- Azizah, R., I. Sulistianingtiyas, D. Pringgenies dan S. Rudiyaniti. 2015. Potensi Rumput Laut *Eucheuma sp.* Terhadap Kepadatan Fitoplankton *Chlorella sp.* *Jurnal Kelautan Tropis*. **18**(3): 166–177
- Christina, Y., A. Tsalsabila, D. A. Ekawati, F. Amalia, R. D. Septiani, Novitri, T. Gulo, A. K. Reza, R. D. Jayanti, Erfiani dan Irzaman. 2016. Analisis Statistik Efisiensi Energi Penggunaan Tungku Sekam Sebagai Bahan Bakar Alternatif Rumah Tangga. Seminar Nasional Fisika 2016 Prodi Pendidikan Fisika dan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Jakarta. Jakarta: 99-104.
- Devita, I., Isnaini dan G. Diansyah. 2018. Kultivasi Mikroalga *Chaetoceros Sp.* dan *Spirulina sp.* Untuk Potensi Biodiesel *Maspari Journal*. **10**(2):123-130.
- Effendi, H. 2003. Telaah Kualitas Air Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan. Kanisius. Yogyakarta.
- Fauzi, R. P., M. Masykuri dan Sunarto. 2015. Nostoc Commune Vaucher Ex Bornet & Flahault Sebagai Fikoremediator Logam Berat Kadmium (Cd(II)). *Jurnal EKOSAINS*. **7**(2): 84-104.
- Hadiyanto dan M. Azim. 2012. Mikroalga Sumber Pangan dan Energi Masa Depan Edisi Pertama. UPT UNDIP Press. Semarang. 126 hlm.
- Hananingtyas, I. 2015. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Merkuri (Hg) Dalam Ikan Laut dan Upaya Pencegahan Kontaminasi pada Manusia. *JURNAL TEKNIK LINGKUNGAN*. **2**(2): 38-45.
- Handayanto, E., Y. Nuraini, N. Muddarisna, N. Syam dan A. Fiqri. Fitoremediasi dan *Phytomining* Logam Berat Pencemar Tanah. UB Press. Malang. 211 hlm.
- Imelda, S., C. Claudia, O. Lambui dan I. N. Suwastika. 2018. Kultivasi Mikroalga Isolat Lokal Pada Medium Ekstrak Tauge. *Natural Science: Journal of Science and Technology*. **7**(2): 148-157.
- Irwani, A. Ridlo dan Widianingsih. 2013. Optimalisasi Total Lipid Mikroalga *Porphyridium cruentum* Melalui Pembatasan Nutrien dan Fotoperiod. *Buletin Oseanografi Marina*. **2** : 16-23.

