

PEMANFAATAN BIOMASSA KARANG *Heliofungia actiniformis*

SEBAGAI BIOSORBEN ION Pb(II)

THE USE OF THE BIOMASS OF Heliofungia actiniformis CORAL AS

BIOSORBEN OF Pb (II) ION

MARLINA



**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

PEMANFAATAN BIOMASSA KARANG *Heliofungia actiniformis*

SEBAGAI BIOSORBEN ION Pb(II)

Tesis

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar Magister

Program Studi

Kimia

Disusun dan diajukan oleh:

**MARLINA
P1100209002**

kepada

**PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS HASANUDDIN
MAKASSAR
2012**

**PEMANFAATAN BIOMASSA KARANG *Heliofungia actiniformis*
SEBAGAI BIOSORBEN ION Pb (II)**

Disusun dan diajukan oleh :

MARLINA

Nomor Pokok P1100209002

Telah dipertahankan di depan Panitia Ujian Tesis
Pada tanggal 12 April 2012

Menyetujui

Komisi Penasihat

Dr. Hj. Nursiah La Nafie, M.Sc

Ketua

Ketua Program Studi
Kimia

Dr. Paulina Taba, M.Phil

Anggota

Direktur Program Pascasarjana
Universitas Hasanuddin

Dr. Paulina Taba, M.Phil

Prof. Dr. Ir. Mursalim

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Marlina

Nomor Pokok Mahasiswa : P1100209002

Program Studi : Kimia

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, April 2012

Yang Menyatakan

MARLINA

PRAKATA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, dan nikmat yang telah diberikan kepada penulis selama penyelesaian penelitian dan penyusunan tesis ini.

Berbagai kendala yang dihadapi oleh penulis dalam rangka penyusunan tesis ini, yang berkat bantuan berbagai pihak, maka tesis ini selesai pada waktunya. Dalam kesempatan ini penulis dengan tulus menyampaikan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam proses penulisan tesis ini, terkhusus kepada kedua orang tua ayah (H. Bandu) dan Ibu (Hj. Amang) atas kesabaran dan doa yang tulus untuk anak-anaknya. Terima kasih kepada Dr.Hj.Nursiah La Nafie, M.Sc sebagai Ketua Komisi Penasehat Tesis dan Dr.Paulina Taba, M.Phill sebagai Anggota Komisi Penasehat Tesis atas berkenannya meluangkan waktu dan tenaga dalam membimbing dan memberikan petunjuk dari awal persiapan penelitian hingga selesainya tesis ini. Terima kasih juga penulis sampaikan kepada Prof. Dr. Nunuk Hariani S, MS, Prof.Dr. Ahyar Ahmad, Ph.D, dan Dr. Muhammad Zakir ,M.Si, sebagai anggota Panitia Penilai Seminar Usul, Hasil dan Ujian Akhir. Terima kasih juga untuk teman-teman peneliti biosorpsi (Asni dan Sri Hidayat) di Laboratorium Kimia Analitik atas berbagi pendapat dan kerjasamanya. Tidak lupa untuk Feby terima kasih telah banyak meluangkan waktu untuk penelitian ini serta atas

bantuan analisis SSA, dan yang terakhir ucapan terima kasih juga disampaikan kepada mereka yang namanya tidak tercantum tetapi telah banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tesis ini.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kesempurnaan sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun demi kesempurnaan tesis ini

Makassar, Januari 2012

Penulis

ABSTRAK

MARLINA. Pemanfaatan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* sebagai biosorben ion Pb(II) (dibimbing oleh **Nursiah La Nafie** dan **Paulina Taba**).

Biosorpsi adalah metode yang efektif untuk menghilangkan logam berat dari dalam larutan. Penelitian ini bertujuan mengetahui kemampuan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* untuk mengadsorpsi dan mendesorpsi ion Pb (II).

Biosorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* telah dilakukan pada variasi kontak, pH konsentrasi Pb (II). Interaksi biomassa dengan Pb (II) dipelajari dengan menggunakan FTIR. Pada penelitian ini juga dilakukan proses desorpsi ion Pb (II) menggunakan beberapa larutan pendesorpsi.

Hasil penelitian menunjukkan waktu kontak optimum pada 20 menit, pH optimum 5, kapasitas biosorpsi lebih sesuai dengan isothermal Langmuir (q_{maks} 58,82 mg.g⁻¹). Analisis FT-IR menunjukkan gugus fungsi amina (-NH₂) dan -OH yang paling banyak berperan dalam pengikatan ion Pb (II). Metode kolom dilakukan dengan 3 siklus. Persentase ion Pb (II) yang terdesorpsi berturut-turut adalah 34,60, 18,77 dan 18,01%.

ABSTRACT

MARLINA. The use of biomass coral *Heliofungia actiniformis* as biosorben of Pb (II) ion (supervised by **Nursiah La Nafie** and **Paulina Taba**).

Biosorption is an effective method to remove heavy metal from aqueous solution. The aim of the research is to determine the ability of coral biomass, *Heliofungia actiniformis* to adsorb Pb (II) ion.

Biosorption of Pb (II) ion by coral biomass of *Heliofungia actiniformis* was conducted with the variation of contact time, pH, and concentration of Pb (II) ion. Interaction of biomass and Pb (II) ion was investigated by FTIR. In the research, desorption of Pb (II) ion was also studied.

Results showed that the optimum contact time was 20 minutes and the optimum pH was 5. Adsorption of Pb (II) ion followed the Langmuir isotherm ($q_{\max} = 58.82 \text{ mg g}^{-1}$). FTIR spectra indicated that $-\text{NH}_2$ (amine) and $-\text{OH}$ (hidroxil) were the functional groups involved in the adsorption of Pb (II) by biomass of *Heliofungia actiniformis*. The column method was carried out in three cycles. The percentage of Pb (II) ion desorbed was 34.60, 18.77, and 18.01 %, respectively.

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
PRAKATA	iii
ABSTRAK	v
ABSTRACT	vi
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Logam Berat	7
B. Timbal (Pb)	8
C. Terumbu Karang	9
D. Karang Heliofungia Actiniformis	11
E. Biosorpsi	13
F. Faktor yang Mempengaruhi Biosorpsi	15

G. Biosorpsi Logam Pb.....	16
H. Proses Desorpsi.....	18
I. Biosorpsi dalam Sistem Batch	18
J. Biosorpsi dalam Sistem Kolom	19
J. Model Kesetimbangan Adsorpsi	21
BAB III METODOLOGI.....	24
A. Alat Penelitian	24
B. Bahan Penelitian.....	24
C. Tempat dan Waktu Penelitian	24
D. Prosedur Penelitian.....	25
D.1 Penyiapan Biosorben Karang <i>Heliofungia</i> <i>actiniformis</i>	25
D.2 Penentuan waktu optimum biosorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	25
D.3 Penentuan pH optimum biosorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	26
D.4 Penentuan kapasitas biosorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	26
D.5 Analisis FT-IR	27
D.6 Desorpsi ion Pb(II) dari biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	28
D.7 Biosorpsi-desorpsi dalam Sistem Kolom	28
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	30
A. Pengaruh Waktu Kontak Terhadap Adsorpsi ion Pb(II).....	30

B. Variasi pH Terhadap Adsorpsi Ion Pb(II)	34
C. Hubungan Antara Gugus Fungsi dengan Adsorpsi Ion Pb(II)	36
D. Studi Isotermal adsorpsi	41
E. Desorpsi ion Pb(II) dari Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	47
F. Biosorpsi Desorpsi dalam Sistem Kolom	50
BAB V PENUTUP	55
A. Kesimpulan	55
B. Saran	55
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	62

DAFTAR TABEL

nomor		halaman
1	Perbandingan Waktu Kontak Optimum Adsorpsi Ion Pb(II) dengan Berbagai Macam Biomassa.....	31
2	Perbandingan nilai konstanta reaksi, orde satu dan orde dua penyerapan ion Pb(II) pada biomassa karang.....	32
3	Perbandingan Spektra Infra Merah Biomassa karang <i>heliofungia actiniformis</i> sebelum dan sesudah adsorpsi.....	40
4	Perbandingan kapasitas adsorpsi ion Pb(II) pada beberapa Biomassa.....	44
5	Perbandingan Nilai R_L Minimum dan Maksimum.....	46
6	Data Hasil Biosorpsi-Desorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i> dalam sistem kolom dengan pengulangan siklus 3 kali	57

DAFTAR GAMBAR

nomor		halaman
1	Anatomi Karang Polip	11
2	Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	12
3	Biosorpsi dalam Sistem Kolom.....	20
4	Grafik Adsorpsi Logam Pb(II) oleh Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i> Berdasarkan Variasi Waktu Kontak	31
5	Model Reaksi Semu Orde Satu Adsorpsi logam Pb(II) oleh Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i> Berdasarkan Variasi Waktu Kontak	33
6	Model Reaksi Semu Orde Dua Adsorpsi logam Pb(II) oleh Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i> Berdasarkan Variasi Waktu Kontak	34
7	Grafik Adsorpsi Logam Pb(II) oleh Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i> Berdasarkan Variasi pH.....	35
8	Pita serapan biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i> sebelum mengadsorpsi ion Pb(II).....	38
9	Pita serapan biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i> sesudah mengadsorpsi ion Pb(II).....	39
10	Grafik adsorpsi Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i> Berdasarkan Variasi Konsentrasi	43
11	Model Isothermal Adsorpsi Langmuir Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i> Pada Variasi Konsentrasi	45
12	Model Isothermal Adsorpsi Freundlich Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i> Berdasarkan Variasi Konsentrasi	47
13	Grafik desorpsi ion Pb(II) dari biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i> pada variasi larutan pendesorpsi.....	48

14	Kurva biosorpsi ion Pb(II) dalam kolom bioreaktor pada biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i> dengan pengulangan siklus 3 kali	53
15	Kurva desorpsi ion Pb(II) dalam kolom bioreaktor pada biomassa karang <i>Heliofungia actiniformis</i> dengan pengulangan siklus 3 kali	54

DAFTAR LAMPIRAN

nomor	halaman
1. Data Hasil Analisis Kandungan Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	63
2. Penyiapan Biosorben Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	64
3. Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Pb(II) Oleh Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	65
4. Penentuan pH Optimum Biosorpsi Ion Pb(II) Oleh Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	66
5. Penentuan Kapasitas Biosorpsi Ion Pb(II) Oleh Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	67
6. Desorpsi ion Pb(II) dari Biomassa Karang <i>Heliofungia actiniformis</i>	68
7. Biosorpsi-Desorpsi ion Pb(II) dalam Kolom Bioreaktor.....	69
8. Data Hasil Pengukuran Jumlah Ion Pb(II) Teradsorpsi Berdasarkan Variasi Waktu Kontak.....	70
9. Data Hasil Pengukuran Jumlah Ion Pb(II) Teradsorpsi Berdasarkan Variasi pH.....	71
10. Data Hasil Pengukuran Kapasitas Adsorpsi.....	72
11. Data Hasil Penentuan Agen Pendesorpsi	73
12. Data Hasil Biosorpsi-Desorpsi dalam Sistem Kolom	74

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Logam berat adalah jenis polutan yang paling banyak ditemukan pada berbagai perairan limbah industri. Perairan limbah industri yang mengandung konsentrasi logam berat rendah hingga tinggi sering ditemukan pada industri pertambangan, penyepuhan logam, pembuatan baterai, pupuk, kimia, farmasi, elektronik, tekstil, dan banyak yang lain. Keberadaan logam berat tersebut di perairan sangat berbahaya bagi kehidupan manusia dan makhluk hidup lainnya, karena sangat beracun dan tidak dapat mengalami biodegradasi, sehingga sangat perlu untuk dihilangkan dari limbah industri untuk memperoleh perairan yang memenuhi standar kualitas lingkungan. Dengan demikian, sangat perlu dikembangkan teknologi untuk mengontrol konsentrasi logam ini dalam perairan limbah industri (Sardjono, 2007).

