

**Adsorpsi Bahan Pencemar Logam Pb Menggunakan  
Vermikompos *Sargassum***

**TESIS**

**MISRAWATI MUKHTAR**



**JURUSAN ILMU PERIKANAN**

**PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**UNIVERSITAS HASANUDDIN**

**MAKASSAR**

**2013**

**Adsorpsi Bahan Pencemar Logam Pb Menggunakan  
Vermikompos *Sargassum***

**TESIS**

**MISRAWATI MUKHTAR**



**JURUSAN ILMU PERIKANAN  
PROGRAM PASCASARJANA UNIVERSITAS HASANUDDIN  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**Adsorpsi Bahan Pencemar Logam Pb Menggunakan**

**Vermikompos *Sargassum***

**Tesis**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Magister**

**Program Studi**

**Ilmu Perikanan**

**Disusun dan diajukan oleh**

**MISRAWATI MUKHTAR**

**Kepada**

**PROGRAM PASCASARJANA  
UNIVERSITAS HASANUDDIN  
MAKASSAR  
2013**

**TESIS**

**ADSORPSI BAHAN PENCEMAR LOGAM Pb  
MENGUNAKAN VERMIKOMPOS SARGASSUM**


Disusun dan diajukan oleh

**MISRAWATI MUKHTAR**  
Nomor Pokok P3300211003

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis  
pada tanggal 20 Agustus 2013  
dan dinyatakan telah memenuhi syarat

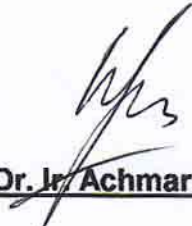
**Menyetujui**  
**Komisi Penasehat,**

  
**Dr. rer. nat. Elmi N. Zainuddin, DES.**  
Ketua

  
**Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc.**  
Anggota

Ketua Program Studi  
Ilmu Perikanan,

Direktur Program Pascasarjana  
Universitas Hasanuddin,

  
**Prof. Dr. Ir. Achmar Mallawa, DEA.**

  
**Prof. Dr. Ir. Mursalim**

## **PERNYATAAN KEASLIAN TESIS**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Misrawati Mukhtar

Nomor Mahasiswa : P33 00 211 003

Program Studi : Ilmu Perikanan

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa tesis yang saya tulis ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan tulisan atau pemikiran orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan bahwa sebagian atau keseluruhan tesis ini hasil karya orang lain, saya bersedia menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Makassar, 20 Agustus 2013

Misrawati Mukhtar

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul **"Adsorpsi Bahan Pencemar Logam Pb Dengan Menggunakan *Vermicompos Sargassum*"**.

Pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Kedua orang tuaku yang tercinta Ayahanda Drs. Mukhtar Januddin, M.Pd. dan Almarhumah Ibunda tercinta Munirah Hamid, S.Pd. yang selama ini tak henti-hentinya memberikan dukungan, semangat dan do'a yang tulus sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis ini. Kepada suami tercinta Zainal Abidin, ST. yang selama ini merupakan penyemangat penulis agar bisa menyelesaikan studi strata dua, serta kedua Saudaraku Mukhtasyam Mukhtar A.Md. dan Nurul Fitriyah Mukhtar, yang tak hentinya memberikan semangat.
2. Ibu Dr. Ir. rer. nat. Elmi Nurhaedah Zainuddin, DES. dan Bapak Dr. Ir. Khusnul Yaqin, M.Sc. selaku pembimbing yang telah menyediakan waktu, tenaga dan pemikiran dalam memberikan bimbingan dan petunjuk sejak awal penelitian sampai terselesainya tesis ini.

3. Bapak Prof. Dr. Ir. Rajuddin Syamsuddin, M.Sc., Dr. Ir. Farid Samawi, M.Sc. dan Bapak Dr. Ir. Lodewijk, M.S., yang telah banyak membantu dan memberikan masukan, arahan maupun bimbingan dalam penyelesaian tesis ini.
4. Ibu Fitriani S.Si, selaku pegawai Laboran Kualitas Air Perikanan telah banyak membantu, memberikan motivasi dan izin study dalam penyelesaian tugas akhir penulis.
5. Terima kasih kepada kepala dan Staff PT. Lumsifa Makassar atas kerjasama dan partisipasinya serta bantuan selama penyelesaian study akhir penulis.
6. Teman-teman Pascasarjana Ilmu Perikanan UNHAS angkatan 2011 yang tidak sempat disebut satu persatu, terima kasih atas bantuan dan motifasinya selama ini.

Akhirya penulis berharap semoga hasil yang dituangkan dalam tesis ini dapat memberikan manfaat bagi siapa saja yang membutuhkan, khususnya bagi pribadi penulis.

Makassar, 20 Agustus 2013

Penulis

## ABSTRAK

**Misrawati Mukhtar.** *Adsorpsi bahan pencemar logam Pb menggunakan vermikompos Sargassum* (dibimbing oleh **Elmi N. Zainuddin dan Khusnul Yaqin**).

Adsorpsi merupakan metode alternatif yang dapat mengatasi pencemaran lingkungan berasal dari buangan limbah mengandung logam. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan vermikompos *Sargassum* mengadsorpsi Pb. Adsorpsi oleh vermikompos *Sargassum* telah dilakukan pada variasi pH dan konsentrasi logam. Logam dianalisis dengan menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Pada penelitian ini juga dilakukan faktorial antara kelompok pH dan konsentrasi logam. Data yang dikumpulkan di uji dengan uji Anova. Hasil penelitian menunjukkan kesetimbangan adsorben vermikompos *Sargassum* dicapai pada pH 6. Konsentrasi penyerapan optimumnya berada pada konsentrasi 30 ppm sebesar 99.80 %. Uji faktorial menunjukkan adanya interaksi/hubungan antara pH dengan konsentrasi ( $P < 0.05$ ) dan proses adsorpsi lebih sesuai dengan model isothermal Langmuir. Dapat disimpulkan bahwa vermikompos *Sargassum* dapat digunakan untuk bahan adsorpsi logam Pb.

Kata kunci : Adsorpsi, Logam timbal (Pb), vermikompos *Sargassum*.



## ABSTRACT

**MISRAWATI MUKHTAR.** *The Adsorption Of Pb-Methal Contaminants Using Sargassum Vermicompost* (Supervised by **Elmi N. Zainuddin dan Khusnul Yaqin**).

Adsorption is an alternative method that can overcome the environmental pollution coming from waste disposal contains metal. This study aims to know the ability of Sargassum vermicompost to adsorb Pb. Adsorption by Sargassum vermicompost has been done on pH variation and metal concentration. The varians analysis by using *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS). In this study, it is also conducted a factorial design between pH and metal concentration groups. The data collected was tested with Anova-test. The results of study indicate of Vermicompos *sargassum* adsorbent has been in equilibrium is achieved at pH-6. Its optimum absorption concentration at 30 ppm concentration of 99.80%. Factorial test shows the interaction/relationship between pH with concentration ( $P > 0.05$ ) and adsorption processes is more appropriate with the Langmuir isothermal models. It can be concluded that *Sargassum* vermicompost can be used as adsorption material for Pb-metal.

Keywords: Adsorption, Pb-metal, Vermicompost *Sargassum*.