- Jati, F., J. Hutabarat dan V. E. Herawati. 2012. Pengaruh Penggunaan Dua Jenis Media Kultur Teknis yang Berbeda Terhadap Pola Pertumbuhan, Kandungan Protein dan Asam Lemak Omega 3 EPA (*Chaetoceros gracilis*). *Journal Of Aquaculture Management and Technology*. 1(1): 221-235.
- Kawaroe, M., T. Prartono, A. Sunuddin, D. W. Sari, dan D. Augustine. 2010. Mikroalga: Potensi Dan Pemanfaatannya Untuk Produksi Bio Bahan Bakar. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. 150 hlm.
- Lee, R. E. 2008. Phycology. *Cambridge University Press*. New York. 547 hlm.
- Mahendrajaya, R. T., O. K. Radjasa, I. Widowati dan Widianingsih. 2014. Analisis Pigmen R-Fikoeritrin Kultur Mikroalga *Porphyridium cruentum* pada Fotoperoid dan Nutrient Berbeda. Seminar Nasional Ke-III Hasil-Hasil Penelitian Perikanan dan Kelautan. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Diponegoro. Semarang : hlm 513-518.
- Masduqi, A.F., M. Izzati dan E. Prihastanti. 2014. Efek Metode Pengeringan terhadap Kandungan Bahan Kimia dalam Rumput Laut *Sargassumpolycystum*. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 22(1) : 1-9.
- Mulyadi, A. 2007. Mikroalga *Porphyridium*: Biologi dan Uji Guna In-Vitro. UNRI Press. Pekanbaru. 125 hlm.
- Mutmainnah, N., Y. Risjani dan A. M. S. Hertika. 2018. Growth Rate and Chemical Composition of Secondary Metabolite Extracellular Polysaccharide (EPS) in Microalga *Porphyridium cruentum*. *J.Exp. Life Sci*. 8(2): 97-102.
- Nindyapuspa, A. dan A. C. Ni'am. 2017. Distribusi Logam Berat Timbal di Perairan Laut Kawasan Pesisir Gresik. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*. 3(1): 1-5.
- Nirmala, K., Y. P. Hastuti dan V. Yuniar. 2012. Toksisitas Merkuri (Hg) dan Tingkat Kelangsungan Hidup, Pertumbuhan, Gambaran Darah, dan Kerusakan Organ Pada Ikan Nila *Oreochromis Niloticus*. *Jurnal Akuakultur Indonesia*. 11(1): 38-48.
- Nisak, K., B. S. Rahardja dan E. D. Masithah. 2013. Studi Perbandingan Kemampuan *Nannochloropsis sp.* dan *Chlorella sp.* Sebagai Agen Bioremediasi Terhadaplogam Berat Timbal (Pb). *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 5(2): 175-180.
- Nurhayati, T., M. B. Hermanto dan M. Lutfi. 2013. Penggunaan Fotobioreaktor Sistem Batch Tersirkulasi terhadap Tingkat Pertumbuhan Mikroalga *Chlorella vulgaris*, *Chlorella sp.* dan *Nannochloropsis oculata*. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis dan Biosistem*. 1(3): 249-257.
- Prambodo, M. S., R. Hariyati dan T. R. Soeprbowati. 2016. *Spirulina platensis* Geitler sebagai Fikoremediator Logam Berat Pb Skala Laboratorium. *Bioma*. 18(1): 64-69.

- Prasetyo, H., I. Setyaningsih dan D. R. Agungpriyono. 2015. Pertumbuhan dan Produksi Ekstraseluler Polisakarida *Porphyridium cruentum* pada Berbagai Kondisi Fotoperiode. *JPHPI*. **18**(2): 220-230.
- Prihatini, W. dan A. H. Mulyati. 2013. Depurasi Merkuri dengan Ozonasi pada *Anadara antiquata* dalam Upaya Keamanan Bahan Pangan. Prosiding Seminar Nasional Matematika, Sains, dan Teknologi. 4 : 9-18.
- Prijana dan A. S. Rohman. 2016. Studi Eksperimen Mengenai Metode Baca *Good Reading*. *Lentera Pustaka*. **2** (2): 71-81.
- Purnamawati, F. S., T. R. Soeprbowati dan M. Izzati. 2015. Potensi *Chlorella vulgaris* Beijerinck Dalam Remediasi Logam Berat Cd Dan Pb Skala Laboratorium. *BIOMA*. **16**(2): 102-113.
- Pusat Pendidikan Kelautan dan Perikanan. 2015. Modul Mengidentifikasi Parameter Kualitas Air. Jakarta. 62 hlm.
- Rafaelina, M., Y. Rustam dan S. Amini. 2016. Pertumbuhan Dan Aktivitas Antioksidan Dari Mikroalga *Porphyridium cruentum* dan *Chlorella sp.* *BIOMA* **12**(1): 12-21.
- Rao, P. H., R. R. Kumar, B. G. Raghavan, V. V. Subramanian and V. Sivasubramanian. 2011. Application of phycoremediation technology in the treatment of wastewater from a leather-processing chemical manufacturing facility. *Water SA*. **37**(1): 7-14.
- Ratnawati, E., R. Ermawati dan S. Naimah. 2010. Teknologi Biosorpsi Oleh Mikroorganisme, Solusi Alternatif Untuk Mengurangi Pencemaran Logam Berat. *Jurnal Kimia dan Kemasan*. **32**(1): 34-40.
- Regista, Ambeng, M. Litaay dan M. R. Umar. 2017. Pengaruh Pemberian Vermikompos Cair *Lumbricus rubellus* Hoffmeister Pada Pertumbuhan *Chlorella sp.* *BIOMA : JURNAL BIOLOGI MAKASSAR*. **2**(1): 1-8.
- Saputro, B. R., E. Kusdiyantini dan H. P. Kusumaningrum. 2015. Pertumbuhan Mikroalga *Botryococcus braunii* Sebagai Penghasil Lipid Pada Medium Campuran Antara Air Kelapa Dan Air Laut. *Jurnal Biologi*. **4**(4): 20-27.
- Sari, R. M., S. Ngabekti dan F. P. Martin H.B. 2013. Keanekaragaman Fitoplankton di Aliran Sumber Air Panas Condroidimuko Gedongsongo Kabupaten Semarang. *Unnes J Life Sci*. **2**(1): 9-15.
- Selayar, N. A., S. Tumembouw dan L. L. J. J. Mondoringin. 2015. Telaah Kandungan Logam Berat Merkuri (Hg) Di Sekitar Teluk Manado. *Jurnal Budidaya Perairan*. **3**(1): 124-130.
- Setyaningsih, I., E. Salamah dan D. A. Rahman. 2013. Komposisi Kimia dan Aktivitas Antihiperlipidemik Biomassa dan Polisakarida Ekstraseluler dari Mikroalga *Porphyridium cruentum*. *JPHPI*. **16**(1): 79-85.
- Setyaningsih, I., E. Salamah dan D. A. Rahman. 2013. Komposisi Kimia Dan Aktivitas Antihiperlipidemik Biomassa Dan Polisakarida Ekstraseluler Dari Mikroalga *Porphyridium cruentum*. *JPHPI*. **16**(1): 79-85.



