

ANALISIS KANDUNGAN KADMIUM (Cd), TIMBAL (Pb) DAN TEMBAGA (Cu) PADA MAKROALGA *Caulerpa* sp. YANG TERDAPAT DI PERAIRAN SULAWESI MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)

ANALYSIS OF CADMIUM (Cd), LEAD (Pb), AND COPPER (Cu) CONTENT IN MACROALGAE *Caulerpa* sp. FOUND IN SULAWESI COASTAL WATER USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPI (AAS)

**INTAN DEFANI
N011181349**



**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

**ANALISIS KANDUNGAN KADMIUM (Cd), TIMBAL (Pb) DAN
TEMBAGA (Cu) PADA MAKROALGA *Caulerpa* sp. YANG TERDAPAT
DI PERAIRAN SULAWESI DENGAN MENGGUNAKAN
SPEKTROSKOPI SERAPAN ATOM (SSA)**

**ANALYSIS OF CADMIUM (Cd), LEAD (Pb), AND COPPER (Cu)
CONTENT IN MACROALGAE *Caulerpa* sp. FOUND IN SULAWESI
COASTAL WATER USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPI
(AAS)**

SKRIPSI

**untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi
syarat-syarat untuk mencapai gelar sarjana**

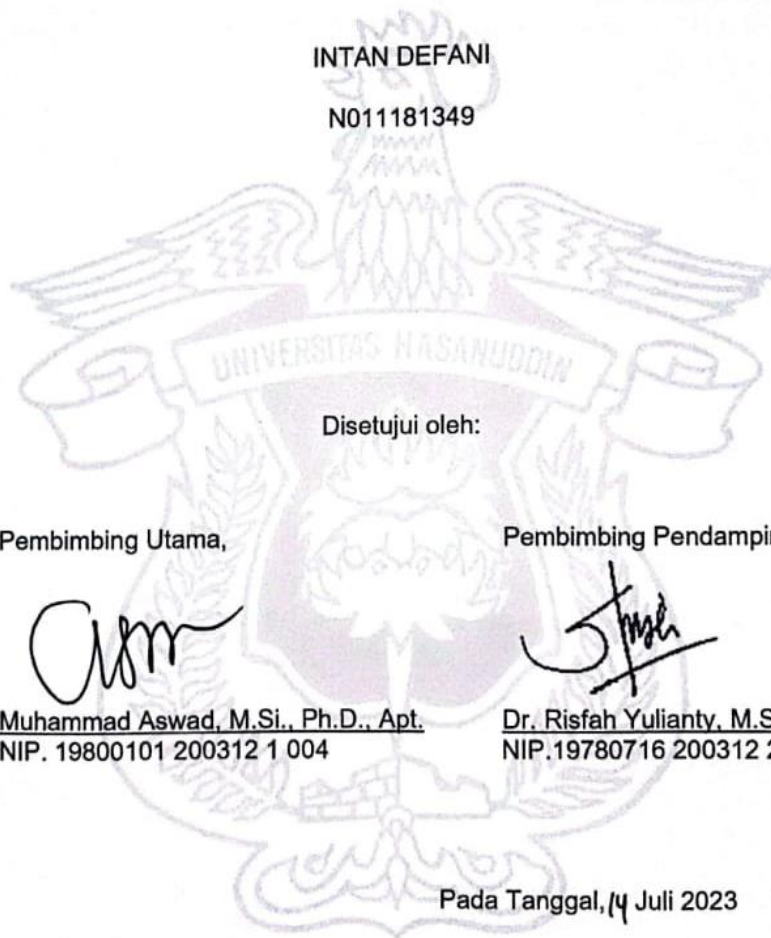
**INTAN DEFANI
N011181349**

**PROGRAM STUDI FARMASI
FAKULTAS FARMASI
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2023**

ANALISIS KANDUNGAN KADMIUM (Cd), TIMBAL (Pb), DAN TEMBAGA (Cu) PADA MAKROALGA *Caulerpa* sp. YANG TERDAPAT DI PERAIRAN SULAWESI MENGGUNAKAN SPEKTROKOPI SERAPAN ATOM (SSA)

INTAN DEFANI

N011181349



Disetujui oleh:

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,

Muhammad Aswad, M.Si., Ph.D., Apt.
NIP. 19800101 200312 1 004

Dr. Risfah Yulianty, M.Si., Apt.
NIP.19780716 200312 2 001

Pada Tanggal, 14 Juli 2023

SKRIPSI
ANALISIS KANDUNGAN KADMIUM (Cd), TIMBAL (Pb) DAN
TEMBAGA (Cu) PADA MAKROALGA *Caulerpa* sp. YANG TERDAPAT
DI PERAIRAN SULAWESI MENGGUNAKAN SPEKTROSKOPI
SERAPAN ATOM (SSA)

ANALYSIS OF CADMIUM (Cd), LEAD (Pb), AND COPPER (Cu)
CONTENT IN MACROALGAE *Caulerpa* sp. FOUND IN SULAWESI
COASTAL WATER USING ATOMIC ABSORPTION SPECTROSCOPY
(AAS)

Disusun dan diajukan oleh:

INTAN DEFANI
N011181349

telah dipertahankan di hadapan Panitia Ujian Skripsi
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin
pada tanggal 11 Juli 2023
dan dinyatakan telah memenuhi syarat