## DAFTAR ISI

	Hal
<b>HALAMAN PENGESAHAN</b> .....	i
<b>KEASLIAN TESIS</b> .....	ii
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	iii
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>ABSTRACT</b> .....	vi
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xii
<b>BAB I. PENDAHULUAN</b>	
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah .....	3
C. Tujuan Penelitian .....	3
D. Manfaat Penelitian .....	4
<b>BAB II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
A. Pencemaran Air .....	5
B. Logam.....	6
1. Logam Timbal .....	7
2. Bahaya Logam Pb .....	8
C. Rumput Laut Coklat ( <i>Sargassum duplicatum</i> ) .....	9
1. Sebagai Sumber Senyawa Alginat dan Biosorben .....	11
	x

D. Vermicompos .....	14
E. Adsorpsi.....	21
F. Interaksi Ion Logam Dengan Humus.....	22
1. Derajat Keasaman .....	24
2. Waktu Kontak .....	26
3. Kapasitas Adsorpsi .....	27
G. Kemampuan Vermikompos Dalam Mengasorpsi Logam Pb .....	28
H. Kerangka konseptual .....	29
I. Hipotesis .....	31

### **BAB III. METODE PENELITIAN**

A. Rancangan Penelitian .....	32
B. Waktu dan Tempat .....	33
C. Alat dan Bahan .....	34
D. Prosedur Kerja .....	34
1. Penyiapan Adsorben Vermicompos <i>Sargassum</i> .....	34
2. Penelitian Pendahuluan .....	35
2.1. Penentuan pH Optimum .....	35
2.2. Penentuan Konsentrasi Larutan Logam .....	36
3. Penelitian Inti .....	37
E. Analisis Logam .....	38
F. Analisis Data.....	40

#### **BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

A. Karakteristik Vermicompos <i>Sargassum</i> .....	41
B. Penentuan pH Optimum .....	42
C. Penentuan Kapasitas Adsorpsi .....	46
D. Penentuan pH dan Konsentrasi Optimum dengan Menggunakan Rancangan Faktorial .....	48

#### **BAB V. PENUTUP**

A. Kesimpulan.....	53
B. Saran .....	53

## DAFTAR TABEL

Tabel		Halaman
1.	Perbandingan sifat kimia vermikompos dan kompos	18
2.	Jumlah logam Pb yang teradsorpsi oleh vergas dengan variasi pH	42
3.	Jumlah logam Pb yang teradsorpsi oleh vergas dengan variasi konsentrasi	46
4.	Perbandingan persentase adsorpsi logam	48
5.	Rata-rata jumlah logam Pb yang diadsorpsi oleh <i>vergas</i> dengan variasi konsentrasi dan pH	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar		Halaman
1.	Morfologi <i>Sargassum duplicatum</i>	10
2.	Skema Kerangka Konseptual	31
3.	Skema Rancangan Penelitian	32
4.	Hasil Pembuatan Vermikompos <i>Sargassum</i>	41
5.	Pengaruh pH terhadap jumlah Pb yang diadsorpsi	42
6.	Pengaruh Konsentrasi dengan jumlah adsorpsi Pb	46
7.	Model Isothermal Langmuir dan Freundlich	51

## DAFTAR LAMPIRAN

### Lampiran

1. Kalibrasi larutan logam Pb dan data perhitungan nilai logam teradsorpsi pada variasi pH
2. Pengujian kenormalan variasi pH (data yang menunjukkan tidak normal akan diuji lanjut menggunakan uji non-parametrik yaitu uji Mann-Whitney)
3. Kalibrasi larutan logam Pb dan data perhitungan nilai logam teradsorpsi pada variasi konsentrasi
4. Pengujian kenormalan dan homogenitas data konsentrasi
5. Kalibrasi larutan logam Pb dan data perhitungan nilai logam teradsorpsi pada faktorial pH dan konsentrasi
6. Pengujian faktorial antara pH dan konsentrasi
7. Interaksi antara pH dan konsentrasi yang telah difaktorialkan
8. Perbedaan secara signifikan antara konsentrasi dan pH yang berbeda-beda.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang**

Meningkatnya pencemaran logam di perairan lebih banyak melalui limbah rumah tangga, pertambangan, pembakaran bahan bakar minyak dan sebagainya. Pencemaran logam yang diakibatkan oleh aktivitas-aktivitas ini harus dapat dikendalikan, karena bila tidak dilakukan akan menimbulkan permasalahan yang serius bagi kelangsungan hidup manusia maupun alam sekitarnya, salah satu diantaranya logam Pb (Timbal) (Ensafi *dkk.*, 2008).

Luasnya penggunaan Pb oleh aktivitas manusia seperti dalam bahan bakar bensin, baterai, cat dan sebagainya menyebabkan kemungkinan tercemarnya perairan oleh logam Pb juga makin tinggi. Plumbum/ timbal merupakan logam toksisitas yang biasanya terakumulasi di dalam tubuh (Sudarmadji *dkk.*, 2006). Keracunan Pb dalam waktu lama bersifat toksit yang sangat berbahaya terhadap beberapa macam organ yaitu paru-paru, tulang, hati dan ginjal. Proses ini akan lebih cepat bila memasuki tubuh manusia melalui rantai makanan (Darmono, 2004).

Usaha-usaha pengendalian limbah ion logam belakangan ini semakin berkembang, yang mengarah pada upaya-upaya pencarian metode-metode baru yang murah, efektif dan efisien. Beberapa metode kimia maupun biologis telah dicoba untuk menghilangkan logam yang



terdapat di dalam limbah, diantaranya adsorpsi (Hariani *dkk.*, 2009). Proses ini telah banyak dipakai dalam industri karena memiliki keuntungan, yaitu lebih ekonomis dan juga tidak menimbulkan efek samping yang beracun serta mampu menghilangkan bahan-bahan organik (Pujiastuti *dkk.*, 2008).

Beberapa spesies alga efektif untuk mengikat ion logam dari lingkungan perairan. Hal ini karena biomassa alga mengandung beberapa gugus fungsi dan dapat berperan sebagai ligan terhadap ion logam (Buhani, 2006). Interaksi antara ion Cu(II), Cd(II), dan Pb(II) dengan biomassa *Chorella sp.* terjadi melalui mekanisme yang sama, yaitu pembentukan ion kompleks, dimana terdapat gugus fungsi –COOH sebagai penyusun utama polisakarida dan gugus peptida (-CO, NH<sub>2</sub>, dan CONH<sub>2</sub>) sebagai penyusun pektin dan protein yang bertindak sebagai pasangan elektron yang baik terhadap ion logam (Astuti, 2006). Dengan demikian biomassa alga memiliki kemampuan yang tinggi untuk mengikat logam dalam air.

Vermikompos adalah kompos yang diperoleh dari hasil perombakan bahan-bahan organik yang dilakukan oleh cacing tanah, atau merupakan campuran kotoran cacing tanah (kascing) dengan sisa media/pakan dalam budidaya cacing tersebut. Dalam vermikompos banyak mengandung humus yang mempunyai peranan dalam pertukaran anion dan kation, kompleks atau khelat beberapa ion logam (Ariyanto *dkk.*, 2012).

Vermikompos *Sargassum* adalah kompos yang terbentuk dari hasil penguraian *Sargassum* oleh cacing tanah. Dengan mengetahui kemampuan antara *Sargassum sp.* dan vermikompos yang dapat mengikat dan bertindak sebagai donor pasangan elektron yang baik terhadap ion logam, maka perlu dilakukan penelitian tentang kemampuan vermikompos *Sargassum* (vergas) sebagai adsorben logam Pb yang nantinya dapat diterapkan dalam pengolahan limbah atau pemulihan lingkungan perairan akibat pencemaran timbal (Pb).

### **B. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

- Berapakah pH optimum vergas yang memengaruhi daya serap vergas terhadap logam Pb.
- Berapakah konsentrasi optimum logam Pb yang dapat diserap oleh vergas.
- Adakah korelasi positif antara pH dan konsentrasi Pb dalam proses penyerapan logam.

