

**ANALISIS LOGAM TIMBAL DAN TEMBAGA TERHADAP DAYA
SERAP RUMPUT LAUT *Gracilaria sp.* SEBAGAI BIOSORBEN**

SKRIPSI

Diajukan Oleh :

AKHI NURUL AGUSTI

NIM. 140704005

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi

Program Studi: Kimia



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2019**

Lembar Pengesahan Pembimbing Skripsi (S-1)

**ANALISIS LOGAM TIMBAL DAN TEMBAGA TERHADAP DAYA
SERAP RUMPUT LAUT *Gracilaria sp.* SEBAGAI BIOSORBEN**

SKRIPSI

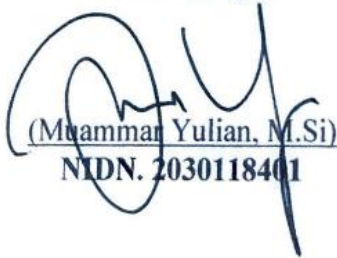
Diajukan Kepada Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-
Raniry Sebagai Beban Studi Untuk Memperoleh Gelar Sarjana (S-1)
dalam Ilmu Kimia

Diajukan Oleh :

AKHI NURUL AGUSTI
NIM. 140704005
Program Studi Kimia
Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry

Disetujui oleh :

Pembimbing I,



(Muhammad Yulian, M.Si)
NIDN. 2030118401

Pembimbing II,



(Muhammad Ridwan Harahap, M.Si)
NIDN. 2027118603

Lembar Pengesahan Penguji Skripsi (S-1)

**ANALISIS LOGAM TIMBAL DAN TEMBAGA TERHADAP DAYA
SERAP RUMPUT LAUT *Gracilaria sp.* SEBAGAI BIOSORBEN**

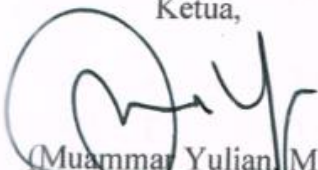
SKRIPSI

Telah Diuji Oleh Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry dan Dinyatakan Lulus Serta
Diterima Sebagai Salah Satu Beban Studi Program Sarjana (S-1) Dalam Ilmu
Kimia

Pada Hari/Tanggal: Rabu, 16 Januari 2019
09 Jumadil Awal 1440 H

Panitia Ujian Munaqasyah Skripsi,

Ketua,


(Muammar Yulian, M.Si)
NIDN. 2030118401

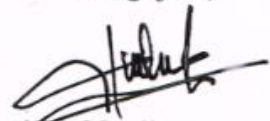
Sekretaris,


(Muhammad Ridwan Harahap, M.Si)
NIDN. 2027118603

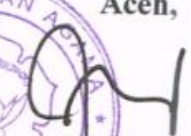
Penguji I,


(Febrina Arfi, M.Si)
NIDN. 20210228601

Penguji II,


(Cut Nuzlia, M.Sc)
NIDN. 2014058702

Mengetahui,
Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda
Aceh,


Dr. Azhar Amsal, M.Pd.
NIDN. 2001066802

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Akhi Nurul Agusti

NIM : 140704005

Prodi : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Skripsi : Analisis Logam Timbal Dan Tembaga Terhadap Daya Serap Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Sebagai Biosorben

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan skripsi ini, saya :

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan.
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain.
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya.
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data.
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggung jawab atas karya ini

Bila di kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggung jawabkan dan ternyata memang ditemukan adanya bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Banda Aceh, 27 Desember 2018
Yang Menyatakan,



Akhi Nurul Agusti
NIM. 140704005

KATA PENGANTAR



Alhamdulillah, puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam tidak lupa pula penulis sampaikan kepada penghulu kita Nabi Muhammad SAW yang telah membawa kita dari alam kebodohan ke alam yang penuh dengan ilmu pengetahuan sebagaimana yang kita rasakan pada saat ini.

Adapun judul skripsi ini adalah “Analisis Logam Timbal dan Tembaga Terhadap Daya Serap Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Sebagai Biosorben”. Penulis menyusun skripsi ini bermaksud untuk melengkapi dan memenuhi sebagai syarat untuk memperoleh gelar sarjana di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini berkat bimbingan, bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, baik itu yang telah memberi moril, materil maupun spiritual. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis dengan segala kerendahan hati mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada keluarga yang telah memberikan doa dan dukungan kepada penulis selama ini dan penghargaan tak terhingga kepada:

1. Bapak Dr. Azhar, S. Pd., M. Pd, selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
2. Bapak Muammar Yulian, M. Si. selaku Ketua Prodi sekaligus dosen pembimbing I yang telah membimbing dan menasehati dalam segala persoalan akademik selama penulis menempuh pendidikan hingga membimbing dan mengarahkan penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Bapak Muhammad Ridwan Harahap, M. Si. selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberi bimbingan, bantuan dan arahan kepada penulis sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.
4. Bapak dan Ibu seluruh dosen, Staf dan Asisten Laboratorium Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda

Aceh yang telah mengajar dan membekali ilmu kepada penulis sejak semester awal hingga semester akhir.

5. Terimakasih kepada Laboratorium Balai Riset dan Standardisasi Industri (BARISTAND) beserta staff dan karyawannya yang telah mengijinkan penulis untuk melakukan pengujian sampel penelitian.
6. Keluarga tercinta, Ayah Hamdani A. Wahab dan Ibu Farida Hawa Ningsih, dan adik-adik saya tercinta, serta segenap kerabat keluarga, terimakasih atas motivasi, dukungan, nasehat, do'a, kepercayaan, pengorbanan hingga kasih sayang yang tak terhingga selama ini.
7. Seluruh sahabat leting COMANDAN yang telah banyak membantu penulis menyelesaikan skripsi ini, serta seluruh sahabat seperjuangan angkatan 2014 Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh yang tidak dapat disebut satu persatu, terimakasih atas bantuan dan kebersamaannya.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan kritik dan saran untuk kesempurnaan skripsi nantinya. Penulis berharap semoga skripsi ini memberi manfaat bagi pembaca serta bermanfaatnya dalam misi mengembangkan ilmu pengetahuan. Akhir kata penulis ucapkan terimakasih dan semoga Allah SWT membalas amal kebaikan dari berbagai pihak yang telah banyak membantu penulis. Amin Ya Rabbal A'lam.

Banda Aceh, 27 Desember 2018

Penulis,



Akhi Nurul Agusti

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademik Universitas Islam Negeri Ar-raniry, saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Akhi Nurul Agusti
NIM : 140704005
Program Studi : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Jenis karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui Universitas Islam Negeri Ar-raniry untuk memberikan kepada Universitas Ar-raniry **Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

Analisis Logam Timbal dan Tembaga Terhadap Daya Serap Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Sebagai Biosorben

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Non eksklusif ini Universitas Islam Negeri Ar-raniry berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Banda Aceh
Pada tanggal : 27 Desember 2018
Yang Menyatakan,



Akhi Nurul Agusti
NIM. 140704005

ABSTRAK

Nama : Akhi Nurul Agusti
Program Studi : Kimia
Judul : Analisis Logam Timbal dan Tembaga Terhadap Daya Serap Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Sebagai Biosorben

Rumput laut *Gracilaria sp.* merupakan tumbuhan air yang termasuk dalam golongan alga merah (*Rhodophyceae*) yang berpotensi dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb dan Cu. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar logam berat Pb dan Cu yang teradsorpsi pada rumput laut *Gracilaria sp.* dan pengaruhnya terhadap daya adsorpsi logam Pb dan Cu berdasarkan variasi waktu kontaminasi. Metode yang digunakan adalah proses destruksi basah *refluks* dengan pelarut berupa $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ (2:1) sebanyak 15 mL. Variasi waktu yang digunakan adalah 1, 2 dan 3 minggu. Larutan hasil destruksi yang diperoleh di analisis konsentrasinya menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom). Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah kadar logam Pb pada rumput laut keadaan awal diperoleh konsentrasi sebesar 1,2344 mg/L, pada minggu ke 1 sebesar 1,2820 mg/L, pada minggu ke 2 sebesar 1,2642 mg/L dan pada minggu ke 3 sebesar 2,3149 mg/L. Dari hasil ini dapat dilihat besarnya kadar Logam Pb pada rumput laut *Gracilaria sp.* sudah melewati standar yang ditetapkan BPOM No. 23 Tahun 2017 yaitu 0,20 mg/L. Sedangkan kadar logam Cu pada rumput laut keadaan awal diperoleh konsentrasi sebesar 0,0001 mg/L, pada minggu ke 1 sebesar 0,1579 mg/L, pada minggu ke 2 sebesar 0,5120 mg/L dan pada minggu ke 3 sebesar 0,7946 mg/L. Dari hasil ini dapat dilihat besarnya kadar logam Cu pada rumput laut *Gracilaria sp.* sudah melewati ambang batas yang disyaratkan oleh BPOM No. 03275/B/SK/VII/1989 yakni sebesar 0,1 mg/L.

Kata Kunci : Rumput laut *Gracilaria sp.*, adsorben, destruksi, timbal (Pb), tembaga (Cu), SSA (Spektrofotometer Serapan Atom).

ABSTRACT

Name : Akhi Nurul Agusti
Study Program : Chemistry
Title : Analysis of Lead and Copper Metals Against Absorption of Seaweed *Gracilaria sp.* As Biosorbent

Seaweed *Gracilaria sp.* is a water plant which is included into the red algae group (*Rhodophyceae*) which can potentially reduce the grade of metals Pb and Cu concentration. This research is aimed to know the heavy level of Pb and Cu metals which is adsorbed in seaweed *Gracilaria sp.* and the effect on the adsorption power of Pb and Cu metals based on variations in time of contamination. This research was done destructed by *refluks* destruction with solvent $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ (2:1) 15 mL. The time variation were 1, 2 and 3 weeks. The solvent of destruction obtained was measured by AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*). The results are the grade of Pb metal on seaweed in the initial status concentration is obtained 1,2344 mg/L, 1,2820 mg/L in the first week, 1,2642 mg/L in the second week and 2,3149 mg/L in the third week. Based on the findings, it can be concluded that the grade levels of Pb Metal in seaweed *Gracilaria sp.* has already passed the BPOM No. 23 of 2017 standards setting is 0,20 mg/L. In the other hand, the grade levels of Cu metal on seaweed in the initial status concentration is obtained 0,0001 mg/L, 0,1579 mg/L in the first week, 0,5120 mg/L in the second week and 0.7946 mg/L in the third week. Based on the findings, it can be concluded that the grade level of Cu metal on seaweed *Gracilaria sp.* has already passed the limit which is conditioned by BPOM No. 03275/B/SK/VII/1989 is 0,1 mg/L.

Keywords: *Gracilaria sp.* seaweed, adsorbent, destruction, lead (Pb), copper (Cu), AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometer*).

DAFTAR ISI

LEMBARAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING	ii
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	iii
SURAT PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
KATAPENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vii
ABSTRAK	viii
ABSTRACT	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	5
1.3 Tujuan Masalah.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Batasan Masalah	6
1.6 Hipotesis Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Rumput Laut Merah (Alga Merah).....	7
2.2 <i>Gracilaria sp.</i>	8
2.3 Kemampuan <i>Gracilaria sp.</i> Sebagai Biosorben Logam Berat	10
2.4 <i>Gracilaria sp.</i> Sebagai Adsorben Logam Berat.....	11
2.5 Logam Berat	12
2.5.1 Pengertian Logam Berat.....	12
2.5.2 Pencemaran Logam Berat	14
2.6 Logam Berat Pb (Timbal)	15
2.7 Logam Berat Cu (Tembaga)	19

2.8	Adsorben.....	21
2.9	Biosorpsi	24
2.10	Proses Biosorpsi.....	25
2.11	Destruksi	26
2.12	Destruksi Basah	26
2.12.1	Destruksi Basah Terbuka	27
2.12.2	Destruksi Basah Tertutup.....	27
2.13	Destruksi Kering.....	28
2.14	Spektroskopi Serapan Atom	28
2.14.1	Prinsip Kerja Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	29
2.14.2	Instrumentasi Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	30
2.14.3	Teknik Analisis Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).....	33
BAB III METODOLOGI PENELITIAN		34
3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	34
3.2	Alat dan Bahan.....	34
3.2.1	Alat	34
3.2.2	Bahan.....	35
3.3	Variabel Penelitian.....	35
3.4	Prosedur Penelitian	36
3.4.1	Pengambilan Sampel Rumput Laut dan Air Laut	36
3.4.2	Pengukuran Kualitas Air	36
3.4.3	Pembuatan Larutan.....	38
3.5	Analisis Kadar Pb Dan Cu Dalam Air (Sebelum Penanaman).....	39
3.5.1	Pengukuran Kandungan Logam Berat Pb Dalam Air (Sebelum Penanaman)	39
3.5.2	Pengukuran Kandungan Logam Berat Cu Dalam Air (Sebelum Penanaman)	39
3.6	Analisis Kadar Pb dan Cu Dalam Rumput Laut (Sebelum Penanaman).....	39
3.7	Penanaman Rumput Laut.....	40
3.8	Analisis Data.....	40

3.9	Diagram Alir Penelitian	42
 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN44		
4.1	Pemilihan Sampel	44
4.2	Preparasi Sampel.....	44
4.3	Analisis Kualitas Air Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar	49
4.3.1	Parameter Air Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar.	50
4.4	Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb dan Cu	53
4.4.1	Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb (Keadaan Awal) Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	53
4.4.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Cu (Keadaan Awal) Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	55
4.4.3	Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb (1, 2 dan 3 Minggu) Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	57
4.4.4	Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Cu (1, 2 dan 3 Minggu) Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	59
4.5	Analisis Logam Pb dan Logam Cu di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar	61
4.5.1	Analisis Logam Pb Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	61
4.5.2	Analisis Logam Cu Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria sp.</i>	63
4.6	Penentuan Adsorpsi Ion Logam Pb dan Cu dengan Variasi Waktu Kontak.....	64
 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN67		
4.1	Kesimpulan	67
4.2	Saran	68
 DAFTAR PUSTAKA.....69		
LAMPIRAN.....73		

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan Unsur-Unsur Mikro Dalam Alga Merah.....	8
Tabel 2.2	Alga Yang Potensial Sebagai Biosorben.....	12
Tabel 2.3	Jenis-Jenis Gas Pembakaran Pada SSA	32
Tabel 4.1	Kondisi Pengukuran Peralatan SSA Merek Shimadzu Spektra AA 7000 Untuk Logam Pb dan Cu	49
Tabel 4.2	Nilai Hasil Pengukuran Kualitas Air Tambak.....	50
Tabel 4.3	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb	54
Tabel 4.4	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu	55
Tabel 4.5	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb	57
Tabel 4.6	Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu	59
Tabel 4.7	Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria Sp.</i> Untuk Logam Pb.....	61
Tabel 4.8	Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut <i>Gracilaria Sp.</i> Untuk Logam Cu	64

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Rumput Laut (<i>Gracilaria sp.</i>).....	9
Gambar 2.2 Logam Berat Timbal (Pb).....	16
Gambar 2.3 Logam Berat Tembaga (Cu)	19
Gambar 2.4 Diagram Spektroskopi Serapan Atom (SSA)	30
Gambar 2.5 Kurva Standar	33
Gambar 3.1 Skema Prosedur Penelitian	43
Gambar 4.1 Grafik Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb).....	54
Gambar 4.2 Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar (Cu)	56
Gambar 4.3 Grafik Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb).....	58
Gambar 4.4 Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar (Cu)	60
Gambar 4.5 Sebelum dan Sesudah Keracunan	63
Gambar 4.6 Grafik Uji Adsorpsi Variasi Waktu	65

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Diagram Alir Penelitian	73
Lampiran 2	Pembuatan Larutan Standar Pb dan Cu	77
Lampiran 3	Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb dan Cu	80
Lampiran 4	Foto Dokumentasi Penelitian.....	88

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi dewasa ini mendorong pembangunan yang pesat di berbagai bidang kehidupan. Pembangunan yang pesat tidak hanya berdampak positif bagi kehidupan, tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif. Dampak negatif dapat timbul akibat pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan. Pembangunan yang tidak berwawasan lingkungan dapat menyebabkan rusaknya lingkungan dan terganggunya ekosistem, baik ekosistem darat, udara maupun perairan. Rusaknya lingkungan perairan salah satunya disebabkan oleh adanya pencemaran. Pencemaran di perairan dapat terjadi karena limbah industri maupun limbah domestik dibuang ke perairan tanpa diolah terlebih dahulu, atau diolah tetapi kadar polutannya masih di atas baku mutu yang ditetapkan. Sesuai Undang-Undang RI No.32 Tahun 2009 tentang Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup, pada pasal 1 ayat 14 disebutkan bahwa pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan (Kusuma, 2014).

Pencemaran merupakan salah satu permasalahan yang dihadapi di masa sekarang. Salah satu yang dapat terkena dampak pencemaran yaitu air. Pencemaran air dapat berasal dari beberapa sumber pencemar. Dari sumbernya pencemaran dapat dibagi menjadi 2, yaitu sumber alami dan sumber aktivitas manusia. Pencemaran bersumber dari alam seperti pengikisan batuan, hujan, dan tanah longsor. Pencemaran lebih banyak bersumber dari aktivitas manusia daripada proses alam. Kegiatan-kegiatan manusia yang menghasilkan limbah seperti limbah rumah tangga, limbah industri, kegiatan transportasi serta kegiatan pertanian dapat menjadi sumber pencemaran. Meningkatnya jumlah populasi manusia juga berdampak pada bertambahnya jumlah limbah domestik dan limbah industri yang dibuang ke lingkungan. Hal ini berkaitan dengan peningkatan kebutuhan seperti pangan,

bahan bakar, pemukiman dan kebutuhan dasar yang lain, sehingga akan meningkatkan limbah domestik dan limbah industri. Meningkatnya jumlah limbah domestik dan limbah industri yang masuk ke dalam perairan, mengakibatkan terjadinya perubahan kualitas perairan (Siaka, I. M., 2016).

Pencemaran lingkungan semakin banyak menarik perhatian karena dampak yang ditimbulkannya. Aktivitas kehidupan yang sangat tinggi yang dilakukan oleh manusia ternyata telah menimbulkan bermacam-macam efek yang buruk bagi kehidupan manusia dan tatanan lingkungan hidupnya. Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup biasanya berasal dari limbah-limbah yang memiliki toksisitas yang tinggi seperti limbah logam berat.

Kontaminasi logam berat di lingkungan merupakan salah satu masalah besar dunia saat ini. Ion-ion logam berat yang mencemari lingkungan, sebagian besar terbawa melalui makanan. Proses ini akan lebih cepat bila memasuki tubuh manusia melalui rantai makanan. Apabila suatu logam terakumulasi pada jaringan hewan dan tumbuhan yang kemudian di konsumsi oleh manusia, tentunya manusia sebagai rantai makanan tertinggi pada piramida makanan maka dalam tubuhnya akan terakumulasi logam berat tersebut. Logam berat yang terakumulasi dalam tubuh manusia dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tubuh, menimbulkan cacat fisik, menurunkan kecerdasan, melemahkan syaraf, dan berpengaruh ke tulang (Rafly, S. M., 2016).

Salah satu sumber daya hayati yang cukup potensial dari perairan laut Indonesia adalah rumput laut dengan berbagai macam jenisnya. Rumput laut merupakan bagian dari tanaman perairan, yang termasuk pada kelas makro alga. Rumput laut dimanfaatkan selain sebagai sayuran juga dipakai sebagai pupuk, komponen makanan ternak, dan makanan ikan. Seiring dengan perkembangan teknologi rumput laut telah ditingkatkan pemanfaatannya sehingga memberikan nilai yang lebih tinggi. Salah satu pemanfaatannya adalah sebagai biomassa (biosorben) dalam proses biosorpsi logam berat di perairan. Biosorpsi merupakan proses penyerapan analit oleh biomassa. Biosorpsi memanfaatkan kemampuan material biologis untuk mengakumulasi

logam berat dari larutan secara metabolisme ataupun fisik-kimiawi (Sudiarta, I. W., 2009).

Proses biosorpsi merupakan salah satu metode yang efektif untuk menghilangkan komponen organik dari limbah buangan. Karbon aktif adalah adsorben yang banyak digunakan karena memiliki kemampuan yang sangat baik dalam mengadsorpsi komponen organik. Penggunaan biomaterial sebagai adsorben merupakan alternatif yang sangat potensial untuk menggantikan metode tersebut. Banyak penelitian yang telah membuktikan bahwa ganggang atau alga merupakan salah satu adsorben yang efektif pada pengolahan limbah. Alga laut merupakan adsorben yang bagus karena harganya yang ekonomis, ketersediaannya di alam yang melimpah (dapat diperbaharui) dan memiliki kemampuan mengadsorpsi. Alga laut memiliki kemampuan mengadsorpsi karena mengandung polisakarida, protein atau lipid pada permukaan dinding selnya yang terdiri dari gugus fungsional, seperti amino, hidroksil, karboksil dan sulfat (Ibrahim, B., 2012).

Timbal atau timah hitam atau Plumbum (Pb) merupakan salah satu bahan pencemar utama saat ini di lingkungan. Hal ini bisa terjadi karena sumber utama pencemaran timbal adalah dari emisi gas buang kendaraan bermotor. Selain itu timbal juga terdapat dalam limbah cair industri yang pada proses produksinya menggunakan timbal, seperti industri pembuatan baterai, industri cat dan industri keramik. Timbal digunakan sebagai aditif pada bahan bakar, khususnya bensin di mana bahan ini dapat memperbaiki mutu bakar. Bahan ini sebagai *anti knocking* (anti letup), pencegah korosi, anti oksidan, diaktifator logam, anti pengembunan dan zat pewarna (Rafly, S. M., 2016).

Selain logam berat Pb, logam berat Cu juga dapat menyebabkan keracunan akut dan kronis. Logam berat Cu banyak digunakan pembersih lantai, cat, pestisida dan bahan pengawet. Logam Cu termasuk logam esensial yang diperlukan organisme. Kelebihan logam Cu dalam tubuh dapat mengakibatkan kerusakan hati (Siaka, I. M., 2016).

Rumput laut sebagai organisme biota air dapat terkena dampak yang besar dari adanya pencemaran terhadap habitat rumput laut tersebut,

khususnya pencemaran dari logam berat Pb dan Cu. Keberadaan logam berat diperairan dapat menyebabkan logam berat terserap oleh rumput laut. Dari berbagai penelitian diketahui bahwa berbagai spesies rumput laut terutama dari golongan *Rhodophyceae* (rumput laut merah), *Phaeophyceae* (rumput laut coklat), *Chlorophyceae* (rumput laut hijau) dan *Chyanophyceae* (rumput laut hijau-biru) baik dalam keadaan hidup (sel hidup) maupun dalam bentuk sel mati (biomassa) dapat mengadsorpsi ion-ion logam. Gugus fungsi yang terdapat dalam alga mampu melakukan pengikatan dengan ion logam berat berupa senyawa polisakarida yang tersusun atas alginat kalsium dan sodium (Raya, I.; Ramlah, 2012).

Beberapa penelitian telah dilakukan oleh para ilmuwan untuk memanfaatkan rumput laut yang digunakan sebagai biosorben logam berat Pb dan Cu di antaranya, menurut Qumain, S. (2016), rumput laut jenis *Gracilaria sp.* yang digunakan sebagai agar dapat menyerap logam berat Pb mencapai 1,2 mg/L dan menurut Yulianto (2006), logam berat Cu yang dapat diserap oleh rumput laut Jenis *Gracilaria sp.* mencapai 1 mg/L. Kemampuan rumput laut yang dapat menyerap logam berat Pb dan Cu dapat berbahaya apabila terakumulasi dalam rumput laut kemudian dikonsumsi oleh manusia. Akumulasi logam berat terjadi karena polisakarida yang terdapat pada dinding sel *Gracilaria sp.* dapat mengikat ion logam berat dan membentuk senyawa kompleks dengan zat-zat organik yang terdapat dalam thallus.