Meningkatnya kebutuhan hidup pada produk teknologi yang mengandung logam berat memicu bertambahnya beban lingkungan. Timbal merupakan contoh logam yang banyak digunakan secara luas dalam teknologi modern. Sebagai hasil dari penggunaan produk adalah dilepaskannya sejumlah material yang mengandung ion/senyawa logam berat ke dalam lingkungan. Selama ion/senyawa logam timbal dalam jumlah yang rendah, maka keberadaannya tidak akan menimbulkan

bahaya bagi manusia. Tetapi, paparan ion timbal yang berlebih dapat menimbulkan bahaya bagi kesehatan manusia. Timbal dapat menyebabkan anemia, gangguan fungsi hati dan ginjal, kerusakan otak serta masalah kesehatan lain yang lebih serius (Jain dkk., 2005).

Banyak metode yang telah dikembangkan untuk menangani masalah limbah di perairan, termasuk presipitasi, ekstraksi, separasi dengan membran (Jain dkk., 2005), pertukaran ion (Sivaiah dkk., 2004), dan adsorpsi (Ahmet dan Mustafa, 2007). Metode adsorpsi adalah salah satu metode alternatif yang potensial karena prosesnya yang relatif sederhana, dapat bekerja pada konsentrasi rendah, dapat di daur ulang, dan biaya yang dibutuhkan relatif murah (Sardjono, 2007).

Metode adsorpsi telah terbukti efektif untuk mengurangi konsentrasi logam di perairan seperti yang dilaporkan oleh berbagai penelitian, diantaranya melalui penggunaan berbagai adsorben seperti zeolit (Barros dkk., 2003), arang (Dianati-Tilaki dan Mahmood, 2004), abu layang (Li dkk., 2002), ampas tahu (Qaddafi, 2008) dan berbagai sampah pertanian seperti kulit jagung (Igwe dkk., 2005) atau kulit singkong (Abia dkk., 2003), dan rumput laut *Eucheuma spinosum* (Diantariani, dkk., 2008).

Biomassa yang tidak hidup seperti rumput laut telah ditemukan cukup efektif untuk menghilangkan logam berat khususnya logam Pb (Jalali dkk, 2002), biomassa alga hijau *Ulva lactuca* menarik ion Pb^{2+} dan Cd^{2+} dari larutannya (Ahmet dan Mustafa, 2007), biomassa *C. lentillifera*

kering dapat menarik ion logam berat (Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , dan Zn^{2+}) dari perairan yang tercemar (Pavasant dkk, 2005).

Biosorpsi logam terjadi karena kompleksitas ion logam yang bermuatan positif dengan pusat aktif yang bermuatan negatif pada permukaan dinding sel atau dalam polimer-polimer ekstraseluler, seperti protein dan polisakarida sebagai sumber gugus fungsi yang berperan penting dalam mengikat ion logam. Proses penyerapan ini berlangsung cepat dan terjadi pada sel hidup maupun sel yang telah mati (Volesky, 1995).

Selain itu biosorpsi juga terjadi karena adanya peristiwa pertukaran ion dimana ion monovalent dan divalent seperti Na^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , K^+ pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat (Suhendrayatna, 2001).

Proses biosorpsi tak lepas dari proses desorpsi. Desorpsi digunakan untuk meregenerasi biosorben sehingga dapat digunakan kembali serta dapat mengekstrak logam yang telah terikat pada biosorben. Untuk tujuan ini diperlukan agen pendesorpsi yang mampu meregenerasi biomassa tetapi tidak menyebabkan kerusakan pada adsorben (Triani, 2006)

Seperti berbagai jenis alga dan lamun yang berasal dari laut yang berpotensi sebagai biosorben, terumbu karang juga memiliki potensi sebagai biosorben logam berat. Menurut Veron (1995) terumbu karang merupakan endapan massif (deposit) padat kalsium (CaCO_3) yang

dihasilkan oleh karang dengan sedikit tambahan dari alga berkapur (*Calcareous algae*) dan organisme lain yang mensekresikan kalsium karbonat (CaCO_3). Kandungan CaCO_3 yang terdapat pada karang dapat mengikat logam berat melalui proses penukaran ion sehingga karang berpotensi sebagai biosorben logam berat. Manfaat karang selama ini sebagai sumber ikan dan makanan laut lainnya yang mengandung protein tinggi, melindungi pantai dari hantaman ombak dan arus, sumber penghasilan bagi nelayan (tangkapannya ikan), kekayaan pariwisata bahari, sumber kekayaan laut yang bisa digunakan sebagai obat-obatan alami dan sebagai laboratorium alam untuk pendidikan dan penelitian (Darmadi 2010).

Dari berbagai jenis karang yang ada, pada penelitian ini digunakan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* karena kelimpahannya di alam khususnya di Sulawesi Selatan. Menurut Bruckner, 2001 luas habitat *Heliofungia actiniformis* di kepulauan Spermonde Sulawesi Selatan 1.760.000 m² dengan potensi stok alami 91.766,4 koloni. Selain itu biomassa karang yang mengandung matriks organik dengan gugus fungsi seperti karbonil, hidroksil, sulfhidril atau amina yang memungkinkan karang mengakumulasi dan mengadsorpsi logam berat (Shah, 2008)

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui potensi biomassa karang khususnya spesies *Heliofungia actiniformis* sebagai biosorben logam

berat khususnya ion logam Pb dan desorpsi ion logam Pb dari biomassa karang yang dapat digunakan kembali secara berulang untuk aplikasi lain.

B. Rumusan Masalah

Permasalahan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Berapakah kondisi optimum (waktu kontak, dan pH) biosorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* ?
2. Berapakah kapasitas biosorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis*?
3. Gugus fungsi apakah yang aktif berperan dalam pengikatan ion Pb(II) pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis*?
4. Bagaimanakah efesiensi proses biosorpsi-desorpsi biomassa karang *Heliofungia actiniformis* pada sistem kolom?

C. Tujuan penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan kondisi optimum (waktu kontak dan pH) biosorpsi ion Pb(II) oleh karang *Heliofungia actiniformis*.
2. Menentukan kapasitas biosorpsi ion Pb(II) oleh karang *Heliofungia actiniformis*.

3. Menentukan gugus fungsi yang aktif yang berperan dalam pengikatan ion Pb(II) pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis*.
4. Menentukan efisiensi biosorpsi-desorpsi biomassa karang *Heliofungia actiniformis* pada sistem kolom?

D. Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini yaitu :

1. Memberikan informasi tentang kondisi optimum (waktu kontak dan pH) pada biosorpsi ion Pb(II) menggunakan biomassa karang *Heliofungia actiniformis*.
2. Memberikan informasi tentang kemampuan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* untuk menghilangkan ion Pb(II) dari dalam larutannya melalui proses biosorpsi.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Logam Berat

Logam berat adalah unsur-unsur kimia dengan bobot jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 . Secara alami, logam berat masuk ke dalam perairan melalui air hujan, aliran air permukaan, erosi batuan mineral. Tetapi besarnya kandungan logam berat dalam perairan disebabkan oleh berbagai jenis kegiatan manusia seperti aktifitas industri, pertambangan, ataupun karena penggunaan logam berat dan bahan yang mengandung logam berat (Pavasant dkk, 2005)

Pencemaran ion logam berat menyebabkan masalah serius karena akumulasinya dalam rantai makanan (Figueira dkk., 2000). Beberapa logam berat yang berhubungan dengan kegiatan ini adalah kadmium (Cd), kromium (Cr), timbal (Pb), tembaga (Cu), merkuri (Hg) dan nikel (Ni). Pembuangan limbah yang mengandung ion logam berat menyebabkan masalah yang serius karena sulit mengalami degradasi. Keberadaan logam berat dalam lingkungan memungkinkan untuk terakumulasi dalam organisme yang pada akhirnya menyebabkan penyakit serius (Bailey dkk., 1999).

Dalam beberapa tahun terakhir, kandungan ion/senyawa logam berat dalam air dan sedimen telah ditentukan. Pada tingkat konsentrasi jauh di atas ambang batas. Ion/senyawa logam berat dapat merusak

sistem pernafasan, hati dan tulang, dan juga menghambat fungsi enzim dalam tubuh (Malik, 2004).

B. Timbal (Pb)

Timbal (Pb) adalah logam lunak kebiruan yang lazim terdapat dalam endapan sulfid yang tercampur mineral-mineral lain terutama seng dan tembaga. Penggunaan Pb terbesar adalah dalam industri baterai, kendaraan bermotor seperti timbal metalik dan komponen-komponennya. Pencemaran Pb dapat terjadi di udara, air maupun tanah (Sarjono, 2007).

Timbal adalah sebuah unsur yang biasanya ditemukan di dalam batu-batuan, tanah, tumbuhan dan hewan. Timbal pada umumnya dalam bentuk garam anorganik yang umumnya kurang larut dalam air. Selebihnya berbentuk timbal organik. Timbal organik ditemukan dalam bentuk senyawa tetra etil timbal dan tetra metil timbal. Waktu keberadaan timbal dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti arus angin dan curah hujan. Timbal tidak mengalami penguapan namun dapat ditemukan di udara sebagai partikel (Tyas, 1998).