### **C. Tujuan Penelitian**

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Menentukan pH optimum vergas yang memengaruhi daya serap terhadap logam Pb.
- Menentukan konsentrasi optimum logam Pb yang dapat diserap oleh vergas.
- Menunjukkan adanya korelasi positif antara pH dan konsentrasi Pb dalam proses penyerapan logam.

### **D. Manfaat Penelitian**

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi bahan pertimbangan dalam pengolahan limbah industri yang berbahaya bagi biota air agar dapat meminimalisir terjadinya pencemaran lingkungan khususnya pencemaran logam.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Pencemaran Air**

Air merupakan zat yang terpenting dalam penunjang kehidupan makhluk hidup, namun saat ini sebagian besar air telah tercemar oleh polutan-polutan berbahaya yang dapat menimbulkan dampak negatif dan masalah bagi kehidupan kita. Air buangan atau limbah yang berasal dari aktivitas manusia, baik buangan rumah tangga maupun aktivitas industri merupakan penyebab utama terjadinya pencemaran di suatu perairan yang dapat menurunkan kualitas/mutu air (Suksmerri, 2005).

Menurut Palar (2004) pencemaran atau polusi air adalah masuknya suatu makhluk hidup, zat dan bahan komponen lainnya ke dalam air atau berubahnya tatanan air oleh aktivitas manusia maupun proses alam, sehingga dapat menyebabkan air terkontaminasi atau tidak dapat berfungsi lagi sesuai dengan peruntukannya. Sekarang ini pencemaran dalam lingkungan perairan sudah semakin berat dengan masuknya buangan limbah industri yang dibuang secara langsung ke dalam suatu perairan tanpa melakukan proses pengolahan limbah terlebih dahulu dengan berbagai bahan kimia yang sangat berbahaya dan beracun apabila dalam konsentrasi yang tinggi dapat membahayakan bagi kehidupan biota perairan seperti bahan pencemar logam (Lestari dan Edward, 2004).

## B. Logam

Beberapa jenis logam banyak digunakan dalam berbagai keperluan, oleh karena itu diproduksi secara rutin dalam skala industri. Penggunaan logam-logam ini dalam berbagai keperluan sehari-hari berarti secara langsung maupun tidak langsung akan mencemari lingkungan perairan (Palar, 1994).

Logam-logam dalam lingkungan perairan umumnya berada dalam bentuk ion. Ion-ion tersebut ada yang merupakan ion-ion bebas, ion-ion kompleks dan bentuk-bentuk ion lainnya (Achmad, 2004). Kelarutan dari unsur-unsur logam di dalam badan perairan dikontrol oleh;

- pH badan air
- Jenis dan konsentrasi logam
- komponen mineral teroksidasi (reaksi dimana suatu senyawa kimia kehilangan elektron, memperoleh oksigen, atau kehilangan hidrogen) dan sistem yang berlingkungan redoks. (Saeni, 1989).

Logam berbahaya yang terutama mencemari lingkungan adalah merkuri (Hg), timbal (Pb), arsen (As), cadmium (Cd), krom (Cr), dan nikel (Ni). Logam-logam yang terlarut dalam perairan ini pada konsentrasi tertentu berubah fungsi menjadi racun bagi kehidupan organisme, meskipun daya racun yang ditimbulkan oleh satu jenis logam terhadap semua biota perairan tidak sama, namun kehancuran dari satu kelompok dapat menjadikan terputusnya satu rantai kehidupan, dua macam logam

yang sering mengkontaminasi air adalah merkuri dan timbal (Darmono, 2006).

### **1. Logam Timbal (Pb)**

Timbal adalah logam lunak kebiruan atau kelabu keperakan dengan titik leleh pada 327,5 °C dan titik didih 1,740 °C pada tekanan atmosfer yang lazim terdapat dalam kandungan endapan sulfid yang tercampur mineral-mineral lain, terutama seng dan tembaga. Penggunaan Pb terbesar adalah industri baterai kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya (Fessenden *dkk.*, 1986).

Timbal digunakan pada bensin untuk kendaraan, cat dan pestisida. Pencemaran logam Pb dapat terjadi di udara, air dan tanah. Selain akibat dari aktivitas manusia, Pb dan persenyawaannya dapat berada di dalam suatu perairan secara alamiah misalnya karena letusan gunung merapi. Logam ini sangat resisten (tahan) terhadap korosi, oleh karena itu seringkali dicampur dengan cairan yang bersifat korosif (seperti asam sulfat) (Darmono, 1995).

Beberapa hasil penelitian menunjukkan konsentrasi logam Pb yang ditemukan dalam salah satu limbah industri elektroplating sebesar 10,766 ppm (Pujiastuti *dkk.*, 2005). Suanda *dkk.* (2002) menganalisis kandungan logam Pb pada industri tekstil sebesar 7,3-15,6 ppm. Data konsentrasi Pb di sedimen Pulau Lae-lae tahun 2010 sebesar 11,95 ppm (Rizal, 2011). Pada hasil penelitian Siswati *dkk.* (2006) menemukan kadar Pb pada limbah pabrik peleburan baja di wilayah Surabaya sebesar 23,19 ppm.

## 2. Bahaya Logam Pb

Timbal (Pb) masuk ke perairan melalui pengendapan, jatuhnya debu, buangan limbah rumah tangga, hasil pembakaran bensin yang mengandung timbal tetraetil, erosi dan limbah industri (Leston *dkk.*, 2010). Adanya kandungan logam Pb dalam perairan ini dapat membahayakan makhluk hidup diantaranya dapat menimbulkan penghambatan sintesis hemoglobin, disfungsi pada ginjal, sendi, sistem reproduksi, dan kerusakan akut/kronis dari sistem saraf pusat (Khan *dkk.*, 2011).

Pada Konsentrasi Pb sebesar 50 ppm dapat menimbulkan bahaya pada lingkungan laut yang berdampak buruk bagi biota laut, banyak logam yang secara biologis terkumpul dalam tubuh organisme dan menetap untuk waktu yang lama akan bersifat racun yang membahayakan organisme perairan (Suksmerri, 2005).

Timah hitam (Pb) bersifat racun bila dalam bentuk  $Pb^{2+}$ . Keberadaan logam dalam perairan akan berpengaruh negatif terhadap kehidupan biota. Logam Pb juga menyebabkan berbagai permasalahan termasuk dalam kegiatan perikanan budidaya (Ahmed *dkk.*, 2010). Pada berbagai organisme akuatik air tawar, timbal telah terbukti memiliki efek racun dengan sensitivitas terendah 4  $\mu\text{g/l}$ . Logam yang terikat dalam tubuh organisme perairan akan mempengaruhi aktivitas organisme pula (Khan *dkk.*, 2011).

Beberapa jalan logam dapat masuk kedalam jaringan tubuh makhluk hidup melalui saluran pernafasan, pencernaan, dan penetrasi

melalui kulit. Di dalam tubuh hewan, logam diadsorpsi oleh darah, berikatan dengan protein darah yang kemudian didistribusikan keseluruh jaringan tubuh. Akumulasi logam yang tinggi akan memengaruhi sifat fisiologis dan perubahan genetik (Lestari dan Edward, 2004).

### **C. Rumput Laut Coklat (*Sargassum duplicatum*)**

Rumput laut merupakan ganggang yang hidup di laut dan tergolong dalam divisio thallophyta. Rumput laut dibagi menjadi empat kelas yaitu: ganggang hijau (Chlorophyceae), ganggang hijau biru (Cyanophyceae), ganggang coklat (Pheaceophyceae) dan ganggang merah (Rhodophyceae) (Kadi, 2000). Menurut Istini (1998) alga biru dan hijau banyak tumbuh di air tawar, sedangkan alga coklat dan merah hampir tumbuh di laut sebagai habitatnya.

