

*Skripsi*

**BIOSORPSI ION LOGAM Co(II) OLEH RUMPUT LAUT  
*Eucheuma spinosum* DARI DESA PUNAGA  
KABUPATEN TAKALAR**

**WIDYA AULIYA**

**H311 14 316**



**DEPARTEMEN KIMIA  
KULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2019**



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

**BIOSORPSI ION LOGAM Co(II) OLEH RUMPUT LAUT  
*Eucheuma spinosum* DARI DESA PUNAGA  
KABUPATENTAKALAR**

*Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat  
untuk memperoleh gelar sarjana sains*

Oleh :

**WIDYA AULIYA**

**H311 14 316**



**MAKASSAR**

**2019**



**SKRIPSI**

**BIOSORPSI ION LOGAM Co(II) OLEH RUMPUT LAUT  
*Eucheumaspinosum* DARI DESA PUNAGA  
KABUPATEN TAKALAR**

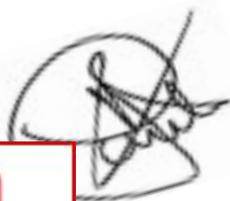
**Disusun dan diajukan oleh**

**WIDYA AULIYA**

**H 311 14 316**

**Skripsi ini telah diperiksa dan disetujui oleh :**

**Pembimbing Utama**



**ina Taba, M.Phil**  
71115 1988102 001

**Pembimbing Pertama**



**Dr. SyahrudinKasim, S.Si, M.Si**  
NIP.19690705 199703 1 001



Optimization Software:  
[www.balesio.com](http://www.balesio.com)

## PRAKATA

*Bismillahirrahmanirrahim,*

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan segala nikmat dan hidayahnya. Alhamdulillah, penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Biosorpsi Ion Logam Co(II) oleh Rumput Laut *Eucheuma spinosum* Dari Desa Punaga Kabupaten Takalar”**, sebagai salah satu syarat mendapatkan gelar sarjana pada Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada Orang Tua **Darudding** dan **Muliani** atas cinta dan kasih sayangnya yang terus mendoakan yang terbaik untuk anaknya dalam mendapatkan pendidikan setinggi-tingginya. Ucapan syukur selanjutnya untuk adikku **Nadya Ayupia**, sebagai sumber kuatku yang selalu membantu dan menemani saya, juga kepada saudara-saudara sepupu saya dan semua keluarga yang terus memotivasi dan mendoakan saya dalam menyelesaikan skripsi ini.

Ucapan terima kasih tak terhingga penulis sampaikan kepada Ibunda **Dr. Paulina Taba, M.Phill** dan Ayahanda **Dr. Syahrudin Kasim, M.Si** selakupembimbing utama dan pertama, yang telah dengan sabar memberikan nasehat, ilmu, pemikiran, serta bimbingan layaknya Orang Tua sendiri. Tak lupa pulapenulis haturkan permohonan maaf atas semua kesalahan yang tidak sengaja dilakukan hingga selesainya penulisan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan

sih kepada:

etua dan Sekretaris Jurusan Kimia, **Dr. Abd Karim, M.Si dan Dr. St.**

**auziah, M.Si, seluruh Dosen** yang telah membantu.



2. Tim penguji Ujian Sarjana Kimia **Dr. Firdaus Zanta, MS** (ketua), dan **Abdur Rahman Arif, S.Si, M.Si** (sekretaris)
3. **Seluruh staf pegawai dan analis Laboratorium** jurusan Kimia FMIPA Unhas atas bantuan dan kerjasamanya.
4. Seluruh **warga dan alumni KMK FMIPA Unhas**. HMK tempat kita dibina, HMK tempat kita ditempa.
5. **Teman-teman KIMIA 2014** dan rekan penelitian saya **Nur Wahyuni Nahru dan Dian Putri Ayunita** serta teman-teman seperjuangan penelitian Kimia Fisika: **Helen, Kiki, Thyna, Fenti, Nova dan Ridha**. Trimakasih untuk setiap saran dan masukan yang diberikan selama menjalani penelitian sampai akhirnya sama-sama mendapatkan gelar sarjana kimia.
6. **Hasanuddin English Community (HEC)** sebagai wadah untuk saya belajar bahasa inggris.
7. Semua pihak turut serta dalam membantu penyelesaian skripsi ini, semoga Tuhan membalas setiap kebaikan kalian.

Penulis sadar bahwa skripsi ini masih memiliki banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun diperlukan dalam penulisan selanjutnya. Akhirnya, penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat dalam pengembangan wawasan bidang ilmu kimia, Amin.

