

**STUDI EFEKTIVITAS RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DAN *Sargassum cristaefolium* DALAM MENYERAP LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

Oleh:

**CATUR SUGIARTO**

**NIM.125080601111058**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

**STUDI EFEKTIVITAS RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DAN *Sargassum cristaefolium* DALAM MENYERAP LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)**

**SKRIPSI**

**PROGRAM STUDI ILMU KELAUTAN**

**JURUSAN PEMANFAATAN SUMBERDAYA PERIKANAN DAN KELAUTAN**

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

**Universitas Brawijaya**

**Oleh:**

**CATUR SUGIARTO**

**NIM.125080601111058**



**FAKULTAS PERIKANAN DAN ILMU KELAUTAN**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**MALANG**

**2016**

LEMBAR PENGESAHAN

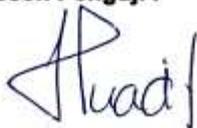
**STUDI EFEKTIVITAS RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DAN *Sargassum cristaefolium* DALAM MENYERAP LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)**

Oleh :  
**CATUR SUGIARTO**  
 NIM. 125080601111058

Telah dipertahankan di depan penguji  
 Pada tanggal 22 Juli 2016  
 Dan dinyatakan telah memenuhi syarat

Menyetujui,

Dosen Penguji I

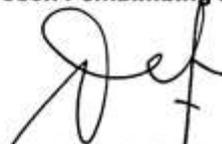


(M. A. Zainul Fuad, S.Kel, M.Sc)

NIP. 19801005 200501 1 002

Tanggal: 11 AUG 2016

Dosen Pembimbing I



(Defri Yona, S.Pi, M.Sc. Stud., D.Sc)

NIP. 19781229 200312 2 002

Tanggal: 11 AUG 2016

Dosen Penguji II



(Dhira Khurniawan S, S.Kel., M.Sc)

NIK. 201201 860115 1 001

Tanggal: 11 AUG 2016

Dosen Pembimbing II



(Dwi Candra Pratiwi, S.Pi., M.Sc., MP)

NIP. 19860115 201504 2 001

Tanggal: 11 AUG 2016



(Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP)

NIP. 19630608 198703 1 003

Tanggal: 11 AUG 2016



## PERNYATAAN ORISINALITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Catur Sugiarto

NIM : 125080601111058

Prodi : Ilmu Kelautan

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis dalah benar-benar hasil karya saya. Apabila di kemudian hari terkbukti atau dapat dibuktikan bahwa skripsi yang saya tulis adalah hasil penjiplakan (plagiasi), maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut sesuai hukum yang berlaku di Indonesia.



Malang, 22 Juli 2016

Catur Sugiarto  
125080601111058

## UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Allah SWT karena sudah memberikan kelancaran serta kemudahan, syukur selalu saya panjatkan kepada-Mu.
2. Suwarno (Bapakku) dan Tasminah (Mamakku), Idawati (Mbakku), S Dwi Prasetyo (Masku), serta Gangsar Tri W (Masku satu lagi) yang telah memberikan doa moril, dan materil sampai sejauh ini.
3. Bapak Dr. Ir. Daduk Setyohadi, MP. selaku ketua jurusan PSPK.
4. Ibu Feni Iranawati., S.Pi., M.Si., Ph.D selaku Ketua Prodi Ilmu Kelautan.
5. Ibu Defri Yona, S.Pi., M.Sc., Stud., D.Sc selaku pembimbing 1 dan ibu Dwi Candra Pratiwi, S.Pi., M.Sc. selaku pembimbing 2 yang telah sabar dalam memberikan bimbingan serta masukan dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak M. A. Zainul Fuad, S.Kel., M.Sc selaku penguji 1 dan bapak Dhira Khurniawan S, S.Kel., M.Sc selaku penguji 2 skripsi yang telah memberikan saran dan masukan mengenai penulisan laporan.
7. Yullita Ika Damayanti dan Yusron Alifi selaku partner penelitian yang senantiasa berjuang bersama-sama mulai dari survey, cari alat dan bahan, sharing ilmu selama penelitian.
8. Sahabat penulis yakni Yossy C. Gloria, Nur Cahyaningrum, Ari Dwi Cahyono, Irwan Wahyudi, M. Akbarurrasyid, Bagus Adi Laksono, Renardhi Abyan P yang telah memberikan semangat serta motivasi dalam menyelesaikan laporan skripsi ini serta menjadi kawan yang baik selama ini.
9. Keluarga WMR yakni Dhea Ayu Batamia, Liuta Yamano Aden, M. Abdul Ghofur A, dan Yusron Alifi yang selalu memberikan kebersamaannya selama bulan Ramadhan di Malang.
10. Kelompok studi MAD yang senantiasa memberikan ilmunya mengenai pemahaman perhitungan statistik.
11. Semua teman-teman Ilmu Kelautan khususnya angkatan 2012 yang telah memberikan doa serta dukungannya.

Malang, 22 Juli 2016

## RINGKASAN

**CATUR SUGIARTO.** Studi Efektivitas Rumput Laut *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* dalam Menyerap Logam Berat Kadmium (Cd) (di bawah bimbingan **Defri Yona, S. Pi., M. Sc., Stud., D. Sc** dan **Dwi Candra Pratiwi, S. Pi., M. Sc.**).

---

---

Masalah pencemaran akibat adanya pembuangan limbah industri maupun aktivitas-aktivitas lain di sekitar perairan telah menjadi permasalahan yang cukup serius di Indonesia. Salah satu limbah yang sulit didegradasi keberadaannya adalah limbah logam berat. Salah satu logam berat yang penyebarannya cukup luas adalah logam berat kadmium. Salah satu upaya untuk meminimalisir keberadaan logam berat adalah dengan memanfaatkan rumput laut sebagai biosorben. Penelitian sebelumnya menunjukkan genus rumput laut seperti *Euचेuma* dan *Sargassum* dapat digunakan sebagai absorben terhadap logam berat, oleh sebab itu perlu adanya suatu penelitian mengenai efektivitas dari rumput laut jenis *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* dalam menyerap logam berat Cd, sehingga nantinya dapat diketahui spesies mana yang lebih efektif digunakan dalam pemulihan lingkungan perairan yang tercemar.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui kemampuan absorpsi rumput laut *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* terhadap paparan logam berat kadmium, potensinya sebagai absorben logam berat kadmium di perairan, serta mengetahui efektivitas antara kedua spesies dalam menyerap logam berat kadmium. Kegiatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Adapun uji analisis kandungan logam berat dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang. Pelaksanaan penelitian ini dimulai pada bulan Maret hingga April 2016.

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Prosedur penelitian ini antara lain pembuatan larutan stok Cd 1000 ppm, pemberian perlakuan dan pengamatan kualitas air (suhu, salinitas, pH, dan DO) selama 10 hari, serta uji kandungan logam berat di air dan rumput laut pada awal dan akhir penelitian.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa persentase penurunan logam berat Cd di air pada rumput laut *Euचेuma cottonii* yakni sebesar 53,8% sedangkan pada rumput laut *Sargassum cristaefolium* yakni sebesar 56,9%. Persentase penyerapan rumput laut *Euचेuma cottonii* sebesar 97,4% sedangkan *Sargassum cristaefolium* sebesar 99,1%. Secara statistik (ANOVA dan BNT) rumput laut *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* memiliki perbedaan terhadap penyerapan logam berat Cd. Nilai BCF menunjukkan bahwa kedua rumput laut termasuk dalam kategori tanaman *metal excluder* (BCF < 1). Berdasarkan hasil penelitian ini, nilai penurunan dan penyerapan logam berat Cd *Sargassum cristaefolium* lebih besar dibandingkan dengan *Euचेuma cottonii* sehingga dapat diasumsikan bahwa rumput laut *Sargassum cristaefolium* memiliki kemampuan menyerap logam berat Cd lebih efektif dibandingkan *Euचेuma cottonii*.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat, hidayat, serta karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi yang berjudul **“STUDI EFEKTIVITAS RUMPUT LAUT *Eucheuma cottonii* DAN *Sargassum cristaefolium* DALAM MENYERAP LOGAM BERAT KADMIUM (Cd)”**. Laporan skripsi ini berisi tentang pengertian rumput laut beserta peranannya sebagai absorben, tujuan dan kegunaan penelitian, metode-metode, serta hasil yang didapatkan selama penelitian.

Demikian laporan skripsi ini disusun, penulis berharap semoga laporan ini dapat menjadi salah satu sumber pengetahuan. Penulis selalu mengharap kritik dan saran demi kesempurnaan penelitian selanjutnya. Semoga bermanfaat bagi kita semua dan dapat memberikan kontribusi pada masyarakat, serta bagi penyusun khususnya.



Malang, 22 Juli 2016

Penulis

## DAFTAR ISI

PERNYATAAN ORISINALITAS .....	i
UCAPAN TERIMAKASIH .....	ii
RINGKASAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
DAFTAR TABEL .....	vii
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR LAMPIRAN .....	ix
<b>1. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan .....	4
1.4. Hipotesis .....	4
1.5. Manfaat .....	4
<b>2. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Pencemaran Air .....	5
2.2. Logam Berat .....	6
2.2.1. Logam Berat Kadmium (Cd) .....	6
2.3. Rumput Laut .....	8
2.3.1. <i>Eucheuma cottonii</i> .....	9
2.3.2. <i>Sargassum cristaefolium</i> .....	11
2.4. Penyerapan Logam Berat oleh Rumput Laut .....	12
2.5. Parameter Kualitas Air .....	14
2.5.1. Suhu .....	14
2.5.2. Salinitas .....	14
2.5.3. pH .....	15
2.5.4. Oksigen Terlarut .....	16
<b>3. METODE PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1. Waktu dan Tempat .....	17
3.2. Bahan Uji .....	17
3.3. Wadah Uji .....	17
3.4. Alat dan Bahan .....	17
3.5. Metode Penelitian .....	18
3.6. Prosedur Penelitian .....	19
3.6.1. Pembuatan Larutan Stok .....	19
3.6.2. Desain Penelitian .....	20
3.6.3. Pengamatan Kualitas Air .....	21

3.6.4.	Pengumpulan Data.....	21
3.7.	Analisis Data .....	23
3.7.1.	Analisis Deskriptif .....	23
3.7.2.	Persentase Penyerapan Logam Berat Cd.....	23
3.7.3.	<i>Bio-Concentration Factor</i> (BCF) .....	24
3.7.4.	ANOVA.....	24
<b>4.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>26</b>
4.1.	Parameter Kualitas Air.....	26
4.1.1.	Suhu.....	27
4.1.2.	Salinitas.....	28
4.1.3.	pH.....	29
4.1.4.	Oksigen Terlarut.....	30
4.2.	Hasil Penyerapan Logam Berat Cd.....	31
4.2.1.	Sampel Air.....	31
4.2.2.	Sampel Rumput Laut.....	33
4.3.	Deteksi Perubahan Morfologi pada Sampel Rumput Laut.....	36
4.3.1.	<i>Eucheuma cottonii</i> .....	36
4.3.2.	<i>Sargassum cristaefolium</i> .....	39
4.4.	Hasil Nilai <i>Bio-Concentration Factor</i> (BCF).....	42
4.5.	Hasil ANOVA.....	44
<b>5.</b>	<b>PENUTUP .....</b>	<b>46</b>
5.1.	Kesimpulan.....	46
5.2.	Saran.....	46
	<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>47</b>
	<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>51</b>

**DAFTAR TABEL**

Tabel 1. Alat dan Fungsinya .....	17
Tabel 2. Bahan dan Fungsinya .....	18
Tabel 3. Model Rancangan Penelitian .....	20
Tabel 4. Nilai Rata-rata Parameter Kualitas Air Keseluruhan.....	26
Tabel 5. Data Hasil Rata-rata Penurunan Logam Berat Cd dalam Air.....	31
Tabel 6. Hasil Persentase Penyerapan Logam Berat Cd pada Rumput Laut .....	33
Tabel 7. Hasil Perhitungan Nilai BCF Rumput Laut.....	42
Tabel 8. Hasil ANOVA Perhitungan Manual.....	44



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. *Eucheuma cottonii*..... 10  
 Gambar 2. *Sargassum cristaefolium*..... 11  
 Gambar 3. Logam Berat Cd..... 7  
 Gambar 4. Skema Penelitian ..... 23  
 Gambar 5. Grafik Pengukuran Suhu..... 27  
 Gambar 6. Grafik Pengukuran Salinitas..... 28  
 Gambar 7. Grafik Pengukuran pH..... 29  
 Gambar 8. Grafik Pengukuran DO..... 30  
 Gambar 9. *Eucheuma cottonii* Kontrol A (Awal) dan B (Akhir)..... 36  
 Gambar 10. *Eucheuma cottonii* A (Awal) dan B (Akhir)..... 37  
 Gambar 11. *Sargassum cristaefolium* Kontrol A (Awal) dan B (Akhir)..... 39  
 Gambar 12. *Sargassum cristaefolium* A (Awal) dan B (Akhir)..... 40



**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Data Suhu ..... 51  
 Lampiran 2. Data Salinitas ..... 52  
 Lampiran 3. Data Oksigen Terlarut ..... 53  
 Lampiran 4. Data pH..... 54  
 Lampiran 5. Hasil Perhitungan ANOVA ..... 55  
 Lampiran 6. Hasil Perhitungan BNT ..... 56  
 Lampiran 7. Hasil Uji Kandungan Logam Berat Sampel Rumput Laut ..... 57  
 Lampiran 8. Alat dan Bahan Penelitian ..... 62  
 Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian..... 65



## 1. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Pencemaran air adalah suatu peristiwa masuknya zat – zat ke dalam air yang mengakibatkan kualitas (mutu) air tersebut menurun, sehingga dapat mengganggu dan membahayakan kesehatan masyarakat. Pencemaran air terjadi karena perbuatan manusia yang dapat timbul dari berbagai macam kegiatan manusia, baik secara disengaja maupun tidak. Perbuatan manusia yang mengakibatkan pencemaran air pada umumnya jauh lebih besar daripada yang diakibatkan oleh sebab alami (Sugiharto, 1987). Masalah pencemaran akibat adanya pembuangan limbah industri maupun aktivitas-aktivitas lain di sekitar perairan telah menjadi permasalahan yang cukup serius di Indonesia. Hal ini berkaitan dengan dampak negatif baik langsung maupun tidak langsung ke perairan sekitar akibat pembuangan limbah.

Dewasa ini, bidang perindustrian telah mengalami kemajuan yang sangat pesat. Kemajuan yang sangat pesat tersebut selain memberikan efek menguntungkan bagi manusia juga memberikan efek yang buruk bagi manusia terutama lingkungan. Pencemaran merupakan salah satu efek kemajuan industri yang dapat merusak lingkungan. Pencemaran yang terjadi di laut secara langsung maupun tidak langsung dapat disebabkan oleh pembuangan limbah ke dalam laut, di mana salah satu bahan pencemar utama yang terkandung dalam buangan limbah adalah logam berat yang beracun (Ihsan *et al.*, 2015).

Limbah logam berat dapat menjadi beracun karena sifatnya yang sulit didegradasi. Logam berat merupakan bahan pencemar yang perlu perhatian khusus jika keberadaannya telah berada di lingkungan dengan tingkat toksisitas tinggi. Logam berat dibedakan berdasarkan fungsinya dibagi menjadi dua, yaitu logam esensial dan logam non esensial. Logam esensial maupun non esensial

apabila jumlahnya dalam tubuh berlebih akan bersifat toksik (Achmad, 2004). Salah satu logam berat yang berada di perairan dan beracun bagi makhluk hidup adalah kadmium (Cd). Kadmium (Cd) mempunyai penyebaran sangat luas dan dapat ditemukan dalam berbagai sumber di alam (Lestari *et al.*, 2007).

Limbah logam berat terutama Kadmium (Cd) yang tidak sesuai dengan standar baku mutu akan mengakibatkan terjadinya peningkatan konsentrasi logam berat di dalam perairan. Ekosistem perairan estuari dan pesisir merupakan salah satu wilayah yang rentan akan pencemaran karena letaknya yang berdekatan dengan aktifitas manusia di daratan. Perairan pantai merupakan tempat terakhir dari berbagai buangan hasil aktivitas manusia, sehingga kualitas perairan pantai menjadi menurun. Akibatnya ekosistem ini sangat berpeluang menjadi tempat penumpukan limbah yang berasal dari kegiatan sepanjang pantai dan maupun dari sebelah hulu.

Salah satu upaya untuk meminimalisir keberadaan logam berat adalah dengan memanfaatkan rumput laut. Rumput laut merupakan organisme yang dapat mengakumulasi bahan pencemar, terdapat dalam jumlah yang banyak, dan korelasi antara kandungan bahan pencemar dalam air dan dalam tubuh organisme dapat ditunjukkan. Rumput laut menawarkan keuntungan untuk biosorpsi karena memiliki struktur yang makroskopis sehingga dapat digunakan sebagai biosorben. Kelompok alga terutama dari golongan alga hijau (Chlorophyta), alga coklat (Phaeophyta), dan alga merah (Rhodophyta) diketahui dapat mengadsorpsi ion-ion logam yang ada di perairan (Raya and Ramlah, 2012).

Penggunaan rumput laut sebagai biosorben telah dilakukan oleh beberapa peneliti, seperti Lestari *et al* (2007) yang melakukan penelitian menggunakan rumput laut jenis *Sargasum* sp sebagai biosorben terhadap logam berat Cr dengan kapasitas adsorpsi sebesar 35 mg/g. Penelitian lain dari

Diantariani *et al* (2008) yang menggunakan rumput laut jenis *Euचेuma* sp sebagai absorben. Rumput laut *Euचेuma* sp ternyata mampu menyerap logam berat Cr dengan kapasitas maksimum yakni sebesar 8,5 mg/g.