Menurut Rasyid (2002) rumput laut coklat (Phaeophyceae) adalah salah satu kelas berdasarkan zat warna atau pigmentasinya. Pigmen yang lebih dominan adalah pigmen xantofil yang menyebabkan rumput laut ini berwarna coklat. Pigmen lain yang terdapat dalam Phaeophyceae adalah klorofil A dan C serta karoten. Semua rumput laut coklat berbentuk benang atau lembaran, bahkan ada yang menyerupai tumbuhan tingkat tinggi dengan bagian-bagian serupa akar, batang, dan daun, serta dapat diklasifikasikan sebagai berikut:



Divisio: Rhodophyta

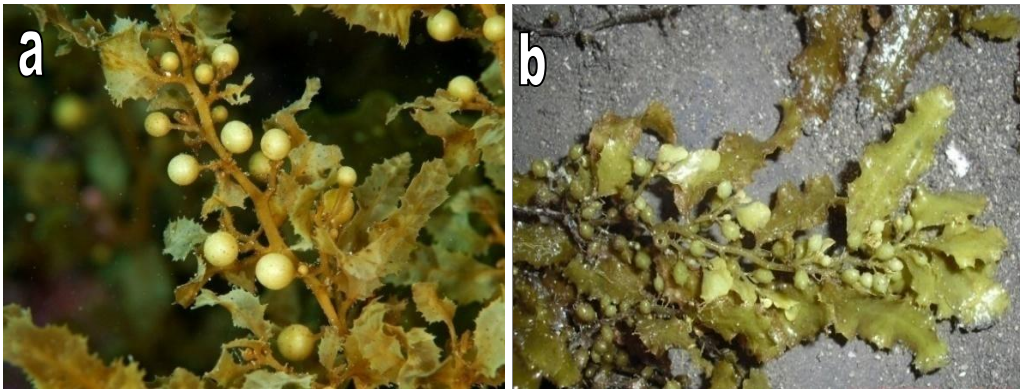
Kelas : Phaeophyceae

Ordo : Fucales

Famili : Sargassaceae

Genus : *Sargassum*

Spesies : *Sargassum duplicatum*



Gambar 1. a) Gambar *Sargassum duplicatum* ( [www.izuzuki.com](http://www.izuzuki.com)).  
b) Gambar *Sargassum duplicatum* di Pulau Saugi.

Ciri-ciri dari *Sargassum duplicatum* adalah *thallus* bulat pada batang utama dan agak gepeng pada percabangan, permukaan halus dan licin, percabangan *dichotomous* dengan daun bulat lonjong, pinggir bergerigi, tebal dan duplikasi (Kadi, 2000). Gelembung udara melekat pada batang daun, bulat telur atau ellips, ada yang bersayap menyerupai bentuk daun membentuk rangkaian atau pengelompokan rimbun merapat seperti kembang kol. Warna coklat tua atau coklat muda (Istini *dkk.*, 1998).

Sebaran *Sargassum duplicatum* tumbuh menempel pada batu di daerah terutama di bagian pinggir luar ratahan terumbu yang sering terkena ombak. Umumnya rumput laut coklat bersifat makroskopis atau dapat dilihat dengan mata secara langsung, dapat mencapai ukuran lebih

dari 30 meter dan mempunyai gelembung-gelembung udara yang berfungsi sebagai pelampung (Kadi, 2000).

Rasyid (2002) rumput laut coklat ini masuk dalam satu kelompok yang sangat besar atau heterokontopyta, suatu eukariotik kelompok organisme yang dibedakan secara mencolok. Rumput laut ini lebih banyak ditemukan pada daerah belahan utara dan di temukan sekitar 500 genus dengan 5600 spesies, pada daerah tropis beberapa spesies ini dapat membentuk biomassa penting. Dinding sel Phaeophyta terdiri dari polisakarida, lipid dan bahan protein (Buhani dan Zipora, 2006). Komponen khusus yang mencirikan adalah dinding sel termasuk asam poliuronik, asam alginik. Perkembangbiakan Phaeophyta secara seksual (generatif) dan aseksual (vegetatif) (Basmal dan Yunizal, 2002).

## **2. Sebagai Sumber Senyawa Alginat dan Biosorben**

Alginat merupakan konstituen dari dinding sel pada rumput laut yang banyak dijumpai pada rumput laut coklat (Phaeophyceae), senyawa ini merupakan heteropolisakarida dari hasil pembentukan rantai monomer mannuronik asam dan gulunorik asam. Kandungan alginat dalam rumput laut tergantung pada jenis rumput lautnya. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa kandungan alginat terbesar (30-40 % berat kering) dapat diperoleh dari jenis *Laminaria*, sedangkan *Sargassum muticum* hanya mengandung 16-18 % berat kering (Rasyid, 2002) dan hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya kandungan alginat dari alga

coklat spesies *Sargassum duplicatum* yang diekstraksi mengandung 12,39% berat kering (Mukhtar, 2010).

Menurut Istini (2006) dalam dunia industri, alginat berbentuk asam alginik (*alginic acid*). Asam alginik adalah sesuatu getah selaput (*membran mucilage*), sedangkan alginat adalah bentuk garam dari asam alginik. Garam alginat ada yang larut dalam air yaitu sodium alginat, potassium alginat dan ammonium alginat, sedangkan yang tidak larut dalam air adalah kalsium alginat.

Pemanfaatan senyawa alginat di dunia industri telah banyak dilakukan, seperti natrium alginat yang dimanfaatkan industri tekstil untuk memperbaiki serta meningkatkan kualitas bahan industri. Senyawa alginat juga banyak digunakan dalam produk susu dan makanan yang dibekukan untuk mencegah pembentukan kristal es. Dalam industri farmasi, alginat digunakan sebagai bahan pembuatan pelapis kapsul dan tablet. Alginat juga digunakan dalam pembuatan bahan biomaterial untuk teknik pengobatan (Tatang, 2005).

Selain pemanfaatan di dunia industri asam alginat yang terdapat dalam dinding sel rumput laut merupakan komponen polisakarida yang bertanggung jawab dalam biosorpsi logam. Beberapa gugus fungsi yang penting seperti karbonil, sulfat, amino, diidentifikasi dalam alga laut. Beberapa interaksi kimia yang menjadi kunci terjadinya biosorpsi adalah penukaran ion, pembentukan ion, pembentukan ion kompleks,

pengkelatan dan koordinasi, digunakan untuk menjelaskan mekanisme atau proses biosorpsi (Chen dan Yang, 2005).

Dinding sel yang mengandung selulosa tersusun atas beberapa gabungan polisakarida. Salah satu polisakarida tersebut berupa senyawa alginat, dan mempunyai sifat sebagai penukar ion terhadap logam, mekanisme sebagai berikut (Wardiyanti *dkk.*, 2003).



Reaksi antara ini adalah formasi kompleks antara ion-ion logam dengan group fungsional seperti karbonil, sulfat dan amino pada dinding selnya, proses biosorpsi ini bersifat bolak-balik dan cepat, dapat lebih efektif dengan kondisi pH tertentu. (Dyah *dkk.*, 2003).