- Simatupang, D., F. Restuhadi dan T. Dahril. 2017. Pemanfaatan Simbiosis Mikroalga *Chlorella sp.* dan EM4 Untuk Menurunkan Kadar Polutan Limbah Cair Sagu. *Jom FAPERTA*. **4**(1): 1-13.
- Siyoto, S. dan M. A. Sodik. Dasar Metodologi Penelitian. Literasi Media Publishing. Yogyakarta. 108 hlm.
- Soeprbowati, T. R. dan R. Hariyati. 2013. Bioaccumulation of Pb, Cd, Cu, and Cr by *Porphyridium cruentum* (S.F. Gray) Nägeli. *International Journal of Marine Science*. **3**(27): 212-218.
- Standar Nasional Indonesia. 2006. Metode Pengukuran Kualitas Air. Jakarta.
- Suyanto, Agus., S. Kusmiyati dan Ch. Retnaningsih. 2010. Residu Logam Berat Ikan Dari Perairan Tercemar Di Pantaiutara Jawa Tengah. *Jurnal Pangan dan Gizi*. **1**(2): 33-38.
- Tangjo, J. S. 2013. Adsorpsi Logam Merkuri (Hg) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal ENTROPI*. **8**(1): 500-506.
- Wanna, M., S. Yanto dan Kadirman. 2017. Analisis Kualitas Air dan Cemaran Logam Berat Merkuri (Hg) dan Timbal (Pb) pada Ikan di Kanal Daerah Hertasning Kota Makassar. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*. **3**: S197-S210.
- Wulandari, A. W., T. K. Adi dan D. Yuliani. 2015. Mercury (Hg) and Copper (Cu) Analysis of Sea Cucumber *Paracaudina australis* Crackers from Kenjeran Surabaya using Atomic Absorption Spectroscopy. *ALCHEMY*. **4**(1): 17-24.
- Wulandari, S. Y., B. Yulianto, G. W. Santosa dan K. Suwartimah. 2009. Kandungan Logam Berat Hg dan Cd dalam Air, Sedimen dan Kerang Darah (*Anadara granossa*) dengan Menggunakan Metode Analisis Pengaktifan Neutron (APN). *ILMU KELAUTAN*. **14**(3): 170 -175.
- Yanuhar, U. 2016. Mikroalga Laut *Nannochloropsis oculata*. Malang: UB Press. 161 hal.
- Yusuf, D. M. 2014. Pertumbuhan Populasi Mikroalga *Spirulina platensis* (Geitler) pada Konsentrasi Logam Berat Tembaga (Cu). *Jurnal Biologi*. **3** (1): 1-9.
- Yusuf, M., B. Hamzah, dan N. Rahman. 2013. Kandungan Merkuri (Hg) dalam Air Laut, Sedimen, dan Jaringan Ikan Belanak (*Liza melinoptera*) di Perairan Teluk Palu. *J. Akademika Kim*. **2**(3): 140 145.
- Zaib, M., M. M. Athar, A. Saeed, U. Farooq, M. Salman & M. N. Makshoof. 2016. Equilibrium, kinetic and thermodynamic biosorption studies of Hg(II) on red algal biomass of *Porphyridium cruentum*. *GREEN CHEMISTRY LETTERS AND REVIEWS*. **9**(4): 179–189.

