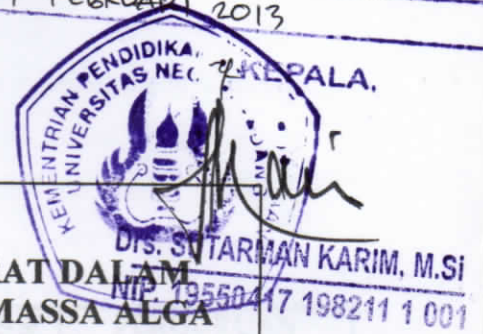


LAPORAN PENELITIAN  
HIBAH BERSAING PERGURUAN TINGGI XV TAHUN  
TAHUN ANGGARAN 2009

PERPUSTAKAAN UNIV. NEGERI PADANG  
TELAH TERDAFTAR

JUDUL : STUDI BIOSORPSI LOGAM-  
LOGAM BERAT DALAM ...  
PENGARANG : Dr. MAWARDI, M.Si  
JENIS : LAPORAN PENELITIAN  
NOMOR : 57/UN-35-12/PK/KI/2013  
TANGGAL : 27 FEBRUARI 2013



**STUDI BIOSORPSI LOGAM-LOGAM BERAT DALAM  
REAKTOR YANG MEMANFAATKAN BIOMASSA ALGA  
HIJAU (CHLOROPHYTA) SEBAGAI BIOSORBEN**

Peneliti Utama :  
**Dr. Mawardi, M.Si**

Anggota :  
**Desy Kurniawati, S.Pd, M.Si**

Dibiayai oleh  
Dana DIPA Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2009  
Dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Pekerjaan Hibah Penelitian  
Nomor : 1271/H35/KU/DIPA/2009  
Tanggal: 11 Mai 2009

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN IPA  
UNIVERSITAS NEGERI PADANG  
Desember, 2009**

**HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN TAHUN II  
HIBAH BERSAING**

1. Judul Penelitian : Studi Biosorpsi Logam-Logam Berat Dalam Reaktor Yang Memanfaatkan Biomassa Alga Hijau (Chlorophyta) Sebagai Biosorben

2. Ketua Peneliti

- a. Nama Lengkap : Dr. Mawardi, M.Si.
- b. Jenis Kelamin : Laki-laki
- c. NIP : 19611123 198903 1 002
- d. Jabatan Fungsional : Lektor Kepala
- e. Jabatan Struktural : -
- f. Bidang Keahlian : Kimia Analisis
- g. Fakultas/Jurusan : FMIPA/ Ilmu Kimia
- h. Perguruan Tinggi : Universitas Negeri Padang
- i. Tim Peneliti

NAMA	BIDANG KEAHLIAN	FAKULTAS/JURUSAN	PERGURUAN TINGGI
Desy Kurniawati, S.Pd, M.Si	Kimia Analisis	FMIPA/Kimia	Univ.Negeri Padang

3. Pendanaan dan Jangka waktu penelitian :

- Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 3 (tiga) tahun
- Biaya total yang diusulkan : Rp. 150.000.000,-
- Biaya yang disetujui tahun II : Rp. 40.000.000,-

Padang, 26 Desember 2009  
Ketua Peneliti,

Mengetahui :  
Dean Dekan FMIPA UNP,  
Pembantu Dekan I,



Prof. Dr. Lufri, M.S  
NIP. 131 668 026

Dr. Mawardi, M.Si  
NIP. 19611123 198903 1 002

Menyetujui,  
Ketua Lembaga Penelitian,



Prof. Dr. H. Ahmad Fauzan, M.Pd. M.Sc  
NIP. 19660430 199001 1 001

## RINGKASAN

**STUDI BIOSORPSI LOGAM-LOGAM BERAT DALAM REAKTOR YANG MEMANFAATKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (CHLOROPHYTA) SEBAGAI BIOSORBEN<sup>1)</sup>.**

( Mawardi<sup>2)</sup>, Desy Kurniawati<sup>2)</sup>, 2009; 75 Halaman )

Biosorpsi didefinisikan sebagai proses biosorpsi ion logam yang tidak bergantung pada metabolisme oleh biomaterial yang terutama terjadi melalui mekanisme kimia-fisika seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi. Mikroorganisme, seperti alga, bakteri, jamur, dan ragi dapat secara efisien mengakumulasi logam-logam berat dan radionuklida dari lingkungan luarnya. Proses biosorpsi melibatkan gugus fungsional seperti karboksilat, tiolat, fosfat, amina, hidroksida, imidazol, yang dapat membentuk koordinasi dengan kation logam, melalui pasangan elektro bebas.

Pembentukan kompleks tergantung pada beberapa hal yaitu kemampuan fungsi dalam makromolekul untuk berinteraksi membentuk kelat, kemampuan kation untuk berkompetisi dengan proton, baik yang berasal dari ligan atau larutan, daya mempolarisasi kation. Suatu kation dengan daya polarisasi yang tinggi merupakan pusat muatan positif berkerapatan tinggi, sehingga interaksi yang terjadi lebih kuat. Ligan yang mempunyai atom donor dengan keelektronegatifan tinggi bersifat basa keras, sedangkan ligan dengan atom donor yang mudah terpolarisasi adalah basa lunak.