Makassar, Desember 2019

Penulis



## ABSTRAK

Rumput laut *Eucheuma spinosum* merupakan material yang melimpah dan murah. Material ini telah digunakan sebagai adsorben dalam proses biosorpsi untuk penghilangan ion logam Co(II) dari limbah cair. Biosorpsi ion logam Co(II) oleh rumput laut *Eucheuma spinosum* dilakukan pada variasi waktu kontak, pH dan konsentrasi. Konsentrasi ion logam Co(II) sebelum dan setelah adsorpsi ditentukan dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Kapasitas adsorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum* ditentukan dengan menggunakan isotermal adsorpsi Langmuir dan Freundlich. Hasil penelitian menunjukkan bahwa waktu optimum yang diperoleh adalah 20 menit dan pH optimum adalah 3. Biosorpsi ion logam Co(II) dengan menggunakan Rumput laut *E. spinosum* sesuai dengan model isotermal Freundlich dengan nilai kapasitas biosorpsi ( $Q_0$ ) yakni sebesar 3,46 mg/g. Gugus fungsi yang terlibat dalam biosorpsi ion logam Co(II) adalah gugus hidroksil C-OH.

**Kata Kunci :** *Biosorpsi, SSA, Isotermal Adsorpsi, Co(II), Rumput laut Eucheuma spinosum*



## ABSTRACT

*Eucheuma spinosum* seaweed is an abundant and inexpensive material. This material has been used as an adsorbent in the biosorption process for removal of metal Co(II) ions from liquid waste. The biosorption of metal ion Co(II) by *E. spinosum* seaweed was carried out in various contact time, pH and concentration. The concentration of metal ion Co(II) before and after adsorption was determined using the Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The adsorption capacity of Co(II) ions by *E. spinosum* seaweed was determined using the Langmuir and Freundlich isothermal adsorption. The results showed that the optimum time obtained was 20 minutes and the optimum pH was 3. Biosorption of metal ion Co(II) using *E. spinosum* seaweed was in accordance with the Freundlich isothermal model with the biosorption capacity ( $Q_0$ ) of 3,46 mg/g. The functional group involved in biosorption of Co(II) metal ions was C-OH groups.

**Keywords:** *Biosorption, AAS, Adsorption Isotherm, Co (II), Eucheuma spinosum Seaweed*



# DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian.....	4
1.3.1 Maksud Penelitian.....	4
1.3.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.4 Manfaat Penelitian .....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Pencemaran Lingkungan .....	6
2.2 Logam Berat.....	6
2.3 Logam Kobalt (Co) .....	7
2.4 Adsorpsi .....	8
2.4.1 Isotermal Adsorpsi .....	9
	viii



2.4.2 Kinetika Adsorpsi.....	12
2.5 Biosorpsi.....	13
2.6 Biomassa dan Penggunaannya .....	14
2.7 Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	14
2.8 Kabupaten Takalar .....	16
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>18</b>
3.1 Bahan Penelitian.....	18
3.2 Alat Penelitian .....	18
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian .....	18
3.4 Prosedur Penelitian.....	19
3.4.1 Penyiapan Biosorben Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> ....	19
3.4.2 Pembuatan Larutan Induk Co(II) 1000 mg/L.....	19
3.4.3 Pembuatan Larutan Baku Co(II) 100 mg/L.....	19
3.4.4 Analisis Logam Co pada <i>E.spinosum</i> .....	19
3.4.5 Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	20
3.4.6 Penentuan pH Optimum Biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	21
3.4.7 Penentuan Kapasitas Biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	21
3.4.8 Analisis FT-IR.....	22
3.4.9 Penentuan Luas Permukaan dengan Metilen Biru .....	23
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
4.1 Analisis Logam Co(II) pada <i>Eucheuma spinosum</i> .....	24
4.2 Waktu Optimum Ion Co(II) oleh Biosorben Rumput Laut <i>Euchuema spinosum</i> .....	24



4.3	pH Optimum oleh Biosorpsi Ion Co(II) oleh Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	28
4.4	Kapasitas Biosorpsi Ion Co(II) oleh Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	30
4.5	Hasil Analisis FT-IR .....	33
4.6	Analisis Luas Permukaan dengan Metilen Biru .....	35
4.7	Data Isotermal dan BJH Distribusi Ukuran Pori .....	35
4.8	Analisis <i>Scanning Electron Microscopy</i> (SEM) .....	37
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		39
DAFTAR PUSTAKA .....		40
LAMPIRAN.....		46



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	14
2. Grafik Waktu Optimum.....	24
3. Grafik Orde Semu Satu .....	26
4. Grafik Orde Semu Dua.....	26
5. Grafik pH Optimum .....	28
6. Jumlah Ion Co(II) Pada Berbagai Konsentrasi Larutan .....	29
7. Isotermal Langmuir .....	30
8. Isotermal Freundlich.....	30
9. Spektrum IR Biomassa Sebelum dan Setelah Adsorpsi .....	32
10. Bentuk Kompleks Ion Co(II) dengan Gugus Hidroksil .....	34
11. Grafik Hubungan Tekanan Relatif dengan Volume STP.....	35
12. Grafik Hubungan Diameter Pori dengan N <sub>2</sub> yang Terserap.....	36
13. Hasil Analisis SEM.....	36



## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>halaman</b>
1. Nilai Kinetika Reaksi Orde Semu .....	26
2. Nilai Rata-rata Diameter Pori dan Volume Total Pori.....	35



## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	halaman
1. Skema Tahap-tahap Biosorpsi ion Logam $\text{Co}^{2+}$ oleh Rumput Laut <i>Eucheuma spinosum</i> .....	46
2. Perhitungan Pembuatan Larutan Induk $\text{Co(II)}$ 1000 ppm.....	47
3. Lampiran Foto Hasil Penelitian .....	48
4. Perhitungan Kadar Logam .....	49
5. Perhitungan Larutan Standar.....	51
6. Perhitungan Waktu Optimum .....	52
7. Perhitungan Kinetika Reaksi.....	53
8. Perhitungan pH Optimum .....	55
9. Perhitungan Kapasitas Adsorpsi .....	56
10. Perhitungan Isotermal Langmuir.....	57
11. Perhitungan Isotermal Freundlich .....	58
12. Perhitungan Data Larutan Standar Metilen Biru.....	59
13. Data Perhitungan Luas Permukaan Metilen Biru.....	60
14. Analisis FT-IR Sebelum Adsorpsi .....	61
15. Analisis FT-IR Setelah Adsorpsi .....	62
16. Data BJH Ukuran Pori Distribusi.....	63
17. Data Isotermal .....	64
18. Data Ukuran Rata-rata Pori.....	65

Volume Total Pori .....

Analisis SEM .....



## DAFTAR SIMBOL DAN SINGKATAN

Simbol/ Singkatan	Arti
$Q_0$	Kapasitas adsorpsi
BET	<i>Brunauer-Emmett-Telle</i>
FTIR	<i>Fourier Transform Infrared</i>
$m^2 g^{-1}$	Meter kuadrat per gram



# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi saat ini mendorong pembangunan yang sangat pesat pada berbagai bidang kehidupan. Pembangunan yang pesat tidak hanya memberikan dampak positif bagi kehidupan, tetapi juga dapat menimbulkan dampak negatif yaitu kerusakan pada lingkungan baik lingkungan darat maupun lingkungan perairan. Rusaknya lingkungan perairan salah satunya disebabkan oleh adanya pencemaran lingkungan (Kusuma dkk., 2014). Pencemaran tersebut biasanya berasal dari limbah industri maupun limbah domestik yang dibuang ke perairan tanpa diolah terlebih dahulu. Salah satu limbah yang dihasilkan dalam industri maupun limbah domestik yaitu logam berat (Din dkk., 2013). Oleh karena itu, keberadaannya dalam lingkungan perlu dikurangi.

Salah satu logam berat yang dapat mencemari lingkungan adalah kobalt. Kobalt merupakan logam esensial yang dapat membuat perairan menjadi subur, tetapi konsentrasi kobalt yang tinggi dapat menyebabkan racun di perairan (Gupta dkk., 2012). Pembuangan limbah kobalt ke lingkungan dapat menyebabkan berbagai macam efek beracun pada semua bentuk kehidupan termasuk tumbuhan, hewan dan mikroorganisme (Moore, 1994 dalam Pal dkk., 2006). Menurut Peraturan Pemerintah No. 82 (2011), standar baku mutu konsentrasi kobalt yang ditetapkan yaitu sebesar

Konsentrasi yang berlebih dapat mengakibatkan kelumpuhan, diare, iritasi dan kanker tulang (He dkk., 2011). Kobalt dapat menyebabkan masalah



neutrotoksikologi dan genotoksikologi pada makhluk hidup dan pada kasus kronis dapat menyebabkan kanker (Lison dkk., 2001).

Salah satu alternatif dalam pengolahan limbah yang mengandung logam berat adalah penggunaan bahan-bahan biologis sebagai adsorben. Proses ini kemudian disebut sebagai biosorpsi. Biosorpsi menunjukkan kemampuan biomassa untuk mengikat logam berat dari dalam larutan melalui langkah-langkah metabolisme atau kimia dan fisika (Ali, 2015). Ada berbagai jenis biosorben yang telah digunakan seperti kulit buah kopi arabika (*Coffea arabica*) yang mengandung gugus hidroksil (-OH) yang dapat mengikat logam nikel yang telah diteliti oleh Tandigau (2015). Sedangkan Din dkk., (2013) mengadsorpsi ion Co(II) menggunakan biosorben *Saccharum bengalense*. Hasni (2009) telah mengadsorpsi ion Co(II) yang terikat dengan ikatan C-O pada ampas tahu. Sedangkan Cossich dkk., (2004), telah berhasil mengadsorpsi kromium(III) dengan menggunakan biomassa dari rumput laut *Sargassum sp.* Salah satu biomassa yang dimanfaatkan untuk mengurangi pencemaran logam berat adalah rumput laut *Eucheuma spinosum*. Rumput laut ini mengandung atom sulfur (S) dan oksigen (O) pada ester sulfat, -OH dan -COOH pada polisakarida yang dapat berinteraksi dengan suatu logam (Sudiarta dan Diantariani, 2008). Rumput laut *E. spinosum* telah digunakan dalam biosorpsi ion logam  $\text{Cu}^{2+}$  (Kusuma dkk., 2014);  $\text{Pb}^{2+}$  (Putri, 2016);  $\text{Cr}^{6+}$  oleh (Diantariani dkk., 2008) dan  $\text{Cr}^{3+}$  oleh (Sudiarta dan Diantariani, 2008). Hasil menunjukkan bahwa rumput laut tersebut dapat mengadsorpsi logam dengan mekanisme interaksi ikatan hidrogen dan van der Waals (Diantariani dkk., 2008).