Hasil penelitian yang dilaporkan, bahwa interaksi biomassa *Sargassum fluitans* dengan ion Fe(II), terjadi melalui pembentukan kompleks antara ion logam dan gugus karboksil dan gugus sulfonat dari biomassa (Figueira *dkk.*, 1999). Proses biosorpsi ion Cd(II) pada biomassa *Sargassum* diikuti dengan protonasi dari biomasanya. Selanjutnya interaksi antara ion Cu(II), Cd(II) dan Pb(II) menggunakan biomassa *Chorella* sp terjadi melalui mekanisme yang sama, yaitu pembentukan kompleks, karena pada biomassa terdapat gugus fungsi -COOH sebagai penyusun utama polisakarida dan gugus peptida (-CO, NH<sub>2</sub>, dan CONH<sub>2</sub>) sebagai penyusun pektin dan protein yang bertindak sebagai pasangan elektron yang baik terhadap ion logam (Buhani, 2006).

Hasil penelitian lain menunjukkan bahwa gugus sulfonat pada biomassa *Sargassum fluitans* memberikan kontribusi pada pembentukan kompleks antara biomassa dengan ion logam (Astuti, 2006). Dengan demikian biomassa alga ini mempunyai kemampuan yang tinggi untuk mengikat ion-ion logam dari larutan.

#### **D. Vermikompos**

Vermikompos adalah kompos yang diperoleh dari hasil perombakan bahan-bahan organik yang dilakukan oleh cacing tanah. Vermikompos terdiri dari campuran kotoran cacing tanah (kascing) dengan sisa media atau pakan dalam budidaya cacing tanah. Oleh karena itu, perlu disediakan kondisi lingkungan yang sesuai bagi mikroorganisme yang digunakan untuk mendekomposisi bahan baku organik karena hal tersebut merupakan faktor penting bagi keberhasilan pengomposan (Nusantara dkk., 2001). Faktor-faktor yang berpengaruh pada pengomposan sebagai berikut:

##### **a. Ukuran Bahan**

Murbandono (2006) menyebutkan bahwa aktivitas mikroba berada diantara permukaan area dan udara, permukaan area yang lebih luas akan meningkatkan kontak antara mikroba dengan bahan dan proses dekomposisi akan berjalan lebih cepat. Ukuran partikel juga menentukan besarnya ruang antar bahan (porositas) sehingga untuk meningkatkan luas permukaan dapat dilakukan dengan memperkecil ukuran partikel bahan tersebut (Sofian, 2006).

#### b. Kelembaban dan Aerasi

Pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang cukup oksigen (aerob), secara alami akan terjadi pada saat terjadi peningkatan suhu yang menyebabkan udara hangat keluar dan udara yang lebih dingin masuk ke dalam tumpukan kompos. Aerasi ditentukan oleh porositas dan kandungan air bahan (kelembaban), apabila aerasi terhambat, maka akan terjadi proses anaerob yang akan menghasilkan bau yang tidak sedap. Aerasi dapat ditingkatkan dengan melakukan pembalikan atau mengalirkan udara di dalam tumpukan (Yuwono, 2005).

#### c. Suhu

Panas dihasilkan dari aktivitas mikroba berhubungan langsung antara peningkatan suhu dengan konsumsi oksigen. Semakin tinggi suhu akan semakin banyak konsumsi oksigen dan akan semakin cepat pula proses dekomposisi. Suhu pengomposan akan terjadi dalam waktu yang cepat jika suhu antara 30-60<sup>0</sup>C (Djuarnani *dkk.*, 2005). Suhu optimum untuk keperluan tumbuh dan konversi pakan berkisar antara 15-25 <sup>0</sup>C. Apabila ventilasi baik, biasanya suhu optimum akan mudah dicapai dalam penguraian bahan organik (Isroi *dkk.*, 2005).

#### d. Kelembaban

Kelembaban memegang peranan yang sangat penting dalam proses metabolisme mikroba dan secara tidak langsung berpengaruh pada

suplai oksigen (Chaoui *dkk.*, 2003). Mikroorganisme dapat memanfaatkan bahan organik apabila bahan organik tersebut larut di dalam air. Kelembaban 40-60 % adalah kisaran optimum untuk metabolisme mikroba. Apabila kelembaban di bawah 40%, aktivitas mikroba akan mengalami penurunan dan akan lebih rendah lagi pada kelembaban 15%. Apabila kelembaban lebih besar dari 60%, volume udara berkurang, akibatnya aktivitas mikroba akan menurun dan akan terjadi fermentasi anaerobik yang menimbulkan bau tidak sedap (Simamora *dkk.*, 2006).

e. pH

Pada umumnya proses pengomposan terjadi pada pH yang optimum berkisar antara 6,5 sampai 7,5 (Marbandono, 2005). pH kotoran ternak umumnya berkisar antara 6,8 hingga 7,4 (Suyono, 2002). Proses pengomposan sendiri akan menyebabkan perubahan pada bahan organik dan pH bahan itu sendiri sebagai contoh proses pelepasan asam, akan menyebabkan penurunan pH (pengasaman), sedangkan produksi amonia dari senyawa-senyawa yang mengandung nitrogen akan meningkatkan pH pada fase-fase awal pengomposan (Purwendro *dkk.*, 2006).

Kompos yang sudah matang merupakan tujuan akhir dari proses pengomposan. Menurut Copperband (2002), kompos sudah dianggap matang ketika bahan baku mentah tidak lagi aktif membusuk serta secara biologis dan kimiawi stabil dan warna berubah menjadi coklat atau hitam

kegelapan (Murbandono, 2006). Kematangan kompos biasanya didefinisikan sebagai tingkat *humification* (konversi senyawa organik untuk bahan humik yang paling tahan terhadap kerusakan mikroba). Menurut Isroi (2008) Stabilitas dan kematangan adalah istilah yang sering digunakan untuk mengkarakterisasi kompos.

Ada beberapa parameter yang digunakan dalam menilai kematangan kompos standar SNI 19-7030-2004, ciri kematangan yaitu: suhu sesuai dengan suhu air tanah, berwarna kehitaman dengan tekstur seperti tanah dan berbau tanah (Badan Standarisasi Nasional, 2004). Simamora (2006) menyatakan bahwa berdasarkan analisis laboratorium, ciri kompos yang sudah matang yaitu pH kompos stabil dan berkisar 6,5-7,5 dan daya absorpsi air tinggi.

Hermana *dkk.*, (2006) menemukan bahwa kompos dapat digunakan untuk meminimalisasi logam konsentrasi tinggi. Pola penghilangan logam oleh humus yaitu dengan mengadsorpsi ion logam dimana dapat membentuk senyawa kompleks serta khelat sehingga logam tersebut sulit untuk bebas.

Diaz *dkk.* (2007) menyebutkan bahwa vermikompos mengandung berbagai unsur hara yang dibutuhkan tanaman seperti N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Al, Na, Cu dan Zn. Vermikompos merupakan sumber nutrisi bagi mikroba tanah, dengan adanya nutrisi tersebut mikroba pengurai bahan organik akan terus berkembang dan menguraikan bahan organik lebih cepat. Oleh karena itu selain dapat meningkatkan kesuburan tanah,



memperbaiki kemampuan menahan air, memperbaiki struktur tanah dan menetralkan pH tanah vermikompos juga dapat membantu proses penghancuran limbah organik (Adiprasetyo *dkk.*, 2001). Vermikompos memiliki kemampuan daya serap lebih tinggi terhadap logam dibanding kompos karena nilai tukar kationnya (KTK) lebih tinggi dari pada kompos. Adapun perbandingan antara vermikompos dan kompos dapat dilihat pada tabel di bawah:

Tabel 1. Perbandingan sifat kimia vermikompos dan kompos

No.	Parameter	Vermikompos	Kompos
1	pH	6.8	6.0
2	N total	1.90%	1.19%
3	Kapasitas Tukar ion (KTK)	68.95	35.50

*Sumber : Mariam, 1999.*

Talkah (2009) menyatakan bahwa vermikompos banyak mengandung humus. Humus merupakan fraksi bahan organik yang resisten dan relatif tahan terhadap proses biodegradasi dan memiliki warna coklat gelap sampai hitam. Tate (1987) menyatakan humus muncul dari degradasi kimia dan biologi bahan organik dari aktivitas sintetik mikroorganisme. Salah satu sumber utama dari bahan organik tanah adalah tumbuhan sehingga proses pengomposan yang berasal dari tumbuhan ini menghasilkan humus dan komponennya dibentuk oleh sebuah proses yang disebut humifikasi. Humus terdiri atas substansi non humus dan substansi humus.