Timbal banyak dimanfaatkan sebagai bahan pembuat baterai, amunisi, produk logam (logam lembaran, solder, dan pipa), perlengkapan medis (penangkal radiasi dan alat bedah), cat, keramik, peralatan kegiatan ilmiah/praktek (papan sirkuit/CB untuk komputer) untuk campuran minyak bahan-bahan untuk meningkatkan nilai oktan (Tyas, 1998).

Jalur masuknya timbal ke dalam tubuh manusia adalah melalui saluran pernapasan (respirasi), juga melalui saluran pencernaan (gastrointestinal), kemudian didistribusikan ke dalam darah, dan terikat pada sel darah. Selain itu timbal adalah logam toksik yang bersifat kumulatif sehingga mekanisme toksisitasnya dibedakan menurut beberapa organ yang dipengaruhi yaitu (Sarjono, 1995) :

- a. Sistem hemopoietik: Pb menghambat sistem pembentukan hemoglobin sehingga menyebabkan anemia.
- b. Sistem saraf pusat dan tepi: dapat menyebabkan gangguan ensefalopati dan gejala gangguan saraf perifer
- c. Sistem ginjal: dapat menyebabkan aminoasiduria, fosfaturia, glikosuria, nefropati, fibrosis dan atrofi glomerular.
- d. Sistem gastro-intestinal: menyebabkan kolik dan konstipasi.
- e. Sistem reproduksi: menyebabkan peningkatan permeabilitas kapiler pembuluh darah.
- f. Sistem indokrin : dapat menyebabkan kematian janin waktu melahirkan pada wanita serta hipospermi dan terospermia pada pria.

C. Terumbu Karang

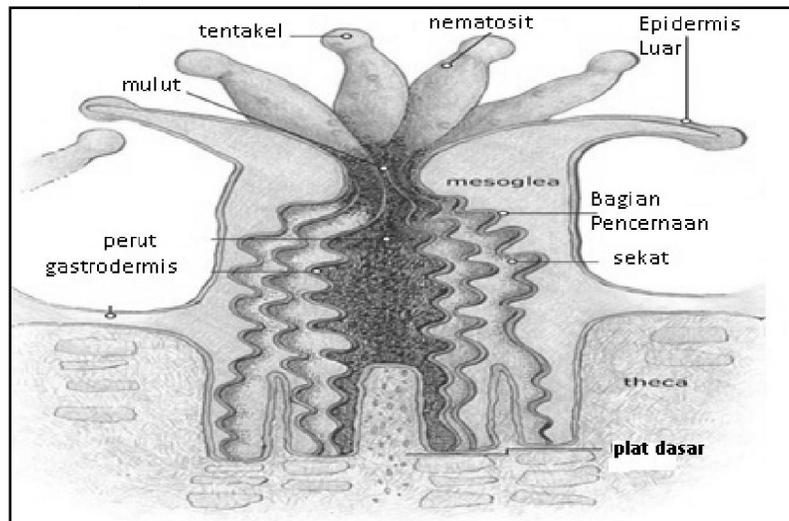
Terumbu karang (*Coral reef*) merupakan organisme yang hidup di dasar perairan yang berbentuk batuan kapur (CaCO_3) (Supriharyono, 2002). Organisme–organisme yang dominan hidup pada terumbu karang adalah binatang-binatang karang yang mempunyai kerangka kapur, dan

alga yang banyak diantaranya juga mengandung kapur. Karang adalah hewan tak bertulang belakang yang termasuk dalam Filum Coelenterata (hewan berongga) atau Cnidaria. Yang disebut sebagai karang (coral) mencakup karang dari Ordo scleractinia dan Sub kelas Octocorallia (kelas Anthozoa) maupun kelas Hydrozoa. (Timotius, 2003).

Satu individu karang atau disebut polip karang memiliki ukuran yang bervariasi mulai dari yang sangat kecil 1 mm hingga yang sangat besar yaitu lebih dari 50 cm. Namun yang pada umumnya polip karang berukuran kecil. Polip dengan ukuran besar dijumpai pada karang yang soliter (Timotius, 2003).

Karang atau disebut polip memiliki bagian-bagian tubuh yang terdiri atas (Timotius, 2003) :

1. mulut yang dikelilingi oleh tentakel yang berfungsi untuk menangkap mangsa dari perairan serta sebagai alat pertahanan diri,
2. rongga tubuh (coelenteron) yang juga merupakan saluran pencernaan (gastrovascular)
3. dua lapisan tubuh yaitu ektodermis dan endodermis yang lebih umum disebut gastrodermis karena berbatasan dengan saluran pencernaan. Jaringan pengikat tipis yang disebut mesoglea terdapat di antara kedua lapisan. Jaringan ini terdiri atas sel-sel, serta kolagen, dan mukopolisakarida. Pada sebagian besar karang, epidermis akan menghasilkan material guna membentuk rangka luar karang. Material tersebut berupa kalsium karbonat (kapur).



D. Karang *Heliofungia Actiniformis*

Heliofungia umumnya ditemukan pada lereng batu dan habitatnya terutama di danau pinggir laut, tempat dangkal dan dalam di bawah air. Pada beberapa daerah terdapat perbedaan diameter dari tentacles dan beberapa spesimen berkembang dengan ujung tentacles bercabang. Sebagian besar biasanya berwarna coklat ke abu-abuan bergaris pada permukaan dan ujung tentacles berwarna putih. Selain itu biasanya juga berwarna hijau fluoresens bergaris-garis pada permukaan (Sprung, 2003).



Gambar 2. *Heliofungia actiniformis* (Quoy dan Gaimard, 1983)

Adapun taksonomi dari karang *Heliofungia actiniformis* yang dimanfaatkan pada penelitian ini adalah (Quoy dan Gaimard, 1983)

Kingdom : Animalia
Filum : Cnidaria
Kelas : Anthozoa
Orde : Scleractinia
Famili : Fungiidae
Genus : *Heliofungia*
Spesies : *Heliofungia actiniformis*

Heliofungia dalam pertumbuhannya tidak memerlukan cahaya yang banyak. *Heliofungia* juga tidak dapat hidup pada daerah dengan arus air yang keras. Pada saat suhu alami lingkungan air panas *Heliofungia* dapat mentolerir dan suhu ideal pertumbuhannya adalah 75 °Fahrenheit. Seperti karang batu yang lain, pada pertumbuhannya skeleton yang mengandung zat kapur membutuhkan pemeliharaan dengan kalsium dan

lingkungan air alkali. Konsentrasi kalsiumnya antara 350 dan 500 ppm dan alkalinitas antara 2,5 dan 4,5 meq/L (Quoy dan Gaimard, 1983).

Survey COREMAP II Propinsi Sulawesi Selatan menunjukkan bahwa pada kawasan kepulauan Spermonde Makassar potensi karang *Heliofungia actiniformis* masih sangat besar, yaitu potensi stok alami adalah 91.766,4 koloni dengan luas habitat 1.760.000 m².

E. Biosorpsi

Biosorpsi adalah terakumulasi dan terkontaminasinya logam berat dari suatu larutan oleh biomassa tumbuhan atau mikroorganisme yang tidak hidup. Biosorpsi merupakan kemampuan material biologi untuk mengakumulasi ligand logam berat melalui medan metabolisme atau jalur psiko-kimia. Proses ini terjadi karena adanya material yang disebut biosorben dan larutan yang mengandung logam berat sehingga mudah terikat pada biosorben (Kumar, 2006).

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 merupakan faktor utama yang diperhitungkan dalam memilih biomassa yang akan digunakan. Rumput laut, jamur, bakteri, kulit kepiting dan biomassa-biomassa yang lain telah diteliti untuk biosorpsi logam dalam memberikan hasil yang memuaskan (Volesky, 1995).

Proses bioremoval ion logam berat terdiri atas dua mekanisme yang melibatkan proses pengambilan aktif dan pengambilan pasif. Pada

saat ion logam berat tersebar pada permukaan sel, ion akan mengikat pada bagian permukaan sel berdasarkan kemampuan afinitas kimia yang dimilikinya (Suhendrayatna, 2001).

Pengambilan aktif dapat terjadi pada berbagai tipe sel mati. Mekanisme ini secara simultan terjadi sejalan dengan konsumsi ion logam untuk pertumbuhan mikroorganisme atau/dan akumulasi intraseluler ion logam tersebut. Logam berat dapat juga diendapkan pada proses metabolisme dan ekresi pada tingkat kedua. Proses ini bergantung pada energi yang terkandung dan sensitifitasnya terhadap parameter-parameter yang berbeda seperti pH, suhu, kekuatan ikatan ionik, dan cahaya. Disamping itu, proses ini dapat dihambat oleh suhu yang rendah, tidak tersedianya sumber energi dan penghambat-penghambat metabolisme sel. Di sisi lain, biosorpsi logam berat dengan sel hidup ini terbatas karena akumulasi ion dapat menyebabkan racun terhadap mikroorganisme. Mikroorganisme yang tahan terhadap efek racun ion logam akan dihasilkan berdasarkan prosedur seleksi yang ketat terhadap pemilihan jenis mikroorganisme yang tahan terhadap kehadiran ion logam berat. (Suhendrayatna, 2001)

Pengambilan pasif dikenal dengan istilah biosorpsi. Proses ini terjadi jika ion logam berat mengikat dinding sel dengan dua cara yang berbeda, pertukaran ion dimana ion monovalen dan divalen seperti Na, Mg dan Ca pada dinding sel digantikan oleh ion-ion logam berat; dan kedua adalah pembentukan kompleks antara ion-ion logam berat dengan

gugus fungsi seperti karbonil, amino, tiol, hidroksi, fosfat, dan hidroksi-karbonil yang berada pada dinding sel. Proses biosorpsi ini bersifat bolak balik dan cepat. Proses bolak balik dalam pengikatan ion logam berat di permukaan sel ini dapat terjadi pada sel mati dan sel hidup dari suatu biomassa (Suhendrayatna., 2001).

Biosorpsi dengan menggunakan mikroba yang ditumbuhkan pada media tertentu juga berpotensi untuk mengadsorpsi ion logam. Biosorben mudah diperoleh karena cukup ditumbuhkan pada media yang sesuai. Mikroba seperti *Aspergillus niger*, *Penicillium chrysogenum*, *Rhizopus nigricans*, *Ascophyllum nodosum*, *Sargassum natans*, *Chlorella fusca*, *Oscillatoria angustissima*, *Bacillus fermus* dan *Streptomyces sp.* memiliki kemampuan mengadsorpsi ion logam (Pb^{2+} , Zn^{2+} , Cd^{2+} , Cr^{3+} , Cu^{2+} , dan Ni^{2+}) dengan kapasitas pada rentang antara 5 sampai 641 mg g⁻¹ (Malik, 2004).