## LAMPIRAN

**Lampiran 1.** Pengenceran dan perhitungan stok logam berat merkuri (Hg)

Diketahui:

- Ar Hg = 200,59
- Mr HgCl<sub>2</sub> = 271,496
- Ar Cl<sub>2</sub> = (35,453)<sup>2</sup> = 70,906
- $\frac{\text{Ar Hg}}{\text{Mr HgCl}_2} = \frac{200,59}{271,496} = 0,7388$
- 1 gr Hg =  $\frac{1 \text{ gr}}{0,7388} = 1,3535 \text{ gr HgCl}_2$
- Pembuatan stok 100 ppm = 0,1353 gr HgCl<sub>2</sub> + 1000 ml aquades
- Pembuatan konsentrasi 1 ppm

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 1000 \times 1 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{1000}{100} \times 1 \text{ ppm} = 10 \text{ ml}$$

- Pembuatan konsentrasi 3 ppm

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 1000 \times 3 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{1000}{100} \times 3 \text{ ppm} = 30 \text{ ml}$$

- Pembuatan konsentrasi 5 ppm

$$V_1 N_1 = V_2 N_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 1000 \times 5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{1000}{100} \times 5 \text{ ppm} = 50 \text{ ml}$$

**Lampiran 2. Alat dan Bahan**

No	Parameter	Alat	Bahan
1	Suhu	- DO meter	- Air media
2	Salinitas	- Refraktometer - Pipet tetes	- Air media
3.	Intensitas Cahaya	- <i>Lightmeter</i> Lutron LX-101A	- Lampu TL Philips 18 watt
4.	DO	- DO meter	- Air media
5.	pH	- pH pen ATC	- Air Media
6.	Strelisisasi Alat dan Air Media	- Toples - Selang aerasi - Batu aerasi - Pipet tetes - Botol Sampel	- Kaporit - <i>Chlorin test</i> - Natrium Thiosulfat - Air Laut - Aquades
7.	Kultur dan Perhitungan Kepadatan Mikroalga	- Mikroskop <i>Olympus</i> CX21LED - Cover glass - <i>Haemocytometer neubeuer</i> - Pipet tetes - <i>Hand counter</i> - Gelas ukur - Toples - Aerator - Selang aerator - Batu aerasi - <i>Washing bottle</i> - Botol Sampel - Stop Kontak Timer	- Air Laut - <i>Porphyridium cruentum</i> - Aquades - Lugol - Diatom - Silikat - Vitamin - Lampu TL Philips 18 watt
8.	Pembuatan Konsentrasi Logam Berat Merkuri (Hg)	- Timbangan Analitik - Gelas Ukur - Spatula	- Alumunium foil - Senyawa logam berat merkuri (HgCl <sub>2</sub> ) - Aquades
9.	Pengukuran Perubahan Logam Berat Merkuri	- AAS ( <i>Atomic Absorption Spectroscopy</i> ) - Botol Sampel	- Air media - Senyawa logam berat merkuri (HgCl <sub>2</sub> )



