

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

Muhammad Ridwan Harahap^{1*}, Muammar Yulian¹, Akhi Nurul Agusti¹

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry

*E-mail: ridwankimia@ar-raniry.ac.id

Abstract: 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 reflux destruction with solvent HNO_3 : HClO_4 (2:1) 15 mL. The time variations 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, lead (Pb), copper (Cu), AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer).

Abstrak: 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 HNO_3 : 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

rumpun 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, timbal (Pb), tembaga (Cu), SSA (Spektrofotometer Serapan Atom).

PENDAHULUAN

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.

(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). 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).

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).

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 perairan 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.

METODE

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.

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

rumpuit 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.*

Prosedur Penelitian

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.

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 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:

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

c. Salinitas

Salinitas diukur dengan alat refraktometer dengan cara:

- Air sampel diambil secukupnya, lalu diteteskan pada kaca depan refraktometer.
- Kemudian diamati melalui lensa belakang.
- 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).

Analisis Kadar Pb dan Cu Dalam Air (Sebelum Penanaman)

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.

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.

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.

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.

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:

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

Keterangan:

- Fp : Faktor Pengenceran (L).
 B : Kadar yang terbaca instrumen (mg/L).
 W : Berat sampel (Kg).

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.

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 hasil dan perbandingan dengan teori dan/atau hasil penelitian sejenis. 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.

Preparasi Sampel

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. Setelah semua sampel halus dan homogen kemudian diambil sebanyak 1 gram untuk dilakukan proses destruksi dengan penambahan zat

pengoksidasi berupa HNO_3 : 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 HNO_3 + HClO_4 (2:1). Sampel rumput laut *Gracilaria sp.* yang telah dipersiapkan, kemudian dipreparasi dengan metode destruksi basah tertutup.

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).

Analisis Kualitas Air Tambak di Desa Lamnga, Kecamatan Masjid 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 Masjid Raya, Kabupaten Aceh Besar dapat dilihat dalam tabel 1 sebagai berikut.

Tabel 1. Nilai Hasil Pengukuran Kualitas Air Tambak

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Suhu	$^{\circ}\text{C}$	30
2	Kekeruhan	NTU	8,29
3	pH air	-	7
4	Salinitas	ppt	28

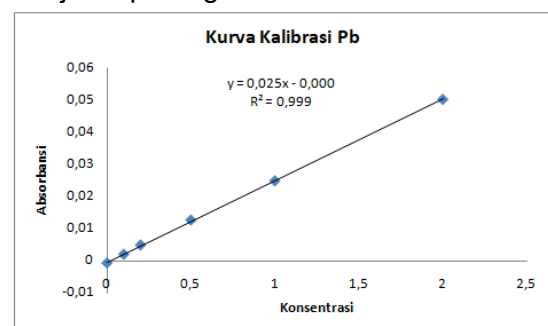
Pembuatan Kurva Kalibrasi Logam Pb dan Cu

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

Tabel 2. 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 tabel 2, dapat dibuat kurva kalibrasi standar Pb sebagaimana disajikan pada gambar 1.



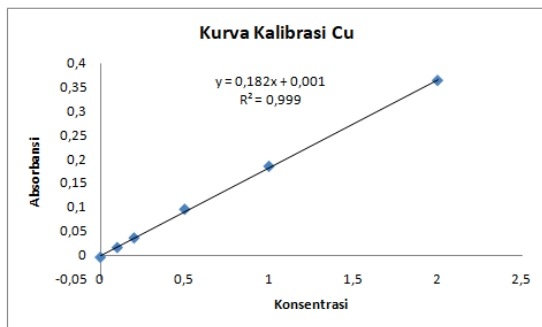
Gambar 1. Grafik Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb)

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

Tabel 3. 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

Berdasarkan data pada tabel 3, dapat dibuat kurva kalibrasi standar Cu sebagaimana disajikan pada gambar 2.

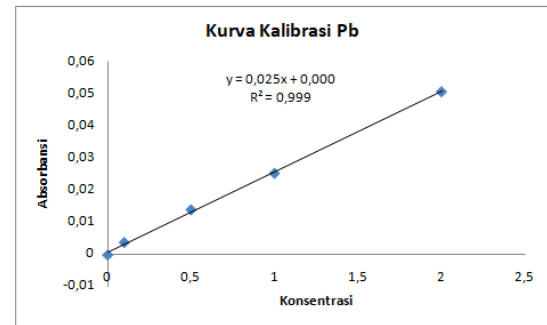
**Gambar 2.** Grafik Kurva Kalibrasi Logam Tembaga (Cu)

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

Tabel 4. 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 tabel 4 tersebut, dapat dibuat kurva kalibrasi standar Pb sebagaimana yang ditampilkan pada gambar 3.