F. Faktor Yang Mempengaruhi Biosorpsi

Faktor utama yang berpengaruh terhadap proses biosorpsi adalah konsentrasi awal ion logam, temperatur, pH, dan konsentrasi biomassa dalam larutan. Menurut Cossich, dkk (2002), temperatur tidak memberikan pengaruh pada proses biosorpsi dalam rentang 20 – 35 °C. pH merupakan parameter yang sangat penting dalam proses biosorpsi. Hal ini disebabkan oleh pengaruh keadaan kimia larutan dari ion logam, pada aktivitas dari gugus fungsi dalam biomassa dan kompetisi dengan ion

logam (Friss dan Keith, 1998). pH larutan dapat mempengaruhi permukaan sel yang berikatan dengan logam serta keberadaan ion logam dalam larutan. Pada pH rendah, bagian permukaan dari sel akan berinteraksi dengan ion H^+ dari dalam larutan sehingga permukaan sel yang dapat berinteraksi dengan ion lain akan menjadi berkurang. Akan tetapi pada pH yang tinggi, ligand yang bermuatan negatif semakin mudah terbentuk pada permukaan sel sehingga akan meningkatkan kemampuan interaksi dengan berbagai kation (Pino dkk, 2006).

Konsentrasi biomassa adalah salah satu variabel yang penting dalam proses biosorpsi logam. Pada saat kerapatan sel biomassa rendah maka akan lebih banyak logam yang dapat diserap dibandingkan bila kerapatan sel biomassa tinggi (Metha dan Gaur, 2001). Hal ini disebabkan interaksi elektrostatik antara sel dengan ion logam dipengaruhi oleh konsentrasi biomassa yang tersedia. Konsentrasi biomassa yang tinggi menjadikan bagian aktif sel biomassa tertutupi untuk berinteraksi dengan ion logam sehingga jumlah ion logam yang dapat diserap menjadi semakin berkurang (Romera, dkk, 2007).

G. Biosorpsi Logam Pb

Berbagai penelitian telah memanfaatkan biomassa alam sebagai biosorben logam berat Pb. Pada pemanfaatan biomassa alga *Nannochloropsis* mampu mengadsorpsi ion logam Pb(II) dengan kapasitas biosorpsi 18,92 mg/g dan waktu optimum 20 menit (Sembiring, 2008).

Penelitian lain yang memanfaatkan biomassa jamur *Phanerochaeta Chisosporium* sebagai biosorben yang efisien untuk menghilangkan logam Pb dalam air limbah. Hasil biosorpsi menunjukkan bahwa kadar logam Pb yang terserap semakin meningkat dengan semakin besarnya konsentrasi biomassa. Kadar logam Pb yang terserap oleh jamur *Phanerochaeta Chisosporium* sebanyak 66,79 %. Hasil penelitian yang ada menunjukkan bahwa efisiensi penghilangan logam Pb yang tertinggi dapat diperoleh pada kondisi optimal dimana pH = 4,5 (Puranik, 1999).

Telah dilakukan penelitian bahwa bakteri *Ochrobactrum cytisi* Azn6.2 yang diisolasi dari akar tanaman polong memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi untuk menghilangkan logam Pb dalam larutan. Kondisi optimal dari biosorpsi Pb diperoleh pada 1 mM selama 2 jam dalam temperatur ruangan. Pada kondisi ini kapasitas maksimal Pb yang dapat dimuat oleh sel Azn 6.2 adalah 32-34 mg/g (Ignacio, 2010).

Biomassa lain yang juga potensi digunakan menghilangkan ion timbal adalah biomassa ampas tahu pada konsentrasi medium ($10-200 \text{ mgL}^{-1}$) dengan kapasitas biosorpsi pada pH 3 sebesar $16,6 \text{ mg.g}^{-1}$ (Qaddafi, 2008).

H. Proses Desorpsi

Desorpsi merupakan proses pelepasan kembali spesi-spesi yang telah berikatan dengan sisi aktif dari permukaan mikroorganisme sebagai biosorben. Selain untuk mengatasi permasalahan yang timbul akibat

proses adsorpsi, desorpsi juga dapat digunakan untuk meregenerasi biosorben sehingga dapat digunakan kembali serta dapat mengekstrak logam yang telah terikat pada biosorben (Triani, 2006).

Pada proses desorpsi diperlukan agen pendesorpsi yang mampu menyerap logam dan meregenerasi material biosorben. Agen pendesorpsi ini harus;

- a) dapat mengambil logam dari biosorben.
- b) dapat memulihkan biosorben hingga mendekati kondisi awalnya.
- c) tidak menyebabkan kerusakan atau perubahan fisik pada biosorben.

Regenerasi biosorben dapat dilakukan dengan baik melalui pencucian logam yang terdapat pada biosorben dengan larutan yang tepat. Larutan yang dapat digunakan untuk mendesorpsi logam dari biomassa adalah mineral asam seperti asam klorida, asam sulfat, asam asetat, asam nitrat dan EDTA (Triani, 2006).

I. Biosorpsi Dalam Sistem Batch

Sistem pada adsorpsi terdiri atas dua macam yaitu sistem *batch* dan sistem kontinyu (kolom). Sistem *batch* akan memberikan gambaran kemampuan dari adsorben dengan cara mencampurkannya dengan larutan yang tetap jumlahnya dan mengamati perubahan kualitasnya pada selang waktu tertentu (Pratiwi, 2009).

Istilah sistem *batch* menunjukkan bahwa biosorben tidak diimobilisasi, bebas berada dalam larutan. Kontak dalam jumlah besar antara ion logam dengan biosorben pada proses adsorpsi tidak praktis

karena menimbulkan masalah dalam hal pemisahan padatan/cairan. Tetapi kemampuan sel bebas sebagai pengadsorpsi merupakan dasar aplikasi biosorpsi pada industri, karena memberikan informasi tentang kesetimbangan proses dan ini penting dalam hal merancang peralatan (Veglio dan Beolchini, 1997).

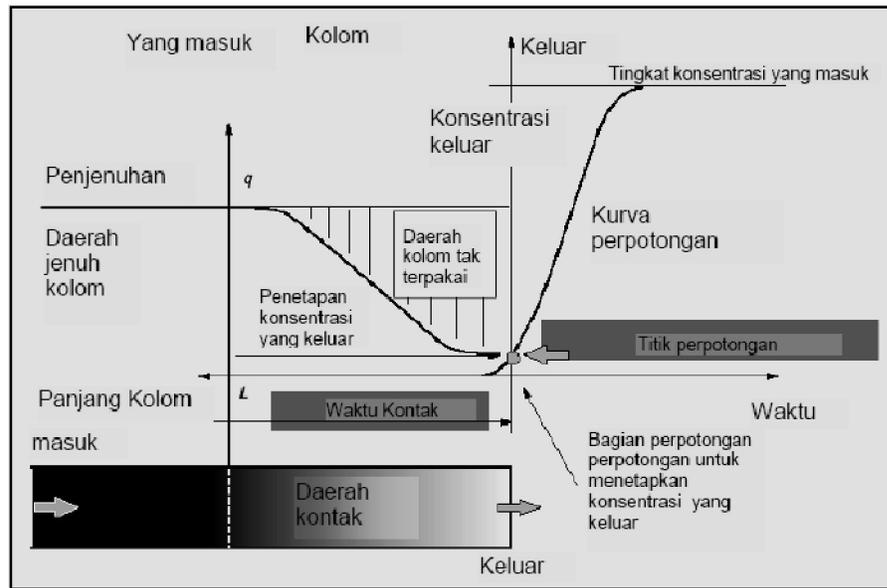
Pada aplikasinya sistem *batch* lebih mudah diterima karena kesederhanaan dan kemudahan aplikasinya. Kesulitan yang terdapat pada sistem kolom dapat teratasi seperti desain alat, biaya, kecepatan aliran yang konstan, suhu kolom dan keseragaman ukuran partikel (William, 1962).

J. Biosorpsi Dalam Sistem Kolom

Pada sistem kolom, larutan selalu dikontakkan dengan adsorben sehingga adsorben dapat mengadsorpsi dengan optimal sampai kondisi jenuh yaitu pada saat konsentrasi effluen (larutan yang keluar) mendekati konsentrasi influen (larutan awal). Sistem kolom dapat dilakukan dengan dua cara aliran yaitu aliran dari atas kebawah (*down flow*) atau aliran dari bawah ke atas (*up flow*). Keberhasilan adsorpsi dengan sistem kolom dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain laju alir, konsentrasi awal larutan, dan jumlah adsorben (Khartikeyan dkk, 2004).

Ilustrasi proses biosorpsi dalam sistem kolom dapat dilihat pada Gambar 3. Kemampuan biosorben sepanjang kolom bergantung pada panjang dan kekuatan pertukaran ion selama proses adsorpsi maupun regenerasi kolom. Zona ini bergantung pada bagian-bagian kolom yang

telah dipilih dengan ion logam dan bagian kolom yang masih mengandung biosorben bebas.



Gambar 3 . Biosorpsi dalam sistem kolom (Kratochvil dan Volesky, 1998)

Pada saat pemasukan ion logam maupun regenerasi biosorben, zona sepanjang kolom bergerak sesuai aliran cairan (turun ke bagian bawah kolom). Pada saat sorben pada ujung kolom bawah sudah jenuh, maka konsentrasi ion logam pada cairan yang mengalir meningkat sehingga penggunaan kolom harus dihentikan, titik ini disebut titik jenuh sorben, dan sebaiknya regenerasi kolom segera dilakukan bila titik jenuh kolom telah tercapai. Dinamika pertukaran ion yang singkat dan besarnya kapasitas adsorpsi merupakan ciri efektifnya proses biosorpsi dalam sistem kolom (Kratochvill dan Volesky, 1998).

Sistem kontinyu lebih praktis karena proses ini mempunyai pendekatan yang jauh lebih baik untuk penerapan di lapangan dimana

sistem operasinya yang selalu mengontakkan adsorben dengan larutan segar, sehingga adsorben dapat mengadsorp dengan optimal sampai kondisi jenuhnya (Aksu dan Gonen, 2004)

K. Model Keseimbangan Biosorpsi

Terdapat dua model keseimbangan adsorpsi yang secara umum diterima dan sifat linear yaitu persamaan Langmuir dan Freundlich.

a. Isotermal Adsorpsi Freundlich

Isotermal adsorpsi dibuat untuk menjelaskan bentuk interaksi yang terjadi antara logam berat dengan sorben. Isoterm adsorpsi dibuat dengan menggunakan data pada pengujian penyerapan logam pada variasi konsentrasi.