Hasil penelitian pada tahun kedua ini merupakan kelanjutan penelitian pada tahun pertama, berupa data karakteristik biosorben, yang merupakan biomassa *Cladophora fracta* yang diimmobilisasi dengan natrium silikat dan dibandingkan dengan biomassa *C. fracta* murni. Sistem kontak yang dilakukan terutama sistem kontinu. Data karakterisasi biosorben, diantaranya perubahan kapasitas serapan dan gugus fungsi yang terjadi akibat penggunaan berulang biosorben dan pengaruh penggunaan asam nitrat, HNO<sub>3</sub> sebagai pendesorpsi sekaligus kemungkinan sebagai pendegenerasi biosorben. Juga dipelajari karakter pertukaran ion dan selektifitas pada biosorben dan pengaruh multielemen dalam larutan terhadap kapasitas serapan, termasuk keberadaan kation Ca<sup>2+</sup>, yang berasal dari batu kapur yang sering digunakan sebagai sumber hidroksida untuk mengendapkan logam-logam berat sebagai hidroksidanya. Analisis logam dilakukan dengan metoda *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS),

identifikasi gugus fungsi dilakukan dengan *Fourier Transform IR Spectrophotometer* (FTIR), dan morfologi serta komposisi biomassa terimmobilisasi masing-masing diidentifikasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan analisis *Energy Dispersive X-ray* (EDX). Jumlah logam yang terserap yang dinyatakan sebagai berat (mg) logam yang terserap per berat (g) biosorben yang digunakan.

Dalam penelitian ini dipelajari komposisi unsur penyusun dan gugus fungsi yang terkandung dalam biomassa alga hijau *C. frakta* murni dan biomassa terimmobilisasi pada natrium silikat. Alga yang digunakan diperoleh dari sungai Batang Air Dingin Kota. Dalam penelitian ini dipelajari karakterisasi biosorben yang digunakan, yang diidentifikasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM), dan analisis *Energy Dispersive X-ray* (EDX), dipelajari perubahan karakterisasi biosorben akibat penggunaan berulang, terutama kapasitas serapan terhadap kation logam timbal (II), tembaga(II), krom(III) dan krom(VI). dan perubahan gugus fungsi, yang diidentifikasi dengan *Fourier Transform IR Spectrophotometer* (FTIR). Juga dipelajari pengaruh penggunaan asam nitrat encer,  $\text{HNO}_3$ , sebagai pendesorpsi kation logam yang terserap, sekaligus kemungkinan sebagai pendegenerasi juga dipelajari. Karakter pertukaran ion dan selektifitas pada biosorben dan pengaruh multielemen dalam larutan terhadap kapaitas serapan, termasuk keberadaan kation  $\text{Ca}^{2+}$ , sebagai sumber hidroksida yang sering digunakan untuk mengendapkan kation logam berat sebagai hidroksidanya.

Berdasarkan data EDX berupa komposisi unsur penyusun biomassa dan spektra spektroskopi FTIR dapat disimpulkan bahwa makromolekul penyusun biomassa alga hijau *C. frakta* terimmobilisasi mengandung gugus-gugus karboksilat, amina, amida, amino, karbonil dan hidroksil, disamping adanya senyawa silikon dan belerang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efektifitas biosorpsi sangat dipengaruhi oleh konsentrasi awal larutan. Biosorpsi logam meningkat secara linier sebagai fungsi dari konsentrasi awal logam sampai konsentrasi logam. Hasil yang diperoleh memperlihatkan sifat selektifitas dan terjadinya pertukaran kation dalam biomassa alga hijau *C. Frakta* yang digunakan sebagai biosorben.

<sup>1)</sup> Dibiayai oleh Dana DIPA Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2009  
Dengan SP3 Hibah Penelitian: Nomor : 1271/H35/KU/DIPA/2009  
Tanggal: 11 Mai 2009

<sup>2)</sup> Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang

## STUDY OF BIOSORPTION OF HEAVY METALS IN REACTOR USING GREEN ALGAE (Chlorophyta) BIOMASS AS BIOSORBENT <sup>1)</sup>

( Mawardi <sup>2)</sup>, Desy Kurniawati <sup>2)</sup>, 2009; 75 pages )

---

Biosorption may be defined as the process of metabolism-independent binding or adsorption of metal ion from solution by biological material (biomass), which occurs mainly by physico-chemical mechanisms such as ion exchange, complexation and adsorption. Microorganisms including algae, bacteria, fungi and yeast can efficiently accumulated heavy metals and radionuclide from their external environment.

Metals uptake by biological materials are believed to occurs through sorption process involving the functional groups associated with biopolymers protein, nucleic acids, polysaccharides, lignin and other biopolymers found in the cell or cell walls, all provide sites at which metal ions will bind. The functional group as well as negatively charged groups such as carboxyl ate, thiolate or phosphate and groups such as amine, hydroxide, imidazole function which coordinate to the metal centre through lone pairs of electrons. The complexion power of a metal ion depends upon its polarizing power that is, on the charge/radius ratio of the ion. A cation of high polarizing power is a centre of high density of positive charge with resulting strong interaction. Ligands with highly electronegative donor atoms are hard bases, while ligands with polarizable donor atoms are soft. As a general rule, hard cations (or acids) form most stable complexes with hard ligands (or base) while soft acids form most stable complexes with soft bases.

In this research was studied utilization of green algae *Cladophora fracta* biomass for biosorbent heavy metal ions, specially  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$  dan  $Cr^{6+}$  cations. Green algae *C. fracta* biomass, that was take from Batang Air Dingin River, Padang City. The works were conducted to study the possibility of the using of biomass to remove the toxic metals from liquid industrial wastes.