Berdasarkan uraian di atas, maka penelitian mengenai biosorpsi ion logam menggunakan rumput laut *E. spinosum* perlu dilakukan. *E. spinosum* yang



digunakan adalah limbah dari rumput laut yang telah dibuang dari petani. Berdasarkan data Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan (2017), Kabupaten Takalar merupakan daerah penghasil rumput laut terbesar di Sulawesi Selatan. Salah satu daerah yang menjadi sentra untuk pertumbuhan dan pembudidayaan rumput laut di Kabupaten Takalar yaitu di Desa Puanaga, Kecamatan Mangarabombang. Oleh karena itu, rumput laut yang digunakan diambil di Desa Punaga Kecamatan Mangarabombang Kabupaten Takalar. Potensi budidaya rumput laut tersedia disepanjang pantai dengan luas areal budidaya  $\pm 13,385$  Ha dengan produksi yang mencapai 923.832 ton pada tahun 2016 (Dinas Kelautan dan Perikanan, 2017).

Biosorpsi menggunakan biomassa rumput laut *Eucheuma spinosum* bergantung pada beberapa parameter seperti waktu (Kusmiati, 2015), pH (Patel dan Chandel, 2015) dan konsentrasi (Hayati dkk., 2016). Oleh karena itu, biosorpsi Co(II) dilakukan pada berbagai waktu kontak, pH dan konsentrasi ion Co(II) untuk mendapatkan informasi tentang waktu optimum, pH optimum dan kapasitas biosorpsi. Selain itu, karakterisasi dengan menggunakan spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi yang berperan dalam mengikat ion Co(II).

## 1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. berapa waktu kontak optimum biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum*?  
2. apakah pH optimum biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum*?



3. apa model isoterml yang digunakan pada biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E.spinosum*?
4. berapakah kapasitas biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum*?
5. gugus fungsi apa saja yang terlibat pada biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum*?

### 1.3 Maksud dan Tujuan Penelitian

#### 1.3.1 Maksud Penelitian

Penelitian ini dimaksudkan untuk menganalisis kemampuan biosorben Rumput laut *E. spinosum* dalam mengadsorpsi ion Co(II) dalam air.

#### 1.3.2 Tujuan Penelitian

Untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. menentukan waktu kontak optimum biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum*
2. menentukan pH optimum biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E.spinosum*
3. menentukan model isoterml yang digunakan pada biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E.spinosum*
4. menentukan kapasitas biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum*
5. menentukan gugus fungsi apa saja yang terlibat pada biosorpsi ion Co(II) oleh Rumput laut *E. spinosum*



#### faat Penelitian

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi berharga terhadap kemampuan biosorben Rumput laut *E. spinosum* dalam mengadsorpsi ion Co(II). Data

yang diperoleh dapat dibandingkan dengan kapasitas adsorben lainnya sehingga dapat ditemukan adsorben yang efektif terhadap ion-ion logam berat, khususnya ion Co(II).



## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan dapat diartikan sebagai masuknya bahan-bahan pencemar ke dalam lingkungan alami yang mengakibatkan perubahan yang dapat merusak lingkungan. Bahan-bahan pencemar ini bukan hanya mengganggu kesehatan, tetapi juga dapat mengakibatkan kematian pada manusia dan hewan serta dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan flora dan fauna. Bahan-bahan pencemar yang paling utama biasanya berasal dari pertanian melalui pemupukan dan pengendalian hama, penyakit dan gulma dengan menggunakan pestisida (Sembel, 2015).

Limbah industri menjadi sumber utama pencemar lingkungan yang terjadi pada berbagai komponen lingkungan baik air, tanah maupun udara. Namun yang paling berbahaya bagi kehidupan adalah yang terjadi di perairan (Manik, 2009). Pencemaran air dapat menyebabkan masalah ekologi dan lingkungan yang serius (Ma dkk., 2009). Di antara banyaknya masalah pencemaran lingkungan saat ini yang mendapat perhatian serius adalah masalah pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh logam berat. Pencemaran ini dapat menyebabkan kerugian besar, karena umumnya buangan atau limbah pada lingkungan mengandung zat beracun (Darmono, 2001).