Isotermal Freundlich berlaku pada kondisi adsorpsi yang terjadi pada berbagai lapisan, persamaan yang digunakan adalah (Namasivayam, 2001) :

$$S = K_f C_e^{1/n} \dots\dots\dots (1)$$

Dengan K_f dan n merupakan konstanta. S merupakan banyaknya logam yang terikat per gram sorben (mg/g).

Bentuk linear dari isotermal Freundlich ditunjukkan oleh persamaan :

$$\log (S) = \log k_f + \left(\frac{1}{n}\right) \log C_e \dots\dots\dots (2)$$

dimana :

S merupakan logam yang terikat per gram sorben (mg/g), C_e adalah konsentrasi kesetimbangan larutan. Sedangkan k_f dan n merupakan konstanta yang menggabungkan seluruh faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi seperti kapasitas dan intensitas adsorpsi (Namasivayam, 2001).

b. Isotermal Adsorpsi Langmuir

Isotermal adsorpsi Langmuir berlaku untuk kondisi adsorpsi yang terjadi pada satu lapisan, persamaan yang digunakan adalah (Namasivayam, 2001) :

$$q_e = \frac{q_{max} K_{ads} C_e}{1 + K_{ads} C_e} \dots\dots\dots (3)$$

Dengan q_{max} merupakan tetapan kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g) dan K_{ads} adalah konstanta energy ikatan (mg/L)

Bentuk linear dari persamaan isotherm Langmuir ditunjukkan oleh persamaan berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{k_a q_m} + \frac{1}{q_m C_e} \dots\dots\dots(4)$$

dimana C_e adalah konsentrasi pada kesetimbangan (mg/L), q_e adalah jumlah ion yang teradsorpsi (mg/g), q_m adalah jumlah permukaan adsorpsi (mg/g), k_a adalah konstanta kesetimbangan adsorpsi (Wang dan Qin, 2005).

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Bahan Penelitian

Bahan–bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah biomassa *Heliofungia actiniformis* kering, $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2$, larutan HNO_3 , HCl , H_2SO_4 , EDTA, KCl , Na_2CO_3 , NaHCO_3 akuades, kertas pH, kertas saring whatman, aluminium foil, kertas label.

B. Alat Penelitian

Alat–alat yang dibutuhkan pada penelitian ini adalah alat–alat gelas yang umum digunakan, *magnetic stirrer*, Spektrofotometer Serapan Atom (AAS) Buck Scientific Model 205 VGP, pH meter, lumpang, neraca digital, ayakan, oven, desikator, FT-IR 8201 PC Shimadzu.

C. Waktu dan Tempat penelitian

Pengambilan sampel dilakukan di Pulau Badi Sulawesi Selatan pada bulan April tahun 2011. Selanjutnya penelitian ini dilaksanakan mulai bulan Mei dan dilakukan di Laboratorium Kimia Analitik Jurusan Kimia FMIPA Unhas. Analisis FT-IR dilakukan di Laboratorium Kimia Terpadu Jurusan Kimia FMIPA Unhas.

D. Prosedur penelitian

1. **Penyiapan Biosorben Karang *Heliofungia actiniformis***

Karang *Heliofungia actiniformis* dikoleksi dari pulau Badi. Karang segera dicuci dan dikeringkan pada temperatur 80 °C selama ± 12 jam kemudian dihaluskan. Sampel diayak dengan ukuran lolos saringan 120 mesh diambil dan disimpan pada tempat dingin dan kering. Biomassa karang digunakan dalam eksperimen penentuan waktu kontak, pH optimum dan kapasitas biosorpsi.

2. **Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Pb(II) oleh Biomassa Karang *Heliofungia actiniformis***

Larutan Pb(II) dengan konsentrasi 50 ppm disiapkan. Ke dalam 100 ml larutan ditambahkan 200 mg biomassa *Heliofungia actiniformis*. Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama 10 menit dan disaring dengan kertas whatman. Adsorbansi filtrat diukur dengan spektrofotometer serapan atom pada panjang gelombang maksimum. Percobaan diulangi dengan variasi waktu pengadukan 2, 5, 10, 20, 40, 60, 80, 100 dan 120 menit. Setiap percobaan dilakukan 2 kali pengulangan.

Konsentrasi yang teradsorpsi untuk tiap waktu dihitung dari :

Konsentrasi teradsorpsi = Konsentrasi awal – Konsentrasi akhir

$$C_{\text{adsorpsi}} = C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}} \dots\dots\dots(5)$$

Banyaknya ion logam yang teradsorpsi (mg) per gram biosorben *Heliofungia* ditentukan dengan persamaan :

$$q_e = \frac{(C_o - C_e) V}{W_a} \dots\dots\dots (6)$$

Dimana :

q_e = jumlah ion logam teradsorpsi (mg/g)

C_o = Konsentrasi ion logam sebelum adsorpsi (mg/l)

C_e = Konsentrasi ion logam setelah adsorpsi (mg/l)

V = Volume larutan ion logam (L)

W_a = Jumlah adsorben, biomassa karang(g)

Waktu optimum adalah waktu dimana konsentrasi teradsorpsi ($C_{adsorpsi}$) terbesar.

3. Penentuan pH Optimum Biosorpsi Ion Pb(II) oleh Biomassa Karang *Heliofungia actiniformis*

Sebanyak 200 mg biosorben karang dimasukkan dalam 50 mL larutan Pb pada variasi pH (4, 5, 6, 7 dan 8). Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama waktu optimum pada suhu kamar dan disaring dengan kertas Whatman. Adsorbansi filtrat diukur dengan spektrofotometer serapan atom. Setiap percobaan dilakukan 2 kali pengulangan.

4. Penentuan Kapasitas Biosorpsi Ion Pb(II) oleh Biomassa Karang *Heliofungia actiniformis*

Larutan ion Pb(II) dengan variasi konsentrasi 50 ppm, 100 ppm, 150 ppm, 200 ppm, 250 ppm, dan 300 ppm disiapkan pada pH optimum. Ke dalam masing–masing 100 mL larutan tersebut ditambahkan 200 mg

biomassa *Heliofungia actiniformis*. Tiap–tiap campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* selama waktu dan pH optimum. Tiap–tiap campuran disaring dengan kertas whatman. Adsorbansi setiap filtrat diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom dan residunya dianalisis dengan FT-IR. Setiap percobaan dilakukan 2 kali pengulangan.

Kapasitas biosorpsi dihitung dari persamaan Freundlich [$\log(x/m) = \log k + 1/n (\log C_e)$] atau persamaan Langmuir ($C_e/q_e = 1/Q_0b + C_e/Q_0$). Jika pada persamaan Freundlich kita plotkan antara $\log(x/m)$ terhadap $\log C$ atau pada persamaan Langmuir kita plotkan (C_e/q_e) terhadap C_e . Dari grafik tersebut maka intersep dari persamaan Freundlich diperoleh nilai k (kapasitas biosorpsi) dan dari slope persamaan Langmuir dapat diperoleh nilai Q_0 yang berhubungan dengan kapasitas biosorpsi.

5. Analisis FTIR

Biomassa karang *Heliofungia actiniformis* sebelum dan sesudah kontak dengan larutan Pb(II) (konsentrasi dan pH optimum yang telah dikocok dengan *magnetic stirrer* selama 24 jam) dikeringkan pada suhu 80 °C lalu dianalisis dengan FT-IR (Fourier Transform Infra Red). Analisis ini dilakukan untuk mengetahui interaksi ion logam Pb(II) dengan gugus fungsi yang terdapat pada terumbu karang.

6. Desorpsi ion Pb (II) dari Karang *Heliofungia actiniformis*.

Larutan asam (HCl, HNO₃ dan H₂SO₄), ethylenediaminetetra acetic acid (EDTA), Na₂CO₃, NaHCO₃, Sodium Sitrat dan KCl pada konsentrasi 0,1M digunakan untuk percobaan desorpsi. Biomassa karang *Heliofungia*

actiniformis sebanyak 0,2 g yang telah mengikat ion Pb(II) dimasukkan ke dalam 50 mL agen pendesorpsi. Campuran diaduk dengan stirer (150 rpm) pada waktu kontak optimal lalu disaring. Banyaknya ion Pb(II) yang terdesorpsi diukur dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

7. Biosorpsi–Desorpsi dalam Kolom Bioreaktor

Biosorpsi dalam sistem kontinyu dikerjakan dalam kolom bioreaktor (panjang 30 cm, diameter dalam 2,5 cm), tinggi biomassa dalam kolom 3 cm. Pada percobaan biosorpsi, larutan ion Pb(II) dengan konsentrasi 10 mgL⁻¹ dilewatkan ke dalam kolom bioreaktor pada kecepatan ± 7 mL.menit⁻¹. Efluen dikumpulkan secara manual setiap 100 mL hingga total larutan yang dilewatkan pada kolom bioreaktor 1600 mL. Kolom bioreaktor dicuci dengan mengalirkan akuades pada kecepatan yang sama dengan percobaan biosorpsi hingga total air suling yang dilewatkan 500 mL. Selanjutnya desorpsi dilakukan dengan melewati 800 mL HNO₃ 0,1M ke dalam kolom bioreaktor pada kecepatan ± 7 mL.menit⁻¹. Efluen dikumpulkan setiap 50 mL dan kandungan ion logamnya ditentukan. Bilamana proses desorpsi dengan larutan HNO₃ telah selesai, kolom bioreaktor selanjutnya dicuci dengan akuades sebanyak 500 mL. Proses biosorpsi-desorpsi ion Pb(II) oleh biomassa dalam kolom bioreaktor selanjutnya dikerjakan pada tahap/siklus berikutnya hingga pengulangan siklus sebanyak tiga kali. Kandungan ion Pb(II) pada semua fraksi,

termasuk fraksi pencucian dengan akuades ditentukan dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (SSA).