Metal concentration in solution was measured by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). Moreover, the degrees of biosorption in biomass were calculated by the difference between the metal concentration in the solution before and after the interaction.

Affect of initial cations concentration become the dominant factor, since the

cations uptake became constant with respect to the initial cations concentration.

It has been found that metals biosorption ( $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Cr^{3+}$ ,  $Cr^{6+}$  and  $Ca^{2+}$ ) by green algae *C. fracta* biomass is selective and, in some cases, competitive. Also, the mechanism involved in biosorption resulted ion exchange between cation metals, as counters ions present in the biomass and heavy metals ions and proton taken up from eluen.

- 1) Dibiayai oleh Dana DIPA Universitas Negeri Padang Tahun Anggaran 2009  
Dengan SP3 Hibah Penelitian: Nomor : 1271/H35/KU/DIPA/2009  
Tanggal: 11 Mai 2009
- 2) Department of Chemistry Faculty of Science State University Padang

Padang, Desember 2009  
Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Padang,

PGC Dr. Agus Fauzan, M.Pd., M.Sc.  
NIP. 128504301990011001

## PENGANTAR

Kegiatan penelitian dapat mendukung pengembangan ilmu pengetahuan serta terapan. Dalam hal ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang berusaha mendorong dosen untuk melakukan penelitian sebagai bagian integral dari kegiatan mengajarnya, baik yang secara langsung dibiayai oleh dana Universitas Negeri Padang maupun dana dari sumber lain yang relevan atau bekerja sama dengan instansi terkait.

Sehubungan dengan itu, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang bekerjasama dengan Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas RI melalui Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi Universitas Negeri Padang dengan surat perjanjian kerja Nomor: 1721/H35/KU/DIPA/2009 Tanggal 11 Mei 2009 telah membiayai pelaksanaan penelitian dengan judul ***Studi Biosorpsi Logam-logam Berat Dalam Bioreaktor Yang Memanfaatkan Biomassa Alga Hijau Sebagai Biosorben.***

Kami menyambut gembira usaha yang dilakukan peneliti untuk menjawab berbagai permasalahan pembangunan, khususnya yang berkaitan dengan permasalahan penelitian tersebut di atas. Dengan selesainya penelitian ini, Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang telah dapat memberikan informasi yang dapat dipakai sebagai bagian upaya penting dalam peningkatan mutu pendidikan pada umumnya. Di samping itu, hasil penelitian ini juga diharapkan memberikan masukan bagi instansi terkait dalam rangka penyusunan kebijakan pembangunan.

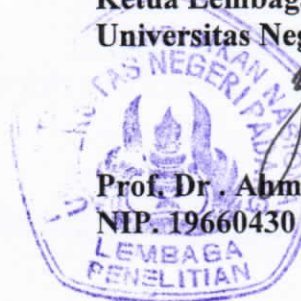
Hasil penelitian ini telah ditelaah oleh tim pembahas usul dan laporan penelitian, serta telah diseminarkan ditingkat nasional. Mudah-mudahan penelitian ini bermanfaat bagi pengembangan ilmu pada umumnya, dan peningkatan mutu staf akademik Universitas Negeri Padang.

Pada kesempatan ini, kami ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu pelaksanaan penelitian ini. Secara khusus, kami menyampaikan terima kasih kepada Direktur Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Ditjen Dikti Depdiknas yang telah memberikan dana untuk pelaksanaan penelitian tahun 2009. Kami yakin tanpa dedikasi dan kerjasama yang baik dari DP2M, penelitian ini tidak dapat diselesaikan sebagaimana yang diharapkan. Semoga hal yang demikian akan lebih baik lagi di masa yang akan datang.

Terima kasih.

Padang, Desember 2009

Ketua Lembaga Penelitian  
Universitas Negeri Padang,



Prof. Dr. Ahmad Fauzan, M.Pd., M.Sc.  
NIP. 19660430 199001 1 001

## PRAKATA

Puji syukur pada Allah SWT karena berkat izin dan rahmatNya penelitian tahun pertrama Hibah Bersaing yang berjudul “Studi Biosorpsi Logam-Logam Berat Dalam Reaktor Yang Memanfaatkan Biomassa Alga Hijau (Chlorophyta) Sebagai Biosorben” telah dapat dilaksanakan.

Penelitian ini dapat dilakukan berkat bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu Peneliti mengucapkan terima kasih kepada :

1. Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini.
2. Ketua Jurusan Kimia dan Kepala Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
3. Ketua Lembaga Penelitian Universitas Negeri Padang beserta staf
4. Semua pihak yang telah ikut membantu sehingga terlaksananya penelitian ini.

Mudah-mudahan hasil penelitian ini dapat bermanfaat untuk pengembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi umumnya, dan bidang Kimia Analisis Lingkungan khususnya.