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penelitian yang dijelaskan di atas, rumput laut *Euचेuma* dan *Sargasum* bermanfaat sebagai absorben logam berat. Selama ini masih sedikit informasi mengenai spesies mana yang memiliki kemampuan daya serap lebih efektif terhadap logam berat. Perlu adanya suatu penelitian mengenai efektivitas antara rumput laut jenis *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* terutama dalam menyerap logam berat kadmium (Cd), sehingga nantinya dapat diketahui spesies mana yang lebih efektif digunakan dalam pemulihan lingkungan perairan yang tercemar. Berdasarkan uraian di atas, rumusan masalah yang dapat diambil dari penelitian ini antara lain:

1. Bagaimana kemampuan absorbansi rumput laut *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* terhadap paparan logam berat kadmium?
2. Bagaimana potensi tanaman rumput laut *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* sebagai absorben logam berat kadmium di perairan?
3. Bagaimana efektivitas antara rumput *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* dalam menyerap logam berat kadmium?

### 1.3. Tujuan

Berdasarkan rumusan masalah di atas, maka didapatkan tujuan dari penelitian ini antara lain untuk mengetahui:

1. Kemampuan absorbansi rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* terhadap paparan logam berat kadmium.
2. Potensi tanaman rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* sebagai biosorben logam berat kadmium di perairan.
3. Efektivitas antara rumput *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* dalam mengabsorpsi logam berat kadmium.

### 1.4. Hipotesis

$H_0$  = Rumput laut *Eucheuma cottoni* dan *Sargassum cristaefolium* tidak memiliki perbedaan dalam menyerap logam berat kadmium (Cd).

$H_1$  = Rumput laut *Eucheuma cottoni* dan *Sargassum cristaefolium* memiliki perbedaan dalam menyerap logam berat kadmium (Cd).

### 1.5. Manfaat

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu memberikan informasi mengenai manfaat rumput laut sebagai agen penyerap logam berat. Hasil dari penelitian ini dapat menyumbang pengetahuan yang lebih spesifik tentang kemampuan antara rumput laut *Eucheuma cottoni* dan *Sargassum cristaefolium* yang lebih efektif dalam menyerap logam berat Cd, sehingga nantinya dapat dijadikan masukan bagi pengembangan dan pengolahan limbah terutama logam berat secara alami melalui media rumput laut.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Pencemaran Air

Pencemaran air adalah suatu peristiwa masuknya zat – zat ke dalam air yang mengakibatkan kualitas (mutu) air tersebut menurun, sehingga dapat mengganggu dan membahayakan kesehatan masyarakat. Pencemaran air terjadi karena perbuatan manusia yang dapat timbul dari berbagai macam kegiatan manusia, baik secara disengaja maupun tidak. Perbuatan manusia yang mengakibatkan pencemaran air pada umumnya jauh lebih besar daripada yang diakibatkan oleh sebab alami. Besarnya beban polusi yang ditampung oleh suatu perairan dapat diperhitungkan berdasarkan jumlah zat pencemar yang berasal dari berbagai sumber aktifitas yang meliputi air buangan dari proses industri. Komponen dari kontaminan dan zat pencemar yang berasal dari buangan industri bersama – sama dengan sampah – sampah domestik (Sugiharto, 1987)

Pencemaran air yang paling banyak terjadi adalah pencemaran logam berat. Pencemaran logam berat di perairan terus meningkat. Padatnya penduduk yang bermukim di sekitar perairan mampu menghasilkan limbah domestik sehingga mencemari perairan. Selain itu, pencemaran juga disebabkan oleh banyaknya industri – industri kecil seperti bengkel, dan lain – lain. Industri tersebut banyak yang membuang limbahnya ke sungai tanpa diolah terlebih dahulu. Limbah yang berasal dari industri dan pada saat pembuangannya tidak dilakukan pengolahan, dapat menjadi sumber pencemar logam berat yang besar. Pencemaran logam berat ini memberi dampak yang cukup besar bagi makhluk hidup di sekitar perairan tersebut (Yudo, 2006).

## 2.2. Logam Berat

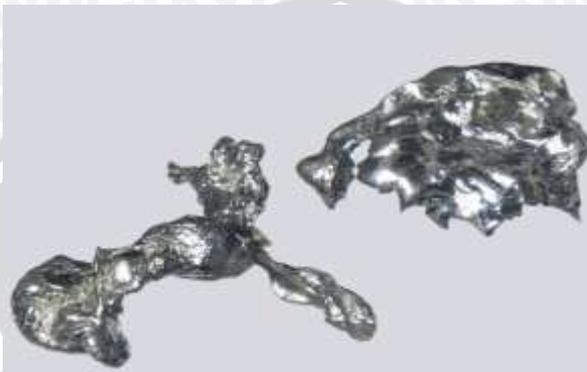
Logam berat merupakan unsur logam yang memiliki berat molekul yang tinggi dengan daya hantar panas yang tinggi pula. Logam berat sesuai dengan fungsinya dibedakan menjadi logam esensial dan non esensial. Logam esensial adalah logam yang sangat dibutuhkan keberadaannya dan diperlukan oleh organisme air dalam jumlah kecil, untuk memacu aktivitas enzim selama proses metabolisme tubuh. Jenis-jenis logam esensial yakni Cu, Fe, Zn, Mn, Mo, Se, dan Sn. Namun demikian, semua logam esensial tersebut mempunyai kecenderungan untuk menjadi racun selama keberadaannya dalam tubuh organisme telah melampaui ambang batas toleransi yang diperlukan. Logam berat non esensial yang keberadaannya di dalam tubuh dapat bersifat toksik, seperti Hg, Cd, Pb, dan Cr. Logam berat berkaitan erat dengan masalah pencemaran dan toksisitas (Yulianto *et al.*, 2006).

Logam berat yang terkandung di perairan berasal dari proses erosi, buangan aktivitas industri, limbah domestik dan kegiatan pertanian (Etim *et al.*, 1991). Pencemaran logam berat yang berasal dari limbah–limbah yang berbahaya dapat merusak lingkungan hidup karena memiliki daya racun (toksisitas) yang tinggi. Aktivitas industri merupakan sumber potensial penyumbang logam berat di perairan. Pembuangan limbah dari aktivitas industri yang dilakukan secara terus menerus tidak hanya mencemari perairan tetapi juga dapat terakumulasi di dalam sedimen dan biota perairan. Hal ini berdampak menurunnya kualitas perairan.

### 2.2.1. Logam Berat Kadmium (Cd)

Kadmium merupakan salah satu unsur pada golongan II B periode 5 dalam tabel periodik kimia. Kadmium mempunyai nomor atom 48, massa atom relatif 112,40, titik lebur 321° C, dan titik didih 767° C. Kadmium bervalensi dua

( $\text{Cd}^{2+}$ ) adalah bentuk terlarut yang stabil dalam lingkungan perairan laut pada pH di bawah 8,0. Kadar Cd di perairan alami berkisar antara 0,29 – 0,55 ppb dengan rata-rata 0,42 ppb (Sanusi and Sugeng, 2009). Logam berat Cd dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Logam Berat Kadmium (Himfarminvest, 2016)

Kadmium (Cd) mempunyai penyebaran sangat luas di alam, namun hanya ada satu jenis mineral kadmium di alam yaitu *greenockite* ( $\text{CdS}$ ) yang selalu ditemukan bersamaan dengan mineral spalerite ( $\text{ZnS}$ ). Uap kadmium di udara akan mengalami oksidasi dengan cepat dan menghasilkan kadmium oksida. Kadmium dapat ditemukan dalam berbagai sumber alam namun yang paling melimpah terdapat dalam bijih seng, timah, dan tembaga sulfida (Lestari *et al.*, 2007). Kadmium pada lingkungan alami yang bersifat basa mengalami hidrolisis, teradsorpsi oleh padatan tersuspensi dan membentuk ikatan kompleks dengan bahan organik maupun anorganik. Logam berat kadmium membentuk ikatan kompleks dengan ligan baik organik maupun anorganik, yaitu  $\text{Cd}^{2+}$ ,  $\text{Cd}(\text{OH})^+$ ,  $\text{CdCl}^+$ ,  $\text{CdSO}_4$ ,  $\text{CdCO}_3$ , dan Cd organik (Fauziah, 2011).

### 2.3. Rumput Laut

Rumput laut merupakan alga yang bentuk mirip dengan tumbuhan tingkat tinggi, namun struktur dan fungsinya sangat berbeda dengan tumbuhan tingkat tinggi. Lebih lanjut dikatakan bahwa rumput laut tidak mempunyai akar, batang dan daun yang jelas, seluruh tubuh rumput laut disebut thalus yang terdiri atas *holdfast*, *stipe* dan *blade*. *Holdfast* mirip dengan akar pada tumbuhan tingkat tinggi, tetapi struktur dan fungsinya berbeda. Fungsi utama *holdfast* ialah melekat pada benda-benda lain (substrat). *Stipe* mirip dengan batang pada tumbuhan tingkat tinggi yang berfungsi sebagai tempat terjadinya proses fotosintesis dan penyerapan unsur hara dari air. *Blade* mirip dengan daun, bentuknya bervariasi dan berfungsi untuk fotosintesis, menyerap nutrisi dari air dan untuk reproduksi. Rumput laut berperan penting dalam rantai makanan dalam ekosistem laut, karena dapat memproduksi unsur-unsur organik dari anorganik (Atmadja *et al.*, 1996).

Berdasarkan kandungan pigmennya, rumput laut dikelompokkan menjadi empat kelas yakni Rhodophyceae (ganggang merah), Phaeophyceae (ganggang coklat), Chlorophyceae (ganggang hijau), Cyanophyceae (ganggang biru-hijau). Selain mengandung klorofil, rumput laut juga mengandung zat warna lainnya sesuai dengan namanya, dan bersifat autotrof, yaitu dapat hidup sendiri tanpa tergantung dari makhluk lainnya. Rumput laut pada umumnya mengandung air antara 12,95-27,50%, protein 1,6 -10%, karbohidrat 32,25-63,20%, lemak 3,5-11%, serat kasar 3-11,4% dan abu 11,5-23,7% (Reskika, 2011).

Rumput laut mempunyai fungsi baik secara langsung maupun tidak langsung. Fungsi rumput laut secara langsung yakni menyediakan makanan bagi ikan dan invertebrata terutama thallus yang masih muda, sedangkan secara tidak langsung rumput laut digunakan dalam berbagai industri yaitu pangan, obat-obatan, kosmetik, dan industri lainnya. Masyarakat di daerah pesisir telah

mengenal dan memanfaatkan rumput laut dalam kehidupan sehari-hari, baik sebagai bahan obat tradisional maupun bahan makanan. Adanya kemajuan teknologi dibidang penelitian rumput laut, mendorong pemanfaatan rumput laut tidak terbatas pada aspek kesehatan tetapi memasuki ke segala bidang (Soenardjo, 2011).

### 2.3.1. *Eucheuma cottonii*

*Eucheuma cottonii* merupakan salah satu jenis rumput laut merah (Rhodophyceae) dan berubah nama menjadi *Kappaphycus alvarezii* karena karaginan yang dihasilkan termasuk fraksi kappa-karaginan. Jenis ini secara taksonomi disebut *Kappaphycus alvarezii*. Nama daerah 'cottonii' umumnya lebih dikenal dan biasa dipakai dalam dunia perdagangan nasional maupun internasional. Klasifikasi *Eucheuma cottonii* adalah sebagai berikut (Anggadireja *et al.*, 2006):

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Rhodophyta
Kelas	: Rhodophyceae
Ordo	: Gigartinales
Famili	: Solieracea
Genus	: <i>Eucheuma</i>
Spesies	: <i>Eucheuma cottonii</i>

Ciri fisik *Eucheuma cottonii* adalah mempunyai thallus silindris, dan permukaan licin. Keadaan warna tidak selalu tetap, kadang-kadang berwarna hijau, hijau kuning, abu-abu atau merah. Perubahan warna sering terjadi hanya karena faktor lingkungan. Kejadian ini merupakan suatu proses adaptasi kromatik yaitu penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan. Penampakan thallus bervariasi mulai dari bentuk sederhana

sampai kompleks. Duri-duri pada thallus runcing memanjang, agak jarang-jarang dan tidak bersusun melingkari thallus. Percabangan ke berbagai arah dengan batang-batang utama keluar saling berdekatan ke daerah basal (pangkal). *Eucheuma cottonii* tumbuh melekat ke substrat dengan alat perekat berupa cakram. Cabang-cabang pertama dan kedua tumbuh dengan membentuk rumpun yang rimbun dengan ciri khusus mengarah ke arah datangnya sinar matahari (Atmadja *et al.*, 1996). Gambar dari *Eucheuma cottonii* basah dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. *Eucheuma cottonii* (Dokumentasi pribadi, 2016)

*Eucheuma cottonii* bernilai ekonomi sebagai salah satu komoditi ekspor. Jenis ini dibutuhkan oleh beberapa negara untuk memperoleh karagenan. *Eucheuma cottonii* merupakan bahan mentah untuk pembuatan karagenan tersebut. Karagenan digunakan dalam berbagai proses industri. Manfaat karagenan dalam dunia industri adalah untuk kosmetik, yakni sebagai salep, krim, losion, shampoo dan penyelup rambut. Bidang farmasi, yakni untuk pembuatan suspensi, emulsifier, stabilizer, tablet, kapsul, plester dan filter. Bidang makanan atau bahan makanan seperti sayur, saus, dan mentega serta kegunaan lain, yakni sebagai bahan tambahan dan industri tekstil serta kertas (Romimohtarto and Juwana, 2009).

### 2.3.2. *Sargassum cristaefolium*

*Sargassum cristaefolium* adalah salah satu spesies rumput laut coklat yang memiliki potensi untuk dikembangkan. Rumput laut jenis ini cukup banyak dibudidayakan oleh masyarakat. Klasifikasi *Sargassum cristaefolium* yakni sebagai berikut (Aslan, 1999).

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Thallophyta
Kelas	: Phaeophyceae
Ordo	: Fucales
Famili	: Sargassaceae
Genus	: Sargassum
Spesies	: <i>Sargassum cristaefolium</i>

Rumput laut ini telah banyak dimanfaatkan sebagai bahan baku dalam bidang industri makanan, farmasi, kosmetik, pakan, pupuk, tekstil dan kertas. Hasil ekstraksi *Sargassum cristaefolium* berupa alginat banyak digunakan sebagai industri makanan bukan sebagai nilai gizi, melainkan menghasilkan dan memperkuat tekstur atau stabilitas dari produk olahan, seperti krim, sari buah, pastel, dan kue (Yunizal, 2004). Adapun *Sargassum cristaefolium* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. *Sargassum cristaefolium* (Dokumentasi Pribadi, 2016)

*Sargassum cristaefolium* memiliki ciri-ciri tergolong dalam bentuk thalus yang umumnya silindris atau gepeng, cabangnya rimbun menyerupai pohon di darat, bentuk daun melebar, lonjong atau seperti pedang, memiliki gelembung udara, panjangnya bisa mencapai 7 meter dan warna thallus umumnya coklat (Aslan, 1999). Rumput laut jenis ini biasanya dicirikan oleh tiga sifat yaitu adanya pigmen coklat yang menutupi warna hijau, hasil fotosintesis terhimpun dalam bentuk laminaran atau alginat serta adanya flagel. *Sargassum cristaefolium* merupakan rumput laut penghasil alginat dari kelas ganggang cokelat. Produksi rumput laut *Sargassum cristaefolium* di Indonesia diperoleh secara alamiah dari tempat tumbuhnya dan jumlahnya yang berlimpah hampir di seluruh wilayah perairan Indonesia (Sulistijo and Szeifoul, 2006).

#### **2.4. Penyerapan Logam Berat oleh Rumput Laut**

Salah satu alternatif dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat yaitu penggunaan bahan-bahan biologis sebagai absorben. Prosesnya kemudian disebut sebagai *biosorption*. *Biosorption* adalah kemampuan biomassa untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme. Proses pengolahan limbah ini dilakukan di tempat, sehingga tidak diperlukan proses pemindahan limbah. Keuntungan lainnya dari pemakaian biosorben yakni bahan baku yang melimpah, murah, proses pengolahan limbah yang efisien, minimalisasi lumpur yang terbentuk, serta tidak adanya nutrisi tambahan dan proses regenerasi (Ashraf *et al.*, 2010).

Beberapa contoh biosorben yang dapat digunakan dalam penanganan limbah logam berat adalah chitosan, serbuk gergaji, mikroalga dan rumput laut. Menurut Igwe dan Abia (2006) bahwa pada biosorben umumnya mengandung  $\beta$ -D-glukosa sebagai komponen utama dinding sel. Gugus hidrosil polar selulosa inilah yang berperan dalam reaksi kimia dan mengikat logam berat dalam larutan.

Berbagai organisme yang banyak digunakan sebagai biosorben diantaranya adalah kelompok bakteri, jamur, *yeast* dan makroalga. Kelompok organisme ini terbukti mampu mengikat logam-logam berat dengan beragam. Makroalga laut merupakan absorben yang bagus karena memiliki harga yang ekonomis serta ketersediannya di alam melimpah (Schiewer and Volesky, 2000). Makroalga laut mempunyai kemampuan mengabsorpsi karena mengandung polisakarida, protein atau lipid pada permukaan dinding selnya.