Menyetujui,

Pembimbing Utama,

Pembimbing Pendamping,



Muhammad Aswad, M.Si., Ph.D., Apt.
NIP. 19800101 200312 1 004



Dr. Risfah Yulianty, M.Si., Apt.
NIP. 19780716 200312 2 001

Ketua Program Studi S1 Farmasi,
Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin



Nurhasni Hasan, S.Si., M.Si., M.Pharm.Sc., Ph.D., Apt.
NIP. 19860116 201012 2 009

PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini ;

Nama : Intan Defani
Nim : N011 18 1349
Program Studi : Farmasi
Jenjang : S1

Menyatakan dengan ini bahwa karya tulisan saya berjudul

Analisis Kandungan Kadmium (Cd), Timbal (Pb), dan Tembaga (Cu) Pada Makroalga *Caulerpa* sp. Yang Terdapat di Beberapa Perairan Sulawesi Selatan Dengan Menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).

Adalah karya tulisan saya sendiri dan bukan merupakan pengambilan alihan tulisan orang lain bahwa skripsi yang saya tulis benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri.

Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan skripsi ini hasil karya orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 14 Juli 2023

Yang menyatakan,


Intan Defani

UCAPAN TERIMA KASIH

Alhamdulillah Rabbil'alamiin segala puji bagi Allah *subhanahu wa ta'ala* yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, berupa nikmat kesehatan dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini sebagai persyaratan untuk menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana di Program Studi Farmasi, Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini banyak kesulitan yang dihadapi dan tidak terlepas dari dukungan berbagai pihak. Penulis banyak menerima bimbingan, petunjuk, dan bantuan serta dorongan dari berbagai pihak baik bersifat moral maupun material. Maka dari itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya dan penghargaan setinggi-tingginya kepada:

1. Bapak Muhammad Aswad, S.Si., M.Si., Ph.D., Apt. selaku pembimbing utama dan Ibu Dr. Risfah Yulianti S.Si., M.Si., Apt. selaku pembimbing pendamping yang telah meluangkan banyak waktu dan tenaganya untuk memberikan bimbingan, arahan, saran, serta bantuan bagi penulis dalam melaksanakan penelitian dan banyak melatih penulis untuk berpikir kritis dan logis dalam menyelesaikan suatu permasalahan.
2. Bapak Abdul Rahim, S.Si., M.Si., Ph.D., Apt. dan Bapak Anshar Saud, M.Si., Apt. selaku penguji yang telah meluangkan waktunya dan

memberikan masukan dan saran terkait penelitian ini dan dalam proses menyelesaikan skripsi ini.

3. Ibu Sumarheni S.Si., M.Sc., Apt. selaku penasihat akademik yang telah memberikan banyak nasihat, ilmu, motivasi, dan arahan selama penulis menempuh studi di Fakultas Farmasi.
4. Dekan, Wakil Dekan, dan seluruh Dosen Fakultas Farmasi Universitas Hasanuddin yang telah memberikan ilmunya dan membimbing penulis selama masa studi S1 serta seluruh staf akademik atas segala fasilitas dan pelayanan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh studi sehingga menyelesaikan penelitian ini.
5. Sahabat-sahabat penulis dan teman seperjuangan yang telah banyak membantu, mengajarkan, memberikan saran, dukungan, semangat, dan meluangkan waktu untuk mendengar keluh kesah penulis serta menemani penulis dalam suka dan duka selama penelitian berlangsung hingga menyelesaikan skripsi ini.
6. Teman Paduan Suara Mahasiswa Universitas Hasanuddin yang senantiasa membantu dan memberikan dukungan moral kepada penulis.
7. Teman-teman angkatan "GEMF18ROZIL" atas kebersamaan yang diberikan selama penulis berada di bangku perkuliahan, melewati suka dan duka dalam perkuliahan hingga penyelesaian skripsi ini.

Terakhir, ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada kedua orang tua, saudara, ipar, dan ponakan penulis yang selalu memberikan,

dukungan, motivasi, kasih sayang, hiburan dan doa yang selalu mengiringi langkah penulis.

Dalam penyusunannya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata kesempurnaan dan masih banyak kesalahan yang tidak disadari oleh penulis. Penulis berharap agar skripsi ini dapat memberikan manfaat dalam sumbangsih ilmu pengetahuan khususnya dalam bidang farmasi dan dapat dijadikan acuan untuk mengembangkan penelitian penelitian selanjutnya.

Makassar, Juli 2023

Intan Defani

ABSTRAK

INTAN DEFANI. Analisis Kandungan Kadmium (Cd), Tmbal (Pb), dan Tembaga (Cu) pada makroalga *Caulerpa* Sp. yang terdapat di perairan Sulawesi menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) (dibimbing oleh Muhammad Aswad dan Risfah Yulianti).