Berdasarkan uraian di atas, maka dilakukan penelitian yang dapat memberikan informasi tentang potensi *Gracilaria sp.* sebagai biosorben logam berat Pb dan Cu pada air tambak. Pada penelitian ini akan dipelajari beberapa aspek fundamental yang berkaitan dengan biosorpsi rumput laut *Gracilaria sp.* terhadap logam berat Pb dan Cu. Penelitian ini melihat kadar logam berat Pb dan Cu yang teradsorpsi pada rumput laut *Gracilaria sp.* dan pengaruhnya terhadap daya adsorpsi logam Pb dan Cu berdasarkan variasi waktu kontaminasi. Dikarenakan, rumput laut ini pertumbuhannya cukup cepat, sehingga kemungkinan terserapnya logam berat lebih besar. Dengan demikian rumput laut *Gracilaria sp.* kedepannya diharapkan dapat dijadikan salah satu alternatif biosorben.

1.2 Rumusan Masalah

1. Berapa kadar logam berat Pb dan Cu yang teradsorpsi pada rumput laut *Gracilaria sp.* berdasarkan variasi waktu kontaminasi?
2. Bagaimana pengaruh waktu kontaminasi terhadap daya adsorpsi rumput laut *Gracilaria sp.* pada logam berat Pb dan Cu?

1.3 Tujuan Masalah

1. Untuk mengetahui kadar logam Pb dan Cu berdasarkan pengaruh waktu kontaminasi yang teradsorpsi pada rumput laut *Gracilaria sp.*.
2. Untuk mengetahui pengaruh rumput laut *Gracilaria sp.* dalam waktu kontaminasi terhadap kadar logam berat Pb dan Cu.

1.4 Manfaat Penelitian

1. Ilmu Pengetahuan
 - a. Memberikan pengetahuan tentang metode analisis logam berat Pb dan Cu yang lebih sederhana, cepat dan mudah.
 - b. Penelitian ini diharapkan bisa menjadi referensi dan informasi kepada peneliti lain dalam menganalisis kandungan berat Pb dan Cu menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom).
2. Peneliti
 - a. Sebagai bahan pembelajaran untuk mengetahui tentang kemampuan menyerap tanaman rumput laut *Gracilaria sp.* terhadap logam berat Pb dan Cu.
 - b. Dapat mengasah kemampuan, kreativitas dan keahlian di bidang kimia analisis.
3. Masyarakat

Memberikan informasi dan wawasan terhadap masyarakat tentang kemampuan menyerap tanaman rumput laut *Gracilaria sp.* terhadap logam berat Pb dan Cu yang ditandai dengan pertumbuhannya cukup cepat, sehingga kemungkinan terakumulasi logam berat Pb dan Cu lebih besar.

1.5 Batasan Masalah

1. Sampel rumput laut yang diambil berasal dari Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar.
2. Rumput laut yang digunakan dalam penelitian ini adalah rumput laut spesies *Gracilaria sp.*
3. Logam yang diuji adalah logam berat Pb dan Cu.
4. Variasi waktu untuk mengakumulasi logam berat Pb dan Cu berdasarkan waktu kontaminasi 1, 2 dan 3 minggu.
5. Penetapan kadar logam berat Pb dan Cu dilakukan dengan menggunakan alat instrumen SSA.

1.6 Hipotesis Penelitian

Hipotesis yang diajukan adalah jika penggunaan rumput laut spesies *Gracilaria sp.* dapat menurunkan konsentrasi logam berat Pb (timbal) dan Cu (tembaga), maka tanaman ini dapat digunakan sebagai biosorben pada air yang terkontaminasi logam berat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Rumput Laut Merah (Alga Merah)

Alga (*jamak Algae*) adalah biota laut yang umumnya tumbuh melekat pada substrat tertentu, tidak mempunyai akar, batang maupun daun sejati tetapi hanya menyerupai batang yang disebut *thallus*. Alga tumbuh dengan mendekatkan dirinya pada karang lumpur, pasir, batu dan tumbuhan lain secara spesifik. Susunan tubuh alga umumnya bersel banyak (*multiseluler*), tetapi ada juga yang bersel tunggal (*uniseluler*) dan sering juga membentuk filamen (benang).

Alga merah merupakan salah satu hasil perikanan yang penting di Indonesia. Alga merah mempunyai nilai ekonomi tinggi dibandingkan jenis alga yang lain karena mengandung karaginan dan agar. Jenis-jenis alga merah antara lain *Gracilaria gigas*, *Gracilaria salicornia*, *Gracilaria verrucosa*, *Amphiroa rigida*, *Hypnea asperi*, *Euchema denticulatum*, *Euchema edule*, *Kappaphycus alvarezii*, *Euchema Spinosum*, *Laurencia elata*, *Gelidiumlatifolium* dan lain sebagainya.

Perkembangbiakan dari alga merah umumnya secara vegetatif (tidak melalui proses perkawinan) yaitu dengan fragmentasi, sporik dan gametik. Kelompok tumbuhan ini mempunyai peranan yang sangat besar di lingkungan laut, karena hanya merekalah yang dapat menghasilkan oksigen yang sangat dibutuhkan oleh semua penghuni laut.

Alga kelompok merah memiliki pigmen fikoeretrin (*phycoerethrin*) dan fikosianin (*phycocyanin*) yang struktur dasarnya pirol dan berprotein. Fikoeretrin adalah pigmen yang berwarna merah cerah dan memancarkan warna oranye, sedangkan fikosianin berwarna biru dan memancarkan warna merah tua. Alga merah mempunyai sifat adaptik kromatik, yaitu mempunyai penyesuaian antara proporsi pigmen dengan berbagai kualitas pencahayaan sehingga pada kenyataan di alam, alga merah menunjukkan variasi warna lain seperti pirang, violet, merah tua, merah muda, cokelat, kuning dan hijau. Fikosianin merupakan salah satu dari tiga pigmen (klorofil, fikosianin dan

karotenoid) yang mampu menangkap radiasi yang tersedia dari matahari paling efisien. Fikosianin bermanfaat dalam proses fotosintesis karena merupakan prekursor bagi klorofil dan hemoglobin dengan kandungan magnesium dan besi (Mufadal, 2015). Adapun kandungan unsur-unsur mikro dalam alga merah terdapat dalam tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan unsur-unsur mikro dalam alga merah

No	Komponen	Jumlah (%)
1	Air	27,8
2	Karbohidrat	33,3
3	Protein	5,4
4	Lemak	8,60
5	Abu	22,25
6	Cl	1,5-3,5
7	K	1,0-2,2
8	Na	1,0-7,9
9	Mg	0,3-1,0
10	S	0,5-1,8
11	Si	0,2-0,3
12	P	0,2-0,3
13	Ca	0,4-1,5
14	Fe	0,1-0,15
15	I	0,1-0,15
16	Br	0,005

Sumber: Mufadal, 2015

2.2 *Gracilaria sp.*

Gracilaria sp. merupakan rumput laut yang termasuk dalam golongan alga merah (*Rhodophyceae*). Klasifikasi dari *Gracilaria sp.* adalah sebagai berikut:

Divisi : *Rhodophyta*
 Kelas : *Rhodophyceae*
 Ordo : *Gigartinales*
 Familia : *Gracilariaceae*
 Genus : *Gracilaria*

Species : *Gracilaria sp.*



Gambar 2.1. Rumput Laut (*Gracilaria sp.*)

Sumber: Ashari, M. R., 2016

Gracilaria sp. merupakan tumbuhan yang berbentuk *thallus*, memiliki panjang 7,5 – 30 cm. Sebagaimana alga pada umumnya, *Gracilaria sp.* tidak memiliki perbedaan antara akar, batang dan daun. Tanaman laut ini berbentuk batang yang disebut sebagai *thallus* dengan banyak percabangan. *Gracilaria sp.* memiliki *thallus* berbentuk silindris dengan percabangan, mulai dari yang sederhana hingga rumit dan rimbun. Pada umumnya, di atas percabangan bentuk *thallus* semakin mengecil dan menyerupai gel atau lunak seperti tulang rawan. Perbedaan bentuk, struktur dan asal usul pembentukan organ reproduksi sangat penting dalam perbedaan tiap spesies. Warna *thallus* juga beragam, mulai dari merah, pirang, hijau-coklat, merah-coklat dan sebagainya.

Gracilaria sp. hidup dengan melekatkan *thallusnya* pada substrat berbentuk lumpur, pasir, kulit kerang, karang mati, kayu maupun batu, pada kedalaman sekitar 10 sampai dengan 15 meter di bawah permukaan air yang mengandung garam laut. Secara alami, berdasarkan habitatnya, beberapa spesies dari *Gracilaria sp.* tumbuh pada daerah pasang surut yaitu pada lahan pasir berlumpur, perairan eutropik dengan temperatur tinggi dan merupakan daerah sedimentasi. Selain itu salinitas dan penetrasi sinar matahari memiliki peran yang sangat penting dalam menunjang kelangsungan hidup rumput laut

dengan baik. Alga merah (*Rhodophyceae*) seperti, *Gracilaria sp.* mampu tumbuh pada intensitas cahaya 1,6 sampai dengan 8 mm.

Pertumbuhan *Gracilaria sp.* dipengaruhi terutama oleh makanan, intensitas cahaya, suhu, salinitas dan gerak air. Makanan untuk pertumbuhan rumput laut bukan diperoleh dari bahan luar, melainkan berasal dari plankton-plankton yang ada di perairan. Kecukupan intensitas cahaya sangat menentukan kecepatan dalam memenuhi kebutuhan nutrient pada rumput laut seperti karbon, nitrogen dan fosfor. Kondisi suhu yang optimal bagi rumput laut relatif berbeda untuk tiap spesiesnya, dengan kisaran umum antara 20 - 30°C. *Gracilaria sp.* dapat beradaptasi dengan baik pada perubahan salinitas antara 17 - 40 %. Salinitas optimal bagi pertumbuhan *Gracilaria sp.* berada pada kisaran 20 - 35 ppt. *Gracilaria sp.* juga mampu bertahan hidup selama satu hari dalam keadaan basah di atas permukaan air.

2.3 Kemampuan *Gracilaria sp.* Sebagai Biosorben Logam Berat

Integrasi rumput laut dalam upaya perbaikan kualitas air, akibat pencemaran ekosistem perairan payau, khususnya di perairan budidaya, dapat dilakukan dengan berbagai jenis teknologi, baik dengan teknologi sederhana maupun teknologi yang kompleks. Namun secara biologi, pengolahan limbah dengan memanfaatkan rumput laut spesies tertentu seperti *Gracilaria sp.* dipandang lebih berpeluang, mengingat aplikasinya yang sangat sederhana, daya adaptasi yang tinggi, pemeliharaan yang mudah, serta memiliki nilai ekonomis. Dengan menekankan kepada alasan ekonomis, maka diharapkan integrasi rumput laut sebagai biosorben, akan dengan mudah diterima oleh masyarakat.

Pemanfaatan *Gracilaria sp.* sebagai biosorben, tidak terbatas pada pengelolaan pencemaran di kawasan budidaya tambak, tetapi dapat pula diintegrasikan dengan upaya pengolahan limbah dari sumber lain, seperti limbah domestik, limbah pertanian dan limbah industri. Peluang itu dapat diterapkan dengan memanfaatkan lahan kurang produktif untuk dijadikan salah satu tempat proses pengolahan perairan tercemar, sehingga areal tanaman biosorben menjadi lebih produktif dan ekonomis.

Gracilaria sp. berpotensi mengatasi kualitas perairan laut atau payau secara biologi (*biosorben*) dalam kegiatan budidaya perikanan. Sehingga, menjadikan tanaman ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif dalam menyerap logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Gracilaria sp.* mampu menyerap tembaga yang terlarut dalam air laut. Penyerapan tembaga meningkat secara sangat nyata sejalan dengan peningkatan perlakuan konsentrasi dan lama waktu dedah (Ashari, M. R., 2016).

2.4 *Gracilaria sp.* Sebagai Adsorben Logam Berat

Pemanfaatan sistem adsorpsi untuk pengambilan logam-logam berat dari perairan telah banyak dilakukan. Beberapa spesies alga telah ditemukan mempunyai kemampuan yang cukup tinggi untuk mengadsorpsi ion-ion logam, baik dalam keadaan hidup maupun dalam bentuk sel mati (*biomassa*). Berbagai penelitian telah membuktikan bahwa gugus fungsi yang terdapat dalam alga mampu melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama adalah gugus karboksil, hidroksil, sulfidril, amino, imidazol, sulfat dan sulfonat yang terdapat di dalam dinding sel dalam sitoplasma.

Berbagai mekanisme yang berbeda telah dipostulasikan untuk ikatan antara logam dengan alga atau biomassa seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks koordinasi, penyerapan secara fisik dan pengendapan mikro. Tetapi hasil penelitian akhir-akhir ini menunjukkan bahwa mekanisme pertukaran ion adalah yang lebih dominan. Hal ini dimungkinkan karena adanya gugus aktif dari alga atau biomassa seperti karboksil, sulfat, sulfonat dan amina yang akan berikatan dengan logam (Dewi, R. K., 2009).

Tabel 2.2 Alga yang potensial sebagai biosorben

Spesies Alga	Logam Berat Teradsorpsi	Sumber Rujukan
<i>Cladophora glomerata</i>	Ni, V, Cd, Pb, Cr	Chmielewska dan Medved (2001)
<i>Galaxaura rugosa</i>	Cu, Zn	Rivai, Supriyanto(2000)
<i>Scenedemum acutus</i>	Cd	Vilchez <i>et al.</i> , (1997)
<i>Corallina sp.</i>	Zn, Pb	Siswantoro (2001)
<i>Euchema isiforme</i>	Cr, Fe, Co, Cu, Zn, Cd, Pb	Fajarwati (2003)
<i>Phormidium sp.</i>	-	Maeda dan Ohki (1998)
<i>Fucus vesiculosus</i>	Pb, Cu	Kautsky (1998)
<i>Padina boergesenii</i>	Pb	Mamboya <i>et al.</i> , (1999)
<i>Sargassum sp.</i>	Pb, Cd, Cu	Buhani (2003)
<i>Nostoc sp.</i>	-	Maeda dan Ohki (1998)
<i>Euchema sp.</i>	Cd, Cr	Martadinata (2001)
<i>Euglena gracilis</i>	-	Vilchez <i>et al.</i> , (1997)
<i>Chaetocerus sp.</i>	Ni, V, Cd, Pb, Cr, Cd	Noegrohati (1995)

Sumber: Dewi, R. K., 2009

2.5 Logam Berat

2.5.1 Pengertian Logam Berat

Logam adalah unsur kimia yang memiliki daya hantar listrik dan panas yang baik. Logam berat atau *heavy metal* adalah logam yang memiliki densitas lebih besar 5 gr/cm³. Logam berat adalah semua jenis logam yang mempunyai berat jenis lebih besar dari 5 gr/cm³, sedangkan yang berat jenisnya di bawah 5 gr/cm³ dikenal sebagai logam ringan. Logam berat mempunyai efek yang tidak dapat diuraikan oleh bakteri dan tidak dapat dihilangkan.

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam yang lain. Perbedaananya terletak dari pengaruh yang diberikan jika logam berat ini berikatan dan atau masuk ke dalam tubuh organisme hidup. Unsur logam berat, baik itu logam berat beracun yang dipentingkan, bila masuk ke dalam tubuh dengan jumlah yang banyak akan menimbulkan pengaruh - pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh.

Penggunaan logam sebagai bahan baku berbagai jenis industri untuk memenuhi kebutuhan manusia akan memengaruhi kesehatan manusia melalui 2 jalur, yaitu: (a) Kegiatan industri, akan menambah polutan logam dalam lingkungan udara, air, tanah dan makanan; (b) Perubahan biokimia logam sebagai bahan baku berbagai jenis industri bisa memengaruhi kesehatan manusia.

Dalam kehidupan sehari-hari, manusia tidak terpisahkan dari benda-benda yang berasal dari logam. Logam digunakan untuk membuat alat perlengkapan rumah tangga, seperti sendok, garpu, pisau dan berbagai jenis peralatan rumah tangga lainnya. Pesatnya pembangunan dan penggunaan berbagai bahan baku logam bisa berdampak negatif, yaitu munculnya kasus pencemaran yang melebihi batas sehingga mengakibatkan kerugian dan meresahkan masyarakat yang tinggal di sekitar daerah perindustrian maupun masyarakat pengguna produk industri tersebut. Hal ini terjadi karena sangat besarnya resiko terpapar logam berat maupun logam transisi yang bersifat toksik dalam dosis atau konsentrasi tertentu.

Logam berat masih termasuk golongan logam dengan kriteria-kriteria yang sama dengan logam-logam lain. Perbedaannya terletak dari pengaruh yang dihasilkan bila logam berat ini berikatan atau masuk kedalam tubuh organisme hidup. Sebagai contoh, bila unsur logam Fe (besi) masuk kedalam tubuh, meski dalam jumlah agak berlebihan, biasanya tidaklah menimbulkan pengaruh yang buruk terhadap tubuh. Karena unsur Fe (besi) dibutuhkan dalam darah untuk mengikat oksigen. Sedangkan unsur logam berat baik itu logam berat beracun yang dipentingkan seperti, Pb (timbal) dan Cu (tembaga), bila masuk kedalam tubuh dalam jumlah berlebihan akan menimbulkan pengaruh-pengaruh buruk terhadap fungsi fisiologis tubuh. Jika yang masuk kedalam tubuh organisme hidup adalah unsur logam berat beracun seperti Hg atau disebut juga air raksa, maka dapat dipastikan bahwa organisme tersebut akan langsung keracunan (Khusnul, K., 2016).

2.5.2 Pencemaran Logam Berat

Pencemaran yang disebabkan logam berat sangat perlu mendapat perhatian karena adanya sifat-sifat logam berat yang tahan pelapukan (*non degradable*) dan mudah diadsorpsi oleh biota laut baik secara langsung maupun melalui rantai makanan. Pencemaran suatu perairan oleh unsur-unsur logam berat selain dapat mengganggu ekosistem juga secara tidak langsung dapat merusak perikanan dan kesehatan manusia.

Umumnya logam berat dalam industri dipakai sebagai bahan baku, aditif dan katalisator. Unsur-unsur logam berat ini sebagai besar masuk ke lingkungan laut melalui aliran sungai. Hanya unsur-unsur yang menguap saja yang banyak dibawa oleh udara seperti merkuri dan selenium. Unsur logam berat dapat masuk ke dalam tubuh biota laut melalui 3 cara yaitu melalui permukaan tubuh, terserang insang dan rantai makanan. Merkuri termagnifikasi oleh ikan-ikan yang lebih besar melalui ikan-ikan kecil.

Beberapa hasil penelitian mengungkapkan bahwa terdapat beberapa macam penyakit pada manusia akibat memakan makanan yang mengandung logam berat seperti kanker, gangguan saluran cerna, ginjal dan lainnya. Pencemaran merkuri di Minamata Jepang (1953- 1960) dan Niaga Jepang (1968) berasal dari limbah industri plastik yang memakai katalisator merkuri klorida menyebabkan tingginya kadar merkuri pada ikan yang berasal dari hasil laut sekitarnya dan menyebabkan masyarakat yang mengkonsumsikannya keracunan merkuri. Akibatnya timbul berbagai penyakit seperti depresi, gangguan jiwa dan cacat. Tercatat pada periode 1953-1960 di Minamata 111 orang meninggal dan di Nigata (1968) 5 orang meninggal 25 cacat.

Hasil penelitian yang dilakukan oleh pihak LON (Lembaga Oceanologi Nasional-LIPI) pada tahun 1983 menunjukkan bahwa kadar merkuri dalam perairan Teluk Jakarta telah mencapai 0,027 ppm, berarti hampir empat kali dari jumlah hasil penelitian yang dilakukan dua tahun sebelumnya. Peningkatan itu mengakibatkan bencana. Tercatat satu orang

telah meninggal dan beberapa orang mengalami kelupuhan, lidah kelu dan sama sekali tidak memiliki daya.

Logam berat dapat dibedakan atas tiga bagian ditinjau dari segi potensi pencemaran lingkungan sebagai berikut:

1. Logam berat bersifat racun kritis adalah Na, K, Mg, Ca, Fe, S, C, P, Cl, Br, Li, Rb, Sr, Al dan Si.
2. Logam berat beracun tetapi jarang ditemukan adalah Ti, Zr, W, Nb, Ta, Re, Ga, La, Os, Rh, Ir, Ru dan Ba.
3. Logam berat sangat beracun dan relatif sering ditemukan adalah Be, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Pb, Ag, Cd, Pt, Au, Hg, Sb dan Bi.

Pencemaran oleh logam berat dapat merusak lingkungan perairan dalam bentuk perubahan stabilitas, keanekaragaman dan kedewasaan ekosistem. Dari aspek ekologi, kerusakan ekosistem perairan akibat pencemaran logam berat ditentukan oleh faktor kadar dan kontinuitas polutan yang masuk dalam perairan, sifat toksisitas dan mudah tidaknya terakumulasi pada tubuh organisme air dan resistensinya terhadap proses degradasi baik secara fisik, kimia maupun biologi. Badan air, seperti halnya sungai atau kali yang tercemar logam berat akan berdampak serius terhadap kesehatan masyarakat. Logam berat yang sering mencemari badan air antara lain Hg, Pb, Cd, Cr, Cu dan lain-lain (Lestina, S., 2012).

2.6 Logam Berat Pb (Timbal)

Timbal adalah suatu unsur kimia dalam tabel periodik yang memiliki lambang Pb dan nomor atom 82. Lambangnya diambil dari bahasa latin plumbum. Logam ini termasuk kelompok logam-logam golongan IVA pada tabel periodik unsur kimia. Mempunyai nomor atom (NA) 82 dengan berat atom (BA) 207,2. Timbal atau plumbum adalah metal kehitaman, dahulu di gunakan sebagai konstituen dalam cat, baterai dan saat ini banyak digunakan dalam bensin. TEL sengaja ditambahkan kedalam bensin untuk meningkatkan nilai oktan. Timbal termasuk racun sistemik, keracunan akan menimbulkan gejala seperti rasa logam di mulut, garis hitam pada gusi, muntah-muntah, kolik, perubahan kepribadian, kelumpuhan dan kebutaan.



Gambar 2.2 Logam Berat Timbal (Pb)

Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Pb>

Sifat-sifat dan kegunaan logam timbal adalah:

- a. Mempunyai titik lebur yang rendah sehingga mudah digunakan dan murah biaya operasinya.
- b. Mudah dibentuk karena logam ini lunak.
- c. Mempunyai sifat kimia yang aktif sehingga dapat digunakan untuk melapisi logam untuk mencegah perkaratan.
- d. Bila dicampur dengan logam lain membentuk logam campuran yang lebih bagus dari pada logam murninya.
- e. Kepadatannya melebihi logam lain.

Logam timbal merupakan logam yang tahan korosi, mempunyai titik lebur rendah sekitar $327,5^{\circ}\text{C}$ dan titik didih 174°C , memiliki kerapatan yang besar dan sebagai penghantar listrik yang baik. Timbal adalah logam berat yang terdapat secara alami di dalam kerak bumi dan tersebar ke alam dalam jumlah kecil melalui proses alami. Timbal terakumulasi di lingkungan, tidak dapat terurai secara biologis dan toksisitasnya tidak berubah sepanjang waktu. Timbal bersifat toksik jika terhirup atau tertelan oleh manusia dan di dalam tubuh akan beredar mengikuti aliran darah, diserap kembali di dalam ginjal dan otak dan disimpan di dalam tulang dan gigi.