### Lampiran 3. Data Hasil Pengukuran Konsentrasi Logam Berat

- Data pengukuran konsentrasi logam berat

Perlakuan	Ulangan	Konsentrasi Hari ke- (ppm)	
		0	8
A (1 ppm)	1	0.994	0.952
	2	0.990	0.956
	3	0.992	0.959
	rata-rata	$0.992 \pm 0.002$	$0.956 \pm 0.003$
B (3 ppm)	1	3.007	2.978
	2	2.995	2.976
	3	2.993	2.973
	rata-rata	$2.999 \pm 0.006$	$2.976 \pm 0.002$
C (3 ppm)	1	4.989	4.976
	2	4.996	4.974
	3	4.998	4.976
	rata-rata	$4.994 \pm 0.004$	$4.975 \pm 0.001$

- Data efisiensi adsorpsi logam berat

Perlakuan	Ulangan	Hari ke - 0 sampai ke - 8
A (1 ppm)	1	0.042
	2	0.034
	3	0.032
	Rata-rata	0.036
B (3 ppm)	1	0.010
	2	0.006
	3	0.007
	Rata-rata	0.008
C (5 ppm)	1	0.003
	2	0.004
	3	0.004
	Rata-rata	0.004

**Lampiran 4.** Penghitungan Rancangan Acak Lengkap Penyerapan Logam

Perlakuan	Ulangan			Total
	1	2	3	
A (1 ppm)	4.202	3.421	3.234	10.857
B (3 ppm)	0.957	0.642	0.661	2.261
C (5 ppm)	0.257	0.434	0.428	1.119
<b>Total</b>				<b>14.237</b>

- Faktor Koreksi (FK)  $= \frac{14.237^2}{3 \times 3}$   
 $= 22.522$
- JKT  $= (4.202^2 + 3.421^2 + \dots + 0.428^2) - FK$   
 $= 19.527$
- JKP  $= \frac{(10.857^2 + 2.261^2 + 1.119^2)}{3} - FK$   
 $= 18.891$
- JKG  $= JKT - JKP$   
 $= 19.527 - 18.891$   
 $= 0.636$

**Analisa Sidik Ragam (ANOVA)**

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F <sub>Hitung</sub>	F <sub>Tabel (5%)</sub>
Perlakuan	2	18.891	9.446	89,121	5,140
Galat	6	0.636	0.106		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>19.527</b>			

**Lampiran 5. Penghitungan Uji Beda Nyata Terkecil**

$$\begin{aligned}
 \text{BNT 5\%} &= t (0.05 \cdot \text{db galat}) \times \frac{\sqrt{2} \times \text{KTG}}{\text{ulangan}} \\
 &= t (0,05, 6) \times \frac{\sqrt{2} \times 0.106}{3} \\
 &= 0.651
 \end{aligned}$$

Tabel Uji BNT

Perlakuan				NOTASI	
	C	B	A		
	Rata-rata	0.373	0.754	3.619	
C	0.373	0.000			A
B	0.754	0.381	0.000		A
A	3.619	3.246	2.865	0.000	B

Keterangan : \* (berbeda nyata)



**Lampiran 6.** Penghitungan Rancangan Acak Lengkap Efisiensi Waktu

Perlakuan	Ulangan			Total
	A1	A2	A3	
A (1 ppm)	1.120	0.845	0.743	2.708
B (3 ppm)	3.117	2.598	2.509	8.224
C (5 ppm)	4.202	3.421	3.234	10.857
<b>Total</b>				<b>21.789</b>

- Faktor Koreksi (FK) =  $\frac{21.789^2}{3 \times 3}$   
= 52.753
- JKT =  $(1.120^2 + 0.845^2 + \dots + 3.234^2) - FK$   
= 12.348
- JKP =  $\frac{(2.708^2 + 8.224^2 + 10.857^2)}{3} - FK$   
= 11.529
- JKG = JKT - JKP  
= 12.348 - 11.529  
= 0.819