Padang, Desember 2009

Tim Peneliti

BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN I.....	17
BAB IV. METODA PENELITIAN .....	18
4.1 Penelitian Sebagai Umum.....	19



## DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBARAN IDENTITAS DAN PENGESAHAN .....	i
RINGKASAN .....	ii
SUMMARY .....	iv
PRAKATA .....	vi
DAFTAR ISI .....	vii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	x
DAFTAR LAMPIRAN .....	xi
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Subjek Penelitian .....	1
1.2 Lokasi Penelitian .....	1
1.3 Hasil Penelitian Yang Diharapkan .....	1
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>3</b>
2.1 Biomaterial Sebagai Biosorben Ion Logam .....	3
2.2 Alga Hijau <i>Cladophora fracta</i> .....	10
2.3 Natrium Silikat .....	10
2.4 Immobilisasi .....	11
2.5 Biosorpsi.....	12
<b>BAB III TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN TAHUN I .....</b>	<b>17</b>
<b>BAB IV. METODA PENELITIAN .....</b>	<b>19</b>
4.1 Penelitian Secara Umum.....	19

4.2 Tahapan Penelitian .....	19
4.3 Analisis Kandungan Logam .....	20
4.4 Penyiapan Biomassa .....	20
4.5 Perlakuan Penelitian Dengan Sistim Batch .....	20
4.6 Perlakuan Pada Sistim Kontinu dan Penggunaan Berulang ...	21
4.7 Aplikasi Pada Sampel Limbah dan Faktor Pemekatan .....	21
4.8 Karakterisasi Pertukaran Ion Biosorben .....	22
4.9 Teknik Analisa Data.....	22
<b>BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>24</b>
<b>BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>48</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>49</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Klasifikasi Asam-Basa Keras dan Lunak .....	13
Tabel 5.1 Data analisis unsur penyusun biomassa .....	25
Tabel 5.2 Daerah Serapan Inframerah Khas Beberapa Gugus Fungsi ..	34
Tabel 5.3 Perbandingan Data Spektrum Biomassa Terimmobilisasi sebelum dan setelah dielusi .....	34
Tabel 5.4 Perbandingan Data Spektrum Biomassa Murni sebelum dan setelah dielusi .....	35
Tabel 5.5 Perbandingan Data Spektrum Biomassa Terimmobilisasi dan Biomassa Murni .....	37
Tabel 5.6 Data Biosorpsi Kation Logam dari Sampel Limbah Cair .....	39
Tabel 5.7 Spektrum FTIR Hasil Biomassa Imobilisasi dengan Asam Nitrat	37
Tabel 5.8 Spektrum FTIR Hasil Biomassa Murni dengan Asam Nitrat	37
Tabel 5.9 Spektrum FTIR Biomassa Murni, Imobilisasi dan Bioreaktor	38
Tabel 5.10 Jumlah Logam Terikat dan Terdesorpsi .....	38
Tabel 5.11 Jumlah Logam dalam Sampel dan setelah Desorpsi .....	40
Tabel 5.12 Selektivitas dan Pertukaran ion $\text{Ca}^{2+}$ dengan ion $\text{Pb}^{2+}$ .....	41
Tabel 5.13 Selektivitas dan Pertukaran ion $\text{Pb}^{2+}$ dengan ion $\text{Ca}^{2+}$ .....	42
Tabel 5.14 Pengaruh Keberadaan $\text{Cu}^{2+}$ Terhadap Biosorpsi dengan ion $\text{Pb}^{2+}$ ..	44
Tabel 5.15 Pemukiman ion $\text{Pb}^{2+}$ dengan $\text{HNO}_3$ dan $\text{H}_2\text{O}$ .....	46

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 3.1 Grafik Kurva Adsorpsi Isoterm Langmuir .....	15
Gambar 5.1 Spektra EDX dan Foto SEM .....	24
Gambar 5.2 Pengaruh Konsentrasi Larutan .....	26
Gambar 5.3 Kapasitas Serapan Biomassa pada Penggunaan Berulang .....	27
Gambar 5.4. Kapasitas Serapan Biomassa Murni.....	28
Gambar 5.5 Perbandingan Serapan Biomassa Immobilisasi dan Murni.....	30
Gambar 5.6 Desorpsi Kation dari Biomassa Immobilisasi .....	31
Gambar 5.7 Desorpsi Kation dari Biomassa Murni.....	32
Gambar 5.8 Spektrum FTIR Elusi Biomassa Immobilisasi dengan Asam Nitrat	33
Gambar 5.9 Spektrum FTIR Elusi Biomassa Murni dengan Asam Nitrat .....	33
Gambar 5.10 Spektrum FTIR Biomassa Murni, Immobilisasi dan Biomassa ...	36
Gambar 5.11 Jumlah Logam Temuat dan Terdesorpsi .....	38
Gambar 5.12 Jumlah Logam dalam Sampel dan setelah Desorpsi .....	40
Gambar 5.13 Selektifitas dan Pertukaran ion $\text{Ca}^{2+}$ dengan ion $\text{Pb}^{2+}$ .....	41
Gambar 5.14 Selektifitas dan Pertukaran ion $\text{Pb}^{2+}$ dengan ion $\text{Ca}^{2+}$ .....	42
Gambar 5.15 Pengaruh Keberadaan $\text{Cu}^{2+}$ Terhadap Biosorpsi dengan ion $\text{Pb}^{2+}$ ..	44
Gambar 5.16 Pertukaran ion $\text{Pb}^{2+}$ dengan $\text{HNO}_3$ dan $\text{H}_2\text{O}$ .....	46..

## DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 5.1 Pengaruh Konsentrasi Awal $Pb^{2+}$ Terhadap Kapasitas Serapan .....	56
Lampiran 5.2 Pengaruh Penggunaan Berulang Biomassa Terimmobilisasi .....	58
Lampiran 5.3 Pengaruh Penggunaan Berulang Biomassa Murni .....	74
Lampiran 5.4 Desorpsi Kation Yang Termuat Dalam Biomassa Terimmobilisasi ..	74
Lampiran 5.5 Aplikasi Pada Pemisahan Ion Logam dari Limbah Cair .....	64
Lampiran 5.6 Selektifitas dan Pertukaran Ion Terhadap Ion $Ca^{2+}$ dan ion $Pb^{2+}$ .....	69
Lampiran 5.7 Selektifitas dan Pertukaran Ion Terhadap Ion $Pb^{2+}$ dan ion $Ca^{2+}$ .....	70
Lampiran 5.8 Pengaruh Keberadaan Kation $Cu^{2+}$ Terhadap Biosorpsi ion $Pb^{2+}$ .....	71
Lampiran 5.9 Karakterisasi Desorpsi Ion $Pb^{2+}$ Dengan Larutan $HNO_3$ dan $H_2O$ ...	72
Lampiran 5.10 Biomassa yang Dimuati Ion $Cu^{2+}$ pada pH 3 dan Dielusikan dengan $Na^+$ pada pH Optimum dan Sebaliknya.....	73

## BAB I

### PENDAHULUAN

#### 1.1 Subjek Penelitian

Subjek penelitian ini adalah biomassa alga hijau (Chlorophyta), terutama *Cladophora fracta sp.*, yang banyak ditemukan di perairan air tawar, baik sungai atau kolam. Berdasarkan penelitian pendahuluan yang telah dilakukan, ditemukan bahwa biomassa ini berpotensi digunakan sebagai biosorben, terutama untuk logam-logam berat yang terdapat dalam larutan. Logam yang diteliti dibatasi pada logam timbal (II), tembaga(II), krom(III) dan krom(VI). Pemilihan logam didasari oleh klasifikasi logam sebagai asam menurut teori Lewis, yang pada pembentukan senyawa kompleks, logam diklasifikasikan sebagai bersifat asam keras, intermediet dan asam lunak.

#### 1.2 Lokasi Penelitian

Kegiatan penelitian ini berlokasi di Laboratorium Kimia Analitik FMIPA UNP, Laboratorium *Center For Materials Processing And Failure Analysis* (CMPFA) dan Teknik Metalurgi FT Universitas Indonesia

#### 1.3 Hasil Penelitian yang Ditargetkan

Hasil yang ditargetkan pada tahun kedua merupakan kelanjutan dari hasil yang telah diperoleh pada tahun pertama. Hasil penelitian yang telah diperoleh pada tahun pertama merupakan perlakuan terhadap biomassa *C. fracta* murni berupa: analisis komposisi unsur penyusun biomassa, (data EDX), identifikasi gugus fungsi yang terkandung dalam biomassa (FTIR), kapasitas serapan biomassa murni pada kondisi optimum terhadap masing-masing logam timbal (II), tembaga(II), krom(III) dan krom(VI) serta konstanta afinitas serapan (persamaan

isoterm Langmuir), penentuan energi aktivasi biomassa dan karakterisasi sifat pertukaran ion biomassa sebagai biosorben

Hasil penelitian pada tahun kedua berupa data karakteristik biosorben, yang merupakan biomassa *C. fracta* yang diimmobilisasi dengan natrium silikat dan dibandingkan dengan biomassa *C. fracta* murni. Sistem kontak yang dilakukan terutama sistem kontinu. Data karakterisasi biosorben, diantaranya perubahan kapasitas serapan dan gugus fungsi yang terjadi akibat penggunaan berulang biosorben dan pengaruh penggunaan asam nitrat,  $\text{HNO}_3$  sebagai pendesorpsi sekaligus kemungkinan sebagai pendegenerasi biosorben. Juga dipelajari karakter pertukaran ion dan selektifitas pada biosorben dan pengaruh multielemen dalam larutan terhadap kapasitas serapan, termasuk keberadaan kation  $\text{Ca}^{2+}$ , yang berasal dari batu kapur yang sering digunakan sebagai sumber hidroksida untuk mengendapkan logam-logam berat sebagai hidroksidanya. Analisis logam dilakukan dengan metoda *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS), identifikasi gugus fungsi dilakukan dengan *Fourier Transform IR Spectrophotometer* (FTIR), dan morfologi serta komposisi biomassa terimobilisasi masing-masing diidentifikasi dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) dan analisis *Energy Dispersive X-ray* (EDX).

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.

### 2.1 Biomaterial Sebagai Biosorben Ion Logam Dalam Larutan.

Dalam uraian berikut dikemukakan penelitian-penelitian terdahulu tentang biosorpsi logam-logam berat dengan memanfaatkan biomaterial, seperti biomassa alga dan ragi sebagai biosorben, diantaranya :

Strandberg dkk.(1981), telah meneliti penyerapan uranium oleh biomassa *S. cerevisiae* dan *Pseudomonas aeruginosa*. Dilaporkan bahwa uranium terserap pada bagain luar dinding sel *S. cerevisiae* sp. Laju dan jumlah serapannya dipengaruhi oleh pH larutan awal dan suhu. Penyerapan oleh *P. aeruginosa* terjadi pada intraselular dan tidak dipengaruhi oleh lingkungan. Uranium yang ter-serap oleh sel mikroorganisme mencapai 10 sampai 15% dari berat kering sel, tetapi hanya sekitar 32% dan 40% dari keseluruhan masing-masing populasi sel *S. cerevisiae* dan *P. aeruginosa* yang ditempati oleh uranium. Penyerapan uranium oleh biomassa *S. cerevisiae* tidak dipengaruhi oleh proses metabolisme sel, serapan maksimum diperoleh pH antara 3,0 dan 4,0. Laju penyerapan meningkat pada suhu antara 20°C dan 50°C. Adanya asam-asam amino dikarboksilat seperti asam glutamat dan asam aspartat di dalam larutan, menurunkan penyerapan uranium oleh *S. cerevisiae* secara tajam. Keberadaan kation divalen, diantaranya kation  $Ca^{2+}$ , mempengaruhi penyerapan uranium. Keberadaan kation  $K^+$  tidak mempengaruhi serapan. Disamping itu diperoleh fakta bahwa uranium membentuk kompleks dengan polimer fosfomanan khamir dan ditemukan bahwa kapasitas pengompleksan uranium tergantung pada kandungan fosfat dalam polimer fosfomanan dimaksud.