Bagi kebanyakan orang, sumber utama asupan timbal adalah makanan yang biasanya mengandung $100\text{--}300\text{ }\mu\text{g/hari}$, makanan atau minuman yang dikemas dalam kaleng, terutama yang bersifat asam, terbukti dari hasil penelitian kadar Pb dalam kemasan kaleng sebesar $637,64 \pm 94,25\text{ ppm}$ dan

kadar Pb yang bermigrasi ke dalam makanan atau minuman bisa mencapai $0,171 \pm 0,02$ ppm. Batas kandungan timbal dalam makanan 2,56 mg/Kg. Timbal merupakan jenis logam berat yang memiliki tingkat *toksistas* yang tinggi dan bahkan mampu menyebabkan kematian pada biota perairan jika kadarnya melewati ambang batas sebesar 188 mg/L. Timbal merupakan salah satu logam berat *non essential* yang sangat berbahaya dan dapat menyebabkan keracunan (*toksistas*) pada makhluk hidup. Racun ini bersifat kumulatif, artinya sifat racunnya akan timbul apabila terakumulasi dalam jumlah yang cukup besar dalam tubuh makhluk hidup. Keberadaan timbal dalam tubuh tidak dapat dikeluarkan lagi sehingga makin lama jumlahnya semakin meningkat dan menumpuk di otak, saraf, jantung, hati dan ginjal yang pada akhirnya dapat menimbulkan kerusakan jaringan yang ditempatinya. Batas maksimal logam Pb yang boleh masuk pada orang dewasa adalah 2 mg/hari. Ambang batas logam berat (Pb) pada perairan, yaitu, 0,03 mg/L atau 0,03 ppm (Peraturan Pemerintah RI Nomor 82 Tahun 2001).

Gejala dan tanda-tanda secara klinis akibat terkapar Pb yang akan timbul akan berbeda, seperti tersebut dibawah ini:

1. Terkapar secara akut

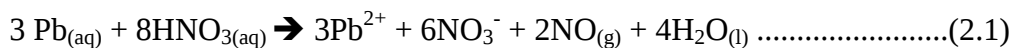
Timbal di udara yang dihirup manusia dapat menimbulkan gejala-gejala seperti kram perut, kolik dan biasanya diawali dengan sembelit, mual, muntah-muntah. Sedangkan akibat yang lebih seperti sakit kepala, bingung atau pikiran kacau, sering pingsan dan koma. Pada anak-anak nafsu makan berkurang, sakit perut dan muntah, bergerak terasa kaku, kelemahan, tidak ingin bermain, peka terhadap rangsangan, sulit berbicara dan gangguan pertumbuhan otak dan koma.

2. Terkapar secara kronis

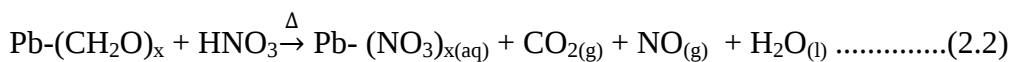
Keracunan Pb secara kronis berjalan lambat. Kelelahan, kelesuan dan iritabilitas merupakan tanda awal dari intoksikasi Pb secara kronis. Dan paparan dengan dosis rendah sudah menimbulkan efek yang merugikan pada perkembangan dan fungsi dari sistem saraf pusat. Gejala

lainnya adalah kehilangan libido, gangguan menstruasi, mengganggu sistem reproduksi serta aborsi spontan pada wanita (Muzdaleni, 2011).

Logam timbal mudah larut dalam asam nitrat yang kepekataannya 8 M dan terbentuk juga nitrogen oksida.



Adapun reaksi antara logam timbal (Pb) dengan beberapa zat pengoksidasi, seperti reaksi logam timbal (Pb) dengan HNO_3 berikut ini:



Fungsi HNO_3 dalam reaksi tersebut sebagai pengoksidasi utama karena sifat logam timbal (Pb) yang dapat larut dalam HNO_3 dan tidak menimbulkan endapan sehingga logam timbal (Pb) dapat teroksidasi oleh HNO_3 . Pada beberapa penelitian memang menggunakan zat pengoksidasi campuran, seperti $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (5:1). Fungsi penambahan HClO_4 sebagai oksidator, sehingga dapat memutuskan logam timbal (Pb) dari senyawa organik yang ada dalam sampel.

Penambahan HClO_4 sebagai pembantu oksidator, karena sifat keasaman yang lebih tinggi dari HNO_3 membuat asam peklorat memiliki kemampuan yang mengoksidasi yang lebih baik, namun asam peklorat menghasilkan endapan klor. Reaksi antara asam peklorat dengan asam nitrat seperti di bawah ini:



Selama proses destruksi terdapat gelembung-gelembung kecil berisi gas berwarna kecoklatan, gas ini adalah NO_2 (hasil samping destruksi menggunakan asam nitrat). Penggunaan HNO_3 sebagai agen pengoksidasi dapat menimbulkan gas berwarna kecoklatan selama pemanasan berlangsung. Adanya gas ini mengindikasikan bahwa bahan organik telah dioksidasi secara sempurna oleh asam nitrat.

Bahan organik seperti $\text{Pb}-(\text{CH}_2\text{O})_x$ didekomposisi (oksidasi) oleh asam nitrat menghasilkan $\text{CO}_{2(\text{g})}$ dan $\text{NO}_{x(\text{g})}$. Gas ini dapat meningkatkan tekanan di dalam *refluks* ketika bahan organik didekomposisi. Akibat dekomposisi bahan organik oleh asam nitrat, unsur yang di teliti terlepas dari

ikatannya dengan bahan organik, Kemudian diubah ke dalam bentuk garamnya menjadi logam $(\text{NO}_3)_x$ yang mudah larut dalam air. Gas NO dihasilkan selama oksidasi bahan organik oleh asam nitrat, kemudian gas NO yang diuapkan dari larutan bereaksi dengan oksigen menghasilkan gas NO_2 , gas ini diserap kembali dilarutkan. Kemudian, terjadi reaksi menyebabkan pembentukan-pembentukan NO_3 dan NO (Taufikurrahman, 2016).

2.7 Logam Berat Cu (Tembaga)

Tembaga adalah suatu unsur kimia pada golongan I B periode 4 dalam tabel periodik yang memiliki lambang Cu dan nomor atom 29. Massa atom relatif 63,546, titik lebur $1983,4^0\text{C}$ dan titik didih 2567^0C . Lambangnya berasal dari bahasa Latin *Cuprum*. Sebagai logam berat, Cu (tembaga) berbeda dengan logam-logam berat lainnya seperti Hg, Cd dan Cr. Logam berat Cu digolongkan kedalam logam berat dipentingkan atau logam berat esensial: artinya, meskipun Cu merupakan logam berat beracun, unsur logam ini sangat dibutuhkan tubuh meski dalam jumlah yang sedikit. Karena itu, Cu juga termasuk kedalam logam-logam esensial bagi manusia, seperti Fe (besi) dan lain-lain. Toksisitas yang dimiliki oleh Cu baru akan bekerja dan memperlihatkan pengaruhnya bila logam ini telah masuk kedalam tubuh organisme dalam jumlah besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait.



Gambar 2.3 Logam Berat Tembaga (Cu)

Sumber: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cu>

Keracunan akut dengan menelan garam tembaga yang berat, muntah disebabkan iritasi local dan aksi ion tembaga pada lambung dan usus, muntah biasanya setelah 5 menit sampai dengan 10 menit (dalam keadaan lambung kosong), tetapi bila lambung sedang penuh dengan makanan, maka muntah akan terjadi antara setengah jam sampai satu jam lebih.

Bila muntah tidak terjadi maka bahan akan cepat diserap oleh usus dan menyebabkan keracunan tembaga sistemik (keracunan yang mempengaruhi keseluruhan organ penting dalam tubuh), seperti kerusakan ginjal dan saraf sentral yang diikuti pula dengan depresi. Keracunan sistemik tembaga mirip dengan keracunan sistemik oleh logam berat lainnya yang dapat meluas terhadap kerusakan serabut-serabut darah, kerusakan ginjal, saraf sentral dan diikuti pula dengan depresi.

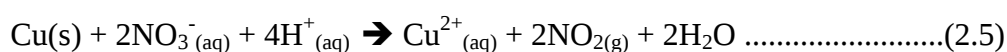
Dosis lethal (LD) diperkirakan hampir mendekati 15 gram. Keracunan tembaga pengobatannya bersifat simptomatis, yaitu pengobatannya yang didasarkan pada gejala-gejala atau tanda-tanda yang tampak misalnya pengobatan terhadap kejang-kejang dan rasa sakit. Keracunan oleh tembaga menunjukkan sifat-sifat yang agak kurang beracun dibandingkan dengan logam berat lainnya, tetapi bila keracunan dalam jumlah kecil terjadi terus-menerus (menelan) yang dapat menimbulkan *pigmentary cirrhosis* (hati mengeras).

Tembaga yang masuk kedalam tatanan lingkungan perairan dapat berasal dari peristiwa-peristiwa alamiah dan sebagai efek samping dari aktivitas yang dilakukan oleh manusia. Aktivitas manusia, seperti buangan industri, pertambangan Cu, industri galangan kapal dan bermacam-macam aktivitas pelabuhan lainnya merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam badan perairan. Masuknya sebagai efek samping dan aktivitas manusia ini, lebih ditentukan oleh bentuk dan tingkat aktivitas yang dilakukan.

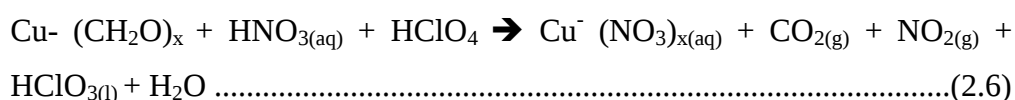
Tembaga memiliki warna kemerah-merahan. Unsur ini sangat mudah dibentuk, lunak, dan konduktor yang bagus untuk aliran elektron. Oleh sejumlah kecil tembaga. Jika sejumlah besar tembaga yang tidak terikat dengan protein, secara tidak sengaja tertelan atau jika larutan garam tembaga

digunakan untuk mengobati daerah kulit yang terbakar luas, sejumlah tembaga bisa terserap dan merusak ginjal, menghambat pembentukan air kemih dan menyebabkan anemia karena pecahnya sel-sel darah (*hemolisis*). Selain itu, akibat yang ditimbulkan oleh tembaga dalam kadar tinggi adalah kerusakan pada ginjal, hati, muntaber, pusing kepala, anemia, koma dan dapat meninggal. Sedangkan pada dosis yang rendah menimbulkan rasa kesat, warna, korosi pada pipa, sambungan dan peralatan dapur (Suryati, 2011).

Asam nitrat yang kepekatananya sedang (8M) dengan mudah dapat melarutkan tembaga dengan reaksi sebagai berikut:



Adapun reaksi yang terjadi antara asam nitrat dan asam perklorat dengan logam tembaga yang berikatan senyawa organik, sebagaimana berikut:



Ada dua deret senyawa tembaga. Senyawa-senyawa tembaga (I) diturunkan dari tembaga (I) oksida Cu_2O yang merah dan mengandung ion tembaga (I), Cu^+ . Senyawa-senyawa ini tak berwarna, kebanyakan garam tembaga (I) tidak larut dalam air, pelakunya mirip perilaku senyawa perak (I). Mereka mudah dioksidasi menjadi senyawa tembaga (II) yang dapat diturunkan dari tembaga (II) oksida, CuO . Garam-garam tembaga (II) umumnya berwarna biru, baik dalam bentuk hidrat, padat maupun dalam bentuk larutan air, warna ini benar-benar khas untuk ion tetrakuokuprat (II) $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{O})_4]^{2-}$ saja. Batas terlihatnya warna ion kompleks tetrakuokuprat (II) yaitu warna ion tembaga (II) dalam larutan air adalah 500 μg dalam batas konsentrasi 1 dalam 10^4 (Taufikurrahman, 2016).

2.8 Adsorben

Salah satu metode yang digunakan untuk menghilangkan zat pencemar dari air limbah adalah adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu gejala permukaan dimana terjadi penyerapan atau penarikan molekul-molekul gas atau cairan pada permukaan adsorben. Istilah biosorpsi dideskripsikan sebagai

proses sorpsi yang menggunakan biomassa sebagai adsorben. Pemanfaatan biomassa sebagai adsorben bukan hanya menguntungkan secara ekonomi, tetapi akan mendukung prinsip *zerowaste*, khususnya pada industri-industri yang menghasilkan biomassa tersebut sebagai produk samping.

Adsorpsi terjadi dengan melibatkan interaksi antara adsorbat dengan adsorben. Kekuatan interaksi adsorbat dengan adsorben dipengaruhi oleh sifat dari adsorbat maupun adsorbennya. Gejala yang umum dipakai untuk meramalkan komponen mana yang diadsorpsi lebih kuat adalah kepolaran adsorben dengan adsorbatnya. Apabila adsorbennya bersifat polar, maka komponen yang bersifat polar akan terikat lebih kuat dibandingkan dengan komponen yang kurang polar.

Porositas adsorben juga mempengaruhi daya adsorpsi dari suatu adsorben. Adsorben dengan porositas yang besar mempunyai kemampuan menyerap yang lebih tinggi dibandingkan dengan adsorben yang memiliki porositas kecil. Untuk meningkatkan porositas dapat dilakukan dengan mengaktifasi secara fisika, seperti mengalirkan uap air panas ke dalam pori-pori adsorben atau mengaktifasi secara kimia. Salah satu cara mengaktifasi adsorben secara kimia adalah aktivasi selulosa melalui pergantian gugus aktif -OH pada selulosa dengan gugus HSO_3^- melalui proses sulfonasi. Selulosa yang teraktivasi dengan cara sulfonasi memberikan daya adsorpsi yang meningkat dua kali lipat dibandingkan daya adsorpsi selulosa yang tidak diaktivasi.

Adsorpsi merupakan proses pelekatan molekul pada permukaan adsorben. Suatu molekul atau partikel yang melekat pada adsorben disebut dengan adsorbat. Adsorpsi bisa digunakan dalam proses penghilangan zat warna, pigmen, virus, bakteri, partikel koloid dan juga untuk mengontrol nilai BOD. Mekanisme adsorpsi terbagi menjadi dua, yaitu proses fisika dan kimia. Adsorpsi secara fisika terjadi ketika molekul cairan atau gas mencapai permukaan suatu adsorben, diikuti dengan terjadinya reaksi kimia pada waktu yang sama. Adsorpsi secara kimia terjadi ketika komponen kimia diproduksi dari reaksi antara molekul adsorbat dan adsorben. Proses ini membutuhkan

energi dari komponen kimia yang baru pada permukaan adsorben. Adsorpsi bisa terjadi secara pasif pada air.

Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi adalah sifat fisik dan kimia adsorben, sifat fisik dan kimia adsorbat dalam fase cair, karakteristik fasa cair seperti pH dan suhu, serta kondisi operasi adsorpsi. Adsorben terbagi menjadi adsorben yang bersifat polar (*hidrofilik*) dan nonpolar (*hidrofobik*). Adsorben polar antara lain silika gel, alumina yang diaktivasi dan beberapa jenis tanah liat (*clay*). Adsorben nonpolar antara lain arang (karbon dan batu bara) dan arang aktif. Mekanisme adsorpsi berlangsung sebagai berikut: molekul adsorbat berdifusi melalui suatu lapisan batas ke permukaan luar adsorben disebut (*difusi eksternal*), sebagian ada yang teradsorpsi di permukaan luar dan sebagian besar terdifusi lanjut ke dalam pori-pori adsorben disebut (*difusi internal*). Bila kapasitas adsorpsi masih sangat besar, sebagian akan teradsorpsi terikat di permukaan, namun bila permukaan sudah jenuh atau mendekati jenuh dengan adsorbat, dapat terbentuk lapisan adsorpsi kedua dan seterusnya di atas adsorbat yang telah terikat pada permukaan.

Beberapa faktor yang mempengaruhi daya serap adsorpsi yaitu:

1. Sifat adsorben

Adsorpsi secara umum terjadi pada semua permukaan, namun besarnya ditentukan oleh luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat. Luas permukaan adsorben sangat berpengaruh terhadap proses adsorpsi. Adsorpsi merupakan suatu kejadian permukaan sehingga besarnya adsorpsi sebanding dengan luas permukaan. Semakin banyak permukaan yang kontak dengan adsorbat maka akan semakin besar pula adsorpsi yang terjadi.

2. Sifat serapan

Adsorpsi akan bertambah besar sesuai dengan bertambahnya ukuran molekul serapan dari struktur yang sama. Adsorpsi juga dipengaruhi oleh gugus fungsi, posisi gugus fungsi, ikatan rangkap, struktur rantai dari senyawa serapan

3. Temperatur

Faktor yang mempengaruhi temperatur proses adsorpsi adalah viskositas dan stabilitas termal senyawa serapan. Jika pemanasan tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa serapan, seperti terjadi perubahan warna maupun dekomposisi, maka perlakuan dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa volatil, adsorpsi dilakukan pada temperatur kamar atau bila memungkinkan pada temperatur lebih kecil.

4. pH (derajat keasaman)

Untuk asam-asam organik adsorpsi akan meningkat bila pH diturunkan, yaitu dengan penambahan asam-asam mineral. Hal ini disebabkan karena kemampuan asam mineral untuk mengurangi ionisasi asam organik tersebut. Sebaliknya bila pH asam organik dinaikkan, yaitu dengan menambahkan alkali, adsorpsi akan berkurang sebagai akibat terbentuknya garam.

5. Waktu Kontak

Suatu adsorben yang ditambahkan ke dalam suatu cairan membutuhkan waktu untuk mencapai kesetimbangan. Waktu yang dibutuhkan berbanding terbalik dengan jumlah adsorben yang digunakan. Selain ditentukan oleh dosis adsorben, pengadukan juga mempengaruhi waktu singgung. Pengadukan dimaksudkan untuk memberi kesempatan pada partikel adsorben untuk bersinggungan dengan senyawa serapan. Untuk larutan yang mempunyai viskositas tinggi, dibutuhkan waktu singgung yang lebih lama (Aryanti, L., 2011).

2.9 Biosorpsi

Biosorpsi adalah pemindahan ion logam berat dari suatu larutan menggunakan biosorben material biologi. Biosorpsi juga dapat didefinisikan sebagai proses penggunaan bahan alami untuk mengikat logam berat. Biosorpsi memiliki beberapa mekanisme, yaitu pertukaran ion, pengkelatan, dan difusi yang melewati dinding sel dan membran. Mekanisme biosorpsi yang terjadi tergantung dari biosorben yang digunakan.

Biosorpsi lebih efektif dengan adanya keasaman dan kehadiran ion-ion lainnya di dalam media tempat logam berat dapat terendapkan sebagai garam yang tidak larut. Pada saat ion logam berat tersebar ke permukaan sel, ion akan mengikat pada bagian permukaan sel berdasarkan kemampuan daya afinitas kimianya.

Pada proses adsorpsi, terjadi tarik-menarik antara molekul adsorbat (zat teradsorpsi) dan sisi-sisi aktif pada permukaan adsorben. Jika gaya tarik ini lebih kuat daripada gaya tarik antar molekul adsorbat, maka terjadi perpindahan massa adsorbat dari fase gerak (fluida pembawa adsorbat) ke permukaan adsorben. Berdasarkan jenis gaya tariknya, dikenal adsorpsi fisik (*fisorpsi*) yang melibatkan gaya Van der Waals dan adsorpsi kimia (*kimisorpsi*) yang melibatkan reaksi kimia.

Penerapan logam oleh organisme dapat terjadi secara metabolisme independent, yang terjadi pada sel hidup dan mati, terutama terjadi pada permukaan dinding sel melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi. Proses biosorpsi melibatkan interaksi ionik, polar dan interaksi gabungan antara kation logam dengan biopolimer (*makromolekul*) sebagai sumber gugus fungsional seperti gugus karboksilat, amina, tiolat, fosfodiester, karbonil dan gugus fosfat, dapat berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas.

2.10 Proses Biosorpsi

Cara pengambilan adsorpsi logam berat pada alga dapat dibagi menjadi dua yaitu *passive uptake* dan *active uptake*. *Passive uptake* (penyerapan pasif) dimana pada proses ini terjadi ketika ion logam berat terikat pada permukaan alga mati sebagai biosorben. Mekanisme *passive uptake* dapat dilakukan dengan dua cara, pertama dengan cara pertukaran ion dimana ion pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat. Kedua adalah pembentukan senyawa kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, amino, thiol, hidroksi dan hidroksi-karbonil secara bolak-balik dan cepat.

Active Uptake (penyerapan aktif) merupakan proses adsorpsi dengan mekanisme masuknya logam berat melewati membran sel sama dengan proses masuknya logam esensial melalui sistem transpor membran, hal ini disebabkan adanya kemiripan sifat antara logam berat dengan logam esensial dalam hal sifat fisika-kimia secara keseluruhan. Proses *active uptake* pada mikroorganisme dapat terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan dan akumulasi intraselular ion logam (Dewi, R. K., 2009).

2.11 Destruksi

Destruksi merupakan proses perusakan oksidatif dari bahan organik sebelum penetapan suatu analit anorganik atau untuk memecah ikatan dengan logam. Salah satu unsur harus dihilangkan agar unsur-unsur tersebut tidak saling mengganggu dalam analisis. Adanya proses destruksi tersebut diharapkan yang tertinggal hanya logam-logamnya saja. Pendestruksian hendaknya memilih zat pengoksidasi yang cocok baik untuk logam maupun jenis sampel yang akan dianalisis. Secara umum, destruksi ada dua yaitu destruksi basah dan destruksi kering.

2.12 Destruksi Basah

Destruksi basah dapat digunakan untuk menentukan unsur-unsur dengan konsentrasi yang rendah. Destruksi basah dilakukan dengan menguraikan bahan organik dalam larutan asam pengoksidasi pekat (H_2SO_4 , HNO_3 , H_2O_2 dan HCl) dengan pemanasan sampai jernih. Mineral anorganik akan tertinggal dan akan larut dalam larutan asam kuat. Mineral berada dalam bentuk kation logam dan ikatan kimia dengan senyawa organik telah terurai. Larutan selanjutnya disaring dan siap dianalisis dengan SSA.

Larutan asam nitrat pekat merupakan asam yang paling efektif dan paling sering digunakan dalam destruksi basah karena dapat memecah sampel menjadi senyawa yang mudah terurai. Preparasi sampel pada destruksi basah dilakukan pada suhu rendah dan dengan penambahan campuran asam kuat untuk mendestruksi senyawa organik dan bahan lain

dalam sampel. Keuntungan dengan metode analisis ini adalah waktu dan proses pengerjaannya lebih cepat, kehilangan mineral akibat penguapan dapat dihindari. Hanya saja dengan metode destruksi basah ini kemungkinan kesalahan lebih besar akibat penggunaan reagen yang lebih banyak dan dalam pengerjaannya membutuhkan perhatian yang ekstra dari analisis karena pelaksanaan reaksi yang terjadi berlangsung kuat dan dapat membuat residu keluar, maka selama pemanasan harus lebih berhati-hati.

Destruksi basah pada prinsipnya adalah penggunaan asam nitrat untuk mendestruksi zat organik pada suhu rendah dengan maksud mengurangi kehilangan mineral akibat penguapan. Tahap selanjutnya, proses seringkali berlangsung sangat cepat akibat pengaruh asam perklorat atau hidrat peroksida. Destruksi basah pada umumnya digunakan untuk menganalisis arsen, tembaga, timah hitam, timah putih dan seng.

2.12.1 Destruksi Basah Terbuka

Destruksi basah terbuka dilakukan dengan pemanasan sampel dalam penangas di atas *hot plate* dengan suhu yang telah ditentukan dengan adanya pengoksidasi asam-asam mineral baik tunggal maupun mineral. Apabila sampel ditambahkan dengan zat pengoksidasi dan dipanaskan pada temperatur yang cukup tinggi serta dilakukan secara kontinyu pada waktu yang cukup lama maka sampel dapat teroksidasi sempurna dan meninggalkan elemen anorganik yang sesuai untuk dianalisis.

2.12.2 Destruksi Basah Tertutup

Destruksi basah menggunakan *refluks* merupakan metode destruksi tertutup konvensional yang digunakan untuk analisis timbal dalam suatu sampel. Prinsip dari metode *refluks* adalah pelarut volatil yang digunakan akan menguap pada suhu tinggi, namun akan didinginkan dengan kondensor sehingga pelarut akan mengembun pada kondensor dan turun lagi ke dalam wadah reaksi sehingga pelarut akan tetap ada selama reaksi berlangsung.