**Analisa Sidik Ragam (ANOVA)**

Sumber Keragaman	Derajat Bebas (db)	Jumlah Kuadrat (JK)	Kuadrat Tengah (KT)	F <sub>Hitung</sub>	F <sub>Tabel (5%)</sub>
Perlakuan	2	11.529	5.764	42,205	5,140
Galat	6	0.819	0.137		
<b>Total</b>	<b>8</b>	<b>12.348</b>			

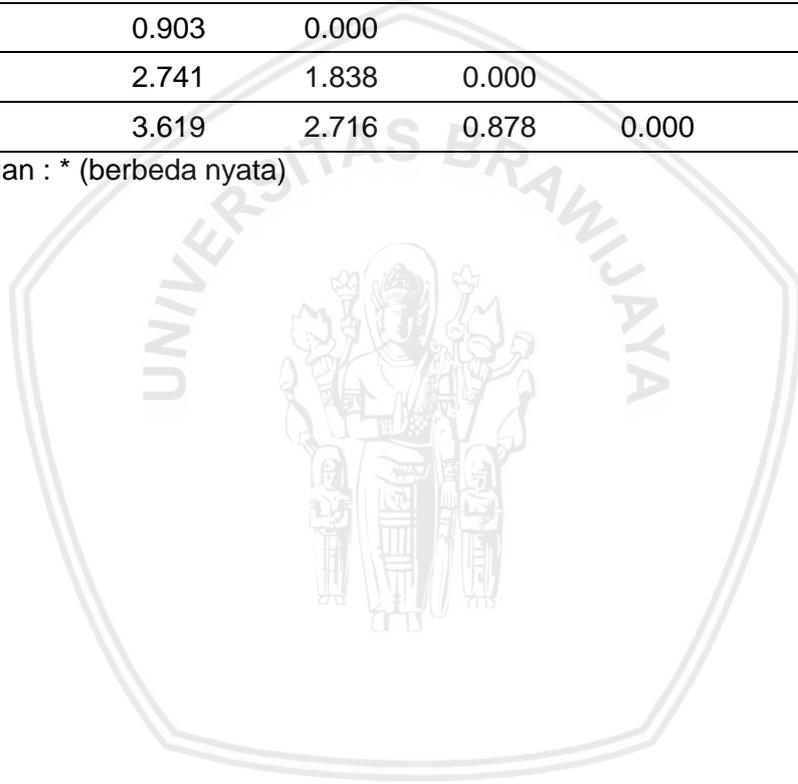
**Lampiran 7. Penghitungan Uji Beda Nyata Terkecil Efisiensi Waktu**

$$\begin{aligned}
 \text{BNT } 5\% &= t (0.05 \cdot \text{db galat}) \times \frac{\sqrt{2} \times \text{KTG}}{\text{ulangan}} \\
 &= t (0,05, 6) \times \frac{\sqrt{2} \times 0.137}{3} \\
 &= 0.739
 \end{aligned}$$

**Tabel Uji BNT**

Perlakuan		Rata-rata			NOTASI
		C	B	A	
	Rata-rata	0.903	2.741	3.619	
C	0.903	0.000			A
B	2.741	1.838	0.000		B
A	3.619	2.716	0.878	0.000	C

Keterangan : \* (berbeda nyata)



Lampiran 8. Data Hasil Pengukuran DO (*Dissolved Oxygen*)