Kelompok makroalga laut, *Euचेuma* sp, *Sargassum natans* dan *Ascophyllum nosodum* menunjukkan kapasitas biosorpsi yang tinggi terhadap logam berat (Kurniasari, 2010). Senyawa-senyawa yang dominan yang terdapat dalam rumput laut coklat adalah alginat. Asam alginat yang terdapat pada rumput laut coklat merupakan bahan yang berfungsi sebagai biosorpsi dengan gugus fungsional karboksilat (RCOOH) dan hidroksil (OH) yang akan berperan dalam proses pertukaran ion dalam pembentukan senyawa kompleks. Kandungan kimia dari rumput laut *Euचेuma* adalah iota karaginan (65%), protein, karbohidrat, lemak, serat kasar, air, dan debu. Iota karaginan merupakan polisakarida tersulfatkan dimana kandungan ester sulfatnya adalah 28-35%. Adanya atom sulfur (S) dan oksigen (O) pada ester sulfat, -OH dan -COOH pada polisakarida, merupakan situs-situs aktif tempat berinteraksinya suatu logam (Diantariani *et al.*, 2008).

Bahan pencemar biasanya diserap oleh makroalga laut dan selanjutnya akan berpindah ke tingkat tropik yang lebih tinggi. Pada proses fisik dan kimia, bahan pencemar tersebut akan diadsorpsi, diendapkan dan terjadi pertukaran ion. Hal tersebut akan mempengaruhi peringkat urutan dan pengaruh suatu toksikan serta lintasannya (Mukhtasor, 2007). Menurut Soemirat (2003), tahapan yang terjadi pada makroalga ketika tercemar logam berat yaitu adsorpsi, absorpsi, distribusi, metabolisme, detoksifikasi, interaksi dan efek toksik.

## 2.5. Parameter Kualitas Air

### 2.5.1. Suhu

Suhu merupakan faktor fisik yang sangat penting di laut. Perubahan suhu dapat memberi pengaruh besar kepada sifat-sifat air laut lainnya dan kepada biota laut. Suhu mempengaruhi daya larut gas-gas yang diperlukan untuk fotosintesis seperti CO<sub>2</sub> dan O<sub>2</sub>, gas-gas ini mudah terlarut pada suhu rendah dari pada suhu tinggi akibatnya kecepatan fotosintesis ditingkatkan oleh suhu rendah. Panas yang diterima permukaan laut dari sinar matahari menyebabkan suhu di permukaan perairan bervariasi berdasarkan waktu. Perubahan suhu ini dapat terjadi secara harian, musiman, tahunan atau dalam jangka waktu panjang (Romimohtarto and Juwana, 2009).

Suhu merupakan salah satu faktor untuk menentukan kelayakan lokasi budidaya rumput laut. Suhu sangat berpengaruh untuk pertumbuhan rumput laut dalam melakukan fotosintesis. Secara tidak langsung suhu berpengaruh terhadap daya larut oksigen yang digunakan untuk respirasi rumput laut. Kisaran suhu yang optimal bagi pertumbuhan rumput laut yakni sebesar 20-30°C (Anggadireja *et al.*, 2006).

### 2.5.2. Salinitas

Salinitas didefinisikan sebagai jumlah kadar garam yang terkandung dalam tiap kilogram air laut, dinyatakan dalam gram perkilogram atau perseribu. Salinitas penting artinya bagi kelangsungan hidup organisme, hampir semua organisme laut hanya dapat hidup pada daerah yang mempunyai perubahan salinitas yang kecil (Hutabarat and Evans, 2001). Semakin tinggi konduktivitas semakin tinggi kadar garamnya. Kondisi ini menyebabkan sebagian besar organisme yang hidup di perairan laut merupakan organisme yang memiliki toleransi (sensitivitas) terhadap perubahan salinitas yang sangat kecil atau

organisme yang diklasifikasikan sebagai organisme stenohalin (Widodo and Suadi, 2006)

Salinitas air laut pada umumnya berkisar 33-37 ppt dan berubah-ubah berdasarkan waktu dan ruang. Nilai salinitas sangat dipengaruhi oleh suplai air tawar ke air laut, curah hujan, musim, topografi, pasang surut dan evaporasi. Sebaran salinitas dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Salinitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Kondisi salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut yaitu berkisar antara 15-35 ppt. Salinitas dapat berpengaruh terhadap proses osmoregulasi pada tumbuhan rumput laut (Dahuri, 2001).

### 2.5.3. pH

Derajat keasaman atau kadar ion  $H^+$  dalam air merupakan salah satu faktor kimia yang sangat berpengaruh terhadap kehidupan organisme yang hidup di suatu lingkungan perairan. Tinggi atau rendahnya nilai pH air tergantung dalam beberapa faktor yaitu : kondisi gas-gas dalam air seperti  $CO_2$ , konsentrasi garam-garam karbonat dan bikarbonat, proses dekomposisi bahan organik di dasar perairan. Derajat keasaman merupakan faktor lingkungan kimia air yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan rumput laut. Pengaruh bagi organisme sangat besar dan penting, kisaran pH yang kurang dari 6,5 akan menekan laju pertumbuhan bahkan tingkat keasamannya dapat mematikan dan tidak ada laju reproduksi sedangkan pH 6,5–9 merupakan kisaran optimal dalam suatu perairan ( Soesono, 1988; Armita *et al.*, 2011)

Konsentrasi pH mempengaruhi tingkat kesuburan perairan karena mempengaruhi kehidupan jasad renik. Derajat keasaman (pH) mempunyai pengaruh yang sangat besar terhadap organisme perairan sehingga

dipergunakan sebagai petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan masih tergantung pada faktor-faktor lain (Khasanah, 2013). Menurut Aslan (1999), kisaran pH yang cocok untuk budidaya dan pertumbuhan rumput laut cenderung basa yakni berkisar antara 6,5-9.

#### 2.5.4. Oksigen Terlarut

Oksigen sangat penting karena dibutuhkan oleh organisme perairan dan sangat mempengaruhi kehidupan organisme baik langsung maupun tidak langsung. Oksigen terlarut adalah kandungan oksigen yang terlarut dalam perairan yang merupakan suatu komponen utama bagi metabolisme organisme perairan yang digunakan untuk pertumbuhan, reproduksi, dan kesuburan alga (Lobban and Harisson, 1997). Oksigen terlarut dalam air diperoleh langsung dari udara yaitu dengan difusi langsung dari udara dan melalui pergerakan air yang teratur juga dihasilkan dari fotosintesis tanaman yang berklorofil.

Faktor-faktor yang menurunkan kadar oksigen dalam air laut adalah kenaikan suhu air, respirasi (khusus pada malam hari), adanya lapisan minyak di atas permukaan laut dan masuknya limbah organik yang mudah terurai ke lingkungan laut. Pertumbuhan rumput laut jenis *Eucheuma cottonii* membutuhkan jumlah oksigen terlarut dalam perairan sebanyak 2–4 ppm, tetapi pertumbuhan lebih baik jika oksigen terlarut berada di atas 4 ppm (Salmin, 2000; Armita *et al.*, 2011).

### 3. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret hingga April 2016 di Laboratorium Reproduksi Ikan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan Universitas Brawijaya Malang. Analisis kandungan logam berat kadmium untuk sampel air dan rumput laut dilakukan di Laboratorium Kimia Universitas Negeri Malang.

#### 3.2. Bahan Uji

Bahan uji yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut spesies *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* yang berasal dari budidaya di Kabupaten Sumenep, Madura. *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* yang digunakan dalam penelitian sebanyak 15 gram berat basah yang akan diletakkan pada setiap toples media penelitian.

#### 3.3. Wadah Uji

Wadah uji untuk penelitian ini adalah media tanam berupa toples plastik bening dengan ukuran volume 10 liter sebanyak 16 buah dan setiap wadah diisi air laut sampel sebanyak 5 liter. Wadah uji disesuaikan dengan jumlah rumput laut supaya dapat hidup secara normal sesuai kebutuhan hidupnya (Ihsan *et al.*, 2015).

#### 3.4. Alat dan Bahan

Adapun alat-alat beserta fungsinya yang akan digunakan selama penelitian disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Alat dan Fungsinya

No	Alat	Merk/Spesifikasi	Fungsi
1.	Termometer Digital	Eutech Intruments	Mengukur suhu
2.	pH meter	Eutech Intruments	Mengukur ph

No	Alat	Merk/Spesifikasi	Fungsi
3.	DO meter	Eutech Intruments	Mengukur oksigen terlarut
4.	Refraktometer	Atago	Mengukur salinitas
5.	Labu ukur	-	Mengukur larutan stock
6.	Gelas ukur	-	Mengukur jumlah larutan
7.	Tabung Reaksi	-	Wadah larutan
8.	Erlenmeyer	-	Wadah larutan stock
9.	Timbangan analitik	Caliesys	Mengukur bahan dan sampel
10.	Spatula	-	Mengambil dan mengaduk larutan
11.	Aerator	-	Memasok oksigen pada media
12.	Toples plastik bening volume 10 liter	-	Wadah media pertumbuhan
13.	Serapan Atom (AAS)	Shimadzu AA-6200	Analisa logam berat Cd pada air dan rumput laut <i>Eucheuma cottonii</i> dan <i>Sargassum cristaefolium</i>

Berikut bahan-bahan yang akan digunakan dalam penelitian disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Bahan dan Fungsinya

No	Bahan	Fungsi
1.	<i>Eucheuma cottonii</i>	Bahan rumput laut yang akan diuji
2.	<i>Sargassum cristaefolium</i>	Bahan rumput laut yang akan diuji
3.	Air Laut	Media pertumbuhan
4.	Aquadest	Pelarut
5.	Methanol	Pelarut
6.	Kristal Kadmium karbonat (CdCO <sub>3</sub> )	Larutan induk
7.	HNO <sub>3</sub>	Pelarut
8.	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Pelarut

### 3.5. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen. Metode penelitian eksperimen adalah metode penelitian yang dilakukan terhadap variabel-variabel yang data-datanya belum ada sehingga perlu dilakukan proses manipulasi melalui pemberian *treatment*/perlakuan tertentu terhadap subjek penelitian yang kemudian diamati/diukur dampaknya.

Tujuan dari metode ini adalah untuk mengetahui ada tidaknya hubungan sebab akibat serta berapa besar hubungan sebab akibat tersebut (Jaedun, 2011).

### 3.6. Prosedur Penelitian

#### 3.6.1. Pembuatan Larutan Stok

Larutan pencemar (logam Cd) yang digunakan pada media percobaan adalah  $\text{CdCO}_3$  yang dibuat dalam bentuk larutan stok dengan konsentrasi 1000 ppm. Hal pertama yang dilakukan adalah menghitung kadar Cd dalam  $\text{CdCO}_3$  sebagai berikut:

$$\begin{aligned}\text{Kadar Cd dalam CdCO}_3 &= \frac{\text{BA Cd}}{\text{BM CdCO}_3} \times 100\% \\ &= \frac{112}{112+12+(16 \times 3)} \times 100\% \\ &= \frac{112}{172} \times 100\% \\ &= 65,11\% \\ &= 0,6511\end{aligned}$$

$$1 \text{ gram Cd} = 1 / 0,6511 = 1,5359 \text{ gram CdCO}_3.$$

Pembuatan larutan stok Cd 1000 ppm yakni dengan cara melarutkan  $\text{CdCO}_3$  sebanyak 1,5359 gram dengan 1 liter akuades. Konsentrasi logam berat kadmium yang dipapar pada tiap perlakuan yakni sebesar 1 ppm. Konsentrasi 1 ppm didasarkan adanya asumsi bahwa keberadaan logam berat pada konsentrasi 1 ppm dalam suatu perairan akan menyebabkan biota yang hidup pada perairan tersebut akan mengalami gangguan metabolisme karena melebihi ambang batas, yang pada akhirnya dapat menyebabkan kematian (Yulianto *et al.*, 2006). Konsentrasi pada tingkat 1 ppm dapat menimbulkan bahaya karena tingkat toksisitasnya yang tinggi akan mengganggu organisme baik langsung maupun tidak langsung. Pembuatan larutan dengan konsentrasi 1 ppm yakni

dibutuhkan 5 mL larutan stok kemudian dilarutkan ke dalam air laut hingga mencapai volume 5 liter sehingga menghasilkan konsentrasi 1 ppm.

### 3.6.2. Desain Penelitian

Rancangan penelitian yang digunakan dalam penelitian ini yaitu Rancangan Acak Lengkap (RAL) sederhana dengan empat perlakuan dan empat kali ulangan. Rancangan Acak Lengkap (RAL) digunakan apabila bahan atau lingkungan percobaan relatif seragam, atau dapat diusahakan seragam (Suhaemi, 2011). Terdapat dua macam variabel dalam penelitian ini, yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah perlakuan pemberian logam berat pada rumput laut yang berbeda (rumput laut *Eucheuma cottoni* tanpa diberi logam berat (kontrol), rumput laut *Sargassum cristaefolium* tanpa diberi logam berat (kontrol), rumput laut *Eucheuma cottoni* diberi logam berat Cd, rumput laut *Sargassum cristaefolium* diberi logam berat Cd), dan variabel terikat pada penelitian ini adalah kandungan logam berat Cd pada air dan rumput laut setelah diberi perlakuan. Skema penelitian dan model rancangan penelitian disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Model Rancangan Penelitian

Perlakuan	Ulangan			
	1	2	3	4
A	A1	A2	A3	A4
B	B1	B2	B3	B4
C	C1	C2	C3	C4
D	D1	D2	D3	D4

Keterangan :

A : Rumput Laut *Eucheuma cottoni* tanpa dipapar logam berat (Kontrol)

B : Rumput Laut *Sargassum cristaefolium* tanpa dipapar logam berat (Kontrol)

C : Rumput Laut *Eucheuma cottoni* dipapar logam berat Cd

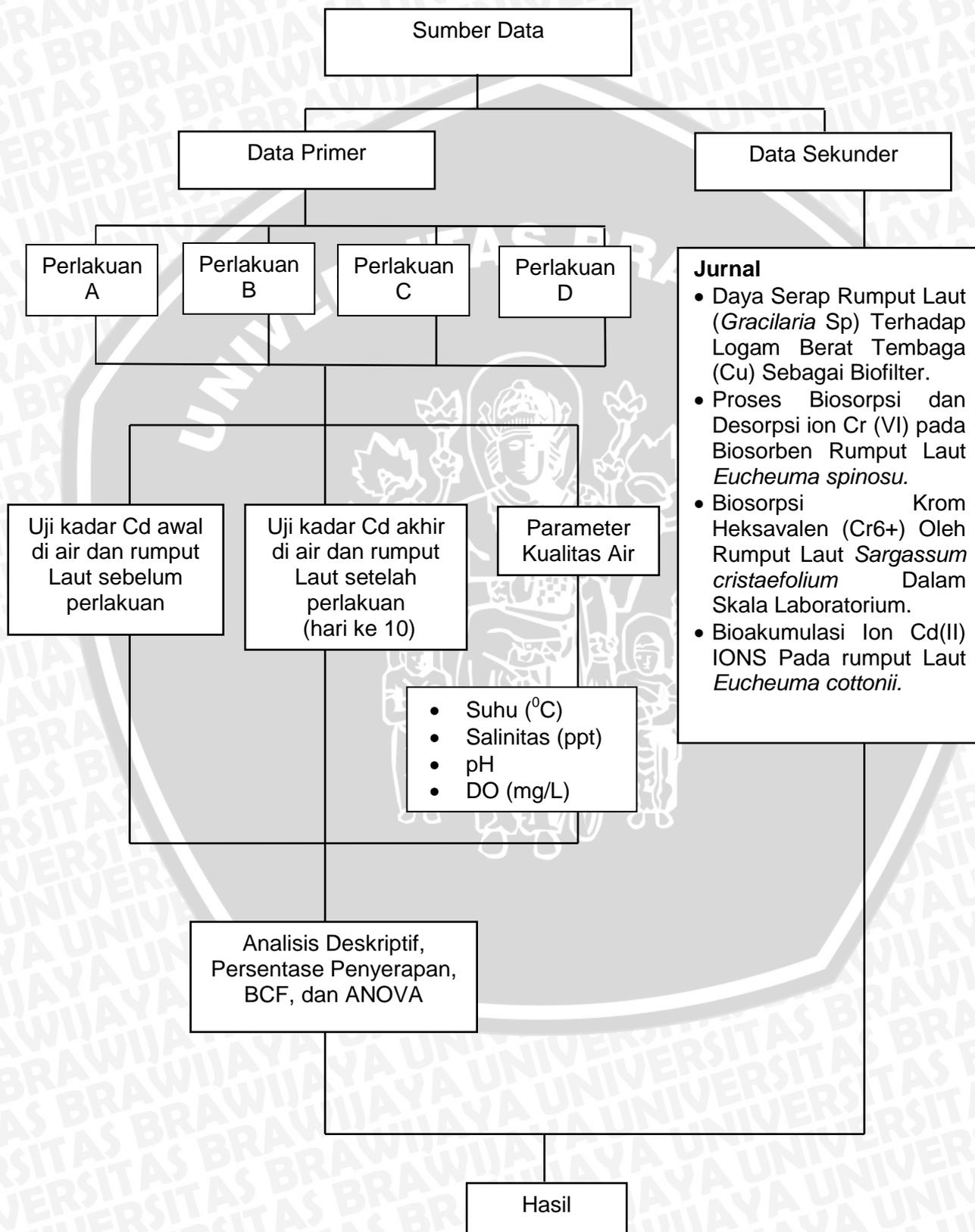
D : Rumput Laut *Sargassum cristaefolium* dipapar logam berat Cd

### 3.6.3. Pengamatan Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diamati pada penelitian ini meliputi suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut (DO). Pengambilan data kualitas air ini diambil secara langsung pada masing-masing toples yang berisi media air laut selama 10 hari. Waktu 10 hari ini disesuaikan dengan siklus umur dari rumput laut yakni selama 30-35 hari, di mana pada penelitian ini rumput laut yang digunakan berumur  $\pm$  25 hari. Apabila umur rumput laut melebihi 30-35 hari, pada umumnya rumput laut tersebut mudah sekali terserang penyakit. Pengukuran suhu menggunakan alat termometer digital, salinitas menggunakan refraktometer, pH menggunakan pH meter, serta DO menggunakan DO meter. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan sebanyak 3 kali dengan selang waktu  $\pm$  5 menit kemudian diambil nilai rata-ratanya agar mendapat data yang akurat.