2.13 Destruksi Kering

Destruksi kering dilakukan dengan cara sampel yang akan dianalisis dipanaskan pada temperatur lebih dari 500°C. Selain itu dapat menguapkan senyawa organik dari C, H, O dan N menjadi gas seperti CO₂, CO, NO, NO₂, H₂O dan sebagainya. Keuntungan metode ini adalah sederhana dan terhindar dari pengotor dari seperti dalam metode destruksi basah, namun dapat terjadi kehilangan dari unsur-unsur mikro tertentu. Disamping itu, dapat juga terjadi reaksi antara unsur dengan bahan wadah. Material pada destruksi kering yang berisi unsur yang rendah ditempatkan dalam wadah silika atau porselin (Amalullia, 2016).

2.14 Spektroskopi Serapan Atom

Spektroskopi merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektroskopi ialah SSA, merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas.

Peristiwa serapan atom pertama kali diamati oleh Fraunhofer, ketika menelaah garis-garis hitam pada spektrum matahari. Sedangkan yang memanfaatkan prinsip serapan atom pada bidang analisis adalah seorang Australia bernama Alan Walsh tahun 1995. Sebelumnya ahli kimia banyak tergantung pada cara-cara spektrometrik metode analisis spektografik. Beberapa cara ini sangat sulit dan memakan waktu, kemudian segera digantikan dengan SSA. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Prinsip dasar SSA adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel.

Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Pada metode konvensional, emisi tergantung pada sumber eksitasi. Bila eksitasi dilakukan secara termal, maka ia bergantung pada temperatur sumber. Selain itu eksitasi termal tidak selalu

spesifik, dan eksitasi secara serentak pada berbagai spesies dalam suatu campuran dapat saja terjadi. Sedangkan dengan nyala, eksitasi unsur-unsur dengan tingkat eksitasi yang rendah dapat dimungkinkan. Tentu saja perbandingan banyaknya atom yang tereksitasi terhadap atom yang berada pada tingkat dasar harus cukup besar, karena metode serapan atom hanya tergantung pada perbandingan ini dan tidak bergantung pada temperatur. Logam-logam yang membentuk campuran kompleks dapat dianalisis dan selain itu tidak selalu diperlukan sumber energi yang besar.

2.14.1 Prinsip Kerja SSA

Prinsip dasar SSA adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. SSA merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorbansi dari uap atom. Komponen kunci pada metode SSA adalah sistem (alat) yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel.

Cara kerja SSA ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya.

Bila atom dari suatu unsur pada keadaan dasar (*ground state*) dikenai radiasi akan menyerap energi dan mengakibatkan elektron pada kulit terluar naik ke tingkat energi lebih tinggi disebut keadaan tereksitasi (*excited state*). Perbedaan energi antara keadaan dasar dan keadaan tereksitasi sama dengan besarnya energi yang diserap. Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari:

1. Hukum Lambert: Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer: Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Adapun dari kedua hukum tersebut diperoleh persamaan:

$$A = \epsilon \cdot b \cdot C \text{ atau } A = a \cdot b \cdot C$$

Dimana:

A = Absorbansi

ϵ = Absorptivitas molar (mol/L)

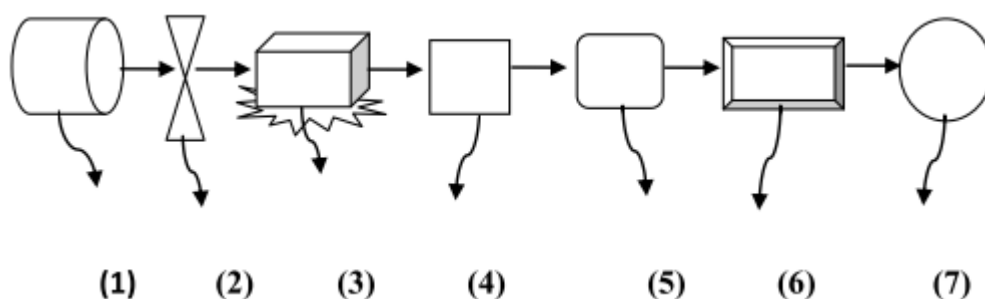
a = Absorptivitas (gr/L)

b = Tebal nyala (nm)

C = Konsentrasi (ppm)

2.14.2 Instrumentasi SSA

Alat SSA terdiri dari rangkaian dalam diagram skematik berikut:



Gambar 2.4 Diagram Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

Sumber: Lestari, 2005

Keterangan komponen-komponen SSA yaitu:

1. Sumber Sinar

Sumber radiasi SSA adalah *Hollow Cathode Lamp*. Setiap pengukuran dengan SSA harus menggunakan *Hollow Cathode Lamp* khusus, misalnya untuk menentukan konsentrasi merkuri dari suatu cuplikan, maka harus digunakan *Hollow Cathode Lamp* merkuri.

Hollow Cathode Lamp akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom.

Suatu sumber cahaya dalam SSA dipilih karena garis pancaran unsur katoda lebih sempit daripada garis absorpsi atom padanannya dalam nyala dan tanur. Lampu katoda yang digunakan mempunyai katoda pemancar yang terbuat dari unsur yang sama. Katoda itu berbentuk silinder dan elektroda ditaruh dalam selubung kaca borosilikat ataupun kuarsa yang berisi gas lamban (neon dan argon) pada tekanan kira-kira 5 tor.

2. Pemilah (*Chopper*)

Chopper digunakan untuk membedakan radiasi yang berasal dari sumber radiasi dan radiasi yang berasal dari nyala api.

3. Nyala

Sumber atomisasi dibagi menjadi dua yaitu sistem nyala dan sistem tanpa nyala. Kebanyakan instrument sumber atomisasinya adalah nyala dan sampel diintroduksi dalam bentuk larutan. Sampel masuk ke nyala dalam bentuk aerosol. Jenis nyala yang digunakan secara luas untuk pengukuran analitik adalah udara-asetilen dan nitrous oksida-asetilen. Dengan kedua jenis nyala ini, kondisi analisisnya yang sesuai untuk kebanyakan analit dapat ditentukan dengan menggunakan metode-metode emisi, absorpsi, dan juga fluoresensi.

Nyala yang digunakan pada SSA harus mampu memberikan suhu $>2000\text{ }^{\circ}\text{C}$. Untuk mencapai suhu yang setinggi ini biasanya digunakan gas pembakar dalam suatu gas pengoksidasi seperti udara dan nitrogen oksida (N_2O). Suhu maksimum yang dihasilkan pada pembakaran berbagai campuran gas pembakaran dengan gas pengoksidasi adalah sebagai berikut:

Tabel 2.3 Jenis-jenis gas pembakaran pada SSA

Gas Pembakar	Gas Oksidan	Temperatur
Asetilena	Udara	2400-2700 °C
Asetilena	Dinitrogen Oksida	2900-3100 °C
Asetilena	Oksigen	3300-3400 °C
Hidrogen	Udara	2300-2400 °C
Hidrogen	Oksigen	2800-3000 °C
Sianoen	Oksigen	4800 °C

Sumber: Lestari, 2015

4. Monokromator

Monokromator berfungsi untuk memencilkan garis resonansi dari semua garis yang tak diserap yang dipancarkan oleh sumber radiasi. Dalam kebanyakan instrumen komersial digunakan kisi difraksi karena sebaran yang dilakukan oleh kisi lebih seragam daripada yang dilakukan prisma dan akibatnya instrumen kisi dapat memelihara daya pisah yang lebih tinggi sepanjang jangka panjang gelombang yang lebih lebar.

5. Detektor

Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan satu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka.

6. Amplifier

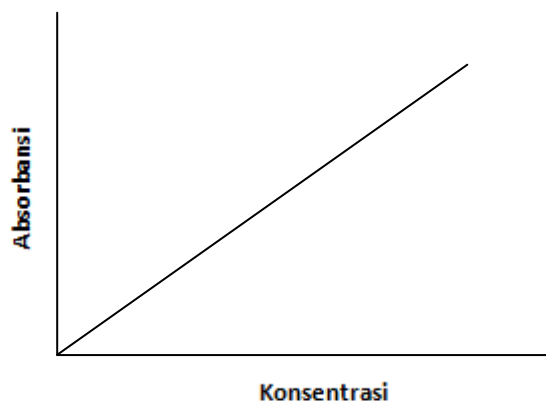
Amplifier berfungsi untuk memperkuat sinyal yang diterima dari detektor sebelum ke perekam (*recorder*).

7. Perekam (*recorder*)

Perekam (*recorder*) berfungsi untuk mengubah sinyal yang diterima menjadi bentuk digital, yaitu dengan satuan absorbansi. Isyarat dari detektor dalam bentuk tenaga listrik akan diubah oleh recorder dalam bentuk nilai bacaan serapan atom.

2.14.3 Teknik Analisis SSA (Spektrofotometer Serapan Atom)

Metode yang biasa digunakan dalam analisis SSA adalah metode kurva standar. Dalam metode kurva standar ini, dibuat seri larutan standar dengan berbagai konsentrasi dan absorbansi dari larutan tersebut diukur dengan SSA (Lestari, W. F., 2015). Selanjutnya dibuat grafik antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A) yang akan merupakan garis lurus melewati titik nol dengan $slope = \epsilon \cdot B$ atau $slope = a \cdot b$, konsentrasi larutan sampel diukur dan diinterpolasi ke dalam kurva standar atau dimasukkan ke dalam persamaan regresi linier pada kurva standar yang ditunjukkan pada gambar 2.5:



Gambar 2.5 Kurva Standar

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Adapun waktu dan tempat dilaksanakannya penelitian ini yaitu pada bulan Juli sampai dengan Agustus 2018 di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry dan Laboratorium BARISTAND Banda Aceh.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

SSA	Shimadzu Type AA-7000
Bak berukuran 30 x 25 x 10 cm ³	GM CT 30
Refraktometer	RHH-92ATC
<i>Thermometer</i>	Duran
pH meter	Hanna Hi 98107
Spatula	
Cawan petri	Pyrex
Penjepit cawan	
Cawan porselin	
Lemari asam	ESCO Fume Hoods EFD-4A-8
Labu dekstruksi	Pyrex
Kertas lakmus	Merck
Tissue gulung	
<i>Hot plate</i>	HP0707V2
<i>Magnetic stirrer</i>	
Penangas air	Type WNB
Oven	Oven UNB 400
Kertas saring biasa	
Timbangan analitik	

Batang pengaduk	
Desikator	Normax
Sarung tangan	Ansell Solvex 37-185
Turbidimeter	WTW 430 T
Peralatan gelas	Pyrex

3.2.1 Bahan

Akuades

Sampel rumput laut spesies *Gracilaria sp.*

Larutan HClO_4 p.a	Merck
-----------------------------	-------

Larutan HNO_3 p.a	Merck
----------------------------	-------

Larutan induk $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ p.a	Merck
--	-------

Larutan induk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ p.a	Merck
---	-------

3.3 Variabel Penelitian

1. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah akumulasi rumput laut *Gracilaria sp.* dalam mengakumulasi logam berat Pb dan Cu berdasarkan variasi waktu kontaminasi 1, 2 dan 3 minggu.
2. Variabel kontrol dalam penelitian ini adalah selama operasi pengolahan penyerapan logam berat Pb dan Cu, perlu dilakukan pengaturan dan pemeliharaan terhadap beberapa parameter untuk mendapatkan kondisi operasional yang diinginkan. Adapun parameter - parameter tersebut adalah kadar logam berat Pb dan Cu yang teradsorpsi pada rumput laut *Gracilaria sp.* berdasarkan variasi waktu kontaminasi dan pengaruh kadar logam berat Pb dan Cu terhadap pertumbuhan rumput laut *Gracilaria sp.* berdasarkan variasi waktu kontaminasi.
3. Variabel terikat dalam penelitian ini adalah kadar logam berat Pb dan Cu dalam rumput laut *Gracilaria sp.*

3.4 Prosedur Penelitian

3.4.1 Pengambilan Sampel Rumput Laut dan Air Tambak

a. Pengambilan sampel rumput laut

Pengambilan sampel rumput laut dilakukan di Tambak Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Pengambilan sampel rumput laut secara manual dengan mengambil rumput laut *Gracilaria sp.* dari habitatnya menggunakan tangan dan dimasukkan ke dalam kantong sampel. Rumput laut dipilih berdasarkan perkiraan umur yang sama, kemudian ditimbang bobotnya. Rumput laut disimpan pada bak berukuran 30 x 25 x 10 cm³ dalam 7 L air tambak dan dalam rentang waktu selama 1, 2 dan 3 minggu.

b. Pengambilan sampel air tambak

Sampel air diambil di kolom air pada permukaan tempat tumbuhnya rumput laut menggunakan botol plastik, selanjutnya dimasukkan ke dalam box. Sesampainya di laboratorium rumput laut ditampung dalam bak dengan suhu air yang sama dengan suhu air dimana rumput laut tersebut diambil dan diaerasi dengan cukup.

c. Waktu Pengambilan

Waktu pengambilan sampel dilakukan pada jam 13.00 s/d 14.00. Hal ini dilakukan karena pada pukul 12.00 s/d 14.00 air tambak sudah mulai surut. Lokasi berada di tambak Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar dan pada saat pengambilan dipilih tambak yang berpotensi memiliki rumput laut yang berlebih sehingga tidak mempengaruhi kelangsungan hidup dan ekosistem tambak tersebut.

3.4.2 Pengukuran Kualitas Air

Pengukuran kualitas air dalam penelitian ini adalah dengan mengukur beberapa parameter kualitas air yaitu pengukuran suhu, salinitas, pH air dan kekeruhan. Pengukuran dilakukan pada minggu ke 1, 2 dan 3 minggu. Cara pengukuran dilakukan sebagai berikut:

a. Suhu

Suhu air di ukur dengan menggunakan *thermometer* yaitu dengan cara mencelupkan sampai $\frac{3}{4}$ panjang *thermometer* kedalam air. Diusahakan agar tubuh tidak menyentuh *thermometer* karena suhu tubuh dapat mempengaruhi suhu pada *thermometer*. Setelah itu didiamkan beberapa menit sampai dapat dipastikan tanda penunjuk skala berada dalam kondisi tidak bergerak. Kemudian menentukan nilai suhu yang ditunjukkan pada *thermometer* tersebut dan mencatat hasilnya.

b. Kekeruhan

Untuk mengukur parameter kekeruhan dengan menggunakan turbidimeter dilakukan dengan cara:

- a. Botol yang berisi air sampel diaduk dengan cara dibolak-balik agar tidak terjadi endapan.
- b. Air sampel dipindahkan kedalam tabung reaksi sebanyak 20-30 ml.
- c. Tabung reaksi dimasukkan kedalam turbidimeter kemudian hasilnya dicatat.

c. Salinitas

Salinitas diukur dengan alat refraktometer dengan cara :

- a. Air sampel diambil secukupnya, lalu diteteskan pada kaca depan refraktometer.
- b. Kemudian diamati melalui lensa belakang.
- c. Penunjukan nilai salinitas pada alat tersebut, dicatat.

d. pH air

pH air diukur dengan menggunakan pH meter atau kertas lakmus dengan cara air sampel diambil secukupnya kedalam botol, lalu kertas lakmus dicelupkan ke dalam air sampel, lalu warna kertas lakmus dicocokkan dengan warna pada cover tempat kertas lakmus. Nilai pH pada cover tersebut dicatat (Armita, D., 2011).

3.4.3 Pembuatan Larutan

a. Pembuatan Larutan Standar Timbal (Pb)

Dilarutkan 1,59 gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ dengan akuades, kemudian masukkan ke dalam labu takar 1000 ml lalu diencerkan hingga tanda batas. Larutan standar timbal 1000 ppm dipipet sebanyak 10 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Larutan diencerkan dengan akuades hingga garis batas kemudian dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan 100 ppm tersebut, dipipet masing-masing sebanyak 10 ml. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian diencerkan dengan akuades hingga garis batas dan dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 10 ppm (Muzdaleni, 2011).

b. Pembuatan Larutan Standar Tembaga (Cu)

Dilarutkan 3,92 gram $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ dengan akuades, kemudian masukkan ke dalam labu takar 1000 ml lalu diencerkan hingga tanda batas. Larutan standar timbal 1000 ppm dipipet sebanyak 10 ml kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Larutan diencerkan dengan akuades hingga garis batas kemudian dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 100 ppm. Larutan 100 ppm tersebut, dipipet masing-masing sebanyak 10 ml. Larutan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml, kemudian diencerkan dengan akuades hingga garis batas dan dikocok hingga homogen sehingga diperoleh larutan dengan konsentrasi 10 ppm (Suryati, 2011).

Pembuatan larutan stok dengan konsentrasi yang dibutuhkan didapatkan dengan rumus pengenceran:

$$V_1N_1 = V_2N_2$$

Keterangan:

V_1 : Volume air yang diencerkan

V_2 : Volume air setelah pengenceran

N_1 : Konsentrasi larutan yang akan diencerkan

N_2 : Konsentrasi larutan setelah pengenceran

3.5 Analisis Kadar Pb dan Cu Dalam Air (Sebelum Penanaman)

3.5.1 Pengukuran Kandungan Logam Berat Pb Dalam Air (Sebelum Penanaman)

Media air yang digunakan untuk percobaan adalah air laut yang diperoleh dari Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Parameter yang diuji berupa suhu, salinitas, pH air dan kekeruhan. Sebelum dipergunakan perlu untuk diketahui konsentrasi logam Pb yang terdapat didalam air media tersebut dengan menggunakan SSA. Media penelitian dengan perlakuan konsentrasi logam berat Pb dalam air media dilakukan dengan menambahkan logam Pb ke dalam air media penelitian.

3.5.2 Pengukuran Kandungan Logam Berat Cu Dalam Air (Sebelum Penanaman)

Media air yang digunakan untuk percobaan adalah air laut yang diperoleh dari Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Parameter yang diuji berupa suhu, salinitas, pH air dan kekeruhan. Sebelum dipergunakan perlu untuk diketahui konsentrasi logam Cu yang terdapat didalam air media tersebut dengan menggunakan SSA. Media penelitian dengan perlakuan konsentrasi logam berat Cu dalam air media dilakukan dengan menambahkan logam Cu ke dalam air media penelitian.

3.6 Analisis Kadar Pb dan Cu Dalam Rumput Laut (Sebelum Penanaman)

Rumput laut diukur konsentrasi logam Pb dan Cu sebelum ditanam dalam media untuk mengetahui kandungan awal logam Pb dan Cu dalam rumput laut. Analisis kandungan logam Pb dan Cu dalam dilakukan dengan menggunakan SSA.

3.7 Penanaman Rumput Laut

Rumput laut ditanam dalam media percobaan, masing-masing pada bak Kontrol atau bak A, bak B dan bak C. Pengamatan dilakukan untuk kadar konsentrasi 10 ppm. Perlakuan konsentrasi yang diuji pada rumput laut *Gracilaria sp.* adalah:

1. Perlakuan kontrol : Rumput laut *Gracilaria sp.* tanpa kehadiran logam Pb dan Cu.
2. Perlakuan Pb : Rumput laut *Gracilaria sp.* dengan kehadiran logam Pb.
3. Perlakuan Cu : Rumput laut *Gracilaria sp.* dengan kehadiran logam Cu.

Rumput laut *Gracilaria sp.* ditumbuhkan dalam media pertumbuhan yang terkontaminasi Pb dan Cu 10 ppm selama 3 minggu dan diukur konsentrasi penyerapan Pb dan Cu pada interval waktu 1 minggu. Setiap hari ke-7 rumput laut tersebut ditimbang beratnya dan air laut yang digunakan menumbuhkan *Gracilaria sp.* dianalisis dengan menggunakan SSA.

3.8 Analisis Data

Data yang diperoleh dalam penelitian ini adalah kadar logam Pb dan Cu hasil dari destruksi basah tertutup yakni hubungan antara Konsentrasi dengan Absorbansi. Sehingga nilai yang didapat adalah *Slope* dan *Intersep*. Kemudian data tersebut dimasukkan kedalam persamaan regresi linier menggunakan Hukum Lambert- Beer (Taufikurrahman, 2016).

$$Y = ax + b \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

X : Absorbansi Sampel.

Y : Konsentrasi sampel.

b : *Slope*.

a : *Intersep*.

Kemudian nilai absorbansi yang diperoleh dari persamaan regresi kurvastandar. Nilai konsentrasi kadar logam Pb dan Cu diketahui dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar Logam} = \frac{Fp \times b}{W} \dots\dots\dots(3.2)$$

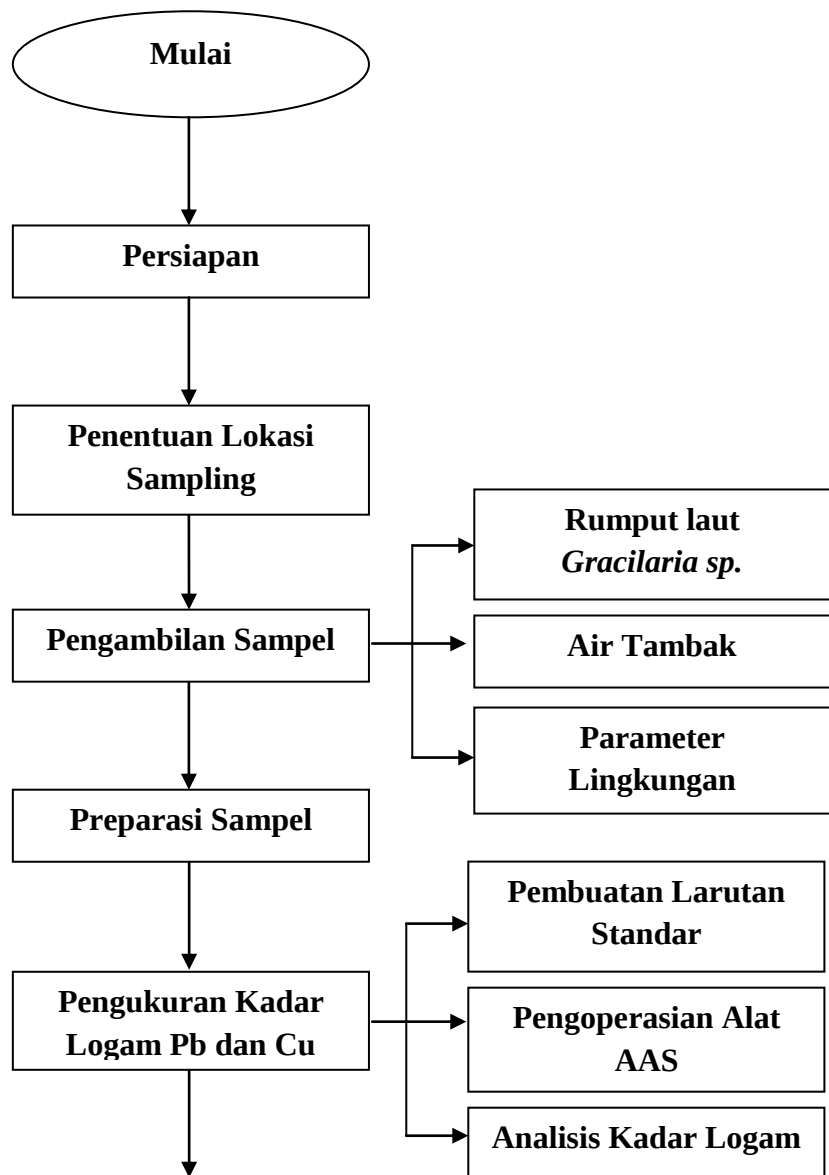
Keterangan:

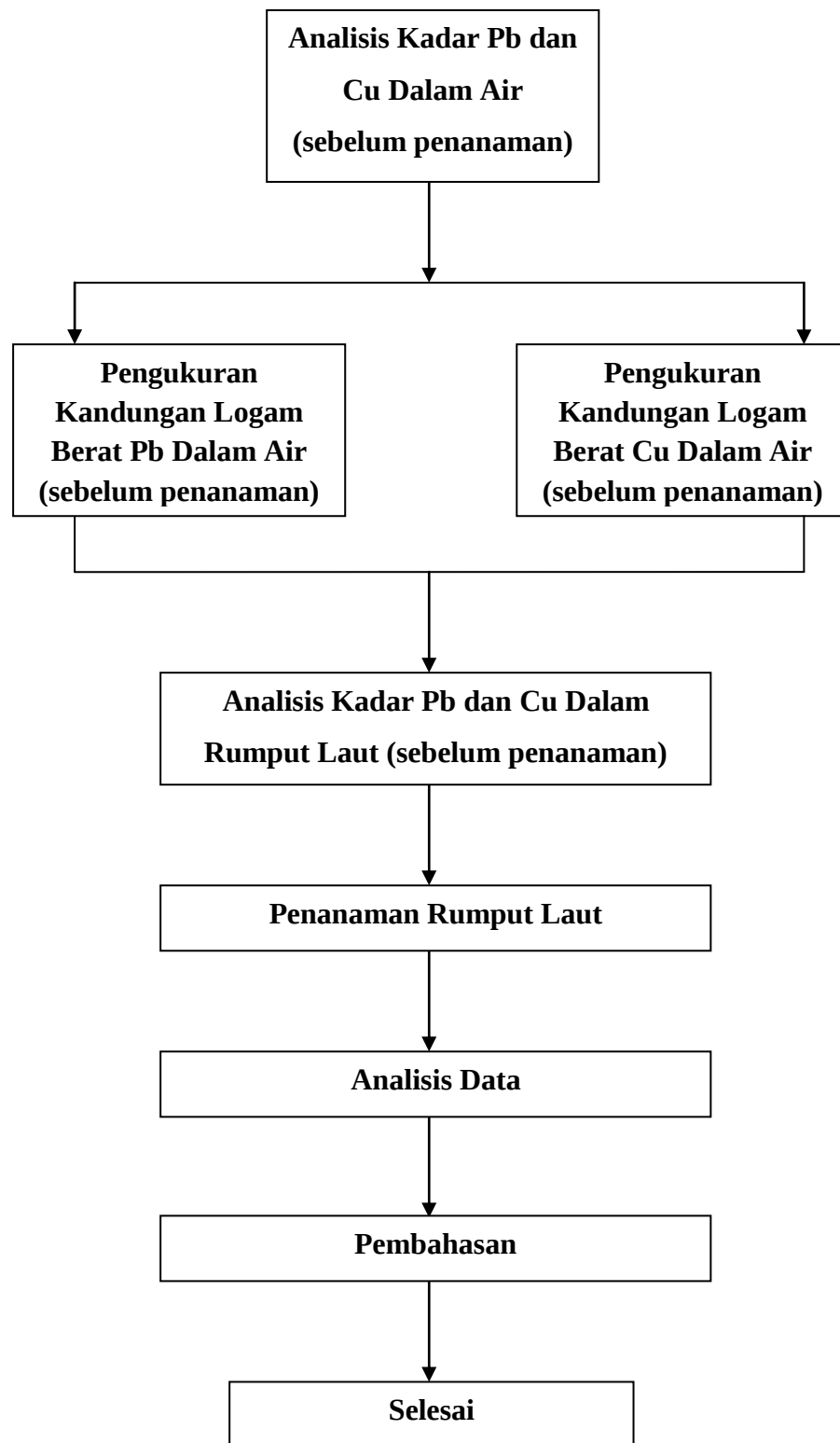
Fp : Faktor Pengenceran (L).

b : Kadar yang terbaca instrumen (mg/L).