Rumput laut telah digunakan di berbagai daerah sebagai bahan multifungsi baik dibidang Kesehatan, maupun pangan. Salah satunya yaitu rumput laut jenis *Caulerpa* sp. Yang dalam bahasa setempat disebut lawi-lawi yang dikonsumsi secara langsung. Namun rumput laut berpotensi dapat mengakumulasi logam berat dan zat berbahaya lainnya yang dapat membahayakan tubuh. Oleh karena itu pada penelitian ini dilakukan analisis kandungan cadmium (Cd), timbal (*Pb*), dan Tembaga (Cu) pada makroalga *Caulerpa* Sp. yang terdapat di kabupaten Pangkep dan Takalar dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA) sesuai dengan ketentuan Standar Nasional Indonesia. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh hasil kadar logam berat di kabupaten Pangkep berturut turut yaitu 0.21, 15.36, 2.67. Sedangkan dikabupaten Takalar berturut turut yaitu 0.21, 11.38, 5,22 mg/kg. Kadar logam berat untuk logam Cd dan Cu di kedua lokasi masih dibawah ambang batas yang di tetapkan SNI tahun 2009 yaitu cd 0,2, dan pb 0,5 mg/kg. Sedangkan untuk Pb dikedua lokasi melebihi ambang batas yang ditetapkan SNI yaitu 0,5 mg/kg. Sehingga *Caulerpa* sp. yang berasal dari kabupaten Pangkep dan Takalar tercemar logam Pb yang berpotensi menyebabkan penyakit dalam tubuh manusia jika dikonsumsi dalam waktu lama.

Kata Kunci: *Caulerpa* sp., Logam berat, SSA

ABSTRACT

INTAN DEFANI. Analysis of Cadmium (Cd), lead (Pb), and copper (Cu) content in macroalgae *Caulerpa* sp. Found in Sulawesi water using atomic absorption spectroscopy (AAS) (Supervised by Muhammad Aswad and Risfah Yulianty)

Seaweed has been used in various regions as a multifunctional ingredient in both the health and food sectors. One of them is *Caulerpa* sp. which in local languages call lawi-lawi which can be consumed directly. However, seaweed can potentially accumulate heavy metals and other harmful substances that can harm the body. Therefore, in this study, an analysis of the content of cadmium (Cd), lead (Pb), and copper (Cu) was carried out in macroalgae *Caulerpa* sp. found Pangkep and Takalar Regency using Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) in accordance with the provisions of the Indonesian National Standard. The result showed that Cd, Pb, Cu content of *Caulerpa* sp. derived from Pangkep area were 0.21, 15.36, 2.67 mg/kg respectively. While sample derived from Takalar are were 0.21, 11.38, 5.22 mg/kg respectively. The analysis results for Cd and Cu metals at both locations were still below the threshold set by SNI in 2009, namely Cd 0.2 and Pb 0.5 mg/kg. Whereas for Pb in both locations it exceeds the threshold set by SNI, namely 0.5 mg/kg. So that caulerpa originating from Pangkep and Takalar districts is polluted with Pb metal which has the potential to cause disease in the human if consumed for a long time.

Keywords: *caulerpa* sp., heavy metal, AAS

DAFTAR ISI

	<i>Halaman</i>
UCAPAN TERIMA KASIH	VIII
ABSTRAK	XI
ABSTRACT	XII
DAFTAR ISI	XIII
DAFTAR TABEL	XVII
DAFTAR GAMBAR	XVIII
BAB I	1
PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Rumusan Masalah	5
I.3 Tujuan Penelitian	5
BAB II	6
TINJAUAN PUSTAKA	6
II.1 Lawi – lawi (<i>Caulerpa</i> sp.)	6
II.1.1 Taksonomi	6
II.1.2 Deskripsi	6
II.1.3 Kandungan Kimia	7
II.1.4 Kegunaan	8

II.1.4.1	Antioksidan	8
II.1.4.2	Pangan Fungsional	9
II.1.4.3	Kosmetik	10
II.1.4.4	Biosorben	11
II.2	Logam Berat	13
II.3	Spektroskopi Serapan Atom	15
II.3.1	Bagian-bagian instrumen	16
II.3.1.1	Sumber Radiasi	16
II.3.1.2	Atomizer	17
II.3.1.3	Monokromator	17
	Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh <i>Hollow Cathode Lamp</i> .	17
II.3.1.4	Detektor	18
	Detektor merupakan alat yang mengubah energi cahaya menjadi energi listrik, yang memberikan suatu isyarat listrik berhubungan dengan daya radiasi yang diserap oleh permukaan yang peka	18
II.3.1.5	Sistem Pengolahan	18
	Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detector menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan	18
II.3.1.6	Sistem Pembacaan	18
BAB III		19
METODE PENELITIAN		19
III.1	Alat dan Bahan	19
III.2	Penyiapan Sampel	19
III.2.1	Pengambilan Sampel	19
III.2.2	Preparasi Sampel	19