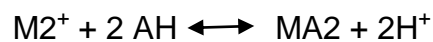
Suyono (2002) menyatakan bahwa substansi humus merupakan suatu campuran yang kompleks, terdiri atas bahan-bahan yang berwarna gelap, tidak larut dengan air (asam humat, asam fulvat dan humin) dan mampu mengadsorpsi logam melalui pertukaran kation, pembentukan kelat serta ikatan elektrostatik. Selain itu kompos dengan kandungan mineral di dalamnya dapat bertukar posisi dengan ion logam bila terjadi kontak. Kompos juga dapat dipertimbangkan untuk menggantikan *chelating agent* komersial dalam meminimalisasi ion logam dari perairan dan zat organik yang larut (Hermana dan Nurhayati, 2006).

Substansi humus mempunyai kontribusi dalam pertukaran anion dan kation. Kompleks atau khelat beberapa ion logam dapat dibagi menjadi 3 sesuai dengan peranannya:

1. *Humic acid* atau asam humat, tidak larut dalam larutan asam tetapi larut dalam basa kuat, garam netral, mengandung gugus fungsional asam seperti *phenolic* dan *carboxylic*, aktif dalam reaksi kimia.
2. *Fulvic acid* atau asam fulvat dapat diekstraksi dengan basa kuat →gugus fungsional asam; larut juga dalam asam→mengandung gugus fungsional basa, aktif dalam reaksi kimia.
3. Humin tidak larut dalam asam dan basa, tidak aktif, warna paling gelap (Talkah, 2009).

Asam humat merupakan bahan molekul yang sangat besar, polielektrolit yang memiliki gugus fungsional seperti –COOH, -OH fenolat maupun –OH alkoholat sehingga asam humik memiliki peluang untuk membentuk kompleks dengan ion logam karena gugus ini dapat mengalami deprotonasi pada pH yang relatif tinggi, deprotonasi gugus-gugus fungsional asam humat akan menurunkan kemampuan pembentukan ikatan hidrogen, baik antar molekul maupun sesama molekul sehingga meningkatkan jumlah muatan negatif gugus fungsional asam humat yang akan meningkatkan gaya tolak menolak antar gugus dalam molekul asam humat (Suyono, 2002).

Sejumlah persenyawaan-persenyawaan organik asam humat dan asam fulvat mampu membentuk persenyawaan kompleks dengan ion-ion logam, sebagai contoh adalah reaksi berikut ini:



Dalam hal ini:

M = ion logam,

AH = asam humat

MA<sub>2</sub> = kompleks logam dengan asam humat (Astuti, 2003).

Salah satu faktor yang memengaruhi kelarutan asam humat adalah pH. Selanjutnya pH akan memengaruhi disosiasi gugus yang bersifat asam pada asam humat, sehingga pada proses penyerapan logam ini dipengaruhi oleh pH larutan yang merupakan salah satu faktor fisiko kimia lingkungan (Mufrodi dkk., 2008). Spark *dkk.* (1997) menambahkan asam humat dapat mengikat kation logam baik pada kondisi mendekati pH

netral dimana daya pengikatan maksimal biasanya terjadi pada rentang pH 6,0-8,0.

### **E. Adsorpsi**

Adsorpsi adalah proses penyerapan suatu zat terhadap permukaan zat lain, dalam proses adsorpsi terjadi ikatan antara permukaan adsorben atau material yang berfungsi sebagai penyerap dengan molekul-molekul adsorbat atau substansi yang diserap (Suriani, 2010). Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi yaitu :

- a) Molekul-molekul adsorben berpindah dari fase bagian terbesar larutan ke permukaan interface, yaitu lapisan tipis atau film yang melapisi permukaan adsorben atau eksternal.
- b) Molekul-molekul adsorben akan dipindahkan dari permukaan menuju permukaan luar adsorben menyebar ke pori-pori adsorben, fase ini disebut dengan difusi pori.
- c) Molekul adsorben menempel pada permukaan pori (Atkins, 1999).

Umumnya adsorpsi ion logam dari larutan ke permukaan adsorben secara fisika contohnya gaya yang bekerja antara logam dan permukaan karbon aktif terjadi secara fisika dan tidak terjadi reaksi secara kimia atau pengikatan secara ionik logam dengan adsorben. Menurut Mufrodi *dkk.* (2008) ada dua metode adsorpsi yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia. Perbedaan yang mendasar antara adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia adalah sifat dari gaya-gaya yang menyebabkan ikatan adsorpsi tersebut.

- Adsorpsi fisika

Adsorpsi fisika terjadi bila ion logam bergabung/terikat karena adanya gaya tarik-menarik yang relatif lemah dengan permukaan adsorben. Adsorpsi berlangsung cepat, reversibel, dan panas adsorpsinya rendah. Ion logam pada adsorpsi fisika tidak terikat secara kuat pada permukaan adsorben, sehingga ion logam dapat bergerak dari suatu bagian permukaan ke bagian permukaan lain (Oscik, 1982).

- Adsorpsi Kimia

Achmad (2004) menyebutkan bahwa adsorpsi kimia terjadi karena adanya reaksi antara ion logam dengan adsorben. Jenis adsorpsi ini tidak reversibel dan hanya terjadi pada suhu tinggi dan kalor adsorpsinya juga tinggi.

## **F. Interaksi Ion Logam Dengan Humus**

Menurut Evangelou (1998), interaksi antara ion logam dengan bahan organik padatan (substansi humus) terjadi atas dasar penyerapan permukaan (adsorpsi), pertukaran ion, dan reaksi khelat. Proses adsorpsi antara ion logam dengan bahan organik humus diawali dengan adsorpsi fisika yaitu ion logam mendekati ke permukaan padatan organik humus melalui ikatan hidrogen, selanjutnya terjadi proses adsorpsi kimia dimana ion logam melekat ke permukaan padatan dengan membentuk ikatan kimia kovalen dan cenderung mencari tempat yang memaksimalkan bilangan koordinasi dengan padatan (Atkins, 1999).

Potensi substansi humus untuk membentuk kompleks dan khelat dengan logam dikarenakan substansi ini mengandung gugus fungsional seperti karboksil (COOH), hidroksil (OH), dan karbonil (C=O). Tingkat resistensi logam dengan campuran koloid organik bervariasi tergantung dari kekuatan ion, pH, jenis mineral bahan organik, jenis kelompok fungsional, dan kompetisi kation (Khan *dkk.*, 2011).

Pada umumnya proses yang terjadi antara ion logam dan kompleks organik dalam berinteraksi terdiri atas tiga kejadian yaitu: Proton  $H^+$  berkompetisi dengan kation dalam mengikat dinding organik, ion hidroksil ( $OH^-$ ) berkompetisi dengan substansi humus dalam mengikat kation ion logam, logam lemah berkompetisi dengan logam keras terhadap grup fungsional organik. (Castellan, 1982).