W : Berat sampel (Kg).

3.9 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1 Skema prosedur penelitian

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dipaparkan hasil penelitian tentang analisis kadar logam Pb dan Cu terhadap daya serap rumput laut *Gracilaria sp.* sebagai biosorben yang berasal dari Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar dengan menggunakan SSA. Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan, antara lain: pemilihan sampel, preparasi sampel, analisis parameter air tambak, pembuatan kurva kalibrasi logam Pb dan Cu, analisis kadar logam Pb dan Cu pada rumput laut *Gracilaria sp.* sebagai biosorben dan penentuan adsorpsi ion logam Pb dan Cu dengan variasi waktu kontak.

4.1 Pemilihan Sampel

Sampel yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah rumput laut *Gracilaria sp.* dan metode dalam pengambilan sampel dilakukan secara *random non probability*, yakni pemilihan sampel yang hanya didasarkan pada pertimbangan-pertimbangan *non-random*, seperti kesesuaian sampel dengan kriteria yang dirumuskan peneliti sesuai dengan batasan dan tujuan di dalam penelitian ini. Teknik pengambilan sampel rumput laut *Gracilaria sp.* merupakan suatu parameter penting dalam melakukan suatu penelitian. Hal ini dikarenakan dimana pengambilan sampel ini nantinya akan mempengaruhi validitas data dan kebenaran dari hipotesis yang diambil sebelumnya.

Pengambilan sampel rumput laut secara manual dengan mengambil rumput laut *Gracilaria sp.* dari habitatnya menggunakan tangan dan dimasukkan ke dalam kantong sampel. Rumput laut dipilih berdasarkan perkiraan umur yang sama, kemudian ditimbang bobotnya. Rumput laut disimpan pada bak berukuran 30 x 25 x 10 cm³ dalam 7 L air tambak dan dalam rentang waktu selama 1, 2 dan 3 minggu.

4.2 Preparasi Sampel

Preparasi sampel merupakan tahapan yang paling penting dalam analisa kadar logam. Dalam menganalisis konsentrasi suatu logam di dalam

suatu sampel, ternyata semua elemen ataupun komponen dalam hal ini yang tidak ingin kita amati dapat menyebabkan kenaikan ataupun penurunan konsentrasi logam yang ingin kita analisis, untuk itu perlu dilakukan pengenceran larutan sampel untuk menurunkan konsentrasi logam yang tidak kita inginkan tersebut pada tekanan yang tidak menyebabkan gangguan yang signifikan sehingga didapatkanlah hasil sesuai yang diharapkan.

Preparasi sampel dimulai dengan mengambil sampel yang telah dikeringkan sebanyak 5 gram. Sampel rumput laut *Gracilaria sp.* kemudian dipotong-dipotong menjadi kecil dan tipis. Hal ini bertujuan untuk memperkecil luas permukaannya, agar mudah kering saat dikeringkan. Kemudian ditumbuk dengan menggunakan mortal sampai berbentuk serpihan kecil dan halus. Sampel rumput laut *Gracilaria sp.* dalam bentuk padatan digerus bertujuan untuk mempercepat proses destruksi.

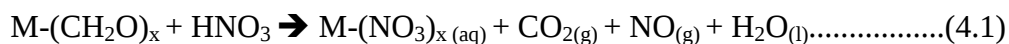
Sampel diubah dalam bentuk serbuk sebab dalam bentuk ini sampel tersebut memiliki luas permukaan yang lebih besar dibandingkan dengan bentuk padatan sehingga zat pengoksidasi itu akan lebih mudah mengabsorpsi sampel dan pada akhirnya menyebabkan proses destruksinya akan terjadi lebih cepat. Setelah semua sampel halus dan homogen kemudian diambil sebanyak 1 gram untuk dilakukan proses destruksi dengan penambahan zat pengoksidasi berupa $\text{HNO}_3 : \text{HClO}_4$ (2:1) sebanyak (10 ml : 5 ml). Menurut Taufikurrahman (2016), Penentuan kadar logam tembaga (Cu) dan timbal (Pb) dalam lima jenis sampel tanaman rimpang menggunakan metode destruksi basah *refluks* dengan zat pengoksidasi terbaik yaitu $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4$ (2:1).

Sampel rumput laut *Gracilaria sp.* yang telah dipersiapkan, kemudian dipreparasi dengan metode destruksi basah. Metode destruksi basah dilakukan juga dengan bantuan panas yang bertujuan untuk mempercepat proses oksidasi atau perombakan senyawa-senyawa organik. Selain itu, metode ini digunakan karena pengerjaannya lebih sederhana, oksidasi terjadi secara kontinyu dan cepat serta unsur-unsur yang diperoleh mudah larut sehingga dapat ditentukan dengan metode analisa tertentu. Metode destruksi yang dilakukan pada penelitian ini yaitu destruksi basah tertutup. Destruksi

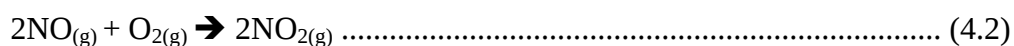
basah tertutup menggunakan *refluks* dengan bantuan pemanasan menggunakan *water bath* dengan suhu 100°C. Asam nitrat mempunyai titik didih 120°C sehingga apabila dilakukan pemanasan sampai dengan suhu 100°C dapat mencegah larutan asam nitrat tersebut cepat habis sebelum proses destruksinya selesai (Amalullia, D., 2016). Penggunaan *refluks* dilakukan untuk meminimalisir dan memperkecil kehilangan analit ketika dipanaskan.

Menurut Rahmawati, E., dkk. (2015), pemanasan pada saat proses destruksi itu dilakukan untuk mempercepat proses pemutusan ikatan senyawa kompleks antara logam dengan senyawa organiknya. Pada dasarnya kekuatan ikatan senyawa ionik lebih besar dibandingkan dengan ikatan kovalen. Pemanasan akan mempercepat pemutusan ikatan kovalen pada senyawa organik terlebih dahulu, sedangkan pemanasan saat destruksi akan memutus ikatan organologam menjadi anorganik.

Pada proses destruksi logam diubah menjadi bentuk garamnya yaitu $M-(NO)_x$ yang mudah larut dalam air. Berikut adalah reaksi yang terjadi antara sampel dengan HNO_3 :



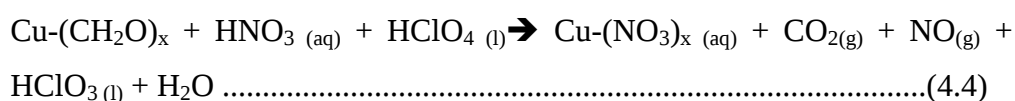
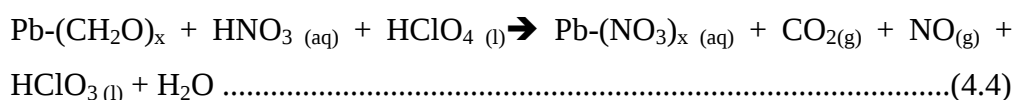
Penguraian bahan organik oleh asam nitrat akan menghasilkan gas CO_2 yang ditandai dengan terbentuknya gelembung-gelembung gas selama proses pemanasan. Selain itu, hasil perombakan bahan organik juga menghasilkan gas NO_x . Gas NO yang dihasilkan pada proses destruksi dapat menghasilkan gas NO_2 yang berwarna merah kecoklatan, yang merupakan hasil reaksi dari oksigen. Berikut adalah reaksi pembentukan gas NO_2 dari oksigen (Wulandari, E. A., 2013):



Terbentuknya gas NO_2 yang berwarna cokelat kemerahan mengindikasikan terjadinya pemutusan ikatan logam dengan bahan organik. Secara umum proses destruksi logam oleh asam nitrat dapat digambarkan dengan reaksi seperti berikut:



Penambahan oksidator lain seperti HClO_4 sangat berguna sekali untuk membantu proses pendestruksian sampel dikarenakan HClO_4 ini bertindak sebagai campuran asam yang bertindak sebagai oksidator kuat yang langsung membantu kinerja dari HNO_3 . Menurut Nurmalasari, D. (2016), Pada semua variasi HNO_3 harus mempunyai volume yang lebih banyak daripada HClO_4 karena asam nitrat disini sebagai zat pengoksidasi utama dalam analisa kadar logam timbal (Pb) pada cat rambut. Penambahan HClO_4 berfungsi sebagai oksidator untuk membantu memaksimalkan HNO_3 mendekomposisi matriks organik pada rumput laut *Gracilaria sp.* dan untuk meminimalisirkan ledakan ketika larutan sudah dipanaskan, penambahan HClO_4 dilakukan setelah penambahan HNO_3 karena dilihat dari sifatnya yang mudah meledak (*explosive*) sehingga cukup berbahaya apabila tidak dilakukan sesuai dengan pedoman yang benar. Adapun reaksi yang terjadi ketika ditambahkan larutan HClO_4 adalah sebagai berikut (Kartikasari, M., 2016):



Kekuatan dari suatu asam dapat dilihat dari nilai PKa. Nilai PKa HClO_4 dan HNO_3 berturut-turut adalah -7 dan -1,3 ($\text{HClO}_4 > \text{HNO}_3$). Semakin kecil nilai PKa maka akan semakin mudah untuk melepaskan ion hidrogen sehingga kekuatan asamnya semakin besar. Selain itu, kekuatan suatu asam dalam mengoksidasi juga dapat dilihat dari segi bilangan oksidasinya. Bilangan oksidasi HClO_4 adalah +7 sedangkan HNO_3 adalah +5. Pada HClO_4 akan mengalami yang namanya proses reduksi sehingga menjadi HClO_3 dan ditandai dengan perubahan bilangan oksidasi +7 menjadi +5 sehingga dalam hal ini dia bersifat oksidator. Kemudian pada HNO_3 mengalami yang namanya proses reduksi menjadi NO yang ditandai dengan perubahan bilangan oksidasi +5 menjadi +4 sehingga dalam hal ini bersifat oksidator. Sedangkan logam akan mengalami oksidasi yang ditandai perubahan bilangan oksidasi 0 menjadi +2. Kelarutan perklorat umumnya larut dalam air. Kalium perklorat adalah salah satu dari yang paling sedikit

larut dan natrium perklorat adalah salah satu dari yang paling banyak larut (Kumalawati, O. R., 2016).

Kekuatan asam akan meningkat seiring dengan meningkatnya elektronegativitas dari atom pusat yang dimiliki oleh asam perklorat ini, sehingga dengan adanya pengaruh dari elektronegativitas dapat mempengaruhi kekuatan asam. Penggunaan dua jenis asam kuat yakni berupa HNO_3 dan HClO_4 sebagai zat pengoksidasi akan meningkatkan kekuatan dari asam tersebut, sehingga proses destruksi berlangsung secara maksimal. Hal ini dapat dilihat dari perubahan derajat keasaman campuran HNO_3 dan HClO_4 . Penggunaan kombinasi dari dua asam akan lebih menguntungkan jika dibandingkan dengan asam tunggal karena kombinasi asam akan memberikan kekuatan asam yang lebih baik, khususnya untuk melarutkan logam - logam yang terdapat dalam sampel organik dan mendegradasi sampel organik yang diinginkan.

Proses destruksi dapat dihentikan apabila diperoleh larutan yang jernih, yang mengindikasikan bahwa ikatan logam pada sampel telah terputus, sehingga diperoleh analit berupa Pb ionik dan Cu ionik. Setelah proses destruksi dihentikan, kemudian larutan sampel yang diperoleh disaring dengan kertas saring *whatman 42* untuk mendapatkan larutan yang bebas dari pengotor, selanjutnya sampel yang sudah disaring tersebut diencerkan menggunakan HNO_3 0,5 M. Pengenceran dilakukan pada konsentrasi ini sebab larutan sampel harus berada dalam matriks yang identik dengan larutan standar sehingga didapatkan kondisi yang ideal untuk analisis menggunakan SSA (Laili, R., 2016).

Kandungan logam Pb dan Cu dalam rumput laut *Gracilaria sp.* dapat ditentukan dengan menggunakan metode nyala SSA. SSA terlebih dahulu harus dioptimasi untuk memperoleh hasil analisis yang lebih baik dan sempurna. Kondisi optimasi analisis logam Pb dan Cu dengan metode nyala SSA dilakukan agar di peroleh populasi atom pada tingkat dasar yang paling banyak dalam nyala api yang dilewati oleh radiasi. Atom-atom akan menyerap tenaga radiasi yang khas untuk atom-atom tersebut dan kemudian berubah ke keadaan eksitasi. Semakin banyak atom pada keadaan dasar, maka

radiasi-radiasi yang diserap akan makin banyak, pada kondisi optimum akan diperoleh serapan maksimal.

Kondisi optimum parameter pada SSA yang perlu mendapatkan perhatian adalah panjang gelombang, laju alir pembakar, laju alir udara, kuat arus lampu katoda cekung (*Hollow Cathode Lamp*), lebar celah dan tinggi pembakar Burner. Optimasi itu sendiri bertujuan untuk mencari kondisi optimum suatu alat untuk menghasilkan respon terbaik. Optimasi SSA dilakukan dengan memvariasikan nilai parameter dari alat tersebut. Kondisi optimum peralatan SSA disajikan pada Tabel 4.1 sebagai berikut:

Tabel 4.1 Kondisi Pengukuran Peralatan SSA Merek Shimadzu Spektra AA 7000 untuk logam Pb dan Cu

No.	Parameter	Satuan	Pb	Cu
1.	Panjang Gelombang	nm	217	324,7
2.	Laju Alir Asetilen	L/menit	2,0	2,0
3.	Laju Alir Udara	L/menit	10,0	10,0
4.	Lebar Celah	nm	1,0	0,5
5.	Tinggi Burner	mm	2,0	2,0
6.	Kuat Arus Lampu Katoda	μA	10,0	10,0

4.3 Analisis Kualitas Air Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar

Keadaan kualitas air suatu perairan adalah hal yang sangat penting bagi kehidupan suatu organisme. Secara umum pertumbuhan rumput laut *Gracilaria sp.* dipengaruhi oleh parameter kualitas perairan yang meliputi suhu, kekeruhan, salinitas dan pH air. Hasil pengukuran kualitas perairan saat pengambilan sampel di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar dapat dilihat dalam tabel 4.2 sebagai berikut:

Tabel 4.2 Nilai Hasil Pengukuran Kualitas Air Tambak

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1.	Suhu	°C	30
2.	Kekeruhan	NTU	8,29
3.	pH air	-	7
4.	Salinitas	ppt	28

4.3.1 Parameter Air Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar

a. Suhu

Suhu merupakan salah satu parameter untuk mempelajari transportasi dan penyebaran polutan yang masuk ke lingkungan tambak. Misalnya, suhu air di permukaan air tambak mempengaruhi sifat tumpahan minyak dan juga pengendaliannya. Suhu yang rendah akan mengakibatkan viskositas minyak naik, kecepatan penguapan fraksi ringan turun dan fraksi berat berkecenderungan membeku. Selain itu pada suhu rendah, pembersihan tumpahan minyak dengan pembakaran akan sulit dilakukan, jumlah zat dipakai sebagai dispersant akan bertambah banyak dan penyebaran atau dispersi minyak akan semakin sulit terjadi.

Rumput laut memerlukan sinar matahari untuk proses fotosintesis, karena itu rumput laut hanya dapat tumbuh pada perairan dengan kedalaman tertentu dimana sinar matahari dapat sampai ke dasar perairan. Rumput laut hidup dan tumbuh pada perairan dengan kisaran suhu air antara 20–28°C, namun masih ditemukan tumbuh pada suhu 31°C (Pakambanan, N., 2016).

Dari hasil pengukuran suhu pada air tambak yang ada di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar, suhu yang di peroleh yakni 30°C. Suhu perairan sangat penting untuk proses fotosintesis rumput laut. Suhu air yang tinggi yang terjadi pada air tambak ini akibat waktu pengambilan sampel pada siang hari, maka

suhu menjadi naik karena pada waktu siang hari perairan semakin panas dan adanya penyerapan cahaya oleh air akan menyebabkan terjadinya lapisan air yang mempunyai suhu yang berbeda-beda. Dan pada saat pengambilan sampel lokasinya berada paling dekat dengan daratan sehingga terjadi transfer panas dari daratan ke tambaknya tersebut, serta memiliki kedalaman yang paling rendah sehingga sinar matahari dapat masuk mencapai dasar dan memanaskan perairan. Semakin menurun suhu pada suatu perairan maka semakin besar toksisitas kadar logam. Hal ini berarti toksisitas logam berat Pb dan Cu pada rumput laut ini bukan saja dipengaruhi oleh sumber-sumber pencemaran logam berat Pb dan Cu saja akan tetapi dipengaruhi juga oleh faktor lingkungan.

b. Kekeruhan

Kekeruhan adalah suatu ukuran biasan cahaya di dalam air yang disebabkan oleh adanya partikel koloid dan suspensi dari suatu polutan yang terkandung dalam air. Kekeruhan ini sendiri diakibatkan oleh adanya partikel-partikel kecil dan koloid tersebut tidak lain adalah tanah liat, sisa tanaman, ganggang dan sebagainya. Kondisi kekeruhan yang optimal bagi tanaman rumput laut adalah kurang dari 40 NTU (Alam, A. A., 2011).

Hasil pengukuran kekeruhan air tambak yang ada di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar, nilai kekeruhan yakni 8,29 NTU. Tingkat kekeruhan yang tinggi dapat terjadi karena adanya bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dan terlarut (misalnya lumpur dan pasir halus), maupun bahan organik dan anorganik berupa plankton dan mikro organisme lain, padatan tersuspensi akan mengurangi penetrasi cahaya ke dalam air, sehingga mempengaruhi regenerasi oksigen secara fotosintesis dan kekeruhan air juga semakin meningkat. Tingkat kekeruhan air di perairan mempengaruhi tingkat kedalaman pencahayaan matahari, semakin keruh suatu badan air maka semakin menghambat sinar matahari masuk ke dalam air. Hal ini berarti bila pada suatu perairan tingkat kekeruhannya semakin tinggi maka akan menghambat pertumbuhan

rumput laut karena adanya logam. Semakin besar tingkat kekeruhannya maka semakin tinggi juga kadar logamnya.

c. Salinitas

Salinitas adalah konsentrasi dari total ion yang terdapat di dalam perairan (jumlah kadar garam). Di alam rumput laut *Gracilaria sp.* tumbuh berkembang dengan baik pada salinitas yang tinggi. Penurunan salinitas akibat masuknya air tawar yang dapat menyebabkan pertumbuhan rumput laut *Gracilaria sp.* menurun. Faktor konsentrasi didefinisikan sebagai perbandingan antara kadar logam berat dalam tubuh organisme dan dalam perairan. Lebih lanjut dikatakan bahwa penurunan salinitas pada perairan dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme menjadi semakin besar.

Hasil pengukuran salinitas air tambak yang ada di Desa Lamnga, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar, nilai salinitasnya yakni 28 ppt. Dikarenakan salinitas yang baik untuk pertumbuhan rumput laut antara 15-30 ppt di mana kadar garam optimal adalah 20-25 ppt (Amalia, 2013). Nilai salinitas ini baik untuk pertumbuhan rumput laut, karena salinitas yang terdapat pada air tambak ini tidak terlalu besar dan merupakan nilai salinitas normal pada pertumbuhan rumput laut. Tetapi apabila salinitasnya menurun maka dapat menyebabkan tingkat bioakumulasi logam berat pada organisme menjadi semakin besar. Hal ini berarti toksisitas logam berat Pb dan Cu pada rumput laut ini bukan saja dipengaruhi oleh sumber-sumber pencemaran logam berat Pb dan Cu akan tetapi dipengaruhi juga oleh faktor lingkungan.

d. pH air

Keasaman atau derajat pH merupakan salah satu faktor penting dalam kehidupan alga laut karena, mengontrol tipe dan laju kecepatan reaksi beberapa bahan dalam air, sama halnya dengan faktor-faktor lainnya. Kenaikan pH pada badan perairan biasanya akan diikuti dengan semakin kecilnya kelarutan dari senyawa-senyawa logam. Tingginya nilai pH dipengaruhi oleh kandungan oksigen yang berasal dari proses

fotosintesis sehingga dapat mempengaruhi nilai pH di perairan. pH optimal untuk pertumbuhan rumput laut *Gracilaria sp.* berkisar antara 6-9 (Ashari, M. R., 2016).

Komposisi elemen-elemen dan senyawa-senyawa yang terlarut tersebut menyebabkan air tambak mempunyai pH (derajat keasaman) pada umumnya antara 7,5 sampai 8,4 dengan rata-rata pH sebesar 7,8. Perubahan dari asam ke basa dari air laut akan mempengaruhi pada pertumbuhan, aktivitas biologi dan reaksi kimia yang mungkin terjadi. Seperti misalnya agar proses fotosintesis bisa terjadi, maka karbondioksida harus ada. Perubahan pH akan membuat perubahan jumlah karbondioksida yang ada dan pada akhirnya akan mempengaruhi jumlah fotosintesis yang dilakukan. Contoh lain misalnya, apabila air laut berubah menjadi bersifat lebih asam, maka akan menyebabkan kalsium karbonat, yang merupakan bentuk cangkang dari kebanyakan organisme laut akan terlarut (Betawi, A. S., 2012).