BAB IV

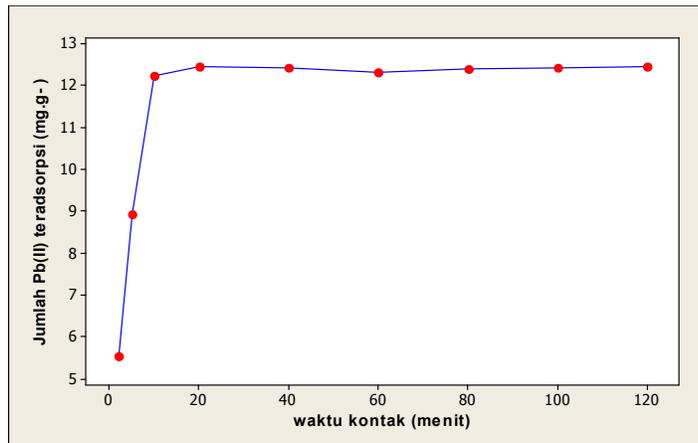
HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Adsorpsi Ion Pb (II)

Salah satu tujuan dari penelitian ini adalah menentukan waktu kontak yang diperlukan sampai terjadi kesetimbangan antara sorbat (ion Pb^{2+}) dengan biosorben (biomassa karang).

Gambar 4 memperlihatkan jumlah ion Pb (II) yang diadsorpsi oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* pada variasi waktu kontak. Pada kontak selama 2 menit, biosorben mampu mengikat ion Pb(II) sebanyak $5,54 \text{ mg g}^{-1}$. Nilai ini terus meningkat hingga waktu kontak 10 menit dengan nilai adsorpsi $12,24 \text{ mg g}^{-1}$. Adsorpsi ion logam menjadi konstan pada kontak selama 20, 40 dan 60 menit dengan nilai adsorpsi $12,44 \text{ mg g}^{-1}$. Oleh karena itu waktu optimum adsorpsi ion Pb (II) adalah 20 menit. Waktu kontak optimum adalah saat tercapainya kesetimbangan biosorpsi melalui penggunaan seluruh sisi aktif dari biomassa untuk mengadsorpsi ion logam (Babarinde, dkk, 2007) .

Waktu optimum yang lebih singkat sangat efektif pada aplikasinya sebab tidak dibutuhkan waktu yang lama dari biosorben untuk mengadsorpsi ion logam dalam larutan hingga biomassa tersebut mengalami kejenuhan. Data yang diperoleh menunjukkan bahwa pengambilan ion logam oleh biomassa sangat cepat.



Gambar 4. Grafik adsorpsi karang berdasarkan variasi waktu kontak. Kondisi : konsentrasi awal Pb (II) 50 mgL^{-1} , 150 rpm, biomassa 0,2 gram/ 50 mL.

Adapun waktu kontak optimum adsorpsi ion logam Pb(II) oleh berbagai macam biomassa pada penelitian sebelumnya ditunjukkan pada

Tabel 1 :

Tabel 1. Perbandingan waktu kontak optimum adsorpsi ion Pb(II) dengan berbagai macam biomassa.

Biomassa	Waktu Kontak Optimum (menit)	Referensi
Green alga (<i>Ulva lactuca</i>)	60	Sari dan Tuzen, 2007
Alga <i>Gelidium sesquipedale</i>	50	Victor dan Cidalia, 2007
Ampas tahu	60	Qaddafi, 2008

Waktu kontak optimum biomassa karang *Heliofungia actiniformis* pada penelitian ini lebih cepat bila dibandingkan biomassa yang lain. Hal ini kemungkinan disebabkan karena terjadi interaksi pasif berupa pertukaran ion pada dinding sel biosorben digantikan oleh ion Pb (II) serta

pembentukan senyawa kompleks antara ion logam dengan gugus fungsi aktif seperti amina dan hidroksil pada biomassa *Heliofungia actiniformis*.

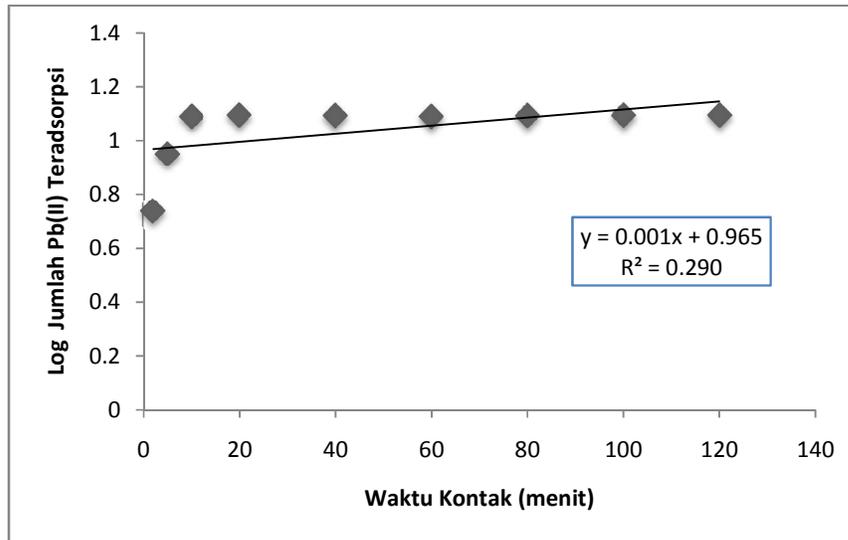
Untuk mengetahui kinetika reaksi adsorpsi ion Pb (II) pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis*, maka data yang diperoleh dimasukkan pada model persamaan reaksi orde satu (pseudo first – order) dan reaksi orde dua (pseudo second order). Gambar 4 memperlihatkan plot linear model reaksi orde satu. Nilai konstanta orde satu dan nilai q_{eq} ditentukan dari nilai yang diperoleh pada Gambar 5 dan koefisien korelasi yang diperoleh dari masing-masing orde seperti terlihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Perbandingan konstanta reaksi orde satu dan orde dua penyerapan ion Pb(II) pada biomassa karang

Orde satu			Orde dua			q_{eq} percobaan ($mg.g^{-1}$)
$K_{1.ads}$ ($menit^{-1}$)	q_{eq} ($mg.g^{-1}$)	R^2	$K_{2.ads}$ ($g/ mgmenit^{-1}$)	q_{eq} ($mg.g^{-1}$)	R^2	
0,0023	9,23	0,290	0,064	12,66	0,999	12,44

Nilai adsorpsi Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* pada keseimbangan (q_{eq}) yang diperoleh dari persamaan orde satu adalah $9,23 mg g^{-1}$. Nilai ini sangat berbeda bila dibandingkan dengan data yang diperoleh secara eksperimen yaitu $12,44 mg g^{-1}$. Selain itu nilai koefisien relasi (R^2) yang diperoleh adalah 0,290. Nilai ini lebih kecil dari angka

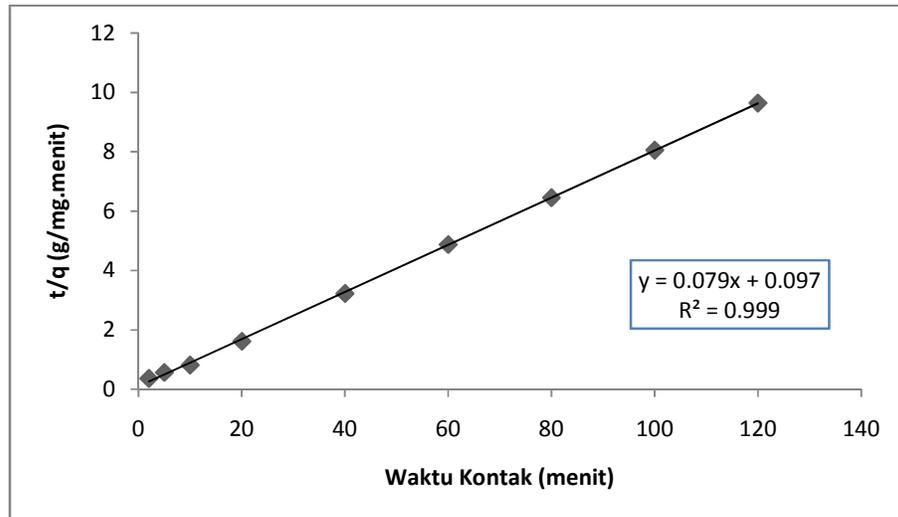
satu sehingga dapat dikatakan bahwa adsorpsi ion Pb(II) pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis* bukan merupakan orde satu.



Gambar 5. Model reaksi orde satu adsorpsi ion Pb(II) pada karang berdasarkan variasi waktu kontak. Kondisi konsentrasi awal 50 mgL^{-1} , 150 rpm, biomassa 0,2g/50 mL.

Dengan menggunakan persamaan reaksi orde dua, maka kurva hubungan antara nilai t/q terhadap t seperti terlihat pada Gambar 6. Nilai konstanta reaksi orde dua (k_2), kapasitas adsorpsi (q_{eq}) dan koefisien relasi dari kurva reaksi orde dua ini dibandingkan dengan reaksi orde satu dapat dilihat pada Tabel 1. Nilai koefisien korelasi pada reaksi orde dua sebesar 0,999 dan nilai q_{eq} $12,66 \text{ mg g}^{-1}$ sama dengan nilai q_{eq} eksperimen. Oleh karena itu dapat dikatakan bahwa kinetika reaksi pengambilan ion Pb(II) oleh biomassa karang mengikuti reaksi orde dua. Hal ini berarti bahwa nilai laju reaksi berbanding terbalik dengan nilai konsentrasi awal ion logam dalam larutan (Umaningrum, dkk, 2010).

Semakin besar konsentrasi awal ion Pb(II) dalam larutan maka laju reaksi adsorpsi akan semakin kecil.

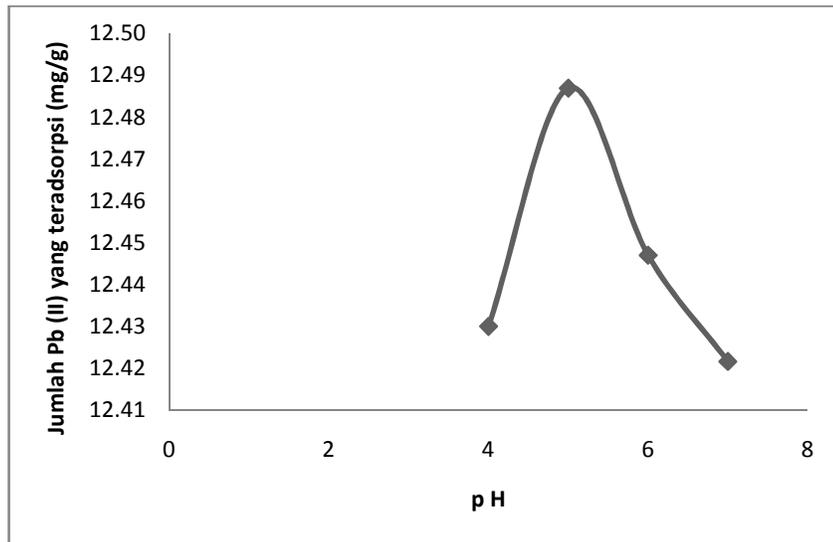


Gambar 6. Model reaksi orde dua adsorpsi ion Pb(II) pada biomassa karang berdasarkan variasi waktu kontak. Kondisi : konsentrasi awal Pb(II) 50 mgL⁻¹, 150 rpm, biomassa karang 0,2g/ 50 mL.