Sampel yang telah diperoleh dari lokasi kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari langsung sekitar 2-3 hari	19
III.3 Kadar Air	19
a. Cawan petri dikeringkan kedalam oven suhu 105 °C selama 1 jam	19
b. Didinginkan cawan petri dalam desikator selama 20 menit atau mencapai suhu ruang	20
c. Ditimbang cawan petri kosong (W_0)	20
d. Sampel ditimbang sebanyak ± 2 gram kedalam cawan petri yang telah dikeringkan (W_1)	20
e. Sampel dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C selama 3 jam	20
f. Setelah itu, didinginkan kedalam desikator hingga mencapai suhu ruang.	20
g. Ditimbang bobot cawan + sampel setelah pemanasan (W_2)	20
III.4 Destruksi	20
III.5 Analisis Data	20
BAB IV	22
HASIL DAN PEMBAHASAN	22
IV.1 Kandungan Logam Berat	22
Ket: 2A = Caulerpa sp. Kabupaten pangkep	22
2B = Caulerpa sp. Kabupaten Takalar	22
Ket: 2A = Caulerpa sp. Kabupaten pangkep	23
2B = Caulerpa sp. Kabupaten Takalar	23
Ket: 2A = Caulerpa sp. Kabupaten pangkep	24
2B = Caulerpa sp. Kabupaten Takalar	24
IV.2 Pembahasan	25
BAB V	29
PENUTUP	29
V.1 Kesimpulan	29
V.2 Saran	29

DAFTAR PUSTAKA	30
LAMPIRAN	33

DAFTAR TABEL

Tabel

Halaman

**No table of figures entries found.
No table of figures entries found.**

DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Lawi - lawi (<i>Caulerpa</i> sp.) (Guiry, 2007)	6
2		

BAB I

PENDAHULUAN

I.1 Latar Belakang

Makroalga yang umum dijumpai di laut terkenal pula dengan nama rumput laut. Rumput laut sudah menjadi komoditas primadona bagi masyarakat pesisir mengingat kontribusi positifnya terhadap serapan tenaga kerja dan peningkatan pendapatan (Lokollo, 2016). Van Bosse (melalui ekspedisi Laut Siboga pada tahun 1899-1900) melaporkan bahwa Indonesia memiliki kurang lebih 555 jenis dari 8.642 spesies rumput laut yang terdapat di dunia. Dengan kata lain, perairan Indonesia sebagai wilayah tropis memiliki sumberdaya plasma nutfah rumput laut sebesar 6,42% dari total biodiversitas rumput laut dunia (Suparmi, 2013). Rumput laut dari kelas alga hijau (*Chlorophyceae*) menempati urutan terbanyak 2 kedua dari jumlah jenis yang tumbuh di perairan laut Indonesia (Suparmi, 2013).

Salah satu rumput laut dari kelas *Chlorophyceae* yaitu *Caulerpa* sp. *Caulerpa* sp. merupakan salah satu jenis alga hijau yang hidup menyebar di beberapa perairan di Indonesia (Tapotubun, 2018). Di Indonesia *Caulerpa* dikenal dengan sebutan Latoh (Jawa), Bulung Boni (Bali), Lawi Lawi (Sulawesi). *Caulerpa* merupakan salah satu jenis rumput laut yang cukup potensial untuk dibudidayakan karena telah dikenal dan digemari oleh sebagian masyarakat (Venugopal, 2010). *Caulerpa* ini dimanfaatkan

tidak hanya untuk konsumsi sebagai makanan tetapi juga telah dimanfaatkan sebagai bahan campuran untuk obat anti jamur (Siregar, 1991)

Di daerah Sulawesi selatan sendiri khususnya masyarakat bugis makassar biasanya menyantap secara langsung tanpa diolah terlebih dahulu mengakibatkan peluang terakumulasinya logam berat ke tubuh manusia akan semakin besar (Yulianto, 2006). Komponen-komponen fungsional yang terkandung dalam *Caulerpa* adalah faktor penting dalam proses penyerapan logam berat. Menurut Putra (2006) bahwa alga memiliki gugus fungsi pada dinding sel dalam sitoplasma yang mampu mengikat ion logam, yaitu gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril, imadazol, sulfat, dan sulfonat yang sebagian besar diperoleh dari pencemaran logam pada laut.

Pencemaran logam berat merupakan salah satu masalah lingkungan yang serius, selain bersifat racun bagi organisme perairan, yang dapat terakumulasi dalam tubuh ikan, udang, kerang, dan hasil laut lainnya (Ambaryatc et al. 2013). Oktarini (2012) menyatakan bahwa industri yang tidak dilengkapi oleh sistem pengelolaan limbah akan menghasilkan limbah yang mengandung air raksa (*Hg*), besi (*Fe*), mangan (*Mn*), tembaga (*Cu*), timbal (*Pb*), seng (*Zn*) kromium (*Cr*), kadmium (*Cd*) dan nikel (*Ni*). Logam kadmium adalah salah satu senyawa logam berat yang menjadi kontaminan dalam bahan makanan.

Logam Kadmium dapat dihasilkan dari pertambangan zink dan timbal serta pembakaran pada mesin kendaraan. Kadmium juga terkandung di dalam tanah karena pemakaian pupuk yang mengandung logam kadmium. Hal tersebut menjadikan kadmium terdapat di semua bahan makanan baik nabati maupun hewani, sehingga makanan merupakan sumber utama paparan kadmium pada manusia (Sundari and Hananto, 2016). Kadmium sangat beracun pada ginjal dan terakumulasi dalam sel tubulus proksimal dalam konsentrasi yang lebih tinggi. Kadmium dapat menyebabkan mineralisasi tulang baik melalui kerusakan tulang atau gangguan fungsi ginjal (Ariyunita and Nugroho, 2013).