Menurut Tan (1998) gaya yang terbentuk dalam proses adsorpsi ion yaitu: gaya fisika, ikatan hidrogen (jembatan dua atom yang elektronegatif), ikatan elektrostatik, dan ikatan koordinasi (ligan menyumbang pasangan elektron pada ion logam). Metode adsorpsi untuk logam umumnya berdasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada senyawa organik melalui interaksi pembentukan kompleks (Danarto, 2005).

Metode adsorpsi untuk logam umumnya berdasarkan pada interaksi ion logam dengan gugus fungsional yang ada pada senyawa organik melalui interaksi pembentukan kompleks (Castellan, 1982). Di

dalam proses adsorpsi beberapa faktor lingkungan yang mempengaruhi daya serapnya antara lain :

### **1. Derajat Keasaman (pH)**

Tingkat keasaman atau pH mempunyai pengaruh dalam proses adsorpsi. pH optimum dari suatu proses adsorpsi ditetapkan melalui uji laboratorium dimana pH memengaruhi sisi aktif biomassa serta berpengaruh pada mekanisme adsorpsi ion logam (Rum dan Gunawan, 2006). Pada pH rendah adsorpsi ion logam relatif kecil, hal ini dapat dijelaskan bahwa pada kondisi asam, gugus fungsi yang terdapat pada adsorben terprotonasi sehingga terjadi pengikatan ion hydrogen ( $H^+$ ) dan ion hidronium ( $H_3O^+$ ), sementara ion-ion logam dalam larutan sebelum teradsorpsi oleh adsorben terlebih dahulu mengalami hidrolisis menghasilkan proton (Oscik, 1982).

Hasil penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Danarto (2005) memperlihatkan bahwa adsorpsi yang menggunakan biomassa rumput menunjukkan bahwa pada perlakuan pH yang relatif kecil ( $< pH 3$ ) dalam larutan konsentrasi logam  $Cr^{2+}$  yang keluar dari kolom semakin kecil, hal disebabkan karena semakin rendah pH larutan maka konsentrasi ion  $H^+$  pada larutan semakin besar, sehingga terjadi kompetisi antara ion  $Cr^{2+}$  dengan ion  $H^+$  yang menyebabkan koefisien transfer massa  $Cr^{2+}$  menjadi semakin kecil (Danarto, 2005).

Dalam larutan (pH 3,5-9), asam humat membentuk sistem koloid polielektrolit linear yang bersifat fleksibel, sedangkan pada pH rendah

yang kurang dari pH 3,5 asam humat berbentuk kaku dan cenderung teragregasi membentuk suatu padatan makromolekuler melalui ikatan hidrogen (Suyono, 2002). Dengan meningkatnya pH akan menyebabkan ikatan hidrogen semakin lemah sehingga agregat akan terpisah satu sama lain, keadaan tersebut dipengaruhi oleh disosiasi gugus fungsional yang bersifat asam pada asam humat seperti  $-\text{COOH}$  (Santoso *dkk.*, 2007). Menurut Alimin *dkk.*, (2006) pada umumnya gugus  $-\text{COOH}$  terdisosiasi pada pH sekitar 4-5, sedangkan gugus  $-\text{OH}$  fenolat atau  $\text{OH}$  alkoholat terdisosiasi pada pH 8-10.

Untuk memperoleh biosorben dengan kemampuan biosorpsi yang lebih tinggi perlu dilakukan pengaktifan dengan menggunakan asam. Aktivasi bertujuan untuk menghasilkan sifat-sifat kimia dan fisika yang lebih baik seperti keasamaan permukaan. Perlakuan dengan asam menyebabkan terjadinya pertukaran kation yang terkandung dalam bahan adsorben dengan kation  $\text{H}^+$  dari asam dan melarutkan pengotor-pengotor yang terdapat pada biosorben sehingga kapasitas biosorpsinya meningkat (Seki dan Akira, 1998).

Berdasarkan keberadaan senyawa humat yang makromolekuler, interaksi kation logam dengan senyawa humat terjadi pada sejumlah besar sisi aktif, dengan afinitas yang berbeda. Interaksi ion logam divalen maupun trivalen dengan asam humat atau asam fulvat dalam medium air pada pH mendekati 7, dapat berlangsung melalui pembentukan ikatan hidrogen atau jembatan air, interaksi elektrostatik atau pertukaran ion,



ikatan koordinasi dan melalui struktur cincin khelat. Pengikatan kation logam terjadi pertama kali melalui interaksi yang menghasilkan kompleks yang stabil yaitu membentuk ikatan koordinasi dan struktur cincin (Stevenson, 1994).

## **2. Waktu Kontak**

Waktu untuk mencapai keadaan setimbang pada proses serapan logam oleh adsorben berkisar antara beberapa menit hingga beberapa jam. Jumlah zat yang diadsorbsi pada permukaan adsorben merupakan proses berkesetimbangan, sebab laju peristiwa adsorbsi disertai dengan terjadi desorbsi (proses pelepasan kembali ion/molekul yang telah berikatan dengan gugus aktif pada adsorben) (Khasana, 2009).

Pada waktu tertentu peristiwa adsorpsi cenderung berlangsung lambat pada keadaan kesetimbangan tidak teramati perubahan secara makroskopis. Waktu tercapainya keadaan setimbang pada proses adsorbsi adalah berbeda-beda. Hal ini dipengaruhi oleh jenis interaksi yang terjadi antara adsorben dengan ion. Secara umum, waktu tercapainya keseimbangan adsorpsi melalui mekanisme fisika (*physisorption*) lebih cepat dibanding dengan melalui mekanisme secara kimia (*chemisorptions*) (Castellans, 1982).

Hasil penelitian Buhani *dkk.*, (2006) dengan menggunakan biomassa *Sargassum duplicatum*, Agustina (2012) dengan menggunakan biomassa *Sargassum crassifolium*, dan Hastuti *dkk.*, (2006) dengan menggunakan biomassa *Chorella sp.* menunjukkan bahwa interaksi ion

logam mencapai optimum yang sama pada kisaran 60 menit. Interaksi ion logam pada adsorben menunjukkan peningkatan proses adsorpsi sejalan dengan bertambahnya waktu interaksi.

### **3. Kapasitas Adsorpsi**

Proses adsorpsi sangat sesuai untuk memisahkan bahan dengan konsentrasi yang rendah dari campuran yang mengandung bahan lain dengan konsentrasi tinggi. Konsentrasi dalam larutan berpengaruh pada pengambilan spesifik ion logam dan dengan adanya variasi konsentrasi maka dapat ditentukan kapasitas adsorpsi dengan menggunakan isothermal adsorpsi (Khasana, 2009). Isothermal adsorpsi adalah hubungan antara banyaknya zat yang teradsorpsi persatuan berat adsorben dengan konsentrasi zat terlarut pada suhu tertentu atau tetap yang dinyatakan dengan kurva (Palar, 2004).

Permukaan zat padat dapat mengadsorpsi zat terlarut dari larutannya ini disebabkan karena adanya pengumpulan molekul-molekul suatu zat pada permukaan zat lain sebagai akibat ketidakseimbangan gaya-gaya pada permukaan tersebut (Astuti *dkk.*, 2003). Gejala yang umum dipakai untuk meramalkan komponen mana yang diadsorpsi lebih kuat adalah kepolaran adsorben dengan ion logam. Apabila adsorbannya bersifat polar, maka komponen yang bersifat polar akan terikat kuat dibandingkan dengan komponen yang kurang polar (Pearson, 1963).

Kekuatan interaksi juga dipengaruhi oleh sifat keras-lunaknya dari ion logam. Sifat keras untuk kation dihubungkan dengan kemampuan

suatu kation untuk mempolarisasi anion dalam suatu ikatan (*polarizing power cation*). Kation yang mempunyai kemampuan besar untuk mempolarisasi anion cenderung bersifat keras (Palar, 2004).