Secara umum nilai pH menggambarkan seberapa besar tingkat keasaman atau kebasaan suatu perairan. Perairan dengan nilai pH=7 adalah netral, pH<7 dikatakan kondisi perairan bersifat asam, sedangkan pH>7 dikatakan perairan bersifat basa (Khatimah, K., 2016). Hasil pengukuran pH air tambak yang ada di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar, nilai pHnya yakni 7. Hal ini berarti toksisitas logam berat Pb dan Cu pada rumput laut ini bukan saja dipengaruhi oleh sumber-sumber pencemaran logam berat Pb dan Cu saja akan tetapi dipengaruhi juga oleh faktor lingkungan.

4.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb dan Cu

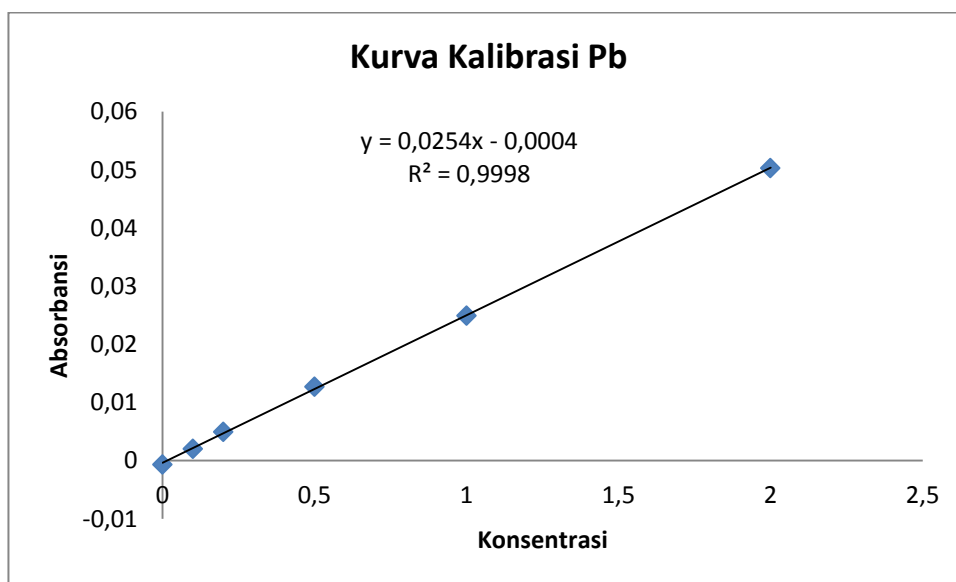
4.4.1 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb (Keadaan Awal) Sampel Rumput Laut *Gracilaria sp.*

Pada penelitian ini didapatkan data absorban pada setiap konsentrasi dari larutan standar dapat dilihat pada Tabel 4.3 sebagai berikut:

Tabel 4.3 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1.	0	0,0001
2.	0,1	0,002
3.	0,2	0,0049
4.	0,5	0,0127
5.	1	0,0249
6.	2	0,0503

Dari data tersebut dapat dibuat kurva kalibrasi standar Pb pada penelitian ini.

**Gambar 4.1** Grafik Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb)

Berdasarkan Gambar 4.1 menunjukkan bahwa nilai absorbansi berbanding lurus dengan nilai konsentrasi yakni, semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula absorbansinya, sehingga persamaan dari kurva standar logam timbal (Pb) didapatkan persamaan linear $y = 0,025x - 0,000$ dimana y adalah absorbansi, a adalah slope, x adalah konsentrasi sedangkan b adalah intersep. Sehingga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999 dimana nilai ini mendekati +1 yaitu menunjukkan bahwa respon yang diberikan oleh alat terhadap konsentrasi analit telah memenuhi syarat. Setelah didapatkan hasil tersebut dapat dibuktikan bahwa alat SSA dalam kondisi baik dan persamaan garis lurus yang diperoleh dapat digunakan

untuk menghitung konsentrasi sampel karena terdapat hubungan yang linier antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A). Uji linieritas merupakan metode untuk membuktikan hubungan linier antara konsentrasi analit yang sebenarnya dengan respon alat.

Hubungan linearitas anatara absorbansi dengan konsentrasi analit dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R). Model persamaan regresi linier yang terbentuk dari Gambar 4.1 diatas adalah: $y = 0,025x - 0,000$ dengan nilai linearitas $R^2 = 0,999$ dimana hasil ini sesuai dengan Hukum *Lambert–Beer*. Sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva standar Pb ditunjukkan dengan nilai slope (kemiringan) sebesar 0,025. Nilai tersebut menunjukkan setiap perubahan konsentrasi (sumbu x) akan memberikan perubahan terhadap nilai absorbansi (sumbu y) sebesar 0,025.

Pada penelitian ini telah diperoleh hasil pada larutan standar dimana nilai absorbansi meningkat seiring dengan peningkatan nilai konsentrasi (ppm), dapat dilihat dimana pada konsentrasi 0 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0001, konsentrasi 0,1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,002, konsentrasi 0,2 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0049, konsentrasi 0,5 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0127, konsentrasi 1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0249 dan pada konsentrasi 2 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0503.

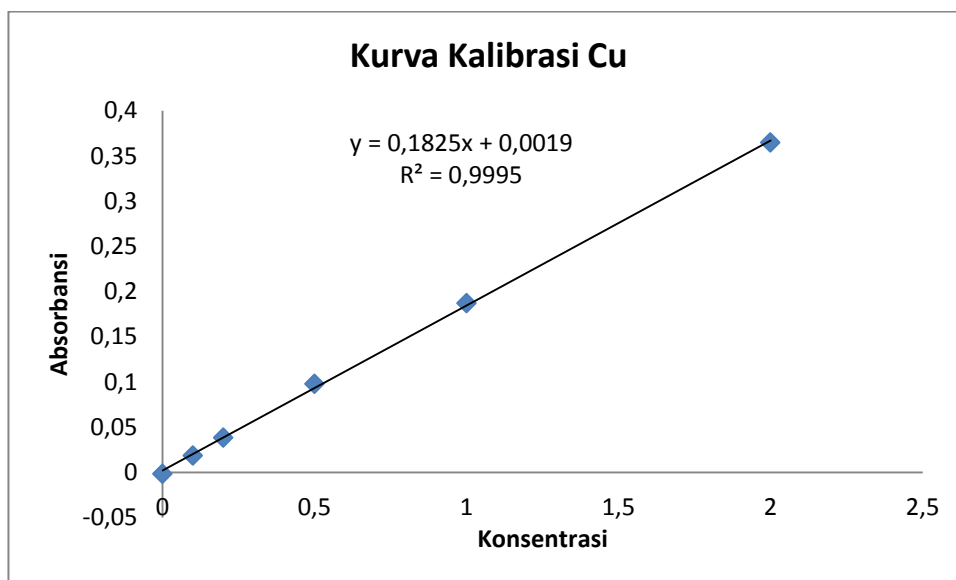
4.4.2 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Cu (Keadaan Awal) Sampel Rumput Laut *Gracilaria sp.*

Pada penelitian ini didapatkan data absorban pada setiap konsentrasi dari larutan standar dapat dilihat pada Tabel 4.4 sebagai berikut:

Tabel 4.4 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	0,0001
2	0,1	0,0186
3	0,2	0,0385
4	0,5	0,0979
5	1	0,1869
6	2	0,3646

Dari data tersebut dapat dibuat kurva kalibrasi standar Cu pada penelitian ini.



Gambar 4.2 Grafik Kurva Kalibrasi Logam Tembaga (Cu)

Berdasarkan Gambar 4.2 menunjukkan bahwa nilai absorbansi berbanding lurus dengan nilai konsentrasi yakni, semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula absorbansinya, sehingga persamaan dari kurva standar logam tembaga (Cu) didapatkan persamaan linear $y = 0,182x + 0,001$ dimana y adalah absorbansi, a adalah *slope*, x adalah konsentrasi sedangkan b adalah *intersep*. Sehingga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999 dimana nilai ini mendekati +1 yaitu menunjukkan bahwa respon yang diberikan oleh alat terhadap konsentrasi analit telah memenuhi syarat. Setelah didapatkan hasil tersebut dapat dibuktikan bahwa alat SSA dalam kondisi baik dan persamaan garis lurus yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel karena terdapat hubungan yang linier antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A). Uji linieritas merupakan metode untuk membuktikan hubungan linier antara konsentrasi analit yang sebenarnya dengan respon alat.

Hubungan linearitas anatara absorbansi dengan konsentrasi analit dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R). Model persamaan regresi linier yang terbentuk dari Gambar 4.3 diatas adalah: $y = 0,182x +$

0,001 dengan nilai linearitas $R^2 = 0,999$ dimana hasil ini sesuai dengan Hukum *Lambert–Beer*. Sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva standar Pb ditunjukkan dengan nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0,182. Nilai tersebut menunjukkan setiap perubahan konsentrasi (sumbu x) akan memberikan perubahan terhadap nilai absorbansi (sumbu y) sebesar 0,182.

Pada penelitian ini telah diperoleh hasil pada larutan standar dimana nilai absorbansi meningkat seiring dengan peningkatan nilai konsentrasi (ppm), dapat dilihat dimana pada konsentrasi 0 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0001, konsentrasi 0,1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0186, konsentrasi 0,2 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0979, konsentrasi 0,5 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0979, konsentrasi 1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,1869 dan pada konsentrasi 2 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,3646.

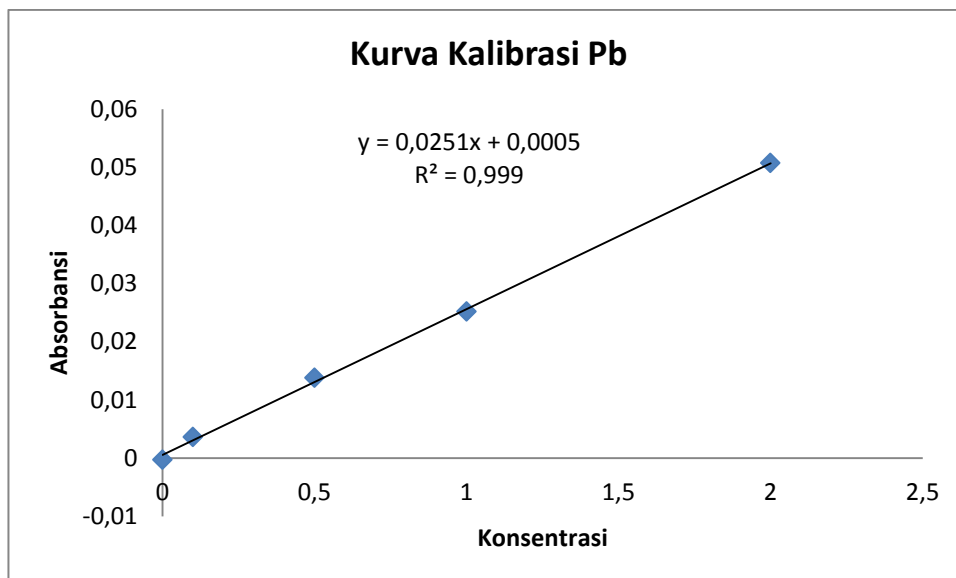
4.4.3 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb (1, 2 dan 3 Minggu) Sampel Rumput Laut *Gracilaria sp.*

Pada penelitian ini didapatkan data absorban pada setiap konsentrasi dari larutan standar dapat dilihat pada Tabel 4.5 sebagai berikut:

Tabel 4.5 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Pb

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	0,0001
2	0,1	0,0036
3	0,5	0,0138
4	1	0,0252
5	2	0,0507

Dari data tersebut dapat dibuat kurva kalibrasi standar Pb pada penelitian ini.



Gambar 4.3 Grafik Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb)

Berdasarkan Gambar 4.3 menunjukkan bahwa nilai absorbansi berbanding lurus dengan nilai konsentrasi yakni, semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula absorbansinya, sehingga persamaan dari kurva standar logam timbal (Pb) didapatkan persamaan linear $y = 0,025x + 0,000$ dimana y adalah absorbansi, a adalah *slope*, x adalah konsentrasi sedangkan b adalah *intersep*. Sehingga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,999 dimana nilai ini mendekati +1 yaitu menunjukkan bahwa respon yang diberikan oleh alat terhadap konsentrasi analit telah memenuhi syarat. Setelah didapatkan hasil tersebut dapat dibuktikan bahwa alat SSA dalam kondisi baik dan persamaan garis lurus yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel karena terdapat hubungan yang linier antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A). Uji linieritas merupakan metode untuk membuktikan hubungan linier antara konsentrasi analit yang sebenarnya dengan respon alat.

Hubungan linearitas antara absorbansi dengan konsentrasi analit dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R). Model persamaan regresi linier yang terbentuk dari Gambar 4.3 diatas adalah: $y = 0,025x + 0,000$ dengan nilai linearitas $R^2 = 0,999$ dimana hasil ini sesuai dengan Hukum *Lambert-Beer*. Sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva standar Pb ditunjukkan dengan nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0,025. Nilai

tersebut menunjukkan setiap perubahan konsentrasi (sumbu x) akan memberikan perubahan terhadap nilai absorbansi (sumbu y) sebesar 0,025.

Pada penelitian ini telah diperoleh hasil pada larutan standar dimana nilai absorbansi meningkat seiring dengan peningkatan nilai konsentrasi (ppm), dapat dilihat dimana pada konsentrasi 0 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0001, konsentrasi 0,1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0036, konsentrasi 0,5 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0138, konsentrasi 1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0252 dan pada konsentrasi 2 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0507.

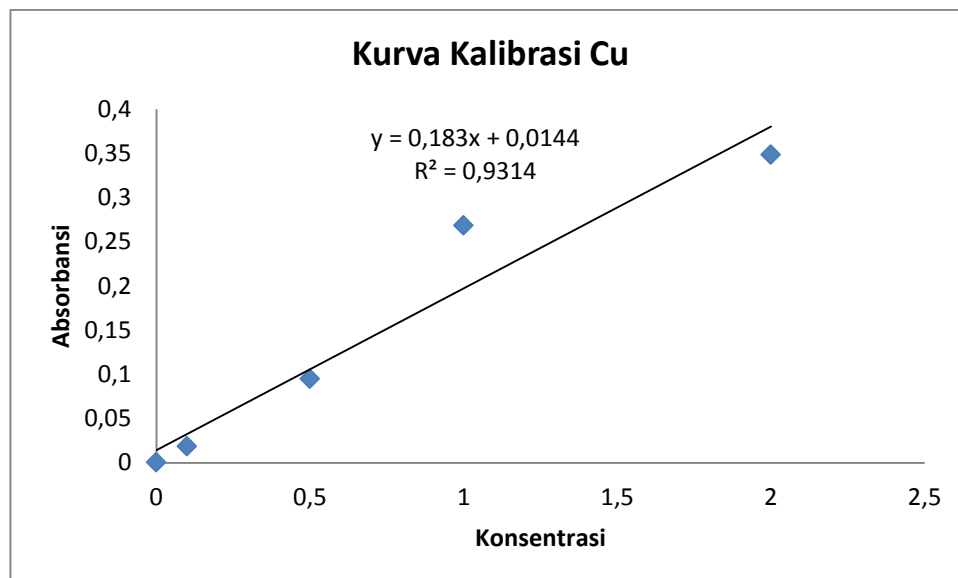
4.4.4 Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Cu (1, 2 dan 3 Minggu) Sampel Rumput Laut *Gracilaria sp.*

Pada penelitian ini didapatkan data absorbansi pada setiap konsentrasi dari larutan standar dapat dilihat pada Tabel 4.6 sebagai berikut:

Tabel 4.6 Kurva Kalibrasi Larutan Standar Cu

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	0,0005
2	0,1	0,0186
3	0,5	0,095
4	1	0,2684
5	2	0,3483

Dari data tersebut dapat dibuat kurva kalibrasi standar Cu pada penelitian ini.



Gambar 4.4 Grafik Kurva Kalibrasi Logam Tembaga (Cu)

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa nilai absorbansi berbanding lurus dengan nilai konsentrasi yakni, semakin tinggi konsentrasi semakin tinggi pula absorbansinya, sehingga persamaan dari kurva standar logam tembaga (Cu) didapatkan persamaan linear $y = 0,183x + 0,014$ dimana y adalah absorbansi, a adalah *slope*, x adalah konsentrasi sedangkan b adalah *intersep*. Sehingga didapatkan nilai koefisien determinasi (R^2) sebesar 0,931 dimana nilai ini mendekati +1 yaitu menunjukkan bahwa respon yang diberikan oleh alat terhadap konsentrasi analit telah memenuhi syarat. Setelah didapatkan hasil tersebut dapat dibuktikan bahwa alat SSA dalam kondisi baik dan persamaan garis lurus yang diperoleh dapat digunakan untuk menghitung konsentrasi sampel karena terdapat hubungan yang linier antara konsentrasi (C) dengan absorbansi (A). Uji linieritas merupakan metode untuk membuktikan hubungan linier antara konsentrasi analit yang sebenarnya dengan respon alat.

Hubungan linearitas anantara absorbansi dengan konsentrasi analit dapat ditunjukkan dengan nilai koefisien korelasi (R). Model persamaan regresi linier yang terbentuk dari Gambar 4.7 diatas adalah: $y = 0,183x + 0,014$ dengan nilai linearitas $R^2 = 0,931$ dimana hasil ini sesuai dengan Hukum *Lambert–Beer*. Sensitivitas yang diperoleh dari pembuatan kurva standar Pb ditunjukkan dengan nilai *slope* (kemiringan) sebesar 0,183. Nilai

tersebut menunjukkan setiap perubahan konsentrasi (sumbu x) akan memberikan perubahan terhadap nilai absorbansi (sumbu y) sebesar 0,183.

Pada penelitian ini telah diperoleh hasil pada larutan standar dimana nilai absorbansi meningkat seiring dengan peningkatan nilai konsentrasi (ppm), dapat dilihat dimana pada konsentrasi 0 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0005, konsentrasi 0,1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,0186, konsentrasi 0,5 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,095, konsentrasi 1 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,2684 dan pada konsentrasi 2 mg/L diperoleh nilai absorbansi sebesar 0,3483.

4.5 Analisis Logam Pb dan Logam Cu di Desa Lamnga, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar

4.5.1 Analisis Logam Pb Sampel Rumput Laut *Gracilaria sp.*

Logam Pb merupakan salah satu bahan pencemar perairan yang dapat membahayakan bagi manusia. Dari hasil analisis di laboratorium, menunjukkan rumput laut *Gracilaria sp.* dapat menyerap atau mengakumulasi logam Pb media yang meningkat sesuai penambahan variasi waktu. Hasil pengukuran serapan pada rumput laut *Gracilaria sp.* untuk analisis logam Pb di Desa Lamnga, Kecamatan Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar dengan metode SSA dapat dilihat dalam tabel 4.7 sebagai berikut:

Tabel 4.7 Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Untuk Logam Pb

No.	Parameter Uji Timbal (Pb)	Satuan	Metode Uji	Hasil Uji
1.	Keadaan Awal	mg/L	SSA	1,2344
2.	Sampel 1	mg/L	SSA	1,2820
3.	Sampel 2	mg/L	SSA	1,2642
4.	Sampel 3	mg/L	SSA	2,3149

Keterangan:

Keadaan Awal : Perlakuan kontrol tanpa kehadiran logam Pb.

Sampel 1 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke 1.

- Sampel 2 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke 2.
 Sampel 3 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke 3.

Pada tabel 4.7 memperlihatkan besarnya kadar Logam Pb pada rumput laut *Gracilaria sp.* di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Pada hasil pengukuran kali ini telah diperoleh hasil pada sampel rumput laut *Gracilaria sp.* dimana konsentrasi meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dalam masa ditumbuhkan dalam media pertumbuhan yang terkontaminasi logam Pb, dapat dilihat dimana pada keadaan awal diperoleh konsentrasi sebesar 1,2344 mg/L, pada sampel 1 diperoleh konsentrasi sebesar 1,2820 mg/L, pada sampel 2 diperoleh konsentrasi sebesar 1,2642 mg/L dan pada sampel 3 diperoleh konsentrasi sebesar 2,3149 mg/L. Dari hasil ini dapat dilihat besarnya kadar Logam Pb pada rumput laut *Gracilaria sp.* sudah melewati standar yang ditetapkan BPOM No. 23 Tahun 2017 yaitu 0,20 mg/L dan berdasarkan SNI batas maksimum cemaran logam berat Pb pada rumput laut yakni sebesar 0,5 ppm.

Dari tabel 4.7 terlihat bahwa ion logam Pb yang teradsorpsi paling besar terdapat pada minggu ke 3 sebesar 2,3149 mg/L, kemudian menurun pada saat minggu ke 2. Hal ini menunjukkan bahwa setelah minggu ke 1, *Gracilaria sp.* telah mengalami keracunan, yang ditandai dengan adanya klorosis, dapat dilihat perbedaannya dengan jelas pada *thallus* rumput laut *Gracilaria sp.* antara perlakuan keadaan awal dan perlakuan rumput laut yang telah dikontaminasikan dengan logam Pb. Turunnya jumlah logam Pb yang terserap setelah minggu ke 1, kemungkinan disebabkan oleh adanya ketidakstabilan ikatan antara biosorben rumput laut *Gracilaria sp.* dengan logam sehingga sebahagian kecil dari partikel logam Pb terlepas kembali.

Ion logam Pb yang terserap oleh rumput laut *Gracilaria sp.* masih mengalami peningkatan setelah menurun yakni minggu ke 3, hal ini disebabkan karena terjadinya proses metabolisme secara biologis melalui sintesis fitokelatin oleh *thallus* pada rumput laut dalam jumlah yang lebih

banyak lagi, sehingga *Gracilaria sp.* bisa tetap bertahan hidup di dalam media tersebut dan tetap terus melakukan penyerapan.



Gambar 4.5 Sebelum dan Sesudah Keracunan

4.5.2 Analisis Logam Cu Sampel Rumput Laut *Gracilaria sp.*

Logam Cu merupakan salah satu bahan pencemar perairan yang dapat membahayakan bagi manusia. Dari hasil analisis di laboratorium, menunjukkan rumput laut *Gracilaria sp.* dapat menyerap atau mengakumulasi logam Cu media yang meningkat sesuai penambahan variasi waktu. Hasil pengukuran serapan pada rumput laut *Gracilaria sp.* untuk analisis logam Cu di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar dengan metode SSA dapat dilihat dalam tabel 4.8 sebagai berikut:

Tabel 4.8 Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Untuk Logam Cu

No.	Parameter Uji Tembaga (Cu)	Satuan	Metode Uji	Hasil Uji
1.	Keadaan Awal	mg/L	SSA	0,0001
2.	Sampel 1	mg/L	SSA	0,1579
3.	Sampel 2	mg/L	SSA	0,5120
4.	Sampel 3	mg/L	SSA	0,7946

Keterangan:

Keadaan Awal : Perlakuan kontrol tanpa kehadiran logam Cu.

Sampel 1 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke 1.

Sampel 2 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke 2.

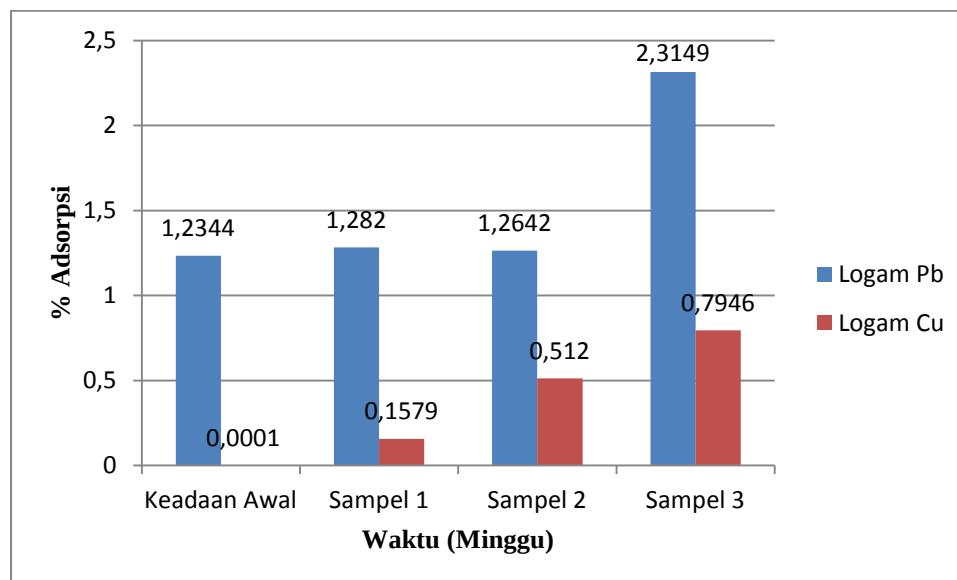
Sampel 3 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke 3.