Zhao dkk. (1994), telah meneliti pengaruh beberapa perlakuan pada serapan ion-ion logam dalam larutan oleh biomassa alga a *E. bicyclis* dan *G. contera*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pada umumnya dalam 15 atau 30 menit sudah tercapai serapan maksimum. Perlakuan pada suhu sampai 60°C hanya



sedikit mempengaruhi serapan. Penambahan NaOH pada alga *E. bicyclis* dan *G. contera* meningkatkan penyerapan Pb, Cu, Zn dan Cd. Penambahan asam nitrat sampai dengan 1 M meningkatkan penyerapan Au, Ag dan Hg.

Volesky dan May Phillips (1995), telah meneliti penyerapan beberapa logam berat dan radionuklida oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. Hasil penelitian mereka memperlihatkan bahwa penyerapan uranium, seng dan tembaga terjadi pada pH optimum 4-5. Biomassa ragi industri fermentasi mati menyerap 0,58 mmol U/g, sedangkan biomassa ragi industri roti mati menyerap kira-kira 0,56 mmol U/g. Penyerapan uranium berlangsung cepat, dimana kira-kira 60% dari nilai penyerapan akhir terjadi saat 15 menit pertama waktu kontak.

Ramelow dkk. (1996), mempelajari kinetika ikatan logam dengan beberapa biomassa alga laut, diantaranya *Sargassum* dan biomassa diamobilisasi dalam suatu matriks polimer, seperti polisulfona, polifenis sulfide dan kopolimer stirena-divenil benzena. Hasil penelitian mereka memperlihatkan bahwa ion tembaga dan timbal terserap sepuluh kali lebih besar pada sistim polisulfona-biomassa dibandingkan sistim polisulfona saja. Biomassa alga dapat diamobilisasi dalam suatu matriks polimer dan dikemas dalam kolom dan efisien digunakan sebagai penukar ion.

Torresdey dkk. (1996) telah meneliti penyerapan beberapa logam berat seperti kadmium(II), krom(III), krom(VI), timbal(II), dan seng oleh biomassa *Medicago sativa* (alfalfa). Hasil penelitian yang dilaporkan bahwa pH optimum 5, waktu kontak 5 menit dan jumlah ion logam Cd, Cr(III), Pb, dan Zn yang terserap per gram biomassa masing-masing 7,1 mg, 7,7 mg, 43 mg dan 4,9 mg, sedangkan Cr(VI) tidak terserap. Affinitas serapan untuk Cr(III), Pb, dan Zn melebihi 90% sedangkan Cd(II) lebih dari 90%.

Mawardi dkk., (1997), telah meneliti penyerapan biomassa *Saccharomyces cerevisiae* terhadap logam timbal(II) dan membandingkannya dengan daya serap biomassa *Aspergillus Niger*. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa serapan biomassa hidup dan mati tidak berbeda secara berarti. Proses penyerapan berlangsung cepat, dimana kira-kira 86% dari total serapan terjadi pada 10 menit

pertama waktu kontak. Penyerapan meningkat dengan tajam pada jangka pH 3,0 dan 4,0 dan penyerapan meningkat secara linier sebagai fungsi dari konsentrasi awal ion timbal(II) sampai 40 mg/L. Kapasitas serapan maksimum yang diperoleh adalah 33,04 mg Pb/g.

Kapoor dan Viraraghavan (1998), telah meneliti pengaruh perlakuan pendahuluan biomassa *Aspergillus niger* terhadap biosorpsi timbal, kadmium, tembaga dan nikel. Perlakuan pendahuluan biomassa *A. niger* hidup menggunakan sodium hidroksida, formaldehid, dimetil sulfoksida dan detergen menghasilkan perbaikan yang signifikan dalam biosorpsi timbal, kadmium dan tembaga dibanding dengan sel *A. niger* hidup, sebaliknya, mengurangi biosorpsi nikel dibanding dengan sel *A. niger* hidup.

Sing dan Yu (1998), telah meneliti adsorpsi kation tembaga(II) dalam larutan dengan pelet miselium *Phanerochaete chrysosporium*, untuk mempelajari pengaruh konsentrasi logam, pH, pelarut organik dan kation sejenis. Kapasitas adsorpsi maksimum tembaga dari miselium jamur diperkirakan dengan model Langmuir, yaitu 3,9 mmol Cu per gram miselium kering dibandingkan dengan 1,04 mmol Cu per gram resin penukar ion bersifat asam kuat. Miselium hidup juga memperlihatkan afinitas yang tinggi terhadap tembaga dalam larutan encer. Koefisien distribusi adsorpsi (K) dipertahankan dalam nilai konstan, yaitu sekitar 1,6 liter per gram adsorben dalam larutan di atas 100 mg Cu/l. Adsorpsi dan desorpsi tembaga pada miselium jamur mudah diulang dengan mengatur pH. Pelarut organik sedikit berpengaruh positif terhadap kapasitas adsorpsi tembaga dari biomassa hidup.