#### Logam Berat

Logam berat merupakan unsur logam yang mempunyai densitas lebih besar dari 5 g/cm<sup>3</sup>. Hampir semua logam berat dapat menjadi racun bagi tubuh mahluk

hidup. Walaupun logam berat dapat berbahaya bagi makhluk hidup, sebagian logam berat dibutuhkan oleh makhluk hidup dalam jumlah yang sangat sedikit (Palar, 1994). Logam berat juga penting dalam banyak hal bagi manusia, terutama dalam pembuatan produk tertentu. Tetapi, efek biotoksitasnya berbahaya jika sering terpapar yang berpotensi mengancam nyawa (Duruibe dkk., 2007). Air tercemar oleh logam berat dengan konsentrasi rendah atau bahkan sangat rendah dapat menyebabkan masalah kesehatan serius pada tubuh manusia (Elmorsi dkk., 2014).

Logam berat dapat masuk ke perairan melalui berbagai cara. Logam berat dalam air laut berasal dari aktivitas manusia di daratan yang masuk ke laut melalui sungai, dapat pula berasal dari atmosfer yang jatuh ke laut, serta dapat pula berasal dari gunung berapi (Nugraha, 2009). Adanya logam berat yang terdistribusi dalam air laut dapat menambah kandungan logam yang terakumulasi pada organisme hidup dan perairan. Logam berat yang menyebabkan pencemaran air dapat berasal dari limbah industri, pertanian maupun rumah tangga. Beberapa penelitian sebelumnya menyatakan, bahwa sebagian perairan di Indonesia tercemar logam berat. Beberapa perairan tersebut adalah perairan di Pulau Jawa dan Bali yang diwakili oleh perairan Dadap, Cilincing, Demak dan Pasuruan. Perairan di Kalimantan, dan Sulawesi yang diwakili oleh Banjarmasin, Balikpapan, Pontianak dan Makassar (Siregar dan Murtini, 2008).

### 2.3 Logam Kobalt (Co)

Kobalt adalah salah satu dari berbagai logam yang ditemukan secara alami di alam. Logam ini penting bagi kehidupan manusia, namun seperti pada semua logam lainnya, dalam jumlah berlebihan, logam ini dapat menjadi racun dan menyebabkan banyak efek samping yang berbahaya dan



berpotensi permanen. Kobalt yang ada di air limbah industri dapat menghasilkan berbagai efek buruk pada manusia (Din dkk., 2013). Batas kobalt yang diizinkan di dalam air irigasi dan air limbah ternak masing-masing adalah 0,05 dan 1,0 ppm. Konsentrasi kobalt yang lebih tinggi dapat menyebabkan tekanan darah rendah, kelumpuhan, diare, iritasi paru-paru dan defek tulang (Gupta dkk., 2012).

Senyawa kobalt banyak digunakan pada berbagai industri seperti pertambangan, metalurgi, lempeng listrik, cat, pigmen dan elektronik. Air limbah pembangkit listrik tenaga nuklir juga mengandung kobalt (Bathnagar dkk., 2010). Berdasarkan sudut pandang toksikologi, logam berat ini dapat dibagi dalam dua jenis, yaitu logam berat esensial dan logam berat nonesensial. Logam berat esensial, dimana keberadaannya dalam jumlah tertentu sangat dibutuhkan oleh organisme hidup namun dalam jumlah yang berlebihan dapat menimbulkan efek racun. Contoh logam berat ini adalah Zn, Cu, Fe, Co, Mn, Ni, dan sebagainya. Sedangkan logam berat tidak esensial atau beracun, dimana keberadaannya dalam tubuh masih belum diketahui manfaatnya atau bahkan bersifat racun, seperti Hg, Cd, Pb, Cr dan lain-lain (Yudo, 2006).

## 2.4 Adsorpsi

Proses adsorpsi adalah salah satu metode perawatan fisik. Dalam teknik ini, molekul adsorbat terakumulasi ke permukaan adsorben (Elmorsi dkk., 2014). Adsorpsi diterima secara luas dalam aplikasi perawatan lingkungan di seluruh dunia. Sistem

padat-cair didasarkan pada kemampuan yang pasti zat padat untuk secara selektif mengkonsentrasikan zat tertentu dari larutan ke permukaannya. Prinsip ini digunakan untuk menghilangkan polutan, seperti ion logam dan organik, dari air



limbah. Penelitian ekstensif telah dilakukan selama sepuluh tahun terakhir untuk ditemukan berkapasitas rendah, berkapasitas tinggi untuk menghilangkan ion logam (Pirajan dan Giraldo, 2012).

Keberhasilan proses adsorpsi dimulai dengan memilih adsorben yang tepat. Beberapa adsorbendapat digunakan untukmengolah limbah industri, yaitu karbon aktif komersial, zeolit, silika gel dan alumina teraktifasi. Tetapi, media adsorpsi ini relatif mahal. Alternatif adsorben dengan biaya rendah diperlukan, salah satunya yaitu adsorben dari bahan alam (Musapatika dkk., 2010).