Pada tabel 4.8 memperlihatkan besarnya kadar Logam Cu pada rumput laut *Gracilaria sp.* di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar. Pada hasil pengukuran kali ini telah diperoleh hasil pada sampel rumput laut *Gracilaria sp.* dimana konsentrasi meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dalam masa ditumbuhkan dalam media pertumbuhan yang terkontaminasi logam Cu, dapat dilihat dimana pada keadaan awal diperoleh konsentrasi sebesar 0,0001 mg/L, pada sampel 1 diperoleh konsentrasi sebesar 0,1579 mg/L, pada sampel 2 diperoleh konsentrasi sebesar 0,5120 mg/L dan pada sampel 3 diperoleh konsentrasi sebesar 0,7946 mg/L. Dari hasil ini dapat dilihat besarnya kadar Logam Cu pada rumput laut *Gracilaria sp.* sudah melewati ambang batas yang disyaratkan oleh BPOM No. 03275/B/SK/VII/1989 yakni sebesar 0,1 mg/L.

4.6 Penentuan Adsorpsi Ion Logam Pb dan Cu dengan Variasi Waktu Kontak

Penentuan waktu kontak dilakukan dengan mereaksikan biosorben dengan ion logam Pb dan Cu yakni, memvariasikan waktu biosorpsi yaitu 1, 2 dan 3 minggu, yang bertujuan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan biosorben rumput laut *Gracilaria sp.* dalam menyerap logam Pb

dan Cu secara maksimum sampai tercapai keadaan setimbang. Hasil Adsorpsi ion logam Pb dan Cu dengan variasi waktu kontak disajikan pada Gambar 4.5 sebagai berikut:



Gambar 4.5 Grafik Uji Adsorpsi Variasi Waktu

Keterangan:

- Keadaan Awal : Perlakuan kontrol tanpa kehadiran logam Pb dan Cu.
- Sampel 1 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb dan Cu pada minggu ke 1.
- Sampel 2 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb dan Cu pada minggu ke 2.
- Sampel 3 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb dan Cu pada minggu ke 3.

Waktu kontak antara adsorben rumput laut *Gracilaria sp.* dengan larutan ion logam Pb dan Cu adalah waktu yang tersedia bagi adsorben untuk mengadsorpsi ion logam tersebut ke dalam permukaannya. Dari variasi waktu ini dapat dilihat waktu optimum penyerapan ion logam oleh masing-masing adsorben. Dari waktu keadaan awal yakni, rumput laut *Gracilaria sp.* tanpa kehadiran logam Pb dan Cu sampai Minggu Ke 1, terlihat untuk biosorben rumput laut *Gracilaria sp.* mengalami peningkatan penyerapan ion logam logam Pb dan Cu. Selanjutnya untuk sampel yang dikontaminasikan dengan

logam Cu, serapannya terus naik sampai waktu kontak Minggu Ke 3. Sedangkan untuk sampel yang dikontaminasikan dengan logam Pb, serapan turun pada Minggu Ke 2, namun naik kembali pada Minggu Ke 3.

Berdasarkan hasil pada Gambar 4.5, dapat diambil kesimpulan bahwasanya waktu optimum penyerapan logam Pb oleh sampel rumput laut *Gracilaria sp.* adalah pada Minggu Ke 1 karena serapannya mulai linier dari Minggu Ke 1 sehingga dapat diasumsikan bahwa penyerapan logam Pb maksimum terjadi pada Minggu Ke 1, hasil yang linear ini menunjukkan bahwa sisi aktif pada rumput laut *Gracilaria sp.* telah cukup jenuh dengan ion logam dan telah mencapai keadaan setimbang sehingga seiring dengan peningkatan waktu kontak yang dilakukan tidak berpengaruh secara signifikan terhadap penyerapannya. Sedangkan untuk penyerapan logam Cu oleh sampel rumput laut *Gracilaria sp.* masih belum bisa disimpulkan karena serapannya terus naik sampai Minggu Ke 3 sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu optimum rumput laut *Gracilaria sp.* penyerapan logam Cu.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian tentang “Analisis Logam Timbal Dan Tembaga Terhadap Daya Serap Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Sebagai Biosorben”, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran sampel rumput laut *Gracilaria Sp.* untuk logam Pb sebelum kontaminasi diperoleh konsentrasi sebesar 1,2344 mg/L, pada sampel 1 sebesar 1,2820 mg/L, pada sampel 2 sebesar 1,2642 mg/L dan pada sampel 3 sebesar 2,3149 mg/L. Sedangkan hasil pengukuran sampel rumput laut *Gracilaria Sp.* untuk logam Cu sebelum kontaminasi diperoleh konsentrasi sebesar 0,0001 mg/L, pada sampel 1 sebesar 0,1579 mg/L, pada sampel 2 sebesar 0,5120 mg/L dan pada sampel 3 sebesar 0,7946 mg/L.
2. Pengaruh rumput laut *Gracilaria sp.* terhadap kadar logam berat Pb berdasarkan variasi waktu kontaminasi yaitu dengan dicapainya keadaan setimbang pada minggu ke 1 sehingga menunjukkan bahwa sisi aktif pada rumput laut *Gracilaria sp.* telah cukup jenuh dengan ion logam Pb dikarenakan telah mengalami keracunan pada minggu ke 2 lalu pada minggu ke 3 kembali mengalami peningkatan karena terjadinya proses metabolisme secara biologis melalui sintesis fitokelatin oleh *thallus* pada rumput laut tersebut akan tetapi pengaruh rumput laut *Gracilaria sp.* terhadap kadar logam berat Cu berdasarkan variasi waktu kontaminasi yaitu masih belum bisa disimpulkan karena serapannya terus naik sampai Minggu Ke 3.

5.2 Saran

1. Perlu adanya penanganan secara langsung apabila terjadi pencemaran logam berat Pb dan Cu yang ada air tambak yang ada di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar.
2. Perlu dilakukan penelitian kandungan logam berat Pb dan Cu pada rumput laut *Gracilaria sp.* dengan pengambilan sampel di bedakan per tambak.
3. Perlu dilakukan pengukuran kandungan logam berat lainnya pada rumput laut *Gracilaria sp.* yang ada di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk mengetahui waktu optimum rumput laut *Gracilaria sp.* penyerapan logam Cu.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, A. A., *Kualitas Karaginan Rumput Laut Euchema Spinosum di Perairan Desa Punaga Kabupaten Takalar, Skripsi*, Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, 2011.
- Amalia, D. R. N., *Efek Temperatur Terhadap Pertumbuhan Gracilaria Verrucosa, Skripsi*, Jember: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Jember, 2013.
- Amalullia, D., *Analisis Kadar Timbal (Pb) Pada Eyeshadow Dengan Variasi Zat Pengoksidasi dan Metode Destruksi Basah Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA), Skripsi*, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2016.
- Armita, D., *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*, Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin, 2011.
- Aryanti, L., *Pemanfaatan rumput laut Sargassum sp. sebagai adsorben limbah cair industri rumah tangga perikanan, Skripsi*, Bogor: Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan Institut Pertanian Bogor, 2011.
- Ashari, M. R., *Pengaruh Kombinasi Biofilter Gracilaria sp., Zeolit dan Arang Aktif Terhadap Logam Berat Timbal (Pb), Skripsi*, Surabaya: Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, 2016.
- Betawi, A. S., *Analisis Kadar Logam Kadmium (Cd) Yang Tersorpsi Pada Rumput Laut Merah (Euchema Cottonii) Di Kabupaten Takalar Dengan Metode Spektrofotometer Serapan Atom (SSA), Skripsi*, Makassar: Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar, 2012.
- Dewi, R. K., *Studi Biosorpsi Ion Logam Cd (II) Oleh Biomassa Alga Hijau Kultur Laboratorium (Scenedesmus sp.) Yang Di Modifikasi EDTA, Skripsi*, Depok: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Indonesia, 2009.
- Ibrahim, B.; Sukarsa, D. R.; Aryanti, L., *Pemanfaatan Rumput Laut Sargassum Sp. Sebagai Adsorben Limbah Cair Industri Rumah Tangga Perikanan, Jurnal Ilmu Perairan*, Bali: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, Vol. 15 No. 1, 2012, hal. 52-58, 2012.
- Lestina, S., *Pengaruh Pencemaran Logam Berat Pb Terhadap Biota Laut dan Konsumennya di Kelurahan Bagan Deli Belawan, Laporan Akhir Penelitian*, Medan: Program Studi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas HKBP Nommensen, 2012.

- Kartikasari, M., *Penentuan Kadar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Dalam Tanaman Rimpang Menggunakan Metode Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*, Skripsi, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2016.
- Khatimah, K., *Analisis Kandungan Logam Timbal (Pb) Pada Caulerpa Racemosa Yang Dibudidayakan Di Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar*, Skripsi, Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan Dan Perikanan Universitas Hasanuddin, 2016.
- Kumalawati, O. R., *Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) Pada Bedak Tabur Dengan Variasi Zat Pengoksidasi Dan Metode Destruksi Basah Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*, Skripsi, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2016.
- Kusuma, I. D. G. D. P.; Wiratini, N. M.; Wiratma, I. G. L., *Isoterm Adsorpsi Cu_2^+ Oleh Biomassa Rumput Laut Eucheuma Spinosum*, E-Journal, Kimia Visvitalis Universitas Pendidikan Ganesha, Vol. 2 No. 1, hal. 1-10, 2014.
- Laili, R., *Penentuan Kadar Logam Timbal (Pb) Dalam Kangkung Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA) Dengan Variasi Metode Destruksi Basah Dan Zat Pengoksidasi*, Skripsi, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2016.
- Lestari, W. F., *Analisis Kadar Logam Merkuri (Hg) Dan Timbal (Pb) Pada Teripang Terung (Phyllophorus Sp.) Asal Pantai Kenjeran Surabaya Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*, Skripsi, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2015.
- Mufadal, *Isolasi Senyawa Alkaloid Dari Alga Merah Menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT) Serta Analisa Dengan Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR*, Skripsi, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2015.
- Muzdaleni, *Analisa Kandungan Logam Berat Pb dan Fe Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom Terhadap Ikan Sardine Di Pekanbaru*, Skripsi, Pekanbaru: Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2011.
- Nurmalasari, D., *Analisis Kadar Logam Timbal (Pb) Pada Cat Rambut Dengan Variasi Zat Pengoksidasi Menggunakan Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*, Skripsi, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2016.
- Pakambanan, N., *Analisis Logam Timbal (Pb) Pada Gracilaria Verrucosa Yang Berasal Dari Areal Budidaya Rumput Laut Di Perairan Dusun Puntondo, Kabupaten Takalar Dan Pantai Kuri Ca'di, Kabupaten Maros*, Skripsi, Makassar: Fakultas Ilmu Kelautan dan Perikanan Universitas Hasanuddin,

2016.

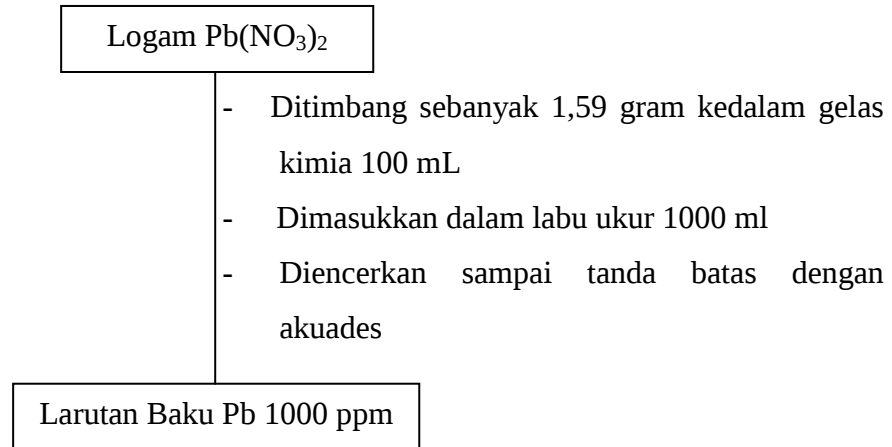
- Qumain, S.; Dharmawan, A.; Prabaningtyas, S., *Analisis Perbandingan Kandungan Logam Berat Timbal (Pb) Pada Rumput Laut Gracillaria Sp. dan Agar Desa Kupang, Kecamatan Jabon, Sidoarjo*, Jurnal Kimia, Malang: Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang, 2016.
- Rafly, S. M., *Biosorpsi Logam Timbal Dengan Menggunakan Khamir Saccharomyces Cerevisiae Termobilisasi Natrium Alginat*, Skripsi, Makassar: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Alauddin Makassar, 2016
- Rahmawati, E.; Candra, D. D.; Fauziyah, B., *Analisis Kadar Logam Tembaga (Cu) Pada Permen Secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)*, Jurnal Farmasi Kimia, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, Vol. 1 (1), 2015.
- Raya, I.; Ramlah, *The Bioaccumulation Of Cd (II) Ions On Euchema Cottonii Seaweed Bioakumulasi Ion Cd (II) Pada Rumput Laut Euchema Cottonii*, Jurnal Kimia, Sulawesi: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Hasanuddin, ISSN 1411-2132, Vol. 13 No. 2, 2012.
- Siaka, I. M.; Suastuti, N. G. A. M. D. A.; Mahendra, I. P. B., *Distribusi Logam Berat Pb dan Cu Pada Air Laut, Sedimen, dan Rumput Laut di Perairan Pantai Pandawa*, Jurnal Kimia, Bali: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, ISSN 1907-9850, 10 (2), hal. 190-196, 2016.
- Sudiarta, I. W., *Biosorpsi Ion Cr (III) Pada Rumput Laut Eucheuma Spinosum Teraktivasi Asam Sulfat*, Jurnal Kimia, Bali: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Udayana, ISSN 1907-9850, 3 (2), hal. 93-100, 2009.
- Suryati, *Analisa Kandungan Logam Berat Pb Dan Cu Dengan Metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) Terhadap Ikan Baung (Hemibagrus Nemurus) Di Sungai Kampar Kanan Desa Muara Takus Kecamatan XIII Koto Kampar Kabupaten Kampar*, Skripsi, Pekanbaru: Fakultas Tarbiyah dan Keguruan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau, 2011.
- Taufikurrahman, *Penentuan Kadar Timbal (Pb) dan Tembaga (Cu) Dalam Tanaman Rimpang Menggunakan Metode Destruksi Basah Secara Spektroskopi Serapan Atom (SSA)*, Skripsi, Malang: Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim, 2016.
- Wulandari, E. A.; Sukei, *Preparasi Penentuan Kadar Logam Pb, Cd dan Cu Dalam Nugget Ayam Rumput Laut Merah (Euchema Cottonii)*, Jurnal Sains dan Seni Pomits, Surabaya: Jurusan Kimia FMIPA Institut Teknologi Sepuluh November (ITS), Vol. 2 No. 2, 2013.

Yulianto, B.; Ario, R.; Triono, A., *Daya Serap Rumput Laut (Gracilaria sp.) terhadap Logam Berat Tembaga (Cu) sebagai Biofilter*, *Jurnal Ilmu Kelautan*, 11(2) : 72-78, 2006.

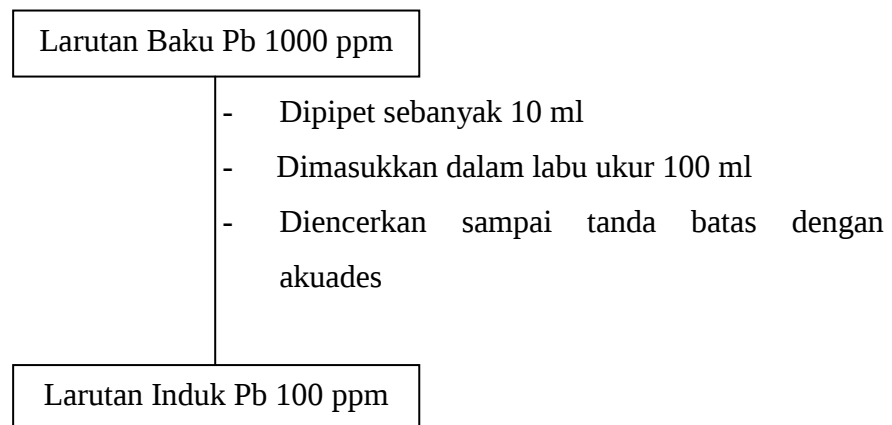
Lampiran 1 : Diagram Alir Penelitian

1. Larutan Standar Pb

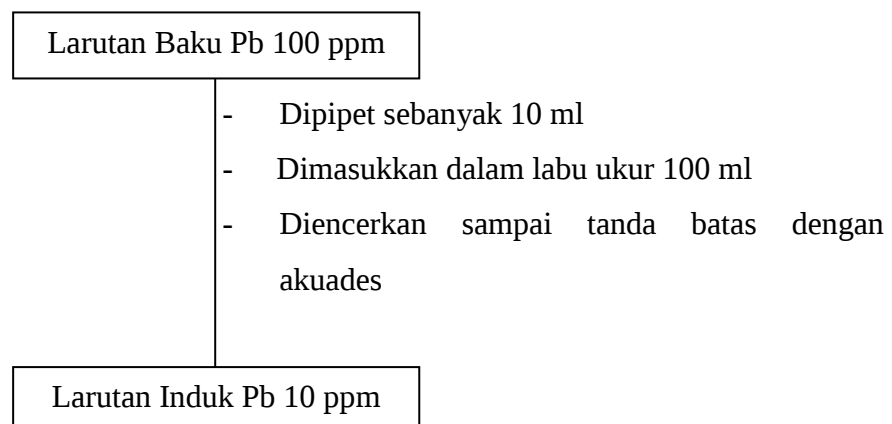
1.1 Pembuatan Larutan Baku Pb 1000 ppm



1.2 Pembuatan Larutan Induk Pb 100 ppm

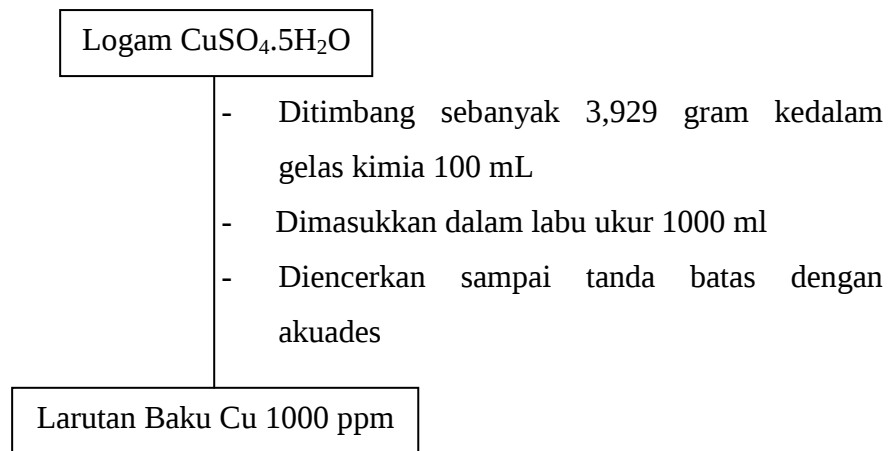


1.3 Pembuatan Larutan Induk Pb 10 ppm

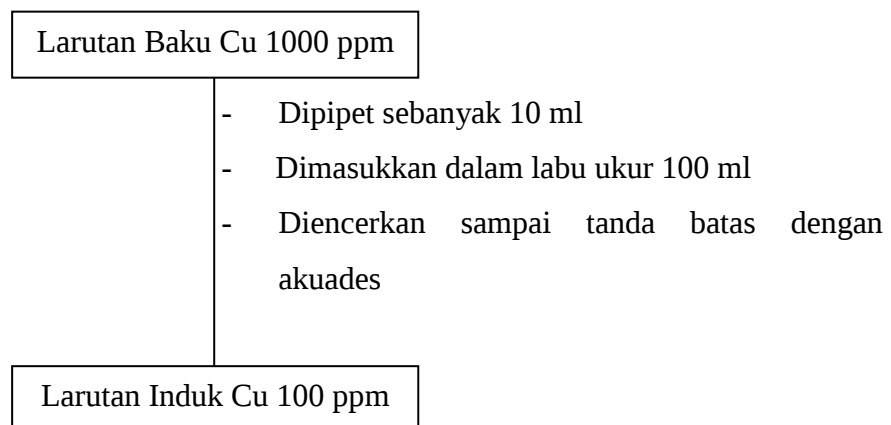


2. Larutan Standar Cu

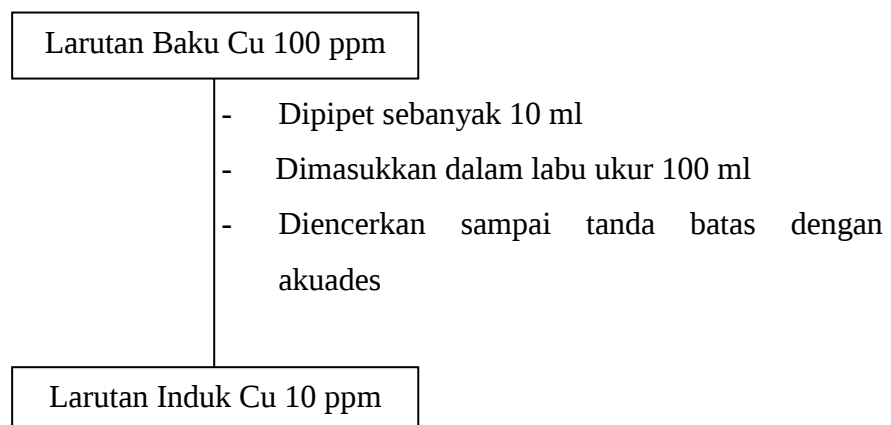
2.1 Pembuatan Larutan Baku Cu 1000 ppm



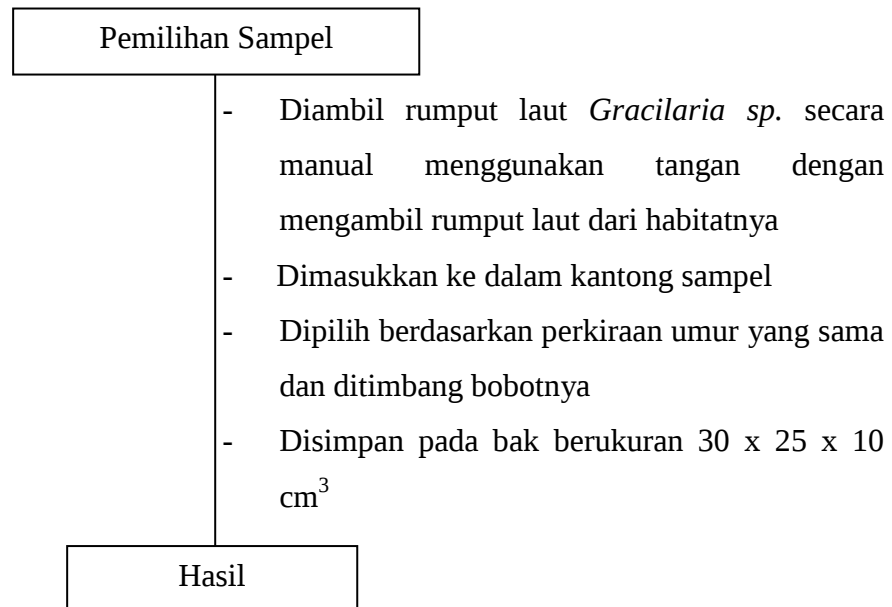
2.2 Pembuatan Larutan Induk Pb 100 ppm



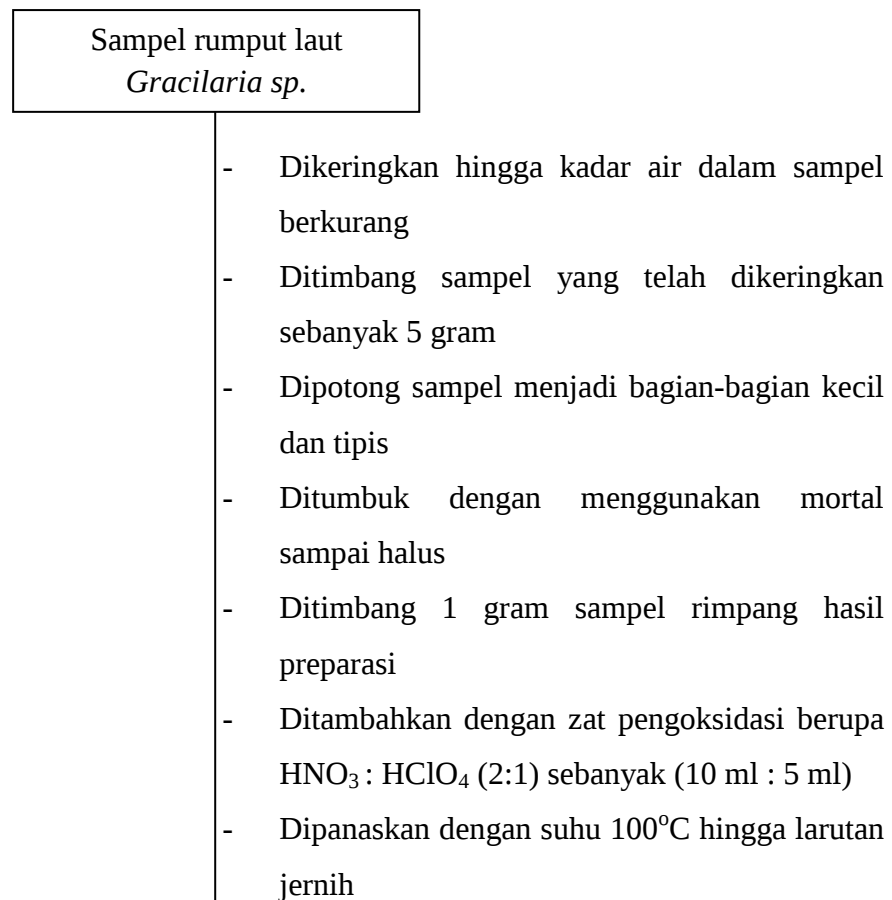
2.3 Pembuatan Larutan Induk Pb 10 ppm



3. Pemilihan Sampel



4. Preparasi Sampel



- Didinginkan larutan hasil *refluks* sampai suhu kamar
- Disaring dengan kertas saring *Whatman 42*
- Dimasukkan ke dalam labu takar 50 mL
- Diencerkan dengan menggunakan HNO_3 0,5 M sampai tanda batas
- Diukur kadar logam Pb dan Cu dengan menggunakan SSA