Lee dan Volesky, (1999) telah meneliti kapasitas serapan biomassa *Sargassum fluitans* yang diperlakukan dengan NaOH terhadap daya serapnya pada logam tembaga dan aluminium. Tembaga dan aluminium maksimum yang terserap, dihitung dengan persamaan Isoterm Langmuir, diperoleh masing-masing 1,54 mmol/g dan 3,75 mmol/g pada pH 4,5. Sedangkan pada pH 3 tembaga dan aluminium yang terserap masing-masing 1,35 mmol/g dan 1,58 mmol/g.

Schneider dan Rubio (1999), telah meneliti pembuangan ion logam berat menggunakan biomassa *macruiphytes* perairan. Kontak antara biomassa dengan larutan dengan sistim batch dan aliran sinambung dalam kolom terkemas lapik (*packed bed column*), dalam skala laboratorium. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa biomassa mati dari *Potamogeton lucens*, *Sivinia herzogii*, dan *Eichhornia crassipes*, merupakan biosorben yang baik untuk Cr(III), Ni(II), Cu(II), Zn(II), Cd(II) dan Pb(II). Mekanisme penyerapan terutama karena reaksi penukar ion antara ion logam dan gugus penukar kation lemah pada permukaan biosorben

Mawardi, (2000), telah meneliti biosorpsi logam timbal(II) oleh biomassa alga hijau yang merupakan campuran dari spesies *Oedogaonium gigantium* dan *Cladophora glomerata* mati. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kira-kira 63,6% dari total serapan terjadi pada 2,5 menit pertama waktu kontak. Penyerapan meningkat dengan tajam pada jangkka pH 2,0 dan 3,0 dan penyerapan meningkat secara linier sebagai fungsi dari konsentrasi ion timbal(II) sampai 200 mg/L. Kapasitas serapan maksimum yang diperoleh adalah 19,53 mg Pb/g. Keberadaan masing-masing kation  $Ca^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$  dan  $Ag^{+}$  bersama-sama dengan kation  $Pb^{2+}$  dalam larutan menyebabkan turunnya jumlah logam timbal yang terserap masing-masing sekitar 4,8%; 14,9% dan 6,5% dari jumlah maksimum serapan, sedangkan pengaruh perlakuan biomassa dengan reagen pemodifikasi asetat anhidrida, glikol dan metanol 99,9% masing-masing menyebabkan berkurangnya jumlah logam timbal yang terserap oleh biomassa masing-masing sekitar 12,8%; 45,20% dan 30,90% dari jumlah maksimum serapan.

Sudha Bai dan Abraham (2001), telah meneliti kemampuan penyerapan bubuk biomassa *Rhizopus nigricans* pada kondisi optimum. Pengaruh pH larutan, pengadukan, konsentrasi krom(VI), takaran biomassa, waktu kontak, suhu dan ukuran partikel biomassa telah dipelajari. pH optimum biosorption Cr(VI) 2,0. Persentase adsorpsi tertinggi pada konsentrasi awal ion Cr yang lebih rendah. Lebih dari 75% ion terserap dalam 30 menit kontak dan maksimum setelah 8 jam. Kapasitas adsorpsi meningkat dengan meningkatnya suhu dan kecepatan

pengadukan, yang kondisi optimum diperoleh pada 45°C dan 120 rpm. Persamaan isotherm Freundlich dan Langmuir digunakan untuk mengevaluasi data dan konstanta regresi. Nilai konstanta laju adsorpsi ( $K_{ad}$ ) dihitung dari perbedaan konsentrasi ion Cr awal dan terserap, yang didapati lebih tinggi pada konsentrasi ion logam lebih rendah (100 mg/l).

Kogej dan Pavko (2001), telah meneliti biosorpsi timbal dari larutan, yang dilakukan dalam suatu reaktor tank perendaman yang dilengkapi pengaduk, dan suatu kolom kontinu beralas yang dikemas dengan tujuan menguji karakteristik proses dalam skala laboratorium. Sebagai biosorben digunakan biomassa yang teramobilisasi langsung berbentuk pelet spiral dari jamur *Rhizopus nigricans*. Dalam tang reaktor perendaman dipelajari pengaruh konsentrasi awal timbal dan kapasitas serapan biomassa. Kajian proses kontinu dalam kolom yang dikemas bersifat sebagai fungsi dari laju alir dan tinggi bed biosorben. Logam yang terserap pada kedua tipe reaktor dibandingkan untuk menghitung kapasitas serapan maksimum, sehingga efisiensi proses dapat diperkirakan.

Saitoh dkk (2001), telah meneliti kontribusi gugus fungsional karboksilat, amino dan thiol yang terdapat pada biomassa *Chlorella*, dalam menyerap logam. Dalam penelitian digunakan 1-etil-3-(3-dimetilaminopropil) karbodiimida hidroklorida (EDC), glutaraldehid dan N-maleimida sebagai *blocking agent*, masing-masing untuk gugus asam karboksilat, gugus amina dan tiol.

Cossich, dkk, (2002), telah meneliti proses biosorpsi kromium oleh biomassa rumput laut *Sargassum* sp. dalam sistem batch. Parameter yang diteliti adalah pengaruh ukuran partikel, pH larutan dan suhu kontak. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa pH larutan sangat mempengaruhi kapasitas biosorpsi, sedangkan ukuran partikel biomassa tidak mempengaruhi laju penyerapan dan kapasitas serapan.