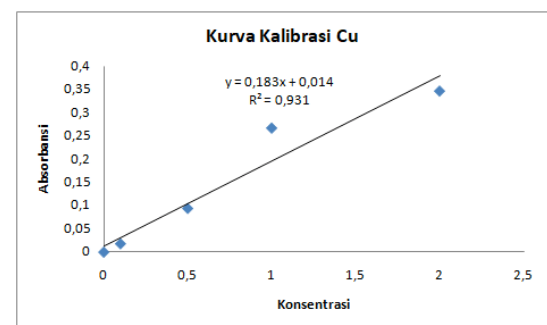
**Gambar 3.** Grafik Kurva Kalibrasi Logam Timbal (Pb)

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

Tabel 5. 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 tabel 5 tersebut, dapat dibuat kurva kalibrasi standar Cu sebagaimana disajikan pada gambar 4 berikut.

**Gambar 4.** Grafik Kurva Kalibrasi Logam Tembaga (Cu)

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

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

Hasil pengukuran serapan pada rumput laut *Gracilaria sp.* untuk analisis logam Pb di Desa Lamnga, Kecamatan Mesjid Raya, Kabupaten Aceh Besar dengan metode SSA dapat dilihat dalam tabel 6 sebagai berikut:

Tabel 6. Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Untuk Logam Pb

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Keadaan Awal ^[a]	mg/L	1,2344
2	Sampel 1 ^[b]	mg/L	1,2820
3	Sampel 2 ^[c]	mg/L	1,2642
4	Sampel 3 ^[d]	mg/L	2,3149

[a] Perlakuan kontrol tanpa kehadiran logam Pb, [b] Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke-1, [c] Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke-2, [d] Perlakuan dengan kontaminasi logam Pb pada minggu ke-3.

Hasil yang ditunjukkan ada tabel 6 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 6 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 dikontaminasi 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 5. Sebelum dan Sesudah Keracunan

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

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 7.

Tabel 7. Hasil Pengukuran Sampel Rumput Laut *Gracilaria Sp.* Untuk Logam Cu

No.	Parameter	Satuan	Hasil Uji
1	Keadaan Awal ^[a]	mg/L	0,0001
2	Sampel 1 ^[b]	mg/L	0,1579
3	Sampel 2 ^[c]	mg/L	0,5120
4	Sampel 3 ^[d]	mg/L	0,7946

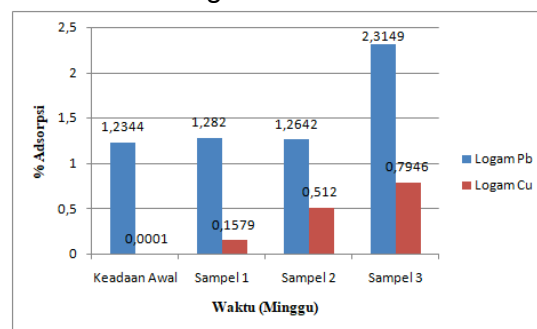
[a] Perlakuan kontrol tanpa kehadiran logam Cu, [b] Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke-1, [c] Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke-2, [d] Perlakuan dengan kontaminasi logam Cu pada minggu ke-3.

Hasil pada tabel 7 memperlihatkan besarnya kadar Logam Cu pada rumput laut *Gracilaria sp.* di Desa Lamnga, Kecamatan Masjid 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.

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 6 sebagai berikut:



Gambar 6. Grafik Hasil Adsorpsi Logam Berdasarkan Variasi Waktu

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 6, 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.

KESIMPULAN

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.

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.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Muhammad Ridwan Harahap dan Muammar Yulian dan terima kasih juga disampaikan kepada semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR RUJUKAN

- 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 Berta Timbal (Pb), *Skripsi*, Surabaya: Fakultas Perikanan dan Kelautan Universitas Airlangga, 2016.
- Betawi, A. S., Analisis Kadar Logam Kadmium (Cd) Yang Tersdsorpsi 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 Cu²⁺ 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 *Euclidean 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.