Hasil

Lampiran 2 : Pembuatan Larutan Standar Pb dan Cu

1. Larutan Standar Pb

1.1 Pembuatan Larutan Standar Pb

Larutan baku induk dibuat dengan cara menimbang sebanyak 1,59 gram $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$ p.a kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 1000 ml

$$\begin{aligned}\text{Gr} &= \text{BM } \text{Pb}(\text{NO}_3)_2 / \text{BA Pb} \times 1 \text{ gram} \\ &= 331/207 \times 1 \text{ gram} \\ &= 1,59 \text{ gram}\end{aligned}$$

1.2 Pembuatan Larutan Induk 100 ppm

Larutan Pb 100 ppm dibuat dengan cara memipet 10 ml dari larutan baku induk 1000 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

Larutan 1000 ppm → 100 ppm dalam labu ukur 100 ml

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 10 \text{ ml}$$

10 ml diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

1.3 Pembuatan Larutan Induk 10 ppm

Larutan Pb 10 ppm dibuat dengan cara memipet 10 ml dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

Larutan 100 ppm → 10 ppm dalam labu ukur 100 ml

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 10 \text{ ml}$$

10 ml diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

2. Larutan Standar Cu

2.1 Pembuatan Larutan Standar Cu

Larutan baku induk dibuat dengan cara menimbang sebanyak 3,929 gr $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ p.a kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 1000 ml

$$\begin{aligned}\text{Gr} &= \text{BM CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} / \text{BA Cu} \times 1 \text{ gr} \\ &= 249,5 / 63,5 \times 1 \text{ gr} \\ &= 3,929 \text{ gr}\end{aligned}$$

2.2 Pembuatan Larutan Induk 100 ppm

Larutan Cu 100 ppm dibuat dengan cara memipet 10 ml dari larutan baku induk 1000 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

Larutan 1000 ppm → 100 ppm dalam labu ukur 100 ml

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 1000 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 100 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 10 \text{ ml}$$

10 ml diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

2.3 Pembuatan Larutan Induk 10 ppm

Larutan Cu 10 ppm dibuat dengan cara memipet 10 ml dari larutan baku induk 100 ppm, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 ml. Diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

Larutan 100 ppm → 10 ppm dalam labu ukur 100 ml

$$V_1 \cdot M_1 = V_2 \cdot M_2$$

$$V_1 \cdot 100 \text{ ppm} = 100 \text{ mL} \cdot 10 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 10 \text{ ml}$$

10 ml diencerkan dengan akuades hingga 100 ml.

3. Pembuatan HNO₃ 0,5 M

$$\begin{aligned}M &= \frac{\% \times 10 \times \rho}{M_r} \\&= \frac{65 \times 10 \times \frac{1}{4} \text{ g/L}}{63 \text{ g/Mol}} \\&= 14,4 \text{ M}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}V_1 \cdot M_1 &= V_2 \cdot M_2 \\V_1 \cdot 14,4 \text{ ppm} &= 500 \text{ mL} \cdot 0,5 \text{ ppm} \\V_1 &= 17,36 \text{ mL}\end{aligned}$$

Lampiran 3 : Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb dan Cu

1. Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb

1.1 Hasil Pengukuran Standar Kurva Kalibrasi Logam Pb (Keadaan Awal)

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	-0,0007
2	0,1	0,002
3	0,2	0,0049
4	0,5	0,0127
5	1	0,0249
6	2	0,0503

1.2 Hasil Pengukuran Standar Kurva Kalibrasi Logam Pb (1, 2 dan 3 Minggu)

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	0,0001
2	0,1	0,0036
3	0,5	0,0138
4	1	0,0252
5	2	0,0507

1.3 Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Untuk Logam Pb

No.	Parameter Uji Timbal (Pb)	Satuan	Metode Uji	Hasil Uji
1.	Keadaan Awal	mg/L	SSA	1,2344
2.	Sampel 1	mg/L	SSA	1,2820
3.	Sampel 2	mg/L	SSA	1,2642
4.	Sampel 3	mg/L	SSA	2,3149

Keterangan:

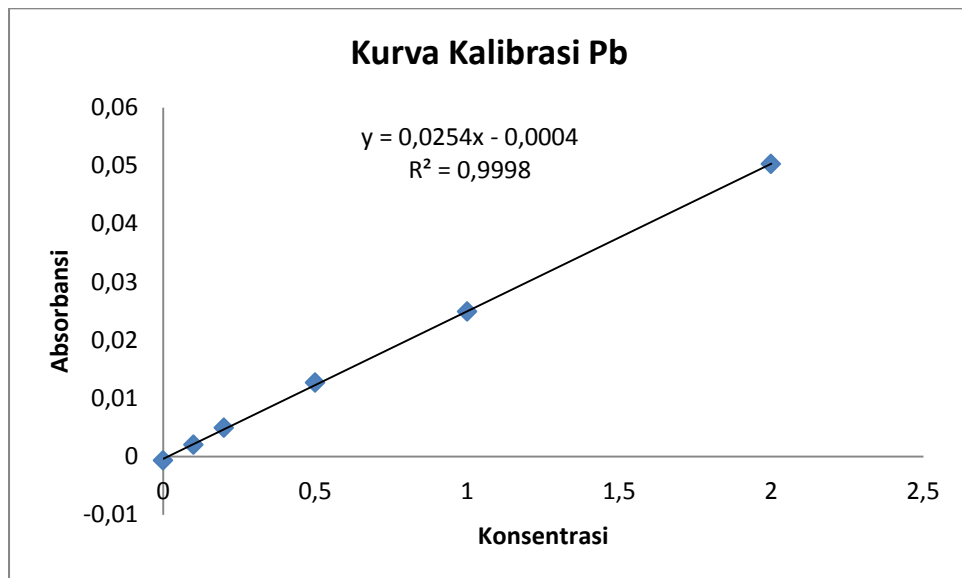
Keadaan Awal : Perlakuan kontrol tanpa kehadiran logam Pb.

Sampel 1 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke 1.

Sampel 2 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke 2.

Sampel 3 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke 3.

1.4 Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Pb (Keadaan Awal)



a. Analisis Data

Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$
$$= \frac{6 (0,1330) - (3,8) (0,0941)}{6 (5,3) - (14,44)}$$
$$= 0,0254$$

$$a = \frac{\sum xy - b (\sum x)}{n}$$
$$= \frac{(0,0941) - (0,0254) (3,8)}{6}$$
$$= -0,0004$$

Jadi, persamaaan linier yang diperoleh adalah

$$y = a + bx$$

$$y = -0,0004 + 0,0254x$$

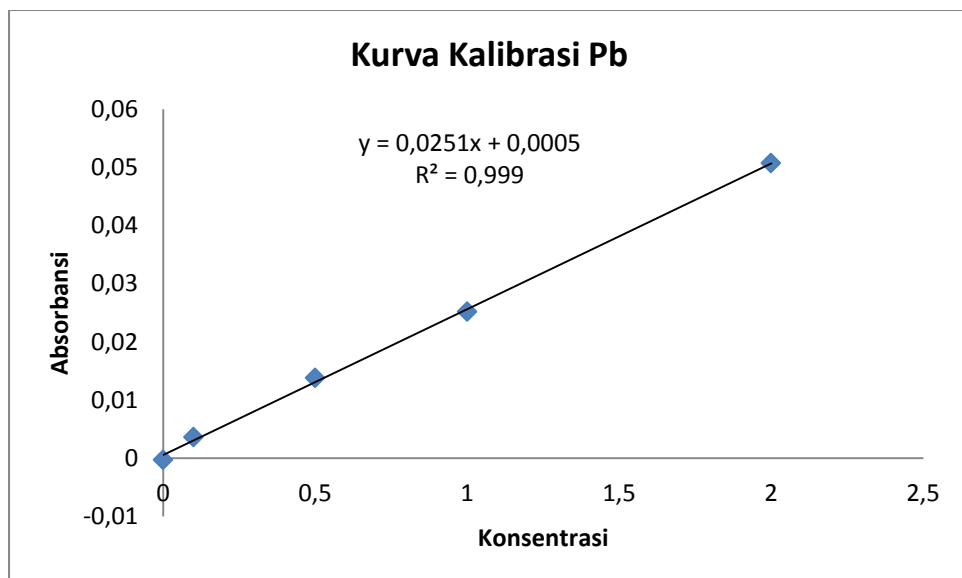
Keterangan:

y = absorbansi sampel

x = konsentrasi timbal (Pb) dalam sampel

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{((n \sum x^2) - (\sum x)^2) ((n \sum y^2) - (\sum y)^2)}} \\
 &= \frac{6 (0,1330) - (3,8) (0,0941)}{\sqrt{((6 \times 5,3) - (3,8)^2) ((6 \times 0,0033) - (0,0941)^2)}} \\
 &= \frac{0,798 - 0,35758}{\sqrt{0,1900085}} \\
 &= \frac{0,43142}{0,43589} \\
 &= 0,999
 \end{aligned}$$

1.5 Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Pb (1, 2 dan 3 Minggu)



a. Analisis Data

Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \\ &= \frac{5 (0,1339) - (3,6) (0,093)}{5 (5,26) - (12,96)} \\ &= 0,0251 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum xy - b (\sum x)}{n} \\ &= \frac{(0,093) - (0,0251) (3,6)}{5} \\ &= 0,0005 \end{aligned}$$

Jadi, persamaan linier yang diperoleh adalah

$$y = a + bx$$

$$y = 0,0005 + 0,0251x$$

Keterangan:

y = absorbansi sampel

x = konsentrasi timbal (Pb) dalam sampel

$$\begin{aligned} R &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{((n \sum x^2) - (\sum x)^2) ((n \sum y^2) - (\sum y)^2)}} \\ &= \frac{5 (0,1339) - (3,6) (0,093)}{\sqrt{((5 \times 5,26) - (3,6)^2) ((5 \times 0,0034) - (0,093)^2)}} \\ &= \frac{0,6695 - 0,3348}{\sqrt{0,11140234}} \\ &= \frac{0,3347}{0,3337} \\ &= 0,999 \end{aligned}$$

2. Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Cu

2.1 Hasil Pengukuran Standar Kurva Kalibrasi Logam Cu (Keadaan Awal)

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	0,0001
2	0,1	0,0186
3	0,2	0,0385
4	0,5	0,0979
5	1	0,1869
6	2	0,3646

2.2 Hasil Pengukuran Standar Kurva Kalibrasi Logam Cu (1, 2 dan 3 Minggu)

No.	Konsentrasi	Absorbansi
1	0	0,0005
2	0,1	0,0186
3	0,5	0,095
4	1	0,2684
5	2	0,3483

2.3 Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Untuk Logam Cu

No.	Parameter Uji Tembaga (Cu)	Satuan	Metode Uji	Hasil Uji
1.	Keadaan Awal	mg/L	SSA	0,0001
2.	Sampel 1	mg/L	SSA	0,1579
3.	Sampel 2	mg/L	SSA	0,5120
4.	Sampel 3	mg/L	SSA	0,7946

Keterangan:

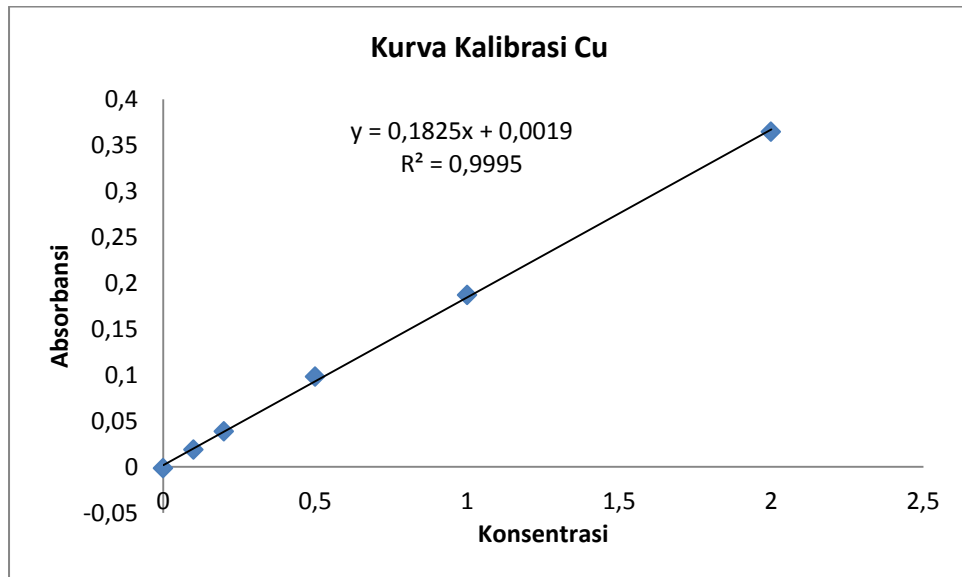
Keadaan Awal : Perlakuan kontrol tanpa kehadiran logam Cu.

Sampel 1 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke 1.

Sampel 2 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke 2.

Sampel 3 : Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke 3.

2.4 Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Cu (Keadaan Awal)



a. Analisis Data

Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$b = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$
$$= \frac{6 (0,9746) - (3,8) (0,705)}{6 (5,3) - (14,44)}$$
$$= 0,1825$$

$$a = \frac{\sum xy - b (\sum x)}{n}$$
$$= \frac{(0,705) - (0,1825) (3,8)}{6}$$
$$= 0,0019$$

Jadi, persamaan linier yang diperoleh adalah

$$y = a + bx$$
$$y = 0,0019 + 0,1825x$$

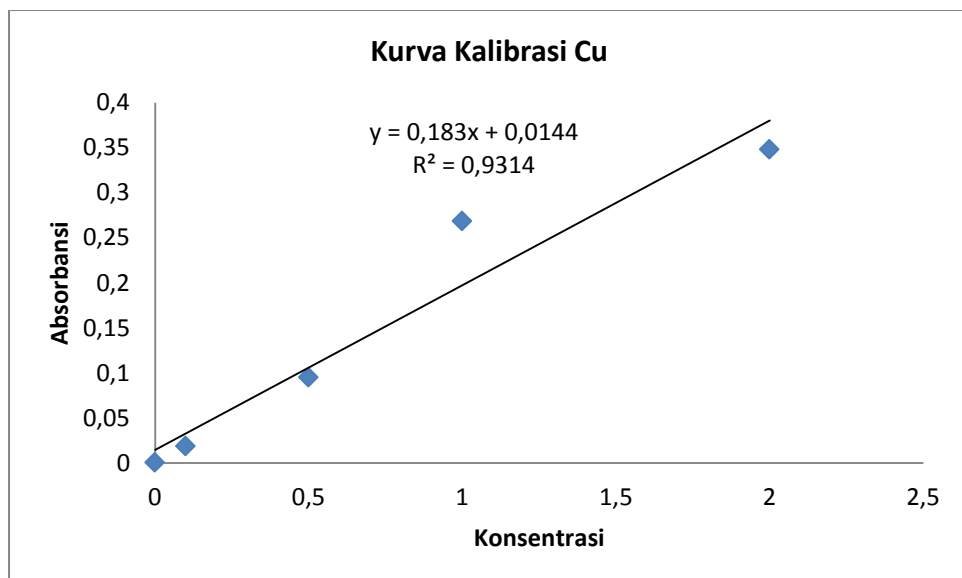
Keterangan:

y = absorbansi sampel

x = konsentrasi tembaga (Cu) dalam sampel

$$\begin{aligned}
 R &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{((n \sum x^2) - (\sum x)^2) ((n \sum y^2) - (\sum y)^2)}} \\
 &= \frac{6 (0,9746) - (3,8) (0,705)}{\sqrt{((6 \times 5,3) - (3,8)^2) ((6 \times 0,1793) - (0,705)^2)}} \\
 &= \frac{5,8476 - 2,679}{\sqrt{10,047534}} \\
 &= \frac{3,1686}{3,1697} \\
 &= 0,9996
 \end{aligned}$$

2.5 Grafik Kurva Kalibrasi Larutan Standar Logam Cu (1, 2 dan 3 Minggu)



a. Analisis Data

Persamaan Garis Linier

$$y = a + bx$$

$$\begin{aligned} b &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2} \\ &= \frac{5 (1,014) - (3,6) (0,7308)}{5 (5,26) - (12,96)} \\ &= 0,183 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} a &= \frac{\sum xy - b (\sum x)}{n} \\ &= \frac{(0,7308) - (0,183) (3,6)}{5} \\ &= 0,0144 \end{aligned}$$

Jadi, persamaan linier yang diperoleh adalah

$$y = a + bx$$

$$y = -0,0144 + 0,183x$$

Keterangan:

y = absorbansi sampel

x = konsentrasi tembaga (Cu) dalam sampel

$$\begin{aligned} R &= \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{\sqrt{((n \sum x^2) - (\sum x)^2) ((n \sum y^2) - (\sum y)^2)}} \\ &= \frac{5 (1,0144) - (3,6) (0,7308)}{\sqrt{((5 \times 5,26) - (3,6)^2) ((5 \times 0,2027) - (0,7308)^2)}} \\ &= \frac{5,072 - 2,63088}{\sqrt{6,39561434}} \\ &= \frac{2,44112}{2,52895} \\ &= 0,96527 \end{aligned}$$

Lampiran 5 : Foto Dokumentasi Penelitian

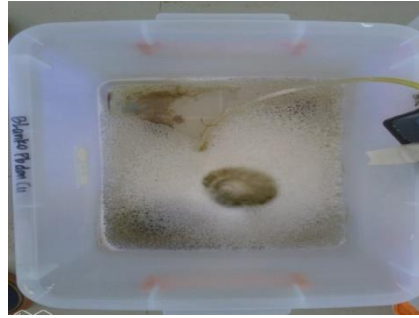
1. Gambar Peralatan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) Merek Shimadzu Spektra AA 7000



2. Gambar Sampel Rumput Laut *Gracilaria* sp.



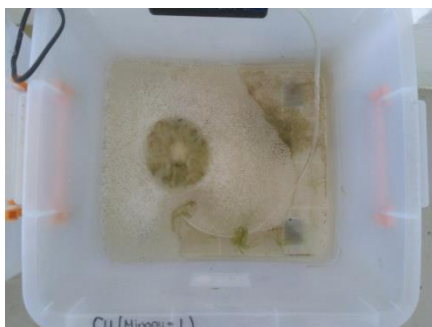
3. Bak Kontrol (Keadaan Awal) “Tanpa Kehadiran Logam Pb dan Cu”

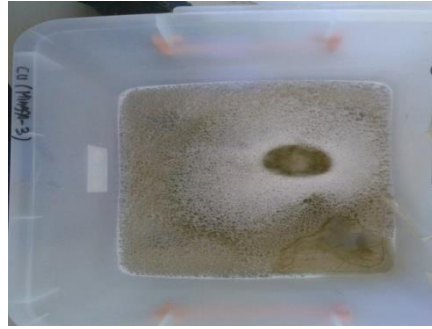


4. Bak Perlakuan Pb “Dengan Kehadiran Logam Pb”



5. Bak Perlakuan Cu “Dengan Kehadiran Logam Cu”





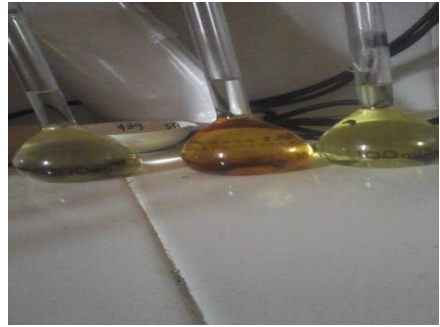
6. Rangkaian Bak Penelitian di Laboratorium



7. Pengamatan Sampel Rumput Laut *Gracilaria* Sp. di Alam



8. Hasil Destruksi Logam Pb dan Cu



9. Bahan-Bahan Dalam Penelitian di Laboratorium



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

1. Nama Lengkap : Akhi Nurul Agusti
2. Tempat/ Tgl. Lahir : Langsa, 17 Agustus 1996
3. Jenis Kelamin : Laki-Laki
4. Agama : Islam
5. Kebangsaan : Indonesia
6. Status Perkawinan : Belum Kawin
7. Pekerjaan : Pelajar/ Mahasiswa
8. Alamat : Lr. Kurnia, PB. Seuleumak, Kota Langsa
9. No. Telp./HP : 085372007476
10. Pendidikan :
 - a. SD : SDN 3 Langsa Kota Lulus Tahun 2008
 - b. SMP : MTSS. MUQ Langsa Lulus Tahun 2011
 - c. SMA : MAS. MUQ Langsa Lulus Tahun 2014
 - d. PT : Jurusan/ Prodi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar - Raniry Banda Aceh masuk tahun 2014 s/d tahun 2019
11. NIM : 140704005
12. Nama Ayah : Hamdani A. Wahab
 - Pekerjaan : Wiraswasta
13. Nama Ibu : Farida Hawa Ningsih
 - Pekerjaan : IRT (Ibu Rumah Tangga)
14. Alamat Orang Tua : Lr. Kurnia, PB. Seuleumak, Kota Langsa



Banda Aceh, 27 Desember 2018

Penulis,

Akhi Nurul Agusti