Barros dkk (2003), telah meneliti factor-faktor dan optimasi penyerapan logam kadmium menggunakan biomassa *Aspergillus niger*, yaitu pengaruh pH, waktu, konsentrasi biomassa dan konsentrasi logam terhadap laju penyerapan. Hasil optimum yang diperoleh adalah pH 4,75, konsentrasi biomassa 1,7 g/L, dan

konsentrasi logam bervariasi antara 5 dan 10 mg/L. Proses biosorpsi berhasil digunakan untuk menyerap logam berat dari air limbah industri minyak.

Antunes dkk (2003), telah meneliti penyerapan ion tembaga dari larutan menggunakan biomassa *Sargassum sp.* dengan sistem batch. Parameter yang diteliti adalah pengaruh pH awal, laju pengadukan, waktu penyerapan, suhu, keadaan setimbang dan konsentrasi ion tembaga. Hasil yang diperoleh pengadukan lebih dari 100 rpm tidak berpengaruh lagi, pH antara 3,0 – 5,0, tidak ada pengaruh pada interval 298 dan 328 K. Model Langmuir merepresentasi proses biosorpsi yang lebih dari model Freundlich. Proses mengikuti reaksi orde dua dengan energi aktivasi 5,2 kcal/mol. Kapasitas penyerapan 1,48 mmol/g biomassa.

Hadi, dkk (2003), telah meneliti kinetika dan kesetimbangan biosorpsi kadmium oleh sel ragi *Saccharomyces cerevisiae* dan *Kluyveromyces fragilis* dengan sistem batch. Kondisi optimum biosorpsi pada pH 5,0 dan konsentrasi 200 mg/L. Kapasitas maksimum penyerapan yang diperoleh 35 dan 40 mg/g sel masing-masing sel ragi *S. cerevisiae* dan *K. fragilis*.

Chen dan Wang (2004), telah mempelajari sifat kinetika adsorpsi tembaga dalam reaktor sistem *batch* dan sistem lapik-tetap (*fixed bed reactor*). Percobaan adsorpsi isothermal memperlihatkan bahwa kapasitas adsorpsi tembaga oleh butiran karbon aktif meningkat apabila kekuatan ion lebih tinggi. Keberadaan EDTA mengurangi adsorpsi dan kinetika menjadi lebih cepat ketika pH larutan tidak dikendalikan.

Ilhan, dkk (2004), telah meneliti selektivitas biosorpsi ion-ion kromium(VI), timbal(II), dan tembaga(II) dalam limbah cair industri menggunakan bakteri *Staphylococcus saprophyticus*. Diperoleh pH optimum penyerapan  $\text{Cr}^{6+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$  dan  $\text{Cu}^{2+}$  masing-masing 2,0; 4,5 dan 3,5. Penyerapan maksimum untuk masing-masing kation terjadi pada konsentrasi, berturut-turut, 193,66 mg/L; 100 mg/L dan 105 mg/L dengan kation yang terserap masing-masing 88,66 mg/L; 100 mg/L dan 44,94 mg/L.

Chen dan Yang (2005), telah mempelajari pengaruh modifikasi *Sargassum sp.* untuk mencegah lepasnya senyawa organik dan untuk meningkatkan penyerapan logam selama biosorpsi. Dilaporkan bahwa asam, basa, kalsium, formaldehid dan glutaraldehid telah digunakan untuk memodifikasi secara lokal biomassa dan menyebabkan berkurangnya senyawa organik yang lepas.

Horsfall Rnr dan Spiff (2005), telah meneliti pengaruh konsentrasi kation logam  $Pb^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$  oleh biomassa *Caladium bicolor* dengan sistem batch. Data yang diperoleh diolah dengan persamaan Langmuir dan diperoleh kapasitas serapan maksimum untuk kation  $Pb^{2+}$  dan  $Cd^{2+}$  masing-masing 49,53 dan 65,50 mg /g biomassa. Perhitungan terhadap energi bebas Gibbs,  $\Delta G$ , menunjukkan bahwa terjadi proses pertukaran ion.

Preetha dan Viruthagiri (2005), telah meneliti proses kinetika dan kesetimbangan biosorpsi seng(II) oleh biomassa jamur *Rhizopus arrhizus*, dengan sistem batch. Kesetimbangan tercapai setelah waktu kontak 120 menit. Data yang diperoleh dianalisa dengan persamaan adsorpsi isoterm Langmuir, Freundlich, Relich-Peterson dan BET (Brunauer Emmett Teller).

Horsfall Jnr dkk. (2006), telah meneliti recovery ion timbal dan kadmium dari biomassa *Caladium bicolor* yang termuat logam, menggunakan larutan eluen asam, basa dan netral. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa semakin tinggi konsentrasi eluen semakin besar konsentrasi logam yang diperoleh kembali, dan recovery logam oleh larutan asam lebih baik dari basa dan akuades.

Morais Barros, dkk (2006), telah meneliti proses biosorpsi logam nikel dan krom dalam bioreaktor yang dikemas dengan lumpur buangan, secara *fixed packed-bed* Hasil analisis memperlihatkan bahwa absorben menyerap lebih dari 90 % untuk kedua logam. Sistem yang dirancang berfungsi efektif sekitar 20 hari.

Kumar dan Kaladharan (2006), telah meneliti biosorpsi ion kadmium dan timbal dari air yang terkontaminasi menggunakan biomassa ganggang laut *Sargassum wigtii* sebagai biosorben. Hasil yang diperoleh memperlihatkan bahwa