Sumber pencemaran Timbal dilingkungan dapat berasal dari bahan bakar, asap kendaraan, cat, pipa air yang menggunakan timbal, pembuangan sampah, dan campuran keramik, kaleng makanan, udara, debu, tanah, dan berbagai industri seperti industri perak, baterai maupun 4 kegiatan manusia (Shoimah, et al. 2013). Dampak timbal (*Pb*) merusak berbagai organ tubuh manusia, terutama sistem saraf, sistem pembentukan darah, ginjal, sistem jantung, dan sistem reproduksi. Timbal juga dapat menyebabkan tekanan darah tinggi dan anemia (Ardillah, 2016).

Keberadaan Tembaga di suatu perairan umum dapat berasal dari daerah industri yang berada di sekitar perairan tersebut. Logam ini akan terserap oleh biota perairan secara berkelanjutan apabila keberadaannya dalam perairan selalu tersedia. Terlebih lagi bagi biota perairan dengan mobilitas yang rendah (Cahyani, et al. 2012). Tembaga yang terkandung di

dalam pangan akan dikonsumsi manusia melalui jalur oral. Kemudian tembaga tersebut secara cepat memasuki aliran darah dan didistribusikan ke seluruh tubuh. Meskipun tembaga merupakan salah satu logam esensial yang dibutuhkan oleh manusia untuk metabolisme dalam hemoglobin dan dapat diekskresikan melalui rambut, keringat, darah menstruasi, feses serta urine akan tetapi dapat mengakibatkan kematian pada dosis 3,5 mg/kg (Palar, 1994).

Beberapa penelitian menunjukkan adanya kemampuan biosorpsi logam berat Cd di dalam air oleh rumput laut merah *Chondrus crispus*, logam berat Cu dalam air laut oleh rumput laut *Gracilaria* sp. (Yulianto et al., 2006), Berdasarkan hasil penelitian tersebut menunjukkan bahwa rumput laut memiliki kemampuan serap polutan logam berat. Berdasarkan uraian diatas peneliti tertarik untuk melakukan penelitian lebih lanjut tentang menganalisis kandungan logam berat pada makroalga *Caulerpa* sp. yang 5 beredar di beberapa perairan Sulawesi Selatan dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

I.2 Rumusan Masalah

- a. Apakah rumput laut *Caulerpa* sp. yang beredar di beberapa perairan Sulawesi mengandung logam berat kadmium, timbal dan tembaga.
- b. Apakah kadar dari kadmium, timbal dan tembaga dalam rumput laut *Caulerpa* sp. masih dalam batas aman sesuai dengan ketentuan SNI.

I.3 Tujuan Penelitian

- a. Mendeteksi keberadaan logam berat cadmium, timbal dan tembaga pada rumput laut *Caulerpa* sp. yang terdapat di beberapa perairan Sulawesi Selatan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA).
- b. Menentukan kadar logam berat cadmium, timbal, dan tembaga pada rumput laut *Caulerpa* sp. yang terdapat di beberapa perairan Sulawesi Selatan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (SSA)

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Lawi – lawi (*Caulerpa* sp.)

II.1.1 Taksonomi (Dawson, 1946).

Kerajaan	: Plantae
Divisi	: Chlorophyta
Kelas	: Chlorophytaceae
Ordo	: Caulerpales
Famili	: Caulerpaceae
Genus	: <i>Caulerpa</i>
Jenis	: <i>Caulerpa racemosa</i> . (Dawson, 1946).



Gambar 1. Lawi - lawi (*Caulerpa* sp.) (Guiry, 2007)

II.1.2 Deskripsi

Anggur laut memiliki thalus berwarna hijau seperti tanaman rumput, terdiri dari banyak cabang tegak yang tingginya sekitar 2.5-6.0 cm. Batang pokoknya berukuran antara 16-22 cm (Gambar 1). Tumbuhan ini memiliki bulatan-bulatan seperti anggur pada puncak cabang, panjang setiap puncak cabang sekitar 2.5-10 cm (Suhartini, 2003). Anggur laut tumbuh dengan thalus berupa bulatan-bulatan sehingga disebut sebagai anggur laut. Keberadaannya dapat dijumpai di paparan terumbu karang dengan kedalaman hingga 200 m. Sebagai fitobentik, tumbuhan ini hidup menancap atau menempel di substrat dasar perairan laut seperti karang mati, fragmen karang, pasir dan lumpur. Pertumbuhannya bersifat epifitik atau saprofitik

dan kadang-kadang berasosiasi dengan tumbuhan laut lainnya (Atmadja et al., 1996). Tumbuhan ini hidup menempel di substrat dasar perairan seperti: pecahan karang, pasir dan lumpur *Caulerpa* sp. banyak dijumpai pada tempat yang terlindungi dengan air yang jernih. Aliran air tidak terlalu kuat arusnya dan bagian dasar halus karena adanya sedimentasi. Keanekaragaman *Caulerpa* sp. paling tinggi di daerah tropik yaitu di zona culitoral dan berkurang pada zona bagian dalam. Pada zona sublitoral *Caulerpa* sp. tumbuh menempel pada karang atau merayap di bawah kanopi coral (Prod'homme Van Reine dan Trono, 2011) dalam (Saptasari, 2010).