Adsorben dari bahan alam yang ramah lingkungan merupakan bahan yang memiliki potensial untuk digunakan. Adapun syarat sebagai adsorben yaitu memiliki luas permukaan besar serta memiliki porositas yang tinggi sehingga memiliki kapasitas adsorpsi yang besar. Kekuatan mekanis yang baik serta ketahanan terhadap abrasi sangat penting, karena adsorben akan mengalami proses regenerasi berulang-ulang pada saat digunakan. Agar dapat memisahkan bahan dengan baik, maka adsorben harus memiliki kemampuan transfer massa yang baik (Yang, 2009 dalam Kusuma, 2014).

Penelitian tentang adsorpsi logam Co(II) dari *Saccharum bengalense* telah dilakukan (Din dkk., 2013). Hasil penelitian menunjukkan bahwa *Saccharum bengalense* dapat mengadsorpsi ion Co(II) pada pH optimum 6, waktu kontak optimum 60 menit. Sedangkan Hasni (2009) mengadsorpsi ion Co(II) yang terikat

katan C-O yang terdapat pada ampas tahu.

### termal Adsorpsi

otermal adsorpsi menggambarkan hubungan antara zat yang teradsorpsi oleh



adsorben dengan tekanan atau konsentrasi pada keadaan kesetimbangan dan temperatur tetap (Barrow, 1983 dalam Rakhmawati, 2007). Adsorpsi memiliki parameter seperti kesetimbangan. Isothermal langmuir yang menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi satu lapisan monolayer dan isotherm Freundlich yang menunjukkan bahwa adsorpsi terjadi multi lapisan tersebut multilayer (Astandana dkk., 2016).

Isothermal adsorpsi dapat dianalisis dengan tiga model yaitu Langmuir, Freundlich dan BET. Model isotherm adsorpsi digunakan untuk mengetahui jenis adsorpsi yang terjadi antara adsorben dengan adsorbat (Aji dan Kurniawan, 2012).

### 1. Isothermal Langmuir

Isothermal Langmuir biasanya digunakan untuk adsorpsi monolayer pada tempat homogen yang spesifik pada permukaan biosorben. Persamaan Isothermal Langmuir dinyatakan sebagai berikut (Erhayem dkk., 2015) :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{K_L q_m} + \frac{C_e}{q_m} \quad (1)$$

Keterangan :

$q_m$  = kapasitas serapan monolayer (mg/g)

$K_L$  = Konstanta kesetimbangan Langmuir (L/g)

$C_e/q_e$  = berbanding lurus dengan  $C_e$

### 2. Isothermal Freundlich

Isotherm Freundlich biasanya digunakan untuk sistem energi permukaan (distribusi penyerapan panas tidak seragam). Persamaan Freundlich dinyatakan sebagai berikut (Erhayem dkk., 2015) :

$$\log q_e = \log k_f + \frac{1}{n} \log C_e \quad (2)$$



Keterangan :

kf = Kapasitas Adsorpsi

n = Intensitas biosorpsi

q<sub>e</sub> = banyaknya logam per unit massa adsorbat (mg/g)

C<sub>e</sub> = Konsentrasi kesetimbangan (mg/L)

### 3. Isothermal BET

Isotermal BET didasarkan pada penentuan volume molekul teradsorpsi secara fisika setebal satu lapis molekul monolayer pada permukaan adsorben. Bentuk persamaan isothermal BET diberikan oleh persamaan (3), dimana C adalah konstanta BET, P<sub>o</sub> merupakan tekanan uap jenuh yang diadsorpsi pada suhu eksperimen (kPa), P adalah tekanan total gas saat adsorpsi (kPa), V<sub>m</sub> adalah volume gas yang diadsorpsi untuk monolayer (cm<sup>3</sup>) dan V adalah volume gas yang diadsorpsi pada tekanan P dengan satuan cm<sup>3</sup> (Shofa, 2012).

$$\frac{P}{V\left(\frac{P_o}{P}-1\right)} = \frac{1}{V_m C} + \frac{(C-1)P}{V_m C P_o} \quad (3)$$

Persamaan (3) hanya untuk P/P<sub>o</sub> bernilai bernilai antara 0,05-0,35 dan V<sub>m</sub> dapat ditentukan. Persamaan (3) dapat diplot secara linear, yaitu antara 1/V((P/P<sub>o</sub>)-1) dengan P/P<sub>o</sub>, sehingga didapat persamaan dengan slope (C-1)/V<sub>m</sub>C dan intersep 1/V<sub>m</sub>C, sehingga didapatkan nilai V<sub>m</sub>. Luas permukaan adsorben dapat dihitung

menurut persamaan (4), dimana N merupakan bilangan Avogadro = 6,022 x 10<sup>23</sup> mol<sup>-1</sup>, A adalah luas penampang satu molekul adsorbat (m<sup>2</sup>), W adalah berat sampel dan S<sub>g</sub> merupakan luas permukaan adsorben/berat adsorben dengan satuan m<sup>2</sup>/g (Shofa, 2012).