B. Variasi pH

Untuk mengetahui pada pH berapa biomassa karang *Heliofungia actiniformis* mengadsorpsi ion Pb(II) secara maksimal, maka dilakukan pengukuran jumlah ion logam yang teradsorpsi pada variasi pH.

Gambar 7 menunjukkan grafik adsorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang pada variasi pH. pH 5 merupakan pH optimal adsorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis*.



Gambar 7. Grafik adsorpsi biomassa karang berdasarkan variasi pH. Kondisi : konsentrasi awal Pb (II) 50 mgL^{-1} , waktu kontak 20 menit, 150 rpm, biomassa 0,2 g/50mL.

Pada pH yang rendah atau asam umumnya jumlah ion logam yang dapat diadsorpsi juga rendah. Hal ini dikarenakan konsentrasi proton yang tinggi dalam larutan akan berkompetisi dengan ion logam dalam membentuk ikatan dengan sisi aktif (gugus fungsi) pada permukaan dari biosorben, sehingga sisi aktif tersebut akan jenuh dengan proton dan tidak lagi aktif berinteraksi dengan kation lain yang ada dalam larutan. Pada keadaan lain dimana pH larutan meningkat (basa) maka jumlah proton dalam larutan akan menurun sehingga kompetisi antara proton dengan ion logam dengan sisi aktif biosorben juga akan berkurang. Hal ini menjadikan jumlah ion logam yang dapat diadsorpsi biosorben menjadi meningkat.

Selain aspek kompetisi ion logam dengan proton pada sisi aktif (gugus fungsi) dari biosorben, pengaruh dari kelarutan ion logam Pb(II) juga memberikan peran dalam jumlah ion logam yang dapat diadsorpsi oleh biosorben. Pada larutan dengan pH rendah (asam) ion logam cenderung terlarut namun sebaliknya pada pH tinggi (basa) ion logam cenderung membentuk senyawa kompleks atau hidroksida yang akan mengendap.

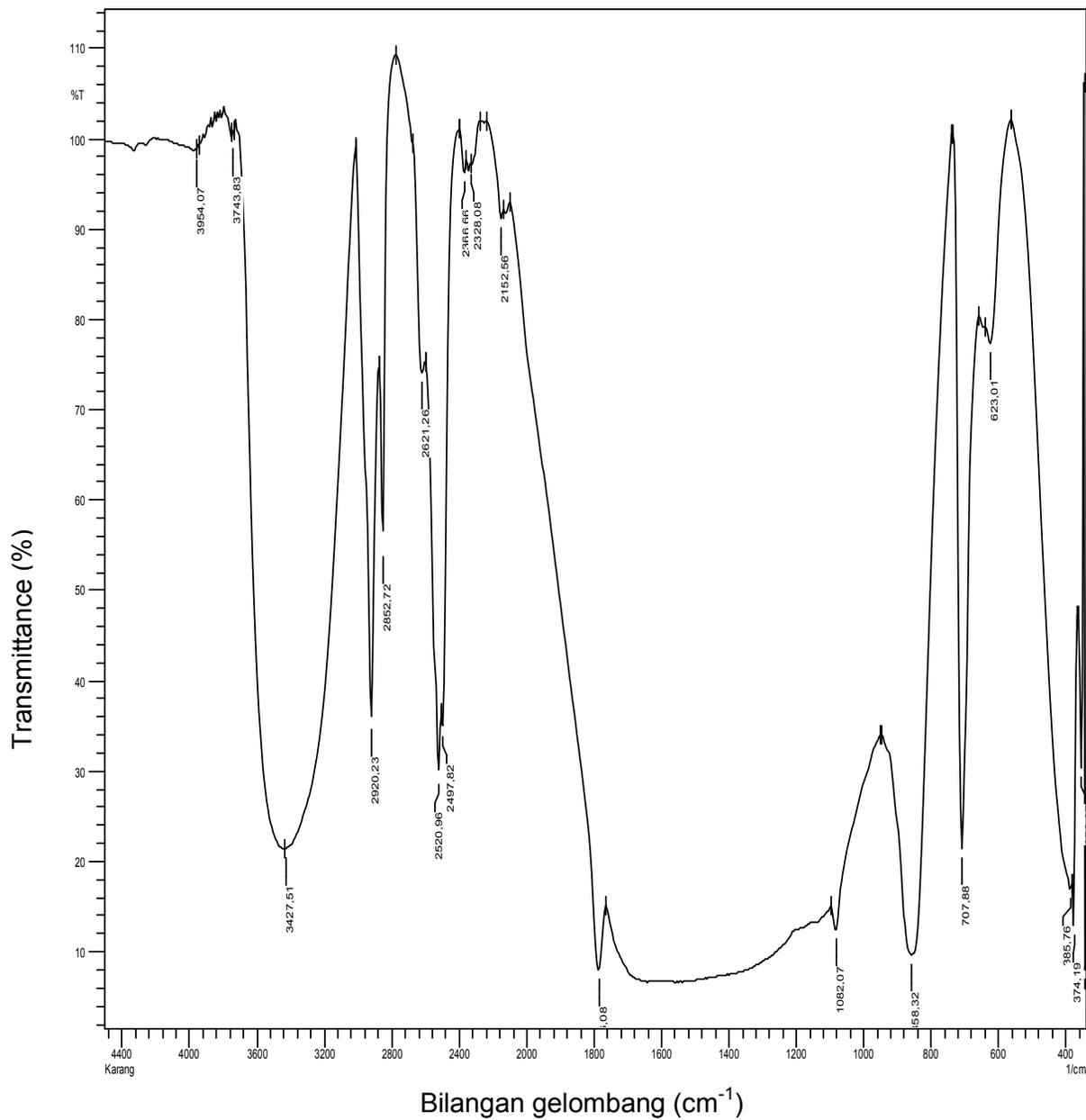
Selain itu dengan mempertimbangkan komposisi dari biomassa karang *Heliofungia actiniformis* yang umumnya berupa senyawa CaCO_3 maka proses adsorpsi tidak maksimal pada pH yang sangat asam, hal ini dikarenakan biomassa karang akan larut dalam larutan yang sangat asam. Oleh karena itu penelitian untuk penentuan parameter selanjutnya dikerjakan pada pH 5, yaitu pH dimana adsorpsi ion logam Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* maksimum.

C. Hubungan Antara Gugus Fungsi dengan Adsorpsi ion Pb (II)

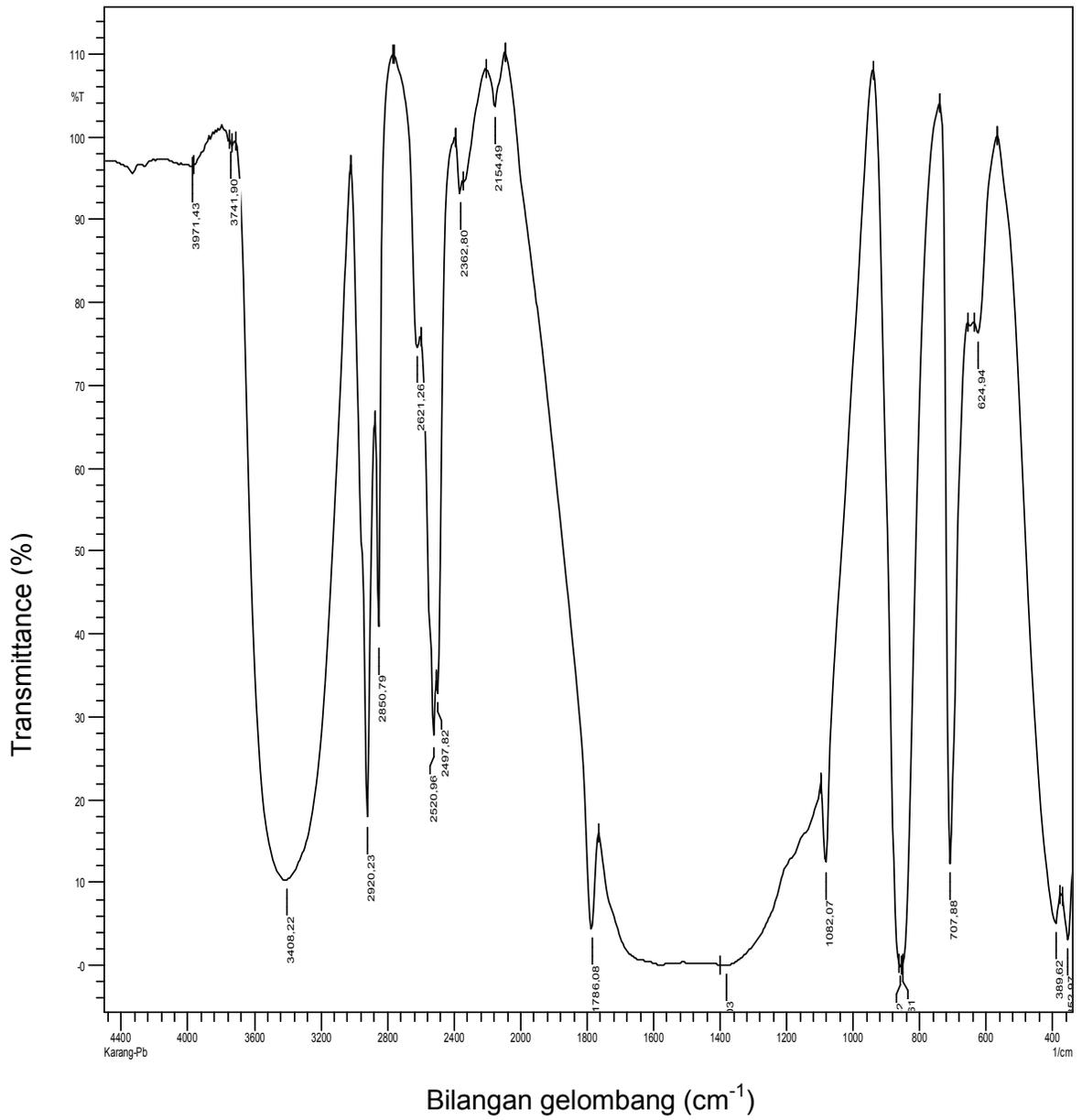
Pengikatan ion logam Pb (II) pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis* dimungkinkan terjadi dengan adanya beberapa gugus fungsi pada biosorben. Gugus fungsi ini terdapat dalam bahan organik yang terdapat pada karang *Heliofungia actiniformis*. Hasil uji terhadap komposisi biomassa karang *Heliofungia actiniformis* (Lampiran 1) adalah protein (1,35%), air (0,35%), material volatil (3,04%) dan *fixed* karbon (3,13%). Kadar abu yang besar menunjukkan umumnya biomassa yang digunakan mengandung bahan anorganik dari senyawa CaCO_3 ,

selebihnya adalah protein dan senyawa hidrokarbon baik berupa karbohidrat dan lemak serta rantai panjang maupun pendek yang ditunjukkan dari nilai total karbon dan material volatil.