II.1.3 Kandungan Kimia

Caulerpa sp. diketahui memiliki kandungan gizi yang cukup tinggi sebagai sumber protein nabati, mineral maupun vitamin (South selvarej, 1997). Rumput laut *Caulerpa* sp. memiliki kandungan nutrisi yaitu : lemak 1-5%, kadar air 8-27%, protein 5-30% (Handayani, 2006), karbohidrat 2,6 gr (Hasbullah et al.,2016); serat 32,7-38,1%, vitamin C 100-3000 mg/kg (Darmananda, 2002 dalam seng (0,016%), dan klorida (0,25%). Sementara komposisi proksimat rambut jagung terdiri dari 9,65% kadar air, 3,91% abu, 0,29% lemak kasar, 17,6% protein kasar, dan 40% serat kasar (Putri et al., 2017).

II.1.4 Kegunaan

II.1.4.1 Antioksidan

Antioksidan adalah senyawa yang dapat menghambat reaksi oksidasi radikal bebas. Radikal bebas terbentuk secara terus-menerus baik berupa proses metabolisme sel, kekurangan gizi, dan peradangan (Yanuarti, et al. 2017b). Konsumsi antioksidan akan membantu menurunkan dampak negative yang disebabkan oleh radikal bebas, jenis penyakit degeneratif yang dapat menyerang yaitu kanker, osteoporosis, kardiovaskular dan aterosklerosis (Bhaigyabati et al. 2011). Salah satu jenis rumput laut yang memiliki potensi sebagai antioksidan dan belum dimanfaatkan secara optimal yaitu rumput laut jenis anggur laut (*Caulerpa* sp). *Caulerpa* mengandung senyawa bioaktif berupa triterpenoid, diterpenoid asiklik golongan trifarin, diterpenoid monosiklik golongan kaulerpol (pro-vitamin A), komponen nitrogen dan komponen polifenol (Nurlina et al. 2018).

Kandungan klorofil yang berada pada rumput laut *Caulerpa* mempunyai banyak manfaat yaitu sebagai antiinflamasi, antioksidan dan antikanker (Putnarubun et al. 2020). Rumput laut *Caulerpa* diketahui menghasilkan metabolit sekunder yang berfungsi sebagai antioksidan seperti asam askorbat, tiamin, asam folat, dan komponen polifenol (katekol) yang dapat menangkal radikal bebas (Nurlina et al. 2018). Ekstrak etanol *Caulerpa* mengandung pigmen klorofil yaitu klorofil A, klorofil B, xantofil, dan feofitin yang berfungsi sebagai antioksidan (Dimara et al. 2012). Ekstrak etanol *Caulerpa* memiliki kandungan senyawa total fenol sebesar

46,45±4,03 µmol trolox/g (Gazali et al 2022). Berdasarkan hasil pengujian dari Men et al. (2022) ekstrak etanol *Caulerpa* memiliki aktivitas antioksidan sebesar 174±3,48 µg/mL. *Caulerpa* yang berasal dari Indonesia dan Jepang tidak mengandung katekin maupun isomernya yang termasuk jenis senyawa fenol. Komponen polifenol yang terkandung didalam *Caulerpa* adalah katekol (Ridhowati, 2016).

II.1.4.2 Pangan Fungsional

Pangan fungsional merupakan pangan yang secara alamiah maupun telah melalui proses, mengandung satu atau lebih senyawa yang berdasarkan kajian-kajian ilmiah dianggap memiliki fungsi fisiologis tertentu yang bermanfaat bagi kesehatan (BPOM, 2005). Persyaratan yang harus dimiliki oleh suatu produk sebagai pangan fungsional adalah:

1. harus merupakan produk pangan (bukan berbentuk kapsul, tablet, atau bubuk) yang berasal dari bahan (ingredient) alami,
2. dapat dan layak dikonsumsi sebagai bagian dari diet atau menu sehari-hari,
3. mempunyai fungsi tertentu pada saat dicerna, serta berperan dalam proses tubuh tertentu, seperti memperkuat mekanisme pertahanan tubuh, mencegah penyakit tertentu, membantu mengembalikan kondisi tubuh setelah sakit tertentu (Goldberg, 1994). Sumber pangan fungsional sangat melimpah di Indonesia, baik yang masih berbentuk bahan, seperti kelompok anggur laut.

II.1.4.3 Kosmetik

Rumput laut saat ini merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai ekonomi tinggi mengingat perannya yang sangat penting dalam berbagai produk yang berhubungan dengan kehidupan sehari-hari. Saat ini produktivitas budidaya rumput laut di Indonesia masih sebatas industri makanan dan bahan baku komoditi ekspor. Upaya pemanfaatan rumput laut sebagai bahan industri makanan, kosmetik, farmasi, kedokteran dan pertanian masih perlu dikembangkan lagi (Kadi, 2004). Penggunaan rumput laut bisa digunakan sebagai bahan tambahan untuk produk non pangan dalam bidang kosmetik seperti masker wajah. Mitsui (1997), menyatakan bahwa kosmetik umumnya mengandung campuran senyawa kimia dan tidak banyak yang berasal dari sumber alami.