### 3.6.4. Pengumpulan Data

Pengumpulan data pada penelitian ini meliputi data primer dan data sekunder. Data primer dilakukan dengan memberikan perlakuan pada masing-masing media percobaan. Sebelum perlakuan, air dan rumput laut diuji kandungan logam berat kadmium terlebih dahulu sebagai kandungan awal, setelah 10 hari pengamatan, sampel air dan rumput laut kemudian diujikan di laboratorium untuk mengetahui kandungan akhir logam berat kadmiumnya. Data sekunder yang digunakan meliputi sumber literatur atau jurnal yang digunakan sebagai referensi dalam penelitian. Adapun skema penelitian disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Skema Penelitian

### 3.7. Analisis Data

#### 3.7.1. Analisis Deskriptif

Analisis deskriptif merupakan bagian dari statistik yang digunakan untuk menggambarkan atau mendeskripsikan suatu data tanpa bermaksud membuat kesimpulan namun hanya menjelaskan kelompok data itu saja. Menurut Hasan (2002), analisis deskriptif merupakan bagian dari statistika yang mempelajari cara pengumpulan data dan penyajian data sehingga mudah dipahami. Analisis deskriptif hanya berhubungan dengan hal-hal yang menguraikan atau memberikan keterangan-keterangan mengenai suatu data, gambar atau keadaan, dengan demikian analisis statistik berfungsi menerangkan keadaan, gejala, persoalan maupun data. Penarikan kesimpulan pada analisis deskriptif (jika ada) hanya ditujukan pada kumpulan data yang ada.

#### 3.7.2. Persentase Penyerapan Logam Berat Cd

Persentase rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* dalam menyerap logam berat Cd dapat dilakukan dengan membandingkan kandungan logam berat awal perlakuan dan setelah 10 hari perlakuan pada air dan rumput laut. Nilai persentase penyerapan logam berat dapat dijadikan perbandingan spesies mana yang lebih efektif dalam menyerap logam berat, dilihat dari spesies rumput laut mana yang nilai persentasenya lebih besar. Persentase penyerapan logam berat Cd oleh rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* diukur dengan rumus (Ghoneim *et al.*, 2014):

$$\text{Metal removal (\%)} = \sum \left| \frac{\text{Co-Ce}}{\text{Ce}} \right| \times 100\%$$

Keterangan :

Co = Konsentrasi Logam Berat awal (mg/L)

Ce = Konsentrasi Logam Berat akhir (mg/L)

### 3.7.3. *Bio-Concentration Factor* (BCF)

*Bio-Concentration Factor* (BCF) merupakan hasil analisis yang biasanya digunakan untuk mengetahui indikator suatu organisme dalam menyerap bahan-bahan organik maupun anorganik pada lingkungan baik darat maupun di air. Nilai kandungan logam berat Cd pada air dan rumput laut *Euचेuma cottoni* dan *Sargassum cristaefolium* dapat digunakan untuk menghitung seberapa besar nilai BCF antara *Euचेuma cottoni* dan *Sargassum cristaefolium*. Rumus perhitungan nilai BCF sebagai berikut (Mukhtasor, 2007).

$$\text{BCF Logam Berat Cd} = \left\{ \frac{\sum \text{Rata-rata Logam Cd (Rumput Laut)}}{\sum \text{Rata-rata Logam Cd (Air)}} \right\}$$

Nilai kategori dari *Bio-Concentration Factor* dibagi menjadi 3 kategori antara lain :

1. *Accumulator* : apabila nilai BCF > 1
2. *Indicator* : apabila nilai BCF = 1
3. *Excluder* : apabila nilai BCF < 1

### 3.7.4. ANOVA

Metode analisis data yang digunakan adalah sidik ragam (ANOVA: *Analysis Of Variance*). ANOVA digunakan untuk menguji pengaruh perlakuan dari sebuah percobaan. Analisis data ini bisa dilakukan menggunakan perhitungan manual menggunakan MS. Excel. Berdasarkan hasil sidik ragam, dilanjutkan uji hipotesis dengan membandingkan F. Hitung dan F.Tabel sebagai berikut:

- a. Jika F. Hitung > F. Tabel pada taraf 5% ( $\alpha=0,05$ ) dan 1% ( $\alpha=0,01$ ), maka  $H_0$  ditolak dan  $H_1$  diterima artinya rumput laut *Euचेuma cottoni* dan

*Sargassum cristaefolium* tidak memiliki perbedaan dalam menyerap logam berat kadmium (Cd).

- b. Jika  $F_{hitung} < F_{Tabel}$  pada taraf 5% ( $\alpha=0,05$ ) dan 1% ( $\alpha=0,01$ ), maka  $H_0$  diterima sedangkan  $H_1$  ditolak artinya rumput laut *Eucheuma cottoni* dan *Sargassum cristaefolium* memiliki perbedaan dalam menyerap logam berat kadmium (Cd).

Apabila pada hasil sidik ragam didapatkan nilai  $F_{hitung} > F_{tabel}$  5%, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). BNT adalah suatu kriteria yang dapat digunakan untuk melakukan uji statistik antara sepasang harga rata-rata yang telah direncanakan. BNT digunakan untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan (Rosita *et al.*, 2013). Rumus yang digunakan yakni:

$$BNT = \left\{ t_{\frac{\alpha}{2}}, N-u \frac{\sqrt{2 \times KT \text{ Galat}}}{r} \right\}$$

Dimana :

t = Tabel

$\alpha = 5 \%$

N = jumlah data

U = perlakuan

r = ulangan

KT Galat = Kuadran Tengah Galat

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Parameter Kualitas Air

Parameter kualitas air yang diukur selama penelitian meliputi suhu, salinitas, pH, dan oksigen terlarut. Hasil parameter kualitas air secara keseluruhan pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 4.

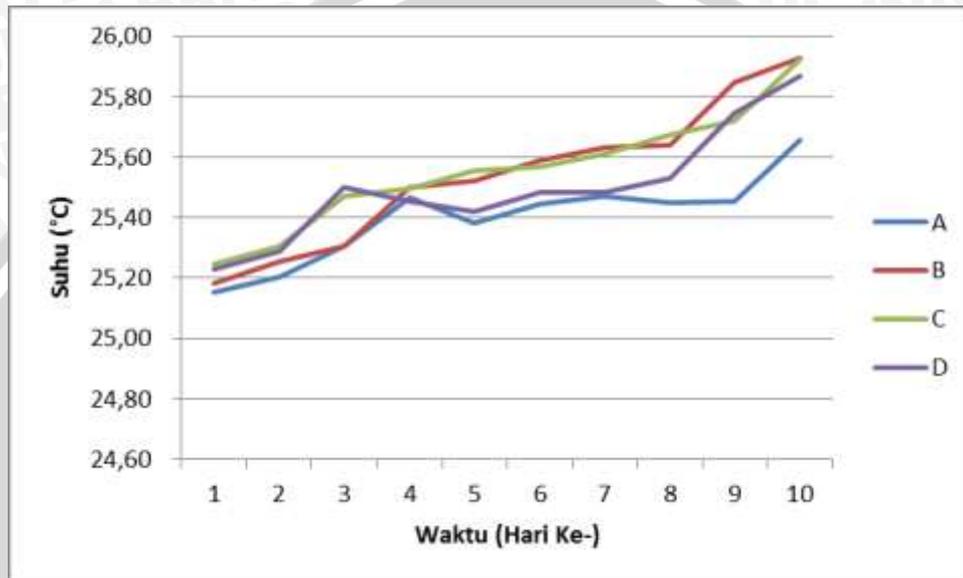
Tabel 4. Nilai Rata-rata Parameter Kualitas Air Keseluruhan

Perlakuan	Nilai Rata-rata			
	Suhu $\pm$ Stdev	Salinitas $\pm$ Stdev	pH $\pm$ Stdev	DO $\pm$ Stdev
A	25,4°C $\pm$ 0,15	31,4 ‰ $\pm$ 1,13	7,56 $\pm$ 0,08	5,78 mg/L $\pm$ 0,1
B	25,54°C $\pm$ 0,24	31,37 ‰ $\pm$ 0,99	7,52 $\pm$ 0,13	5,73 mg/L $\pm$ 0,09
C	25,56°C $\pm$ 0,21	31,47 ‰ $\pm$ 1,06	7,57 $\pm$ 0,07	5,77 mg/L $\pm$ 0,11
D	25,5°C $\pm$ 0,19	31,5 ‰ $\pm$ 1,07	7,64 $\pm$ 0,1	5,67 mg/L $\pm$ 0,94

Tabel di atas menunjukkan hasil rata-rata parameter kualitas air secara keseluruhan. Nilai parameter suhu, salinitas, pH dan oksigen terlarut dari semua perlakuan tidak terdapat perbedaan yang signifikan. Hasil tersebut menunjukkan bahwa parameter kualitas air pada semua perlakuan tidak mengalami anomali atau hampir semua parameter pada tiap perlakuan nilainya cenderung konstan selama penelitian. Nilai kualitas air tersebut termasuk dalam kondisi yang optimal bagi kehidupan rumput laut. Suhu air yang optimal bagi pertumbuhan rumput laut berada pada kisaran 20-30°, nilai pH yang sesuai bagi pertumbuhan rumput laut berada pada kisaran 6,8-9 serta batas optimum oksigen terlarut untuk budidaya dan pertumbuhan rumput laut yakni >4 mg/L (Ihsan *et al.*, 2015). Salinitas yang cocok untuk pertumbuhan rumput laut berkisar antara 15 hingga 35 ppt (Dahuri, 2001).

#### 4.1.1. Suhu

Suhu merupakan faktor yang penting dalam pertumbuhan organisme. Suhu mempengaruhi proses-proses biologi, kimia, dan fisika. Hasil parameter suhu dapat dilihat pada Gambar 5.



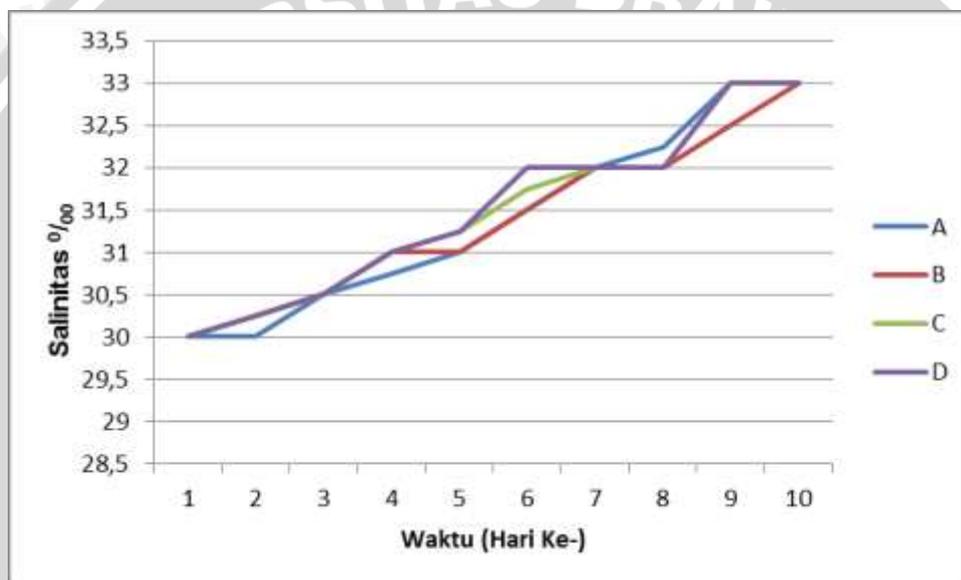
Gambar 5. Grafik Pengukuran Suhu

Berdasarkan hasil pengukuran suhu selama penelitian menunjukkan bahwa nilai rata-rata suhu cenderung mengalami peningkatan setiap harinya meskipun tidak terlalu drastis. Nilai suhu berada pada kisaran 25,2-25,93°C (Lampiran 1). Nilai suhu pada masing-masing perlakuan tidak jauh berbeda. Suhu tertinggi selama penelitian terdapat pada hari ke 10 sedangkan suhu terendah pada saat hari ke 1. Peningkatan suhu selama penelitian di duga karena adanya faktor lingkungan udara, aerator, penguapan serta tidak adanya sirkulasi diduga yang menyebabkan suhu dalam air media toples mengalami peningkatan. Suhu diduga sangat berpengaruh untuk pertumbuhan rumput laut dalam melakukan fotosintesis, selain itu naiknya suhu juga diduga karena metabolisme rumput laut terhadap logam berat mengalami peningkatan sehingga

nilai suhu juga meningkat. Kisaran suhu 25,15-25,93°C masih dalam kondisi yang optimal bagi kehidupan rumput laut *Eucheuma cottoni* dan *Sargassum cristaefolium*. Suhu air yang optimal bagi pertumbuhan rumput laut berada pada kisaran 20-30°C (Anggadireja *et al.*, 2006; Ihsan *et al.*, 2015).

#### 4.1.2. Salinitas

Salinitas merupakan garam-garam yang terlarut dalam tiap satu kilogram air laut. Grafik pengamatan salinitas disajikan pada Gambar 6.



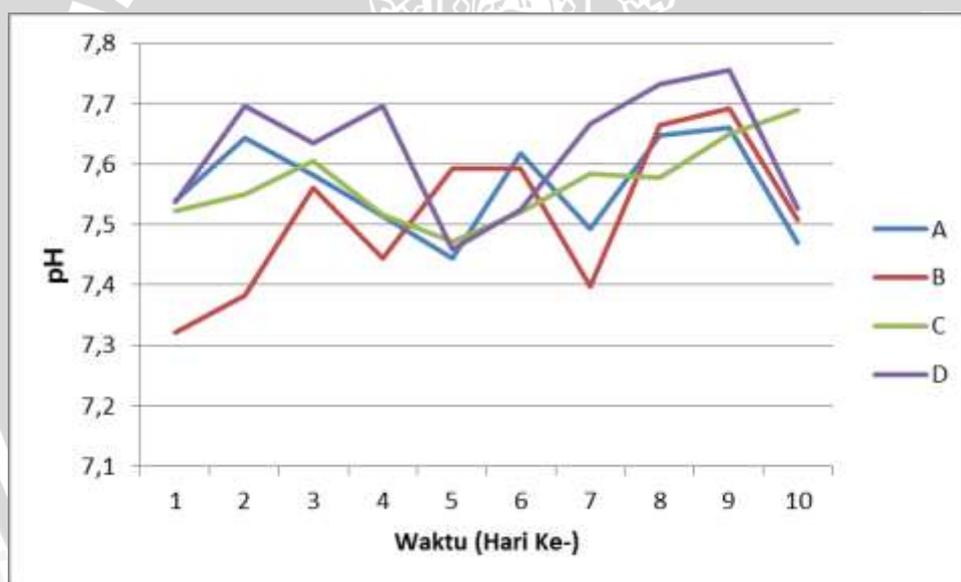
Gambar 6. Grafik Pengukuran Salinitas

Grafik di atas menunjukkan bahwa selama 10 hari pengamatan, salinitas mengalami kenaikan. Nilai salinitas berada pada kisaran 30-33,35 ppt (Lampiran 2). Nilai terendah pada hari pertama salinitas sedangkan salinitas tertinggi berada pada hari ke 10. Kenaikan salinitas terjadi karena dipengaruhi oleh suhu yang juga mengalami kenaikan. Pengaruh aerator pun diduga yang menyebabkan salinitas terus mengalami kenaikan setiap harinya karena efek dari aerator tersebut menyebabkan terjadinya penguapan pada air sehingga salinitas mengalami peningkatan setiap harinya. Air yang ada di dalam toples media tidak mengalami sirkulasi. Nilai salinitas masih tergolong normal bagi rumput laut. Nilai

salinitas sangat dipengaruhi oleh suplai air tawar ke air laut, curah hujan, musim, topografi, pasang surut dan evaporasi. Sebaran salinitas dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti pola sirkulasi air, penguapan, curah hujan dan aliran sungai. Salinitas merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi pertumbuhan rumput laut. Kondisi salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut yaitu berkisar antara 15-35 ppt (Dahuri, 2001).

#### 4.1.3. pH

pH (derajat keasaman) merupakan salah satu faktor kimia yang berpengaruh bagi kehidupan organisme yang hidup di lingkungan perairan. Grafik pH dapat dilihat pada Gambar 7.