Perlakuan	Hari								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>A1</b>	7.00	7.27	7.33	7.27	7.92	7.83	7.37	7.37	7.63
<b>A2</b>	7.08	7.01	7.12	7.30	7.65	7.67	7.48	7.49	7.49
<b>A3</b>	7.02	7.13	7.26	7.31	7.83	7.87	7.27	7.25	7.53
<b>Rata-rata</b>	7.03	7.14	7.24	7.29	7.80	7.79	7.37	7.37	7.55
<b>B1</b>	7.03	7.13	7.28	7.29	7.64	7.64	7.40	7.42	7.43
<b>B2</b>	7.07	7.11	7.19	7.15	7.69	7.19	7.27	7.31	7.81
<b>B3</b>	7.09	7.07	7.26	7.21	7.57	8.09	7.31	7.30	7.12
<b>Rata-rata</b>	7.06	7.10	7.24	7.22	7.63	7.64	7.33	7.34	7.45
<b>C1</b>	7.03	7.03	7.04	7.09	7.26	7.12	7.13	7.21	7.14
<b>C2</b>	7.11	7.01	7.01	7.09	7.12	7.09	7.15	7.17	7.19
<b>C3</b>	7.09	7.04	7.04	7.10	7.20	7.10	7.20	7.13	6.94
<b>Rata-rata</b>	7.08	7.03	7.03	7.09	7.19	7.10	7.16	7.17	7.09
<b>K1</b>	7.01	7.09	7.03	7.11	6.88	6.96	7.10	7.02	7.20
<b>K2</b>	7.08	7.01	7.09	6.97	7.14	6.87	7.11	6.97	7.16
<b>K3</b>	7.02	7.03	7.08	7.01	7.03	7.14	7.09	7.11	7.02
<b>Rata-rata</b>	7.04	7.04	7.07	7.03	7.02	6.99	7.10	7.03	7.13



Lampiran 9. Data Hasil Pengukuran Suhu

Perlakuan	Hari								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>A1</b>	25.30	25.20	25.10	25.90	24.60	24.80	25.60	25.20	25.10
<b>A2</b>	25.40	25.00	25.20	25.00	24.90	24.30	25.60	25.70	25.30
<b>A3</b>	25.00	25.60	25.20	25.10	24.80	25.20	25.60	25.50	25.10
<b>Rata-rata</b>	25.23	25.27	25.17	25.33	24.77	24.77	25.60	25.47	25.17
<b>B1</b>	25.00	25.60	25.00	25.10	25.30	25.30	25.70	25.00	25.30
<b>B2</b>	25.40	25.60	25.90	25.00	24.90	24.00	25.80	25.20	25.00
<b>B3</b>	25.70	25.40	25.10	25.60	24.50	25.20	25.20	25.70	24.80
<b>Rata-rata</b>	25.37	25.53	25.33	25.23	24.90	24.83	25.57	25.30	25.03
<b>C1</b>	25.30	25.40	25.30	25.70	24.90	25.00	25.80	25.60	25.30
<b>C2</b>	25.30	25.40	25.90	25.50	24.30	24.80	25.20	25.40	25.00
<b>C3</b>	25.00	25.40	25.00	25.00	25.60	25.10	25.60	25.00	24.70
<b>Rata-rata</b>	25.20	25.40	25.40	25.40	24.93	24.97	25.53	25.33	25.00
<b>K1</b>	25.60	25.30	25.40	25.30	24.50	24.00	25.20	25.60	25.00
<b>K2</b>	25.10	25.30	25.30	25.20	24.70	25.20	25.80	25.00	24.50
<b>K3</b>	25.00	25.30	25.00	25.00	24.90	24.70	25.60	24.90	25.10
<b>Rata-rata</b>	25.23	25.30	25.23	25.17	24.70	24.63	25.53	25.17	24.87