Rumput laut merupakan salah satu hasil perairan yang banyak mengandung senyawa bioaktif karena mengandung klorofil atau pigmen warna lain. Lobban dkk (1985) dalam Winarno (1991) mengatakan bahwa setiap spesies rumput laut, masing-masing memiliki jenis pigmen fotosintesa yang berbeda-beda, sehingga jenis warna cahaya yang diserap juga berbeda-beda untuk tercapainya proses fotosintesa yang optimal. terhadap seluruh proses biologis dari rumput laut tersebut, seperti pertumbuhan maupun kandungan karetonoidnya. Pigmen merupakan zat warna yang selama ini memang telah banyak dilaporkan memiliki aktifitas biologis seperti: antibakteri, antioksidan, antikanker, antifungal, dan lainnya. Hanya saja belum ada penelitian yang mengkaji mengenai aplikasi dari

pigmen alga hijau ini untuk aplikasi antioksidan yang dapat digunakan sebagai suplemen dalam mengurangi bahaya radikal bebas yang terpapar ke dalam tubuh (Mahmudah dan Nursandi, 2014). Hal tersebut memberikan peluang yang sangat besar untuk rumput laut agar dapat dimanfaatkan menjadi produk kosmetik.

Salah satu komoditas rumput laut yang potensial untuk dikembangkan sebagai masker wajah adalah *Caulerpa racemosa*, spesies ini umum dikenal dengan sebutan anggur laut (sea grape), banyak tersebar di perairan Indonesia. Saat ini cara memperolehnya hanya berdasarkan pada hasil ekstraktif atau hanya mengumpulkan secara langsung dari pinggir pantai. Sehingga sangat potensial untuk dikembangkan dan dibudidayakan (Mahmudah dan Nursandi, 2014).

II.1.4.4 Biosorben

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 dalam perairan (Indriani dan Akira, 1998). Biosorpsi merupakan proses penyerapan analit oleh biomassa. Biosorpsi memanfaatkan kemampuan material biologis untuk mengakumulasi logam berat dari larutan secara metabolisme ataupun fisik-kimiawi (Anonim, 2003).

Berbagai proses penyerapan logam berat telah dilakukan untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan diantaranya adalah

pengendapan secara kimia, ion exchange, pemisahan dengan membran, elektrolisa, dan ekstraksi dengan solvent. Tetapi, proses-proses ini memiliki beberapa kelemahan yakni produksi limbah beracun yang tinggi dan dapat menyulitkan proses penanganan dan pembuangannya (Das dkk., 2008; Prasad dan Abdullah 2009; Sutapa, dkk. 2014).

Salah satu alternatif lain dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah penggunaan bahan-bahan biologi sebagai adsorben. Proses ini disebut biosorpsi. Biosorpsi menunjukkan kemampuan biomassa untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme atau kimia fisika. Keuntungan dari proses biosorpsi yakni biaya yang relatif murah, efisiensi tinggi pada larutan encer, minimalisasi pembentukan lumpur serta kemudahan proses regenerasinya. Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia. Karakteristik geografis Indonesia serta struktur dan teritorial ekosistemnya yang didominasi oleh lautan telah menjadikan Indonesia sebagai pemilik keanekaragaman hayati terbesar di dunia. Sumber daya kelautan merupakan kekayaan alam yang memiliki peluang besar untuk dimanfaatkan (Suhdi, 2004).

II.2 Logam Berat

Logam berat merupakan komponen alami di tanah. Komponen ini tidak dapat didegradasi (non degradable) maupun dihancurkan. Senyawa ini dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui makanan, air minum, dan udara. Pada kadar rendah, logam berat diperlukan oleh makhluk hidup untuk pengaturan berbagai fungsi kimia dan fisiologi tubuh. Hal ini biasa dikenal dalam istilah trace element, yaitu elemen kimia yang dibutuhkan oleh organisme hidup dalam jumlah sangat kecil (kurang dari 0,1% dari volume). Sebagai trace element, beberapa logam berat seperti tembaga (Cu), selenium (Se), Besi (Fe) dan zink (Zn) sangat penting untuk tubuh. Logam berat dapat menjadi berbahaya atau beracun ketika berada dalam kadar berlebihan di dalam tubuh (Jaishankar et al., 2014).

Kadmium merupakan produk sampingan dari produksi zink dan bisa terpapar ke manusia atau hewan di tempat kerja maupun lingkungan. Setelah kadmium terserap oleh tubuh manusia, logam ini akan terakumulasi di dalam tubuh sepanjang hidup. Manusia bisa terpapar logam ini utamanya melalui inhalasi dan mulut sehingga dapat menyebabkan keracunan akut maupun kronis (Järup, 2003).

Timbal merupakan logam sangat beracun terutama terhadap anak-anak. Penggunaan timbal yang telah tersebar luas, menyebabkan kontaminasi pada lingkungan dan timbulnya masalah kesehatan di berbagai belahan dunia. Timbal secara alami ditemukan pada tanah, serta bersifat tidak berbau dan tidak berasa. Timbal dapat bereaksi dengan

senyawa-senyawa lain membentuk berbagai senyawa-senyawa timbal, seperti timbal oksida (PbO), timbal klorida (PbCl₂) dan lain-lain (BSN, 2009)

Di lingkungan perairan, tembaga bisa berasal dari peristiwa-peristiwa alamiah dan dapat berasal dari aktifitas yang dilakukan manusia. Pada kondisi normal keberadaan Cu di perairan ditemukan dalam bentuk ion CuCO₃ - dan CuOH-. Pada saat terjadi peningkatan kelarutan tembaga dan melebihi ambangbatas akan terjadi peristiwa "biomagnifikasi" terhadap biota perairan. Peristiwa biomagnifikasi dapat diidentifikasi melalui akumulasi tembaga dalam tubuh biota perairan tersebut. Akumulasi dapat terjadi sebagai akibat dari terjadinya konsumsi tembaga dalam jumlah berlebihan, sehingga tidak mampu dimetabolisme oleh tubuh" (Darmono,1995).