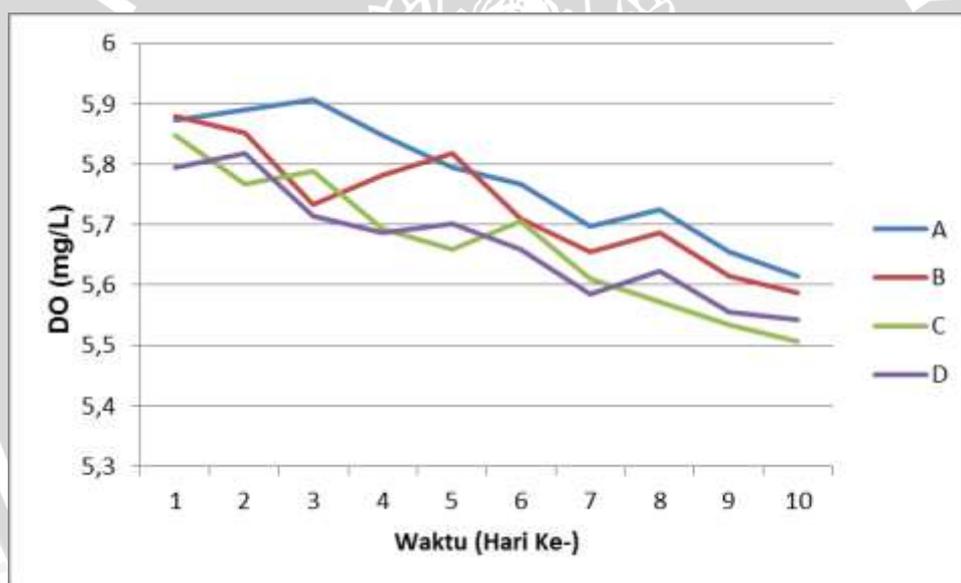
Gambar 7. Grafik Pengukuran pH

Berdasarkan hasil pengukuran selama 10 hari didapatkan nilai rata-rata pH berada pada kisaran 7,41-7,77 (Lampiran 4). Hasil pengamatan harian menunjukkan nilai pH mengalami kenaikan dan penurunan. Kisaran nilai pH selama pengamatan termasuk dalam kategori yang layak bagi rumput laut. Menurut Ihsan *et al* (2015), pH merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi produktifitas perairan. Nilai pH pada suatu perairan mempunyai pengaruh yang

besar terhadap organisme perairan, sehingga seringkali dijadikan petunjuk untuk menyatakan baik buruknya suatu perairan. Tinggi rendahnya pH dipengaruhi oleh fluktuasi kandungan  $O_2$  maupun  $CO_2$ . Nilai pH yang sesuai bagi pertumbuhan rumput laut berada pada kisaran 6,8-9,0.

#### 4.1.4. Oksigen Terlarut

Oksigen terlarut dapat mempengaruhi kehidupan organisme perairan. Kandungan oksigen terlarut dalam perairan sangat penting karena dibutuhkan oleh organisme baik secara langsung maupun tidak langsung. Adapun hasil pengamatan kadar oksigen terlarut selama 10 hari pengamatan disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Grafik Pengukuran DO

Berdasarkan hasil pengamatan kadar oksigen terlarut selama penelitian, nilai oksigen terlarut cenderung mengalami penurunan pada semua perlakuan. Nilai DO yang didapatkan berkisar antara 5,46-5,91 mg/L (Lampiran 3). Kandungan oksigen terlarut pada hari pertama merupakan kandungan yang paling tinggi sedangkan kandungan oksigen terlarut yang paling rendah pada hari ke 10. Kadar DO yang menurun juga dipengaruhi oleh suhu, di mana suhu

cenderung mengalami kenaikan selama penelitian. Nilai suhu yang meningkat mengakibatkan nilai oksigen terlarut dalam air akan menurun. Perubahan nilai DO selama penelitian dipengaruhi oleh aktivitas rumput laut seperti respirasi. Hal ini disebabkan suhu perairan berpengaruh pada aktivitas respirasi organisme yang berdampak pada penurunan nilai DO. Oksigen terlarut dalam air diperoleh langsung dari udara yaitu dengan difusi langsung dari udara dan melalui pergerakan air yang teratur juga dihasilkan dari fotosintesis tanaman yang berklorofil. Faktor-faktor yang menurunkan kadar oksigen dalam air laut adalah kenaikan suhu air, respirasi (khusus pada malam hari), dan masuknya limbah organik yang mudah terurai ke lingkungan laut (Salmin, 2000; Armita *et al.*, 2011). Kandungan oksigen terlarut selama penelitian masih dalam kategori yang baik bagi rumput laut. Batas optimum oksigen terlarut pertumbuhan rumput laut yakni  $>4$  mg/L (Aslan, 1999; Ihsan *et al.*, 2015).

## 4.2. Hasil Penyerapan Logam Berat Cd

### 4.2.1. Sampel Air

Konsentrasi logam berat Cd dalam air baik perlakuan kontrol maupun perlakuan yang dipapar logam berat mengalami penurunan selama penelitian. Adapun data hasil rata-rata penurunan logam berat Cd dalam air pada masing-masing perlakuan disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Data Hasil Rata-rata Penurunan Logam Berat Cd dalam Air

Perlakuan	Konsentrasi Logam berat Cd Awal	Konsentrasi Logam berat Cd Akhir $\pm$ Stdev	Logam Yang hilang	Presentase (%)
A	0,0271 mg/L	0,0188 mg/L $\pm$ 0,0011	0,0083 mg/L	30,4
B	0,0271 mg/L	0,0172 mg/L $\pm$ 0,0003	0,0099 mg/L	36,6
C	1,0256 mg/L	0,4736 mg/L $\pm$ 0,01	0,5520 mg/L	53,8

Perlakuan	Konsentrasi Logam berat Cd Awal	Konsentrasi Logam berat Cd Akhir $\pm$ Stdev	Logam Yang hilang	Presentase (%)
D	1,0256 mg/L	0,4423 mg/L $\pm$ 0,02	0,5832 mg/L	56,9

Berdasarkan tabel di atas dapat dilihat bahwa nilai persentase penurunan logam berat Cd di air tertinggi terdapat pada perlakuan D (*Sargassum cristaefolium* yang dipapar logam berat Cd) yakni sebesar 56,9%, sedangkan nilai persentase penurunan terendah terdapat pada perlakuan A (*Eucheuma cottonii* kontrol) sebesar 30,4%. Penurunan kadar logam berat pada perlakuan dua spesies rumput laut baik kontrol (tanpa dipapar logam berat Cd) maupun rumput laut yang dipapar logam berat Cd memiliki perbedaan. Nilai perlakuan B (*Sargassum cristaefolium* kontrol) memiliki persentase penurunan yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan A (*Eucheuma cottonii* kontrol), sama halnya dengan nilai perlakuan C dan D (*Sargassum cristaefolium* dan *Eucheuma cottonii* yang dipapar logam berat Cd), di mana nilai persentase penurunan lebih tinggi pada perlakuan D (*Sargassum cristaefolium*). Berdasarkan hasil penelitian, kedua spesies rumput laut sama-sama memiliki kemampuan untuk dapat menurunkan kadar logam Cd berat dalam air, namun penurunan kadar logam berat Cd di air pada rumput laut *Sargassum cristaefolium* lebih besar daripada rumput laut *Eucheuma cottonii*.

#### 4.2.2. Sampel Rumput Laut

Hasil penelitian menunjukkan bahwa rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* dapat menyerap logam berat kadmium yang ada dalam air. Data hasil rata-rata penyerapan logam berat kadmium oleh masing-masing rumput laut disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Persentase Penyerapan Logam Berat Cd pada Rumput Laut

Perlakuan	Konsentrasi Logam berat Cd Awal	Konsentrasi Logam berat Cd Akhir $\pm$ Stdev	Logam Yang diserap	Presentase (%)
A	0,0215 mg/L	0,0342 mg/L $\pm$ 0,0008	0,0127 mg/L	59,1
B	0,0192 mg/L	0,0317 mg/L $\pm$ 0,0016	0,0124 mg/L	64,9
C	0,0679 mg/L	0,1341 mg/L $\pm$ 0,01	0,0662 mg/L	97,4
D	0,0784 mg/L	0,1561 mg/L $\pm$ 0,009	0,0777 mg/L	99,1

Tabel di atas menunjukkan nilai rata-rata penyerapan logam berat Cd pada masing-masing perlakuan. Nilai persentase penyerapan logam berat tertinggi pada perlakuan D (*Sargassum cristaefolium* dipapar Cd) yakni sebesar 99,1% sedangkan nilai persentase terendah pada perlakuan A (*Eucheuma cottonii* kontrol) yakni sebesar 59,1%. Berdasarkan tabel di atas, perlakuan A dan B (*Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* kontrol) menunjukkan perbedaan nilai awal dan akhir logam berat yang mengalami kenaikan meskipun tidak terlalu signifikan selama penelitian. Hasil tersebut menunjukkan asumsi bahwa kedua rumput laut mampu menyerap logam berat kadmium pada lingkungan perairan secara alami. Menurut Raya dan Ramlah (2012) dalam Saifullah dan Haryati (2014), beberapa spesies makroalga telah ditemukan memiliki kemampuan yang cukup tinggi untuk mengabsorpsi ion-ion logam, baik dalam keadaan hidup maupun dalam bentuk sel mati. Beberapa makroalga merupakan indikator yang baik untuk mengetahui terjadinya pencemaran logam

berat. Organisme ini dapat mengakumulasi bahan pencemar dalam jumlah banyak dan korelasi antara kandungan bahan pencemar dalam air dan dalam tubuh organisme ini dapat ditunjukkan. Rumput laut menawarkan keuntungan dalam mengasorpsi logam berat karena memiliki struktur yang makroskopis sehingga dapat digunakan sebagai biosorben.

Perlakuan C dan D (*Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* dipapar logam berat kadmium) ternyata menyebabkan peningkatan kandungan logam berat Cd yang signifikan dari hari pertama hingga hari terakhir pengamatan (10 hari). Rata-rata penyerapan rumput laut logam berat rumput laut *Sargassum cristaefolium* yakni sebesar 0,0777 mg/L, sedangkan *Euचेuma cottonii* sebesar 0,0662 mg/L. Persentase penyerapan rumput laut logam berat rumput laut *Sargassum cristaefolium* sebesar 99,1%, sedangkan *Euचेuma cottonii* sebesar 97,4%. Nilai penyerapan *Sargassum cristaefolium* lebih besar daripada *Euचेuma cottonii*. Berdasarkan hasil penelitian ini, rumput laut *Sargassum cristaefolium* diasumsikan mampu menyerap logam berat Cd lebih banyak dibandingkan dengan rumput laut *Euचेuma cottonii* karena secara persentase memiliki nilai yang lebih tinggi. Hal ini berbanding lurus dengan penurunan kandungan logam berat dalam air pada tiap spesies, di mana spesies *Sargassum cristaefolium* memiliki nilai persentase penurunan logam berat lebih tinggi daripada *Euचेuma cottonii* (Tabel 5).

Rumput laut cokelat (*Sargassum*) memiliki morfologi yang menyerupai tumbuhan di darat yakni memiliki batang dan daun sehingga rumput laut *Sargassum* diasumsikan memiliki media penyerapan logam berat dalam air lebih luas. Berbeda dengan rumput laut *Euचेuma cottonii* yang memiliki morfologi yang lebih sederhana yakni cabangnya hanya berupa thallus yang elastis dan tidak memiliki daun sehingga media penyerapan logam berat dalam air tidak terlalu luas seperti *Sargassum cristaefolium*. Menurut Atmadja *et al* (1996),

secara morfologi rumput laut *Sargassum cristaefolium* dan *Eucheuma cottonii* memiliki bentuk morfologi yang berbeda. Bentuk morfologi rumput laut *Sargassum cristaefolium* memiliki ciri-ciri bentuk thalus yang umumnya silindris atau gepeng, cabangnya rimbun menyerupai pohon di darat, bentuk daun melebar, lonjong atau seperti pedang, warna thallus umumnya coklat. Rumput laut *Eucheuma cottonii* memiliki morfologi thallus silindris, serta permukaan elastis dan licin.

Alga coklat merupakan salah satu jenis makroalga yang memiliki kemampuan biosorben yang baik. Hal ini dikarenakan alga coklat (*Sargassum*) memiliki kapasitas biosorpsi logam yang tinggi. Alga coklat juga memiliki asam alginat yang berperan dalam menyerap ion logam berat (Chen and Yang, 2005). Hal ini juga didukung oleh pernyataan Kleinubing *et al* (2010) bahwa rumput laut *Sargassum* merupakan alga laut coklat yang mempunyai kemampuan absorpsi yang tinggi dikarenakan dinding selnya mengandung polisakarida. *Sargassum* diketahui sebagai sumber iodium alamiah. Selain dimanfaatkan dalam bidang industri makanan, farmasi, dan lain-lain, pemanfaatan lainnya adalah *Sargassum* telah diperlihatkan memiliki kemampuan sebagai penyerap logam berat yang baik (Ibrahim *et al.*, 2012).

### 4.3. Deteksi Perubahan Morfologi pada Sampel Rumput Laut

#### 4.3.1. *Eucheuma cottonii*

Rumput laut *Eucheuma cottonii* kontrol (tanpa dipapar logam berat) tidak terlalu mengalami perubahan morfologi yang mencolok selama penelitian. Berikut perubahan morfologi rumput laut *Eucheuma cottonii* kontrol disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. *Eucheuma cottonii* Kontrol A (Awal) dan B (Akhir)

Berdasarkan gambar di atas terlihat bahwa tidak ada perubahan morfologi yang mencolok antara rumput laut *Eucheuma cottonii* kontrol antara awal pengamatan (hari ke 0) dengan akhir pengamatan (hari ke 10). Bentuk dan warna pada gambar rumput laut *Eucheuma cottonii* kontrol A dan B masih terlihat normal dan sehat yakni berwarna hijau segar. Thallusnya pun tidak mengalami perubahan yang signifikan, meskipun pada Gambar 9(B) terdapat sedikit warna putih pada ujung thallus (tanda panah). Hal tersebut diduga karena adanya perubahan parameter lingkungan seperti kenaikan suhu dan salinitas selama penelitian. Pengaruh faktor-faktor lingkungan baik secara tersendiri maupun berkombinasi terhadap vegetasi tumbuhan alga makro akan tercermin dari kondisi keanekaragaman dan kelimpahan jenis, produktivitas dan

reproduktivitas pertumbuhannya. Faktor-faktor pencahayaan (kecerahan), suhu, substrat, arus, salinitas dan pencemaran merupakan faktor penting dalam penentuan diversitas dan kualitas pertumbuhan makroalga (Atmadja *et al.*, 1996)

Penambahan logam berat Cd sebesar 1 mg/L selama 10 hari memberikan efek perubahan morfologi terhadap rumput laut *Eucheuma cottonii*. Ini terlihat dari adanya perbedaan antara rumput laut sebelum dipapar dengan sesudah dipapar logam berat Cd. Perubahan morfologi rumput laut *Eucheuma cottonii* dilihat pada Gambar 10.



Gambar 10. *Eucheuma cottonii* A (Awal) dan B (Akhir)

Gambar 10(A) menunjukkan rumput laut *Eucheuma cottonii* sebelum dipapar logam berat Cd (awal pengamatan). Bentuk dan warna pada thallus *Eucheuma cottonii* masih terlihat normal dan sehat yakni warna hijau, thallusnya masih elastis serta belum terjadi patahan. Hal ini disebabkan karena air yang belum dipapar logam berat Cd. Kondisi air yang belum tercemar logam berat dan masih relatif sama dengan habitat alami sehingga *Eucheuma cottonii* dapat melakukan proses metabolismenya sesuai dengan kondisi normal. Gambar 10(B) merupakan morfologi rumput laut *Eucheuma cottonii* sesudah dipapar logam

berat (akhir pengamatan) dan mulai terlihat jelas adanya perubahan morfologi. Berdasarkan Gambar 10(B) tersebut dapat dilihat bahwa kondisi rumput laut *Eucheuma cottonii* setelah dipapar logam berat 1 mg/L selama penelitian mengalami perubahan bentuk dan warna thallus, di mana warna yang sebelumnya hijau cerah berubah menjadi kuning pucat pada beberapa thallus. Ujung thallus pun juga mengalami perubahan warna menjadi putih serta yang sebelumnya elastis menjadi mudah patah. Hal ini dikarenakan kurangnya kemampuan rumput laut *Eucheuma cottonii* dalam mentoleransi tingginya kadar logam berat Cd yang diberikan. Namun demikian rumput laut *Eucheuma cottonii* masih bisa bertahan hidup walaupun dipapar logam berat Cd sebesar 1 mg/L selama penelitian.

Masuknya unsur logam berat ke dalam tubuh tanaman, mengakibatkan terjadinya persenyawaan antara logam dengan protein dan polisakarida yang selanjutnya mampu menembus dinding sel dan masuk ke dalam sitoplasma. Pada tanaman rumput laut, diduga juga terjadi pertukaran ion, di mana ion masuk ke dalam bagian korteks yang di dalamnya terdapat sel-sel dengan berbagai fungsinya. Namun tidak semua ion tersebut berasosiasi dengan sel-sel di bagian korteks, tetapi sebagian yang lain akan masuk ke bagian yang lebih dalam yaitu pada bagian medulla yang diduga pada bagian inilah terjadi asosiasi antara logam-logam berat dengan bagian-bagian sel penyusunnya, sehingga terjadi peningkatan kandungan logam berat Cd pada rumput laut (Chino, 1981). Beberapa gejala karena kelebihan logam toksik seperti logam Cd akan mengakibatkan pengurangan dan penghambatan proses penyerapan nutrisi oleh tanaman, sehingga kehidupannya menjadi terhambat. Biasanya gejala yang terjadi akibat perubahan morfologi rumput laut biasa dikenal dengan ice-ice rumput laut. Gejala ice-ice tersebut nampak pada rumput laut selama penelitian. Penyakit ice-ice merupakan efek yang ditandai dengan timbulnya bintik/bercak-

bercak merah pada sebagian thallus yang lama kelamaan menjadi kuning pucat, ujung thallus berangsur-angsur menjadi putih dan akhirnya menjadi hancur atau rontok (Runtuboy, 2004; Ihsan *et al.*, 2015).