Lampiran 10. Data Hasil Pengukuran pH

Perlakuan	Hari								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>A1</b>	7.3	7.4	7.6	7.6	7.6	7.8	7.8	7.9	8.1
<b>A2</b>	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.6	7.7	7.7	7.9
<b>A3</b>	7.4	7.1	7.2	7.5	7.4	7.6	7.7	7.8	7.7
<b>Rata-rata</b>	7.3	7.3	7.4	7.5	7.5	7.7	7.7	7.8	7.9
<b>B1</b>	7.1	7.2	7.2	7.5	7.5	7.6	7.8	7.7	7.8
<b>B2</b>	7.0	7.3	7.3	7.4	7.3	7.6	7.7	7.8	7.8
<b>B3</b>	7.5	7.3	7.4	7.4	7.3	7.7	7.7	7.9	7.8
<b>Rata-rata</b>	7.2	7.3	7.3	7.4	7.4	7.6	7.7	7.8	7.8
<b>C1</b>	7.4	7.3	7.3	7.4	7.4	7.6	7.8	7.9	7.9
<b>C2</b>	7.1	7.2	7.5	7.7	7.6	7.8	7.7	7.8	7.7
<b>C3</b>	7.3	7.4	7.2	7.5	7.4	7.6	7.7	7.7	7.9
<b>Rata-rata</b>	7.3	7.3	7.3	7.5	7.5	7.7	7.7	7.8	7.8
<b>K1</b>	7.1	7.2	7.1	7.4	7.4	7.5	7.7	7.6	7.6
<b>K2</b>	7.4	7.3	7.2	7.3	7.3	7.5	7.6	7.7	7.8
<b>K3</b>	7.2	7.1	7.5	7.4	7.4	7.4	7.6	7.8	7.9
<b>Rata-rata</b>	7.2	7.2	7.3	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.8



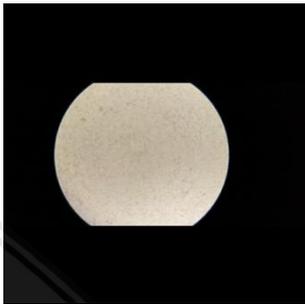
Lampiran 11. Data Hasil Pengukuran Salinitas

Perlakuan	Hari								
	0	1	2	3	4	5	6	7	8
A1	33.0	33.0	36.0	35.0	36.0	36.0	35.0	37.0	36.0
A2	33.0	32.0	36.0	36.0	35.0	36.0	36.0	36.0	37.0
A3	33.0	33.0	36.0	35.0	35.0	36.0	36.0	36.0	36.0
Rata-rata	33.0	32.7	36.0	35.3	35.3	36.0	35.7	36.3	36.3
B1	33.0	31.0	36.0	36.0	37.0	37.0	35.0	36.0	36.0
B2	33.0	32.0	36.0	36.0	36.0	37.0	36.0	37.0	38.0
B3	33.0	32.0	35.0	35.0	36.0	36.0	35.0	36.0	37.0
Rata-rata	33.0	31.7	35.7	35.7	36.3	36.7	35.3	36.3	37.0
C1	33.0	29.0	35.0	36.0	36.0	35.0	36.0	36.0	36.0
C2	33.0	31.0	35.0	35.0	35.0	36.0	33.0	33.0	36.0
C3	33.0	31.0	35.0	35.0	35.0	35.0	34.0	34.0	36.0
Rata-rata	33.0	30.3	35.0	35.3	35.3	35.3	34.3	34.3	36.0
K1	33.0	35.0	37.0	36.0	37.0	36.0	38.0	38.0	38.0
K2	33.0	34.0	36.0	36.0	36.0	37.0	37.0	37.0	38.0
K3	33.0	34.0	35.0	35.0	37.0	36.0	36.0	37.0	38.0
Rata-rata	33.0	34.3	36.0	35.7	36.7	36.3	37.0	37.3	38.0



Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian

 <p>1. Air Laut</p>	 <p>2. Aerator</p>	 <p>3. Aquades</p>
 <p>4. Lampu TL 18 Watt</p>	 <p>5. Lux meter</p>	 <p>6. Haemocytometer</p>
 <p>7. Refraktometer</p>	 <p>8. Mikroskop</p>	 <p>9. DO meter</p>
 <p>10. Lamp Timer</p>	 <p>11. Hand Tally Counter</p>	 <p>12. Lugol</p>

		
13. Kaporit	14. Tisu	15. Alkohol 70%
		
16. Kultur Mikroalga	17. Na thiosulfat	18. Pengamatan <i>Porphyridium cruentum</i>
		
19. Penimbangan Logam Berat	20. (kiri) Diatom, (tengah) Silikat dan (kanan) Vitami	21. Bibit <i>Porphyridium cruentum</i>