Tembaga bersifat racun pada kadar tertentu bagi tubuh manusia. Keracunan logam ini dapat bersifat akut, atau dengan terakumulasi terlebih dahulu. Keracunan akut menimbulkan gejala seperti mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan dapat berakibat kematian. Sedangkan keracunan kronis, tembaga menumpuk di hati dan menyebabkan hemolisis. Hemolisis terjadi karena tertimbunnya H₂O₂ dalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel yang mengakibatkan sel menjadi pecah. Hemolisis dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhan terhambat (Darmono,1995).

II.3 Spektroskopi Serapan Atom

Spektrofotometri adalah ilmu yang mempelajari tentang penggunaan spektrofotometri. Spektrofotometer adalah alat yang digunakan untuk mengukur energi secara relatif jika energi tersebut ditransmisikan, direfleksikan atau diemisikan sebagai fungsi dari panjang gelombang. Spektrofotometer menghasilkan sinar dari spektrum dengan panjang gelombang tertentu dan fotometer adalah alat pengukur intensitas cahaya yang ditransmisikan atau yang diabsorpsi. Spektrofotometri dirancang untuk mengukur konsentrasi yang ada dalam suatu sampel, dimana molekul yang ada dalam sel sampel disinari dengan cahaya yang memiliki panjang gelombang tertentu (Neldawati dkk, 2013).

Prinsip dasar Spektrofotometri serapan atom (SSA) adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. Spektrofotometri serapan atom merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini adalah teknik yang paling umum dipakai untuk analisis unsur. Teknik-teknik ini didasarkan pada emisi dan absorpsi dari uap atom. Komponen kunci pada metode spektrofotometri serapan atom adalah sistem atau alat yang dipakai untuk menghasilkan uap atom dalam sampel. Cara kerja Spektroskopi serapan atom 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 (Khopkar, 2010). Cahaya yang diserap diukur sebagai absorbansi (A) sedangkan cahaya yang dihamburkan diukur sebagai transmitansi (T), dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer atau hukum Beer yang berbunyi, “jumlah radiasi cahaya tampak yang diserap atau ditransmisikan oleh suatu larutan merupakan suatu fungsi eksponen dari konsentrasi zat (Neldawati.,dkk, 2013).



Gambar 2. Instrumen SSA

II.3.1 Bagian-bagian instrumen

II.3.1.1 Sumber Radiasi

Sumber radiasi SSA adalah Hollow Cathode Lamp (HCLP). Setiap pengukuran dengan SSA, harus menggunakan Hollow Cathode Lamp khusus misalnya akan menentukan konsentrasi tembaga dari suatu cuplikan. Hollow Cathode akan memancarkan energi radiasi yang sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron atom. Hollow Cathode Lamp terdiri dari katoda cakung yang silindris yang terbuat dari unsur yang sama dengan yang akan dianalisis dan anoda yang terbuat dari tungsten. Dengan pemberian tegangan pada arus tertentu, logam mulai

memijar dan atom-atom logam katodanya akan teruapkan dengan pemercikan. Atom akan tereksitasi kemudian mengemisikan radiasi pada panjang gelombang tertentu (Khopkar, 1990).

II.3.1.2 Atomizer

Pada spektrofotometri nyala serapan atom, atomizer terdiri dari: Nebuliser (sistem pengabut) dan *Burner* (sistem pembakar), sehingga sistem atomizer biasa disebut sistem pengabut pembakar (*Burner Nebulizer System*)

- a. Nebulizer system ini berfungsi mengubah larutan menjadi butir-butir kabut (15-20 μm) dengan menarik larutan melalui kapiler dengan pengisapan pancaran gas bahan bakar dan gas oksidan, disemprotkan ke ruang pengabut. Partikel-partikel kabut yang halus kemudian bersama sama aliran gas bahan bakar ke dalam nyala, sedangkan titik-titik kabut yang besar dialirkan melalui saluran pembuangan.
- b. *Burner*, yaitu suatu sistem yang di dalamnya terjadi atomisasi yaitu pengubahan kabut uap garam unsur yang akan dianalisa menjadi atom-atom normal di dalam nyala.

II.3.1.3 Monokromator

Monokromator merupakan alat yang berfungsi untuk memisahkan radiasi yang tidak diperlukan dari spektrum radiasi lain yang dihasilkan oleh *Hollow Cathode Lamp*.

II.3.1.4 Detektor

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

II.3.1.5 Sistem Pengolahan

Sistem pengolah berfungsi untuk mengolah kuat arus dari detector menjadi besaran daya serap atom transmisi yang selanjutnya diubah menjadi data dalam sistem pembacaan

II.3.1.6 Sistem Pembacaan

Sistem pembacaan merupakan bagian yang menampilkan suatu angka atau gambar yang dapat dibaca oleh mata.