#### 4.3.2. *Sargassum cristaefolium*

Rumput laut *Sargassum cristaefolium* kontrol (tanpa dipapar logam berat) tidak terlalu mengalami perubahan morfologi selama penelitian. Gambaran morfologi rumput laut *Sargassum cristaefolium* kontrol selama penelitian disajikan pada Gambar 11.

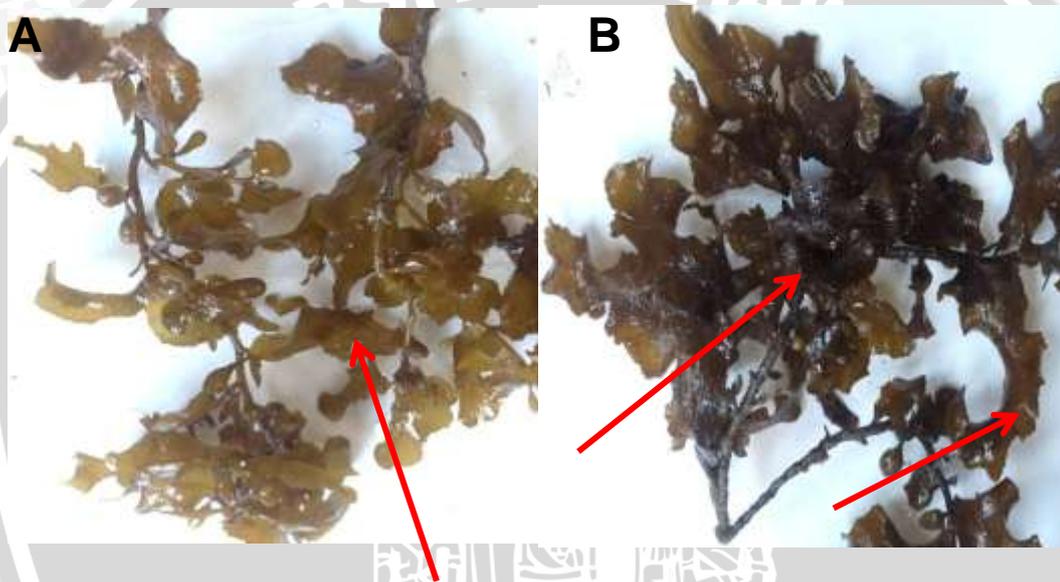


Gambar 11. *Sargassum cristaefolium* Kontrol A (Awal) dan B (Akhir)

Berdasarkan Gambar 11 di atas tidak ada perubahan morfologi yang mencolok antara rumput laut *Sargassum cristaefolium* kontrol A dan B. Bentuk dan warna pada gambar rumput laut *Sargassum cristaefolium* kontrol A dan B masih terlihat normal dan sehat yakni berwarna cokelat cerah dan normal. Batang dan daunnya pun tidak mengalami perubahan. Hal tersebut dikarenakan rendahnya kandungan logam berat dalam air sehingga rumput laut *Sargassum cristaefolium* tetap menjalankan perkembangan hidup secara normal sesuai dengan habitat alaminya selama penelitian. Kemampuan daya serap rumput laut tergantung pada ketersediaan (*availability*) logam toksik di perairan. Semakin

tinggi ketersediaan logam toksik dalam perairan akan memacu tingginya proses penyerapan oleh tanaman rumput laut. Namun demikian, tanaman rumput laut memiliki batas toleransi dalam menghadapi kondisi perairan yang tercemar oleh logam toksik (Yulianto *et al.*, 2006)

Seperti halnya pada rumput laut *Eucheuma cottonii*, penambahan logam berat Cd sebesar 1 mg/L selama 10 hari juga memberikan efek perubahan morfologi terhadap rumput laut *Sargassum cristaefolium*. Perubahan morfologi rumput laut *Sargassum cristaefolium* dilihat pada Gambar 12.

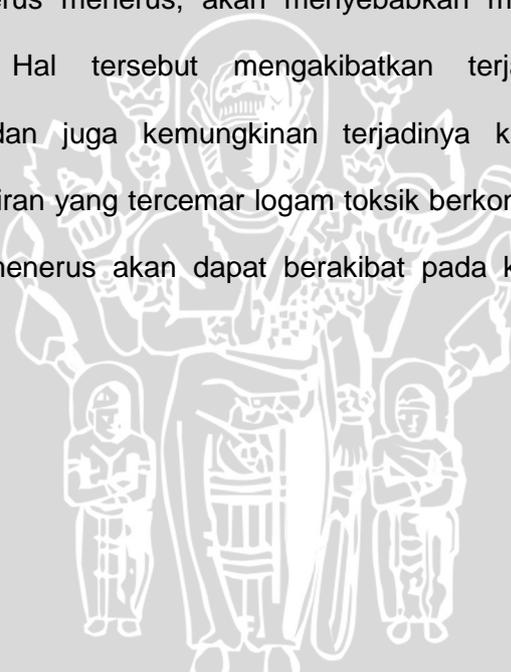


Gambar 12. *Sargassum cristaefolium* A (Awal) dan B (Akhir)

Gambar 12 di atas menunjukkan bentuk morfologi *Sargassum cristaefolium* awal pengamatan dan akhir pengamatan. Berdasarkan Gambar 12(A), perkembangan batang dan daun *Sargassum cristaefolium* belum mengalami perubahan sama sekali dan kondisinya masih normal dan sehat. Bentuk dan warna rumput laut *Sargassum cristaefolium* masih terlihat coklat cerah. Hal yang serupa dengan keadaan *Eucheuma cottonii*, di mana pada kondisi normal tersebut rumput laut cenderung terlihat masih sehat ketika berada pada kondisi air yang belum tercemar atau dipapar logam berat. Gambar 12(B) merupakan bentuk morfologi rumput laut *Sargassum cristaefolium* sesudah

dipapar logam berat (hari ke 10). Kondisi rumput laut *Sargassum cristaefolium* mulai terlihat adanya perubahan, di mana warna pada rumput laut *Sargassum cristaefolium* yang sebelumnya coklat cerah menjadi warna coklat tua sedikit kehitaman dan daun pada *Sargassum cristaefolium* menjadi mudah robek. Kondisi rumput laut *Sargassum cristaefolium* dan *Eucheuma cottonii* sama-sama mengalami perubahan yang signifikan. Namun demikian kedua rumput laut tersebut masih bisa bertahan hidup meskipun dipapar logam berat kadmium sebesar 1 mg/L selama penelitian.

Penyerapan (*absorption*) logam toksik dalam kondisi konsentrasi yang tinggi dan berjalan terus menerus, akan menyebabkan menurunnya kondisi morfologi tanaman. Hal tersebut mengakibatkan terjadinya gangguan metabolisme tubuh dan juga kemungkinan terjadinya kerusakan anatomi tanaman. Kondisi perairan yang tercemar logam toksik berkonsentrasi tinggi dan terjadi secara terus menerus akan dapat berakibat pada kematian tanaman. (Yulianto *et al.*, 2006).



#### 4.4. Hasil Nilai *Bio-Concentration Factor* (BCF)

Nilai *Bio-Concentration Factor* digunakan untuk mengetahui kemampuan tumbuhan dalam mengakumulasi bahan anorganik salah satunya logam berat. Nilai BCF ini bisa digunakan untuk mengetahui kategori tumbuhan tersebut. Nilai hasil perhitungan BCF disajikan pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Perhitungan Nilai BCF Rumput Laut

Perlakuan	Rata-rata Konsentrasi Cd pada Rumput Laut (mg/L) $\pm$ Stdev	Rata-rata Konsentrasi Cd pada Air (mg/L) $\pm$ Stdev	BCF
C	0,1341 $\pm$ 0,10	0,4736 $\pm$ 0,01	0,28
D	0,1561 $\pm$ 0,01	0,4423 $\pm$ 0,21	0,35
Rata-rata	0,15	0,46	0,32

Tabel 7 di atas menunjukkan bahwa nilai BCF pada perlakuan C (*Eucheuma cottonii* yang terpapar Cd) dan D (*Sargassum cristaefolium* yang terpapar Cd) berada pada kisaran 0,28-0,35. Nilai tersebut menunjukkan bahwa kedua rumput laut sama-sama termasuk dalam kategori tanaman *metal excluder* karena nilai  $BCF < 1$ . Tanaman kategori *metal excluder species* merupakan tanaman yang bisa mencegah masuknya logam berat yang masuk dari lingkungan, menjaga konsentrasi logam tetap rendah dalam air serta menjaga metabolisme tubuh mereka agar tidak terjadi kerusakan sel maupun jaringan (Irawanto, 2015). Konsentrasi perlakuan yang sangat tinggi yakni sebesar 1 ppm menyebabkan logam berat Cd yang masuk ke dalam thallus melalui dinding sel. Logam berat yang masuk pada dinding sel ini menyebabkan ion  $Cd^{2+}$  mudah diikat oleh polisakarida, asam alginat dan karaginan yang ada pada rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium*. Tanaman kategori *metal excluder* mampu mengubah permeabilitas pada membran sel dan mengubah kapasitas pengikatan ion logam. Tanaman *metal excluder* mampu menyerap dan mengikat bahan kontaminan menjadi bagian dari biomasnya (Ghosh and

Singh, 2005). Konsentrasi logam berat pada tiap perlakuan yang sangat tinggi yakni 1 ppm diduga menyebabkan organisme rumput laut melakukan proses metabolisme pada jaringan tubuhnya agar tidak mengalami kerusakan jaringan. Keberadaan konsentrasi yang sangat tinggi diduga akan mempercepat reaksi rumput laut tersebut dalam menyesuaikan diri terhadap lingkungan yang tercemar, sehingga pada penelitian ini kedua jenis rumput laut dapat dikategorikan sebagai tanaman *metal excluder*.

Nilai BCF perlakuan D (*Sargassum cristaefolium* yang terpapar Cd) lebih tinggi daripada nilai BCF pada perlakuan C (*Euclima cottonii* yang terpapar Cd). Berdasarkan hasil tersebut, rumput laut *Sargassum cristaefolium* diasumsikan sebagai tanaman *metal excluder* logam berat kadmium lebih efektif dibandingkan rumput laut *Euclima cottonii*. Menurut Chen dan Yang (2005), alga coklat merupakan salah satu jenis makroalga yang memiliki kemampuan biosorben yang baik. Hal ini dikarenakan alga coklat (*Sargassum*) memiliki kapasitas biosorpsi logam yang tinggi. Alga coklat juga memiliki asam alginat yang berperan dalam menyerap ion logam berat. Asam alginat yang terdapat pada rumput laut coklat merupakan bahan yang berfungsi sebagai biosorpsi dengan gugus fungsional karboksilat (RCOOH) dan hidroksil (OH) yang akan berperan dalam proses pertukaran ion dalam pembentukan senyawa kompleks.

#### 4.5. Hasil ANOVA

Sidik ragam digunakan untuk mengetahui apakah ada perbedaan terhadap tiap perlakuan. Perhitungan ANOVA ini menggunakan perhitungan manual (Lampiran 5). Adapun hasil ANOVA menggunakan perhitungan manual disajikan pada Tabel 8.

Tabel 8. Hasil ANOVA

SK	DB	JK	KT	Fhit	Ftab 5%	Ftab 1%
perlakuan	1	0,000970201	0,000970201	10,7793	5,99	13,75
Sisa	6	0,000540038	0,00000900063			
Total	7	0,001510239				

Berdasarkan hasil ANOVA didapatkan nilai Fhitung sebesar 10,779. Nilai Fhitung > Ftabel 5% (5,99), hal ini menunjukkan bahwa secara statistik  $H_0$  ditolak sedangkan  $H_1$  diterima, artinya rumput laut *Euचेuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* memiliki perbedaan dalam menyerap logam berat Kadmium. Apabila pada hasil sidik ragam didapatkan nilai Fhitung > Ftabel 0,05, maka perlu dilakukan uji lanjut menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil).

Berdasarkan hasil perhitungan BNT 5%, didapatkan hasil sebesar 0,01641 (Lampiran 6), kemudian dihitung selisih dari nilai rata-rata hasil penyerapan rumput laut *Sargassum cristaefolium* dan *Euचेuma cottonii* yakni  $0,1561 \text{ mg/L} - 0,1341 \text{ mg/L} = 0,0220 \text{ mg/L}$ . Hasil tersebut dapat dilihat bahwa nilai BNT 5% < selisih nilai rata-rata penyerapan ( $0,01641 < 0,0220$ ). Berdasarkan hasil tersebut dapat dijelaskan bahwa rumput laut *Sargassum cristaefolium* dan *Euचेuma cottonii* yang dipapar logam berat Cd memiliki pengaruh yang berbeda nyata dalam menyerap logam berat kadmium. Hasil nilai rata-rata menunjukkan penyerapan *Sargassum cristaefolium* lebih besar daripada rata-rata penyerapan *Euचेuma cottonii* dengan nilai  $0,1561 \text{ mg/L} > 0,1341 \text{ mg/L}$  (Tabel 6), maka pada penelitian ini dapat diasumsikan bahwa urutan rumput laut

yang memiliki kemampuan penyerapan logam berat Cd yang baik adalah spesies *Sargassum cristaefolium*, kemudian diikuti oleh spesies *Eucheuma cottonii*. Menurut Kleinubing *et al* (2010) bahwa rumput laut *Sargassum* merupakan alga laut coklat yang mempunyai kemampuan absorpsi yang tinggi dikarenakan dinding selnya mengandung polisakarida.



## 5. PENUTUP

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat ditarik kesimpulan antara lain:

1. Rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* masing-masing memiliki kemampuan sebagai biosorben, di mana rumput laut *Eucheuma cottonii* memiliki nilai rata-rata penyerapan logam berat Cd sebesar 0,1561 mg/L sedangkan rumput laut *Sargassum cristaefolium* memiliki nilai rata-rata penyerapan logam berat sebesar 0,1341 mg/L.
2. Berdasarkan nilai *Bio-Concentration Factor* (BCF), potensi tanaman rumput laut *Eucheuma cottonii* dan *Sargassum cristaefolium* termasuk dalam kategori tanaman *metal excluder* (BCF<1) dengan nilai BCF pada *Eucheuma cottonii* sebesar 0,28 sedangkan nilai BCF *Sargassum cristaefolium* sebesar 0,35.
3. Berdasarkan hasil penelitian ini rumput laut *Sargassum cristaefolium* diasumsikan memiliki kemampuan menyerap logam Cd lebih efektif daripada rumput laut *Eucheuma cottonii*, di mana dari persentase penyerapan rumput laut *Sargassum cristaefolium* memiliki persentase yang lebih tinggi yakni 99,1% sedangkan rumput laut *Eucheuma cottonii* memiliki persentase sebesar 97,4%.