$$S_g = \frac{V_m N A}{2240 W} \quad (4)$$

### 2.4.2 Kinetika Adsorpsi

Kinetika adsorpsi menyatakan laju adsorpsi dari adsorbat pada adsorben yang mengontrol kesetimbangan waktu. Model kinetika dapat mengikuti persamaan orde pertama atau persamaan orde kedua (Esmaeili dkk., 2012):

a. Persamaan orde pertama

Persamaan orde pertama umumnya digambarkan sebagai berikut :

$$dq_t/dt = k_1 (q_e - q_t) \quad (5)$$

dimana  $q_e$  dan  $q_t$  adalah kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan pada waktu  $t$ , berturut-turut (mg/g) dan  $k_1$  adalah laju konstanta adsorpsi orde pertama (menit<sup>-1</sup>). Bentuk integrasi dari persamaan 5 menjadi:

$$\log (q_e - q_t) = \log (q_e) - (k_1/2,303) t \quad (6)$$

plot dari  $\log (q_e - q_t)$  versus  $(t)$  memberikan kurva garis lurus dengan slope  $(k_1/2,303)$  dan intersep dari  $\log (q_e)$ .

b. Persamaan orde kedua

Persamaan laju kinetika adsorpsi orde kedua digambarkan sebagai berikut:

$$dq_t/dt = k_2 (q_e - q_t)^2 \quad (7)$$

dimana  $q_e$  dan  $q_t$  adalah kapasitas adsorpsi pada kesetimbangan pada waktu  $t$ , berturut-turut (mg/g) dan  $k_2$  adalah laju konstanta adsorpsi orde kedua (1/mg.menit). Bentuk integrasi dari persamaan 7 menjadi:

$$1/(q_e - q_t) = 1/(q_e) + k_2 t \quad (8)$$

Bentuk linear persamaan 8 adalah:



$$t/q_t = 1/k_2q_e^2 + (1/q_e) t \quad (9)$$

plot  $t/q_t$  versus  $t$  memberikan kurva lurus dengan slope  $(1/q_e)$  dan intersep dari  $(1/k_2q_e^2)$ .

## 2.5 Biosorpsi

Biosorpsi merupakan proses kimia dan fisika dalam menyerap zat-zat dari larutan menggunakan material biologis. Biosorpsi merupakan salah satu metode yang menjanjikan dalam penanggulangan logam berat di perairan, karena biosorpsi merupakan metode sederhana yang menggunakan biomassa dan limbah biologis. Banyak macam material biologis yang dapat digunakan sebagai biosorben yaitu mikroorganisme, bakteri, jamur, ragi, alga dan biomassa (Nour dkk., 2014; Viera dan Volesky, 2000).

Proses biosorpsi melibatkan fase padat (penyerap atau biosorben, bahan biologis) dan fase cair (pelarut, biasanya air) yang mengandung spesies terlarut yang akan diserap. Mekanisme biosorpsi pada mikroorganisme belum dapat dimengerti sepenuhnya. Tetapi biosorpsi dapat digolongkan dalam berbagai kriteria. Kriteria metabolisme, yaitu biosorpsi yang bergantung pada metabolisme dan yang tidak bergantung metabolisme. Kriteria tempat terjadinya biosorpsi, yaitu akumulasi ekstra seluler, adsorpsi permukaan sel dan akumulasi internal sel (Ahalya dkk., 2003).

Seperti adsorpsi secara umum, biosorpsi ion logam dipengaruhi oleh banyak faktor eksperimental seperti pH, kekuatan ion, konsentrasi biomassa, dan adanya logam lain yang berbeda larutan air. Variabilitas parameter ini di air limbah sebenarnya sangat perlu diketahui pengaruhnya terhadap kinerja biosorpsi (Yao, 2014).



## 2.6 Biomassa dan Penggunaannya

Penelitian mengenai kapasitas pengikatan logam oleh beberapa jenis biomassa telah dilakukan sejak tahun 1985. Ternyata beberapa jenis biomassa sangat efektif dalam mengakumulasi logam-logam berat. Ketersediaan adalah faktor utama yang harus diperhitungkan dalam memilih biomassa yang akan digunakan untuk proses pemurnian logam. Rumput laut, jamur, ragi, bakteri, kulit kepiting dan biomassa-biomassa lainnya telah diteliti untuk biosorpsi logam dan memberikan hasil yang sangat memuaskan (Viera dan Volesky, 2000).

Menurut Son dkk., (2004), biosorben merupakan bahan penyerap yang berasal dari mikroorganisme atau produk metabolitnya. Goyal dkk., (2003) menemukan beberapa jenis bakteri, khamir dan fungi sebagai biosorben yang baik. Biosorben yang berasal dari produk metabolik makhluk hidup antara lain: selulosa, alginat, karaginan lignin, protein dan kitosan (Schmuhl dkk., 2001). Salah satu biomassa yang digunakan sebagai biosorben adalah rumput laut (Kusuma dkk., 2014).