Kemampuan kation untuk mempolarisasi anion dimiliki oleh logam-logam dengan ukuran besar namun muatannya kecil, sehingga diklasifikasikan sebagai ion logam lunak. Sedangkan pengertian anion keras yaitu kemampuan suatu anion untuk mengalami polarisasi (*polarisabilitas anion*) akibat medan listrik dari kation (Oscik, 1982). Anion yang bersifat keras adalah anion yang berukuran kecil, muatan besar dan elektronegativitas tinggi, sebaliknya anion lunak dimiliki oleh anion dengan ukuran besar, muatan kecil elektronegativitas yang rendah. Ion logam keras berikatan kuat dengan anion keras dan ion logam lunak berikatan kuat dengan anion lunak (Castellans, 1982).

### **G. Kemampuan Vermikompos Dalam Mengadsorpsi Logam Pb**

Vermikompos komersial yang telah diamati menunjukkan kapasitas yang tinggi untuk adsorpsi logam dengan mekanisme kompleksasi. Mekanisme kompleksasi timbal telah dibuktikan oleh perubahan yang disebabkan pada tingkat molekul yang diamati, ditemukan bahwa ion  $Pb^{2+}$  dalam larutan bersifat kationik, dan asam karboksilat bersifat anion karboksilat, selanjutnya anion ini bertindak sebagai ligan untuk membentuk ikatan koordinat seluruh pasangan elektron yang mempertahankan kation logam sehingga terjadi kompleks antar keduanya (Duran *dkk.*, 2009).

Penelitian Matos (2003) menunjukkan kapasitas adsorpsi maksimum vermikompos untuk Pb (II) adalah 92,94 mg/g sehingga nilai inilah yang menunjukkan kemampuan vermikompos dalam menyerap logam sehingga menjadi alternatif untuk pengolahan limbah, terutama karena kemudahan dan harga murah. Sedangkan hasil penelitian yang telah dilakukan Duran *et. al.*, (2006) menunjukkan bahwa vermikompos mampu mengadsorpsi logam Pb sebesar 75% yang menunjukkan potensi bahan ini sebagai bahan treatment untuk meminimalisir pencemaran perairan.

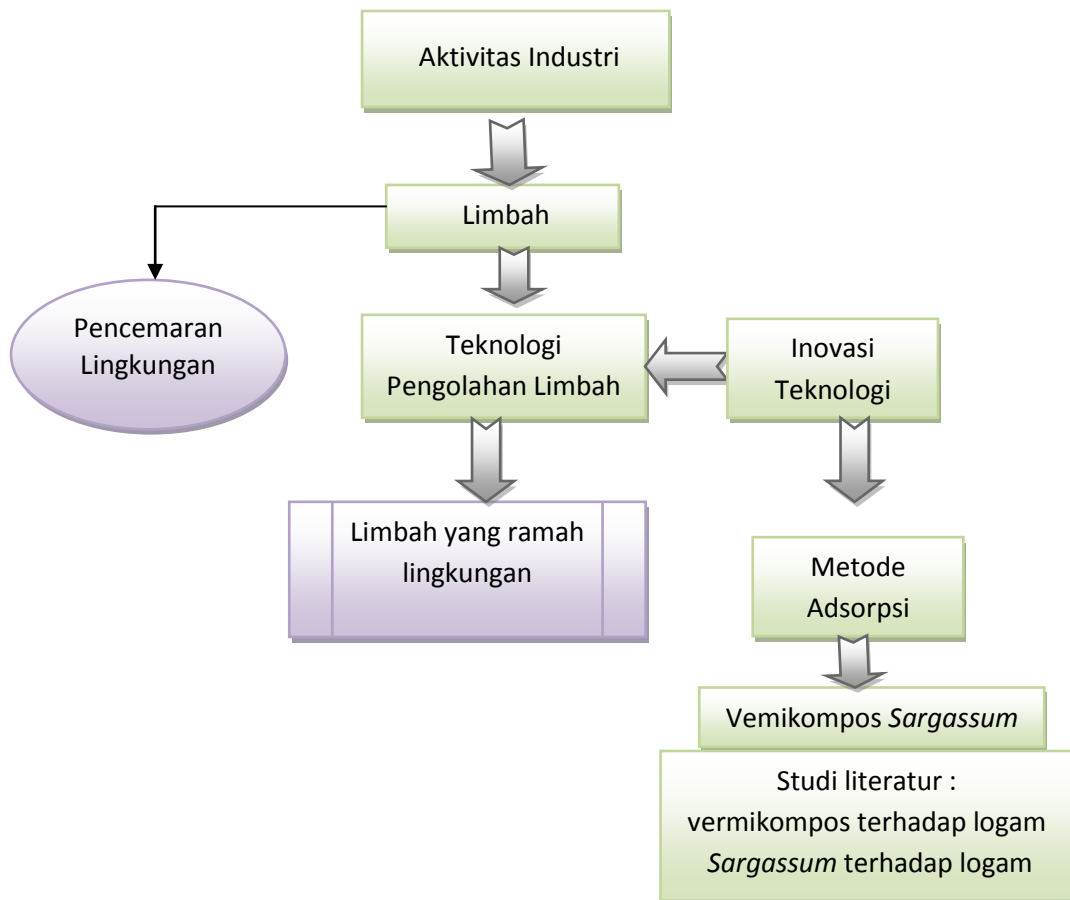
#### **H. Kerangka Konseptual**

Berbagai aktivitas industri yang ada saat ini mengakibatkan banyaknya limbah yang dibuang ke lingkungan. Limbah tersebut utamanya adalah limbah B3 (Bahan Berbahaya dan Beracun) dapat menyebabkan pencemaran lingkungan yang berdampak pada kesehatan manusia. Penelitian ini mencoba menerapkan sebuah proses adsorpsi yaitu dengan pemanfaatan vermikompos *Sargassum* sebagai adsorben.

Proses adsorpsi bahan pencemar logam Pb dengan menggunakan vermikompos *Sargassum* diawali dengan penentuan kondisi optimum adsorpsi yaitu pH dan kapasitas adsorpsi pada larutan. Penentuan pH dan konsentrasi optimum dilakukan karena merupakan hal yang sangat menentukan dalam proses adsorpsi. Adsorpsi ion dari suatu zat terlarut akan meningkat apabila sesuai dengan tingkat keasaman dari suatu

adsorben, dimana pH berpengaruh pada mekanisme adsorpsi ion logam karena dapat mempengaruhi sisi aktif biomassa (Mufrodi *dkk.*, 2008).

Proses adsorpsi bahan pencemar logam Pb dengan menggunakan vergas yaitu untuk memperoleh hasil pengolahan limbah cair dengan konsentrasi logam Pb sesuai standar baku mutu agar limbah cair tersebut aman untuk dibuang ke lingkungan. Untuk lebih memahami alur pemikiran penelitian ini, maka perlu dibuatkan kerangka pikir dalam melukiskan hubungan beberapa konsep yang akan diteliti yang arahnya untuk menjawab rumusan masalah dan disusun secara deskriptif dengan hubungan variabel dan indikatornya dalam bentuk bagan seperti dibawah ini:



Gambar 2. Kerangka Konseptual.

## I. Hipotesis

Hipotesis yang dikemukakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

- pH optimum memengaruhi daya serap vergas terhadap logam Pb.
- Konsentrasi logam Pb yang diberikan mempengaruhi daya serap vergas terhadap logam Pb.
- Adanya korelasi positif antara pH dengan konsentrasi logam dalam proses penyerapan logam Pb