### 5.2. Saran

Saran yang dapat diberikan antara lain perlu adanya penelitian lebih lanjut dengan penambahan perlakuan misalnya dengan kadar logam berat yang berbeda. Selain itu perlu adanya pengamatan mengenai jaringan pada rumput laut secara mikroskopis serta perlu memastikan prosedur laboratorium untuk

analisis sampel kandungan logam berat agar hasil uji yang didapatkan lebih akurat lagi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, R., 2004. Kimia Lingkungan, Edisi I Yogyakarta. ed. ANDI, Universitas Negeri Jakarta. Jakarta.
- Anggadireja, J.T., Achmad, Heri, Sri, 2006. Rumput Laut. Penebar Swdaya, Jakarta.
- Armita, D., Ali, S.A., Yanuarita, D., 2011. Analisis Perbandingan Kualitas Air Di Daerah Budidaya Rumput Laut Dengan Daerah Tidak Ada Budidaya Rumput Laut, Di Dusun Malelaya, Desa Punaga, Kecamatan Mangarabombang, Kabupaten Takalar (Skripsi). Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Ashraf, M.A., Maah, M.J., Yusoff, I., others, 2010. Study of Banana peel (*Musa sapientum*) as a Cationic Biosorben. Am.-Eurasian J Agric Env. Sci 8, 7–17.
- Aslan, L.M., 1999. Rumput Laut. Kanisinus, Yogyakarta.
- Atmadja, W.S., Kadi, A., Sulistijo, Rachmaniar, 1996. Pengenalan Jenis-Jenis Rumput Laut Indonesia. Puslitbang Oseanologi LIPI, Jakarta.
- Chen, J.P., Yang, L., 2005. Chemical Modification of *Sargassum* sp. for Prevention of Organic Leaching and Enhancement of Uptake during Metal Biosorption. Div. Environ. Sci. Eng. Natl. Univ. Singap. Ind. Eng. Chem. Res, 44 (26).
- Chino, M., 1981. Heavy Metals Pollution in Soil. Japan Scientific Societies Press, Tokyo. Japan.
- Dahuri, 2001. Pengelolaan Sumber Daya Wilayah Pesisir dan Lautan Secara Terpadu. PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Diantariani, N.P., Sudiarta, I.W., Elantiani, N.K., 2008. Proses Biosorpsi dan Desorpsi ion Cr (VI) pada Biosorben Rumput Laut *Eucheuma spinosum*. J. Chem. 2.
- Etim, L., Akpan, E.R., Muller, P., 1991. Temporal trends in heavy metal concentrations in the clam *Egeria radiata* (Bivalvia: *Tellinacea donacidae*) from the Cross River, Nigeria. Reu Hydrobiol Trop 24, 327–333.
- Fauziah, 2011. Efektivitas Penyerapan Logam Kromium (Cr VI) dan Kadmium (Cd) Oleh *Scenedesmus dimorphus* (Result). Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- Ghoneim, M.M., El-Desoky, H.S., El-Moselhy, K.M., Amer, A., Abou El-Naga, E.H., Mohamedein, L.I., Al-Prol, A.E., 2014. Removal of cadmium from

- aqueous solution using marine green algae, *Ulva lactuca*. Egypt. J. Aquat. Res. 40, 235–242. doi:10.1016/j.ejar.2014.08.005
- Ghosh, M., Singh, S., 2005. Review On Phytoremediation of Heavy Metals and Utilization of Its Byproduct. Appl. Ecol. Environ. Res. 3(1), 1–18.
- Hasan, M.I., 2002. Pokok-pokok Materi Metodologi Penelitian dan Aplikasinya. Ghalia Indonesia, Bogor.
- Himfarminvest, 2016. Cadmium [WWW Document]. URL <http://himfarm.all.biz/ko/kadeumyum-g1633310> (accessed 7.25.16).
- Hutabarat, Evans, 2001. Pengantar Oseanografi. Universitas Indonesia, Jakarta.
- Ibrahim, B., Sukarsa, D.R., Aryanti, L., 2012. Pemanfaatan rumput laut *Sargassum* sp. sebagai adsorben limbah cair industri rumah tangga perikanan. J. Pengolah. Has. Perikan. Indones. 15.
- Igwe, J.C., Abia, A.A., 2006. A Bioseparation Process for Removing Heavy Metals from Waste Water Using Biosorbents. Afr. J. Biotechnol. 5(12), 1167–1179.
- Ihsan, Y.N., Aprodita, A., Rustikawati, I., Dewi K. Pribadi, T., 2015. Kemampuan *Gracilaria* sp. Sebagai Agen Bioremediasi Dalam Menyerap Logam Berat Pb. Jurnal Kelautan Volume 8 No. 1.
- Irawanto, R., 2015. Konsentrasi Logam Berat (Pb dan Cd) pada Bagian Tumbuhan Akuatik *Coix lacryma-jobi* (Jali). Pros. KPSDA 1.
- Jaedun, A., 2011. . Metode Penelitian Eksperimen. Pelatihan Penulisan Artikel Ilmiah, Yogyakarta.
- Khasanah, U., 2013. Analisis Kesesuaian Perairan untuk Lokasi Budidaya Rumput Laut *Eucheuma cottonii* di Perairan Kecamatan Sjianging (Skripsi). Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Kleinübing, S.J., Vieira, R.S., Beppu, M.M., Guibal, E., Silva, M.G.C. da, 2010. Characterization and evaluation of copper and nickel biosorption on acidic algae *Sargassum filipendula*. Mater. Res. 13, 541–550.
- Kurniasari, L., 2010. Pemanfaatan Mikroorganisme dan Limbah pertanian Sebagai Bahan Baku Biosorben Logam Berat. Momentum 6.
- Lestari, S., Hernayanti, Insan, 2007. Biosorpsi Krom Heksavalen (Cr6+) Oleh Rumput Laut *Sargassum cristaefolium* Dalam Skala Laboratorium (Laporan hasil Penelitian). Purwokerto.
- Lobban, C.S., Harisson, P.J., 1997. Seaweed Ecology and Physiology. Cambridge University Press, Cambriedge.
- Mukhtasor, 2007. Pencemaran Pesisir dan Laut. Pradnya Paramita, Jakarta.

- Raya, I., Ramlah, 2012. Bioakumulasi Ion Cd(II) IONS Pada rumput Laut *Eucheuma cottonii*. J. Mar. Chim. Acta 13(2), 13–19.
- Reskika, A., 2011. Evaluasi Potensi Rumput Laut Coklat (Phaeophyceae) dan Rumput Laut (Chlorophyceae) Perairan Takalar sebagai Antibakteri *Vibrio* spp. Universitas Hasanuddin, Makassar.
- Romimohtarto, K., Juwana, S., 2009. Biologi Laut. Djambatan, Jakarta.
- Rosita, E., Melani, W.R., Zulfikar, A., 2013. Efektivitas Fitoremediasi Kangkung Air (*Ipomoea aquatica*) Terhadap Penyerapan Orthopospat Pada Detergen Ditinjau dari Detensi Waktu dan Konsentrasi Orthopospat. Univ. Marit. Raja Ali Haji Riau.
- Runtuboy, N., 2004. Diseminasi Budidaya Rumput Laut Cottoni (*Kappaphycus alvarezii*). Laporan Tahunan Balai Budidaya Laut Tahun Anggaran 2003, Lombok.
- Saifullah, S., Haryati, S., 2014. Identifikasi Jenis Rumput Laut Dari Perairan Pulo Merak Cilegon Banten. J. Ilmu Pertan. Dan Perikan. 3, 31–35.
- Sanusi, H.S., Sugeng, P., 2009. Kimia Laut Dan Pencemaran. Departemen Ilmu Dan Teknologi Kelautan, . Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Schiewer, Volesky, 2000. Biosorption process for heavy metal removal. In: lovley, D.R (Ed). Enviromental Microbe-Met. Interact. 329–362.
- Soemirat, 2003. Toksikologi Lingkungan. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soenardjo, N., 2011. Aplikasi Budidaya Rumput Laut *Eucheuma cottonii* (Weber van Bosse) Dengan Metode Jaring Lepas Dasar (Net Bag) Model Cidaun. Bul. Oseanografi Mar. 1.
- Sugiharto, 1987. Dasar – Dasar Pengelolaan Air Limbah, 1987. Universitas Indonesia Press, Jakarta.
- Suhaemi, Z., 2011. Metode Penelitian dan Rancangan Percobaan. Universitas Tamansiswa, Padang.
- Sulistijo, Szeifoul, 2006. Pengaruh Pergantian Air Laut Terhadap Perkembangan Zigot *Sargassum polycystum*. J. Oseanologi Dan Limnol. 41, 15–38.
- Widodo, Suadi, 2006. Pengelolaan Sumberdaya Perikanan Laut. Yogyakarta.
- Yudo, S., 2006. Kondisi Pencemaran Logam Berat di Perairan Sungai DKI Jakarta. JAI 2 (1), 1–15.
- Yulianto, B., Ario, R., Agung, T., 2006. Daya Serap Rumput Laut (*Gracilaria* sp) Terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) Sebagai Biofilter. ILMU Kelaut. Indones. J. Mar. Sci. 11, 72–78.

Yunizal, 2004. Teknologi Pengolahan Alginat. Pusat Riset Pengolahan Produk Dan Sosial Ekonomi Kelautan Dan Perikanan. Departemen Kelautan Dan Perikanan, Jakarta.



## LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Suhu

Perlakuan	Suhu (°C) Hari Ke									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	25,35	24,94	25,42	25,46	25,39	25,56	25,49	25,46	25,33	25,62
A2	25,53	24,89	25,72	25,29	25,48	25,51	25,54	25,53	25,54	25,55
A3	24,94	25,36	24,91	25,7	25,46	25,47	25,34	25,48	25,44	25,62
A4	24,79	25,63	25,18	25,42	25,19	25,24	25,52	25,33	25,51	25,84
<b>Rerata</b>	<b>25,15</b>	<b>25,21</b>	<b>25,31</b>	<b>25,47</b>	<b>25,38</b>	<b>25,45</b>	<b>25,47</b>	<b>25,45</b>	<b>25,46</b>	<b>25,66</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,35</b>	<b>0,35</b>	<b>0,345</b>	<b>0,17</b>	<b>0,13</b>	<b>0,14</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,12</b>
B1	24,81	24,84	25,64	25,53	25,45	25,67	25,23	25,69	25,45	25,65
B2	25,64	25,69	24,94	25,45	25,5	25,65	25,84	25,68	25,71	25,63
B3	25,66	25,73	24,93	25,32	25,63	25,36	25,61	25,57	26,13	26,25
B4	24,63	24,76	25,72	25,7	25,51	25,68	25,84	25,63	26,11	26,19
<b>Rerata</b>	<b>25,18</b>	<b>25,25</b>	<b>25,31</b>	<b>25,5</b>	<b>25,52</b>	<b>25,59</b>	<b>25,63</b>	<b>25,64</b>	<b>25,85</b>	<b>25,93</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,54</b>	<b>0,53</b>	<b>0,43</b>	<b>0,16</b>	<b>0,08</b>	<b>0,15</b>	<b>0,29</b>	<b>0,055</b>	<b>0,33</b>	<b>0,34</b>
C1	25,54	24,97	25,61	25,43	25,52	25,59	25,51	25,73	26,11	26,21
C2	24,86	24,93	25,52	25,56	25,65	25,53	25,63	25,61	25,64	26,32
C3	25,76	25,85	25,33	25,48	25,45	25,54	25,59	25,64	25,51	25,56
C4	24,82	25,48	25,42	25,51	25,61	25,62	25,71	25,71	25,63	25,61
<b>Rerata</b>	<b>25,25</b>	<b>25,31</b>	<b>25,47</b>	<b>25,495</b>	<b>25,56</b>	<b>25,57</b>	<b>25,61</b>	<b>25,67</b>	<b>25,72</b>	<b>25,93</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,48</b>	<b>0,44</b>	<b>0,12</b>	<b>0,05</b>	<b>0,09</b>	<b>0,046</b>	<b>0,087</b>	<b>0,06</b>	<b>0,265</b>	<b>0,396</b>
D1	25,63	24,97	25,52	25,54	25,59	25,74	25,69	25,62	25,63	25,76
D2	24,86	25,68	24,85	25,61	25,61	25,67	25,65	25,51	25,53	25,45
D3	25,69	25,61	25,71	24,96	24,97	25,58	24,73	25,58	25,58	25,83
D4	24,73	24,89	25,93	25,7	25,51	24,94	25,87	25,41	26,25	26,43
<b>Rerata</b>	<b>25,23</b>	<b>25,29</b>	<b>25,50</b>	<b>25,45</b>	<b>25,42</b>	<b>25,48</b>	<b>25,48</b>	<b>25,53</b>	<b>25,75</b>	<b>25,87</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,50</b>	<b>0,415</b>	<b>0,47</b>	<b>0,33</b>	<b>0,30</b>	<b>0,37</b>	<b>0,51</b>	<b>0,09</b>	<b>0,34</b>	<b>0,41</b>

Lampiran 2. Data Salinitas

Perlakuan	Salinitas (‰) Hari Ke									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	30	30	31	31	31	32	32	32	33	33
A2	30	30	30	31	31	31	32	33	33	33
A3	30	30	30	30	31	32	32	32	33	33
A4	30	30	31	31	31	31	32	32	33	33
<b>Rerata</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30,5</b>	<b>30,5</b>	<b>31</b>	<b>31,5</b>	<b>32</b>	<b>32,25</b>	<b>33</b>	<b>33</b>
<b>STDEV</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,58</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>	<b>0,57</b>	<b>0</b>	<b>0,57</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
B1	30	30	31	31	31	32	32	32	33	33
B2	30	31	31	31	31	32	32	32	32	33
B3	30	30	30	31	31	31	32	32	33	33
B4	30	30	30	31	31	31	32	32	32	33
<b>Rerata</b>	<b>30</b>	<b>30,25</b>	<b>30,5</b>	<b>31</b>	<b>31</b>	<b>31,5</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32,5</b>	<b>33</b>
<b>STDEV</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>
C1	30	30	30	31	31	31	32	32	33	33
C2	30	30	31	31	32	32	32	32	33	33
C3	30	31	31	31	31	32	32	32	33	33
C4	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33
<b>Rerata</b>	<b>30</b>	<b>30,25</b>	<b>30,5</b>	<b>31</b>	<b>31,25</b>	<b>31,75</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>33</b>
<b>STDEV</b>	<b>0</b>	<b>0,58</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>	<b>0,58</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
D1	30	30	31	31	32	32	32	32	33	33
D2	30	31	31	31	31	32	32	32	33	33
D3	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33
D4	30	30	30	31	31	32	32	32	33	33
<b>Rerata</b>	<b>30</b>	<b>30,25</b>	<b>30,5</b>	<b>31</b>	<b>31,25</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>33</b>
<b>STDEV</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>0,58</b>	<b>0</b>	<b>0,5</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Lampiran 3. Data Oksigen Terlarut

Perlakuan	Oksigen Terlarut (mg/L) Hari Ke									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	5,74	5,79	5,84	5,74	5,65	5,63	5,54	5,59	5,5	5,48
A2	5,91	5,93	5,96	5,91	5,84	5,81	5,74	5,78	5,7	5,65
A3	5,86	5,89	5,92	5,86	5,82	5,8	5,71	5,76	5,68	5,63
A4	5,99	5,95	5,91	5,89	5,87	5,83	5,81	5,77	5,74	5,7
<b>Rerata</b>	<b>5,87</b>	<b>5,89</b>	<b>5,91</b>	<b>5,85</b>	<b>5,80</b>	<b>5,77</b>	<b>5,70</b>	<b>5,73</b>	<b>5,655</b>	<b>5,62</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,08</b>	<b>0,07</b>	<b>0,08</b>	<b>0,08</b>	<b>0,104</b>	<b>0,101</b>	<b>0,108</b>	<b>0,104</b>	<b>0,110</b>	<b>0,09</b>
B1	5,97	5,93	5,82	5,85	5,89	5,78	5,71	5,74	5,68	5,65
B2	5,89	5,86	5,74	5,78	5,82	5,7	5,64	5,67	5,61	5,58
B3	5,87	5,84	5,7	5,85	5,8	5,68	5,61	5,63	5,58	5,54
B4	5,79	5,78	5,67	5,65	5,76	5,68	5,67	5,71	5,59	5,58
<b>Rerata</b>	<b>5,88</b>	<b>5,85</b>	<b>5,73</b>	<b>5,78</b>	<b>5,82</b>	<b>5,71</b>	<b>5,66</b>	<b>5,69</b>	<b>5,62</b>	<b>5,59</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,074</b>	<b>0,062</b>	<b>0,065</b>	<b>0,094</b>	<b>0,054</b>	<b>0,047</b>	<b>0,046</b>	<b>0,05</b>	<b>0,045</b>	<b>0,046</b>
C1	5,71	5,61	5,65	5,53	5,5	5,58	5,46	5,41	5,38	5,35
C2	5,93	5,84	5,88	5,76	5,73	5,8	5,69	5,66	5,61	5,58
C3	5,79	5,7	5,74	5,63	5,59	5,66	5,55	5,51	5,48	5,46
C4	5,96	5,92	5,88	5,85	5,82	5,78	5,74	5,71	5,67	5,64
<b>Rerata</b>	<b>5,85</b>	<b>5,77</b>	<b>5,79</b>	<b>5,69</b>	<b>5,66</b>	<b>5,71</b>	<b>5,61</b>	<b>5,57</b>	<b>5,54</b>	<b>5,51</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,11</b>	<b>0,116</b>	<b>0,116</b>	<b>0,115</b>	<b>0,115</b>	<b>0,111</b>	<b>0,115</b>	<b>0,126</b>	<b>0,115</b>	<b>0,115</b>
D1	5,77	5,8	5,73	5,65	5,69	5,63	5,57	5,6	5,53	5,5
D2	5,87	5,91	5,83	5,76	5,8	5,72	5,64	5,68	5,6	5,57
D3	5,73	5,78	5,69	5,6	5,65	5,58	5,51	5,54	5,47	5,42
D4	5,81	5,78	5,61	5,74	5,67	5,71	5,62	5,67	5,62	5,68
<b>Rerata</b>	<b>5,80</b>	<b>5,82</b>	<b>5,72</b>	<b>5,69</b>	<b>5,70</b>	<b>5,66</b>	<b>5,59</b>	<b>5,62</b>	<b>5,56</b>	<b>5,54</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,059</b>	<b>0,062</b>	<b>0,091</b>	<b>0,075</b>	<b>0,067</b>	<b>0,067</b>	<b>0,058</b>	<b>0,065</b>	<b>0,069</b>	<b>0,110</b>