## 2.7 Rumput Laut *Eucheuma spinosum*

Rumput laut merupakan sumber biomassa generasi ketiga untuk produksi bioethanol (Goh dan Lee, 2010). Salah satu jenis rumput laut tersebut yaitu *Eucheuma spinosum*. *E. spinosum* merupakan rumput laut dari kelompok Rhodopyceae (alga merah) yang mampu menghasilkan karaginan (Alam, 2011).

Menurut Alam (2011) *E. spinosum* termasuk dalam kelas Rhodophyceae atau

ah dengan klasifikasi sebagai berikut:

ingdom : Plantae

ivisi : Rhodophyta



Kelas : Rhodophyceae

Ordo : Gigartinales

Famili : Solieracea

Genus : Eucheuma

Species: *Eucheuma spinosum*

Rumput laut mengandung polisakarida yang tinggi merupakan struktur dari dinding sel yang diekstrak dari rumput merah menghasilkan karagenan dan agar, sedangkan rumput laut coklat yang menghasilkan alginat. *E. spinosum* merupakan salah satu kelompok alga merah hasil ekstraknya karagenan (Diharmi dkk., 2011).

*Eucheuma spinosum* memiliki ciri-ciri *thallus* silindri, percabangan *thallus* berujung runcing atau tumpul dan ditumbuhi nodulus (tonjolan-tonjolan), berupa duri lunak yang tersusun berputar teratur mengelilingi cabang *E. spinosum* tumbuh melekat pada terumbu karang, batu karang, dan cangkang keras (Anggadireja dkk., 1986 dalam Alam, 2011). *E. spinosum* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Rumput Laut *Eucheuma spinosum* (Alam, 2011)



Kandungan kimia dari rumput laut *E. spinosum* adalah lota karaginan (65%), protein, karbohidrat, lemak, serat kasar, air dan abu. Lota karaginan merupakan polisakarida tersulfatkan dimana kandungan ester sulfatnya adalah 28-35%. Atom sulfur (S) dan oksigen (O) pada ester sulfat, -OH dan -COOH pada polisakarida, merupakan situs-situs aktif tempat berinteraksinya suatu logam pada rumput laut (Sudiarta dan Diantariani, 2008).

Polisakarida dalam spesies *Eucheuma* sebagian besar berbentuk karagenan, sebagai komponen dinding sel. Carrageenans adalah yang utama polisakarida hadir dalam banyak makroalga merah (rumput laut). Polisakarida pembentuk gel ini memiliki kekuatan linier residu D-galaktosa, yang dihubungkan dengan cara bolak-balik antara  $\alpha$ -(1,3)-D-galaktosa-4-sulfat dan  $\beta$ -(1,4)-3,6-anhidro-D-galaktosa yang saling berikatan, yang digantikan oleh satu ( $\kappa$ -karaginan), dua ( $\iota$ -karagenan), atau tiga ( $\lambda$ -karagenan) ester-sulfonik kelompok per unit pengulangan di-galaktosa. Kandungan karbohidrat monosakarida di *Eucheuma* spp. adalah 56,2% D-galaktosa dan 43,8% 3,6-anhidro galaktosa (Raddi, 2015).

Secara umum, rumput laut mempunyai kemampuan yang cukup tinggi dalam mengadsorpsi karena di dalam rumput laut terdapat gugus fungsi yang dapat berinteraksi dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril imadazol, sulfat dan sulfonat yang terdapat didalam dinding sel dalam sitoplasma (Kusuma dkk., 2014).



### **Kabupaten Takalar**

Kabupaten Takalar, Sulawesi Selatan merupakan daerah penghasil rumput laut. Kabupaten Takalar adalah satu daerah yang menjadi sentra untuk pertumbuhan dan pembudidayaan

rumput laut di Kabupaten Takalar yaitu di Kecamatan Mangarabombang. Wilayah ini memiliki luas 100,50 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 74 km<sup>2</sup> yang terbagi kedalam 12 desa/kelurahan salah satu Desa Punaga dengan luas wilayah 15,74 km<sup>2</sup>. Dengan kondisi wilayahnya yang terletak kurang dari 50 m dari permukaan laut, desa ini menjadi salah satu sentra pengembangan rumput laut yang cukup maju di Kabupaten Takalar (Dinas Kelautan dan Perikanan, 2017).

Rumput laut yang tumbuh pada lokasi tertentu di Kabupaten Takalar ini diperkirakan sangat bervariasi, diantaranya terdapat *Eucheuma spinosum*, *Gracilaria verrucosa*, *Caulerpa racemosa*, *Sargassum sp.*, *Hormophysa sp.* dan masih banyak spesies lainnya yang bias dimanfaatkan oleh masyarakat, salah satunya untuk usaha budidaya rumput laut (Hartono dkk., 2016). Potensi budidaya rumput laut tersedia di sepanjang pantai dengan luas area budidaya ±13,385 Ha dengan produksi yang mencapai 923.832 ton pada tahun 2016 (Dinas Kelautan dan Perikanan, 2017).