Lampiran 4. Data pH

Perlakuan	pH Hari Ke									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A1	7,52	7,79	7,65	7,45	7,46	7,53	7,4	7,75	7,77	7,42
A2	7,61	7,59	7,43	7,54	7,48	7,66	7,52	7,5	7,51	7,5
A3	7,54	7,63	7,68	7,43	7,4	7,65	7,55	7,59	7,57	7,44
A4	7,49	7,56	7,57	7,64	7,44	7,63	7,5	7,75	7,79	7,52
<b>Rerata</b>	<b>7,54</b>	<b>7,64</b>	<b>7,58</b>	<b>7,52</b>	<b>7,45</b>	<b>7,62</b>	<b>7,49</b>	<b>7,65</b>	<b>7,66</b>	<b>7,47</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,047</b>	<b>0,106</b>	<b>0,136</b>	<b>0,058</b>	<b>0,041</b>	<b>0,072</b>	<b>0,079</b>	<b>0,1267</b>	<b>0,136</b>	<b>0,042</b>
B1	7,65	7,74	7,58	7,68	7,41	7,58	7,72	7,55	7,74	7,51
B2	7,46	6,92	7,47	6,88	7,54	7,62	6,96	7,76	7,58	7,53
B3	6,84	7,23	7,68	7,58	7,68	7,54	7,64	7,74	7,78	7,53
B4	7,34	7,64	7,51	7,64	7,74	7,63	7,27	7,61	7,67	7,46
<b>Rerata</b>	<b>7,32</b>	<b>7,38</b>	<b>7,56</b>	<b>7,45</b>	<b>7,59</b>	<b>7,59</b>	<b>7,39</b>	<b>7,67</b>	<b>7,69</b>	<b>7,51</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,346</b>	<b>0,379</b>	<b>0,092</b>	<b>0,379</b>	<b>0,148</b>	<b>0,041</b>	<b>0,351</b>	<b>0,101</b>	<b>0,088</b>	<b>0,033</b>
C1	7,48	7,69	7,65	7,54	7,44	7,5	7,62	7,6	7,62	7,63
C2	7,67	7,57	7,75	7,43	7,48	7,59	7,55	7,55	7,62	7,67
C3	7,42	7,53	7,51	7,6	7,49	7,46	7,48	7,47	7,66	7,71
C4	7,52	7,41	7,51	7,5	7,48	7,53	7,69	7,69	7,7	7,75
<b>Rerata</b>	<b>7,52</b>	<b>7,55</b>	<b>7,61</b>	<b>7,52</b>	<b>7,47</b>	<b>7,52</b>	<b>7,59</b>	<b>7,58</b>	<b>7,65</b>	<b>7,69</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,131</b>	<b>0,083</b>	<b>0,121</b>	<b>0,086</b>	<b>0,026</b>	<b>0,067</b>	<b>0,07</b>	<b>0,065</b>	<b>0,023</b>	<b>0,04</b>
D1	7,58	7,69	7,51	7,76	7,43	7,49	7,75	7,76	7,79	7,73
D2	7,65	7,74	7,65	7,65	7,59	7,63	7,67	7,76	7,75	7,75
D3	7,49	7,78	7,74	7,79	7,41	7,63	7,57	7,74	7,77	7,4
D4	7,43	7,58	7,64	7,59	7,41	7,35	7,68	7,67	7,71	7,23
<b>Rerata</b>	<b>7,54</b>	<b>7,70</b>	<b>7,64</b>	<b>7,69</b>	<b>7,46</b>	<b>7,53</b>	<b>7,67</b>	<b>7,73</b>	<b>7,76</b>	<b>7,53</b>
<b>STDEV</b>	<b>0,097</b>	<b>0,045</b>	<b>0,095</b>	<b>0,094</b>	<b>0,087</b>	<b>0,134</b>	<b>0,074</b>	<b>0,043</b>	<b>0,034</b>	<b>0,255</b>

## Lampiran 5. Hasil Perhitungan ANOVA

Ulangan	Perlakuan		Jumlah
	C	D	
1	0,1212	0,1634	0,2846
2	0,1461	0,1425	0,2886
3	0,1334	0,1596	0,293
4	0,1355	0,1548	0,2903
Jumlah	0,5362	0,7415	1,1565

$$FK \text{ (Faktor Koreksi)} = \frac{y^2}{tr}$$

$$DBp \text{ (Derajat Bebas)} = \text{Perlakuan} - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$DBt = \text{Jumlah data} - 1 = 8 - 1 = 7$$

$$DBs = DBt - DBp = 7 - 1 = 6$$

$$\frac{1,1565^2}{8}$$

$$\frac{1,337492}{8} = 0,168345$$

$$JKT \text{ (Jumlah Kuadrat Total)} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^f Y_{ij}^2 - FK$$

$$= ((0,1212)^2 + (0,1461)^2 + \dots + (0,1548)^2) - 0,168345$$

$$= 0,001510239$$

$$JK \text{ Perlakuan (JKP)} = \sum Y^2 / r - FK$$

$$= (((0,5362)^2 + (0,7425)^2 / 4) - 0,168345$$

$$= 0,000970201$$

$$JK \text{ Sisa (JKS)} = JKT - JKP$$

$$= 0,001510239 - 0,000970201$$

$$= 0,000540038$$

$$KTP = \frac{JKP}{DBp}$$

$$= 0,000970201 / 1 = 0,000970201$$

$$KTS = \frac{JKS}{DBs}$$

$$= 0,000540038 / 6 = 0,0000900063$$

$$F \text{ Hitung} = \text{KTP/KTS} = 0,000970201/0,00000900063 = 10,7793$$

### Lampiran 6. Hasil Perhitungan BNT

$$\text{BNT} = \left\{ t \frac{\alpha}{2} \right\}, N-u \frac{\sqrt{2 \times \text{KT Galat}}}{r}$$

Dimana :

t = Tabel

$\alpha = 5 \%$

N = jumlah data

U = perlakuan

r = ulangan

KT Galat = Kuadran Tengah Galat

$$\begin{aligned} \text{BNT } 5\% &= \left\{ t \frac{\alpha}{2} \right\}, N-u \frac{\sqrt{2 \times \text{KT Galat}}}{r} \\ &= \left\{ t \frac{0,05}{2} \right\}, 8-2 \frac{\sqrt{2 \times 0,00000900063}}{4} \\ &= \{t 0,025\}, 6 \times \frac{\sqrt{2 \times 0,00000900063}}{4} \\ &= 2,44691 \times \frac{\sqrt{2 \times 0,00000900063}}{4} \\ &= 2,44691 \times 0,006708 \\ &= 0,01641 \end{aligned}$$

Jadi nilai uji Beda Nyata Terkecil sebesar 0,01641

Lampiran 7. Hasil Uji Kandungan Logam Berat Sampel Rumput Laut

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM <b>LABORATORIUM KIMIA</b> Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341-562180 Laman: www.um.ac.id	<b>FPO</b> <b>5.10-1</b>
	<b>FORMULIR</b> JUDUL <b>LAPORAN HASIL PENGUJIAN</b>	Tgl. Terbit / Revisi : 3 Maret 2016 Halaman : 1-4 File : Catur Sugiarto

Nomor : 022/UN.32.3.7.3/LT/2016

Nama Pemilik : Catur Sugiarto

NIM : 125080601111058

Alamat : Jl. Veteran Malang – 65145

Jenis Contoh : Padat

Tanggal Terima Sampel : 1 Maret 2016

Tanggal Uji Sampel : 2 Maret 2016

Metode Uji : AAS

Kondisi khusus dari contoh : tidak ada

Hasil Pengujian : Kadar Cadmium (Cd)

No	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)		Massa Sampel Yang ditimbang	Keterangan
		Cd	Pb		
1	Sampel Sargassum	0,0192	-	0,5026	• X gram kedua sampel yang ditimbang, telah dilarutkan dalam HNO <sub>3</sub> 2 M hingga 50 mL.
2	Sampel Cottonii	0,0215	-	0,5042	

3 Maret 2016

Kepala Laboratorium Kimia,



Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si  
 NIP 196705011996031002

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM <b>LABORATORIUM KIMIA</b> Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341-562189 Laman: www.um.ac.id		FPO 5.10-1
	<b>FORMULIR</b> JUDUL <b>LAPORAN HASIL PENGUJIAN</b>		
		Tgl. Terbit / Revisi : 3 Maret 2016	
		Halaman : 1-4	
		File : Yulita ID., Yusrion A., Catur S.	

Nomor : 020/UN.32.3.7.3/LT/2016  
 Nama Pemilik : Yulita Ika Damayanti  
 NIM : 125080601111046  
 Alamat : Jl. Veteran Malang – 65145.  
 Jenis Contoh : Cair  
 Tanggal Terima Sampel : 1 Maret 2016  
 Tanggal Uji Sampel : 2 Maret 2016  
 Metode Uji : AAS  
 Kondisi khusus dari contoh : tidak ada  
 Hasil Pengujian : Kadar Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb)

No	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)		Massa Sampel Yang ditimbang	Keterangan
		Cd	Pb		
1	Sampel Air	0,0271	0,1553	-	• X gram kedua sampel yang ditimbang, telah dilarutkan dalam HNO <sub>3</sub> 2 M hingga 50 ml.

3 Maret 2016

Kepala Laboratorium Kimia,

  
  
 Dr. Yulchi Utomo, M. Si  
 NIP. 196705011996031002

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM LABORATORIUM KIMIA Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341-562180 Laman: www.um.ac.id		FPO 5.10-1
	FORMULIR Tgl. Terbit / Revisi : 8 Maret 2016		
JUDUL LAPORAN HASIL PENGUJIAN		Halaman : 1-4 File : Yulita ID., Yusron A., Catur S.	

Nomor : 026/UN.32.3.7.3/LT/2016.

Nama Pemilik : Yulita Ika Damayanti

NIM : 125080601111046

Alamat : Jl. Veteran Malang – 65145

Jenis Contoh : Cair dan padat

Tanggal Terima Sampel : 4 Maret 2016

Tanggal Uji Sampel : 7 Maret 2016

Metode Uji : AAS

Kondisi khusus dari contoh : tidak ada

Hasil Pengujian : Kadar Cadmium (Cd) dan Timbal (Pb)

No	Kode Sampel	Konsentrasi (ppm)		Massa Sampel Yang ditimbang	Keterangan
		Cd	Pb		
1	Sargassum	0,0784	-	0,5095	* X gram kedua sampel yang ditimbang, telah dilarutkan dalam HNO <sub>3</sub> 2 M hingga 50 mL.
2	E. Cottonii	0,0679	-	0,5061	
3	Sampel Cd	1,0256	-	-	
4	E. Cottonii	-	0,1725	0,5049	
5	EC 25 ppt	-	0,1744	0,5081	
6	EC 30 ppt	-	0,1738	0,5055	
7	EC 35 ppt	-	0,1731	0,5064	
8	25 ppt	-	1,1617	-	
9	30 ppt	-	1,1598	-	
10	35 ppt	-	1,1272	-	
11	25 ppt K	-	0,1284	-	
12	35 ppt K	-	0,1403	-	

8 Maret 2016  
 Kepala Laboratorium Kimia,

  
 Dr. Pl. Sudhi Utomo, M. Si  
 NIP. 196705011996031002

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM <b>LABORATORIUM KIMIA</b> Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341-562180 Lembar: www.um.ac.id	<b>FPO</b> <b>5.10-1</b>
	<b>FORMULIR</b> JUDUL <b>LAPORAN HASIL PENGUJIAN</b>	Tgl. Terbit / Revisi : 14 April 2016 Halaman : 3-4 File : Yulita ID., Yusron A., Catur S.

Nomor : 040/UN.32.3.7.3/LT/2016

Nama Pemilik : 1. Yulita Ika Damayanti, NIM: 125080601111046  
 2. Yusron Alifi, NIM: 125080601111059  
 3. Catur Sugiarto, NIM: 125080601111058

Alamat : Jl. Veteran Malang – 65145

Jenis Contoh : Cair dan padat

Tanggal Terima Sampel : 14 Maret 2016

Tanggal Uji Sampel : 8 April 2016

Metode Uji : AAS

Kondisi khusus dari contoh : tidak ada

Hasil Pengujian : Kadar Cadmium (Cd)

No	Kode Sampel	Massa Sampel Yang ditimbang	Konsentrasi (ppm)	Keterangan
			Cd	
1	Sarg K Cd 1	-	0,0176	• X gram kedua sampel yang ditimbang telah dilarutkan dalam HNO <sub>3</sub> 2 M hingga 50 mL.
2	Sarg K Cd 2	-	0,0169	
3	Sarg K Cd 3	-	0,0173	
4	Sarg K Cd 4	-	0,0169	
5	Sarg Cd 1	-	0,4273	
6	Sarg Cd 2	-	0,4736	
7	Sarg Cd 3	-	0,4361	
8	Sarg Cd 4	-	0,4324	
9	E Cott Cd 1	-	0,4739	
10	E Cott Cd 2	-	0,4766	
11	E Cott Cd 3	-	0,4851	
12	E Cott Cd 4	-	0,4588	
13	ECK PbCd1	-	0,0197	
14	ECK PbCd2	-	0,0185	
15	ECK PbCd3	-	0,0197	
16	ECK PbCd4	-	0,0175	

	KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI UNIVERSITAS NEGERI MALANG (UM) FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM <b>LABORATORIUM KIMIA</b> Jalan Semarang 5, Malang 65145 Telepon: 0341-562180 Laman: www.um.ac.id	<b>FPO</b> <b>5.10-1</b>
	<b>FORMULIR</b>	Tgl. Terbit / Revisi : 14 April 2016
JUDUL <b>LAPORAN HASIL PENGUJIAN</b>	Halaman : 4-4 File : Yulita ID., Yusron A., Catur S.	

No	Kode Sampel	Massa Sampel Yang ditimbang	Konsentrasi	Keterangan
			(ppm) Cd	
17	SP Kon Cd 1	0,5071	0,0312	
18	SP Kon Cd 2	0,5002	0,0296	
19	SP Kon Cd 3	0,5023	0,0328	
20	SP Kon Cd 4	0,5049	0,0331	
21	SP Cd 1	0,5036	0,1634	
22	SP Cd 2	0,5016	0,1425	
23	SP Cd 3	0,5076	0,1596	
24	SP Cd 4	0,5053	0,1548	
25	ECP Cd 1	0,5066	0,1212	
26	ECP Cd 2	0,5042	0,1461	
27	ECP Cd 3	0,5024	0,1334	
28	ECP Cd 4	0,5064	0,1355	
29	ECKP 1	0,5083	0,0349	
30	ECKP 2	0,5076	0,0342	
31	ECKP 3	0,5026	0,0331	
32	ECKP 4	0,5011	0,0346	

14 April 2016



Kepala Laboratorium Kimia,

Dr. H. Yudhi Utomo, M. Si  
 NIP 196705011996031002



Lampiran 8. Alat dan Bahan Penelitian



Refraktometer



Tabung Reaksi



Labu Ukur



Pipet Volume



Spatula



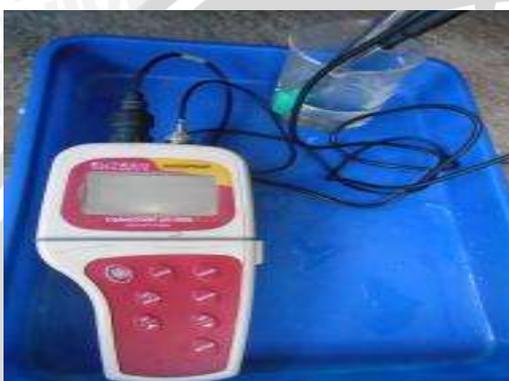
Pipet Tetes



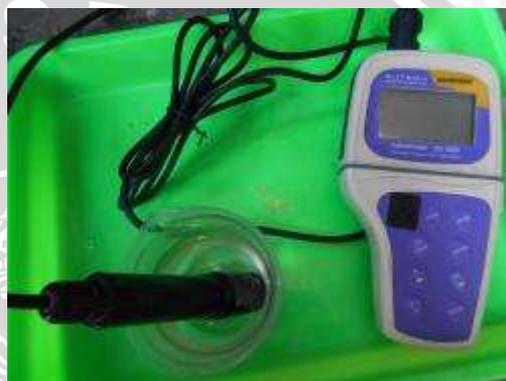
Washing Bottle



Neraca ukur



Termometer & pH meter



DO Meter



Display



AAS



Botol Sampel



Larutan Stok Cd



Timbangan Analitik *E.cottonii* dan *Sargassum*



Lampiran 9. Dokumentasi Penelitian



Menimbang Bubuk Kimia  $\text{CdCO}_3$



Melarutkan dan Menghomogenkan dengan akuades



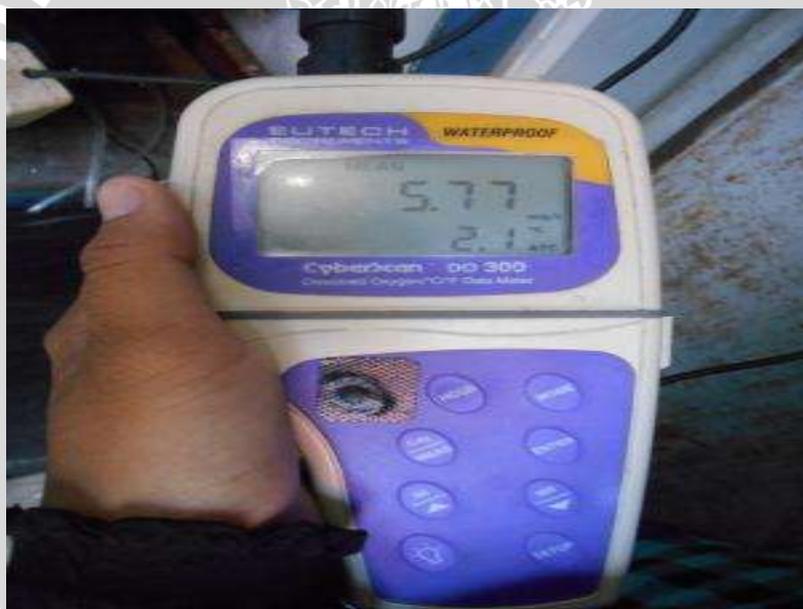
Toples-toples Media Rumput Laut



Pengukuran Kualitas Air (Suhu, pH, dan DO)



Nilai Suhu dan pH yang muncul pada Termometer dan pH meter



Nilai DO yang muncul pada DO meter



Mengukur Salinitas