Pita serapan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* sebelum mengadsorpsi ion Pb (II) dan setelah mengadsorpsi ion Pb (II) selama 24 jam dapat dilihat pada Gambar 8 dan 9, dan perbedaannya dapat dikenali sebagaimana yang terlihat pada Tabel 3.



Gambar 8. Pita serapan biomassa karang sebelum mengadsorpsi ion Pb(II)



Gambar 9. Pita serapan biomassa karang sesudah mengadsorpsi ion Pb(II)

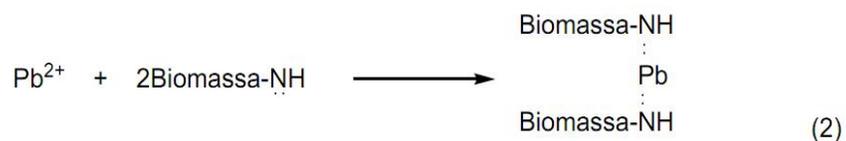
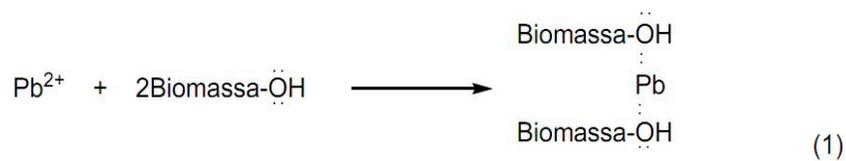
Tabel 3. Perbandingan Spektra Infra Merah Biomassa karang *Heliofungia actiniformis* sebelum adsorpsi dan setelah adsorpsi

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)		Gugus Fungsi
Biomassa (blanko)	Biomassa -Pb	
3954	3971	-NH ₂
3408	3427	-OH

Perbedaan pita serapan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* sebelum mengadsorpsi ion Pb(II) dan setelah mengadsorpsi ion Pb(II) menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara ion Pb (II) dengan gugus-gugus fungsi yang ada pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis*. Pita serapan yang mengalami pergeseran besar adalah 3954 dan 3408 cm⁻¹. Pita serapan pada bilangan gelombang 3954 cm⁻¹ bergeser ke bilangan gelombang yang lebih besar 3971 cm⁻¹ menunjukkan gugus -NH₂ dari senyawa protein. Pita serapan pada 3427 cm⁻¹ menunjukkan ikatan -OH. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat interaksi antara ion Pb (II) dengan gugus amina (NH₂) yang memperlemah ikatan -NH melalui pembentukan asosiasi polimer senyawa-senyawa -NH dengan menjadikan ion Pb(II) sebagai jembatan elektron. Perlemahan ikatan -NH mengakibatkan frekuensi meningkat. Berdasarkan teori asam basa keras lunak Pearson's, ion Pb(II) termasuk asam madya Lewis dan

cenderung membentuk ikatan koordinasi dengan gugus -NH_2 (Mark, 1999)

Secara umum interaksi ion Pb (II) dengan gugus fungsi dari biomassa karang *Heliofungia actiniformis* merupakan reaksi kompleks dengan pasangan elektron bebas atom oksigen pada gugus hidroksil dan atom nitrogen pada gugus amina.



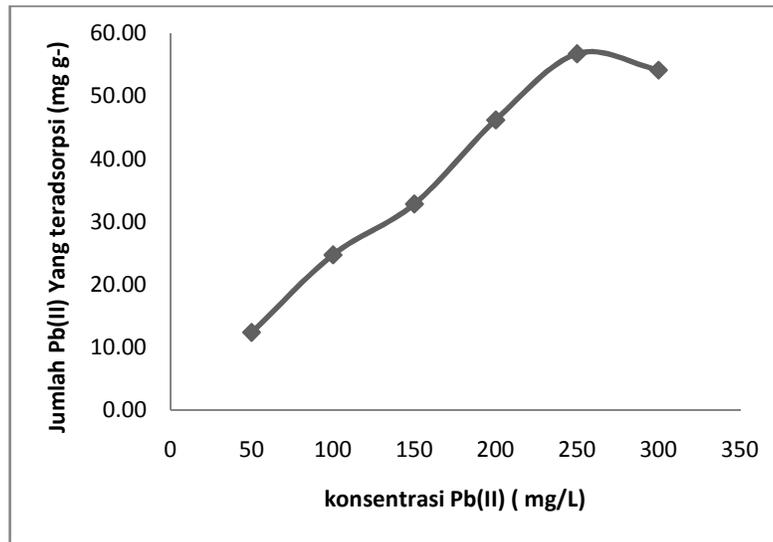
Selain itu, komposisi dari biomassa karang *Heliofungia actiniformis* yang umumnya merupakan bahan anorganik, memungkinkan adanya reaksi pertukaran ion juga dapat terjadi antara ion Pb (II) dengan ion-ion mineral lain yang terdapat pada karang *Heliofungia actiniformis*.

D. Studi isothermal Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi ion logam Pb (II) pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis* diuji dengan melakukan percobaan biosorpsi pada variasi konsentrasi ion logam dan kurva adsorpsi ion logam dapat dilihat pada Gambar 10. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada penelitian ini dan perhitungan dengan model isothermal Langmuir kapasitas adsorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* adalah 58,82 mg

ion Pb(II) tiap gram biomassa. Pada penelitian sebelumnya (Asni) dengan menggunakan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* diperoleh kapasitas adsorpsi ion Cu (II) sebesar 17,85 mg.g⁻¹.

Nilai ini cukup besar bila dibandingkan dengan kapasitas adsorpsi ion Pb(II) oleh biomassa yang lain pada Tabel 4. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa karang *Heliofungia actiniformis* cukup efektif digunakan untuk menghilangkan ion Pb(II) dari larutan. Kapasitas adsorpsi yang besar ini disebabkan berbagai kemungkinan mekanisme interaksi yang dapat terjadi antara ion logam Pb(II) dengan biomassa yang digunakan. Komposisi bahan CaCO₃ yang khas dari biomassa karang *Heliofungia actiniformis* memungkinkan untuk terjadinya pertukaran ion. Selain itu kehadiran senyawa organik seperti protein memungkinkan terjadinya interaksi ion logam dengan gugus fungsi yang aktif komposisi lengkap dari biomassa yang digunakan diperlihatkan pada Lampiran 1.



Gambar 10. Grafik adsorpsi biomassa karang berdasarkan variasi konsentrasi. Kondisi waktu kontak 20 menit, 150 rpm, biomassa 0,2g/50 mL, pH 5

Isotermal adsorpsi Langmuir berlaku untuk kesetimbangan adsorpsi yang diasumsikan sebagai adsorpsi satu lapisan (mono-layer) pada permukaan adsorben dengan jumlah yang terbatas dari bagian yang sama (Langmuir, 1918). Isotermal ini dinyatakan dalam persamaan berikut:

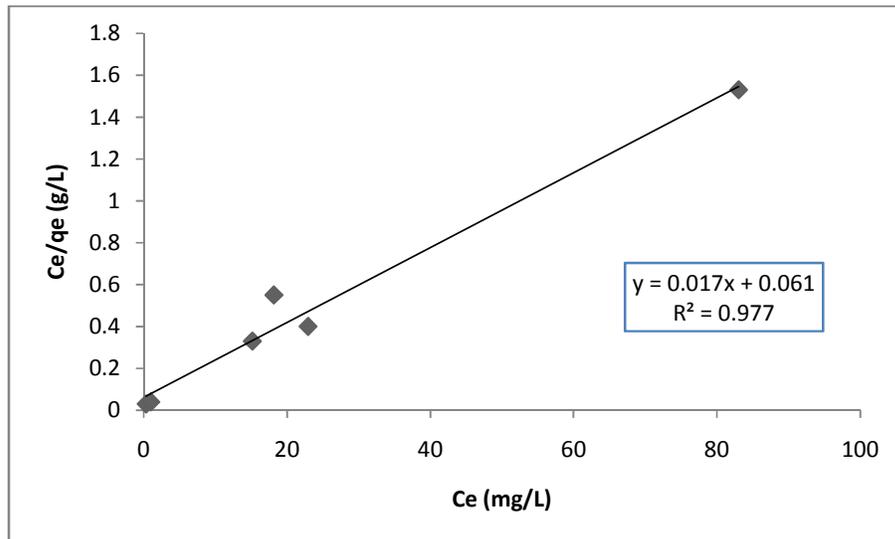
$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_{\max} b} + \frac{C_e}{q_{\max}} \quad (1)$$

dimana, q_e adalah jumlah ion logam yang diadsorpsi pada kesetimbangan per unit massa dari adsorben (mg/g), q_{\max} adalah kapasitas adsorpsi maksimum dari logam per unit massa adsorben (mg/g), C_e adalah konsentrasi kesetimbangan ion logam dalam larutan (mg/L).

Tabel 4. Perbandingan Kapasitas Adsorpsi Ion Pb(II) Pada Beberapa Biomassa

Biomassa	q_{\max} (mg g ⁻¹)	Referensi
<i>S. filipendula</i> (Alga)	248,6	Vieira, 2007
<i>Caulerpa lentilifera</i> (alga)	28,47	Hawari A.H, 2006
<i>Cladofora glomerata</i>	25,5	Yalcin dkk, 2008
Ampas tahu	16,98	Qaddafi, 2008

Berdasarkan Plot nilai C_e terhadap nilai C_e/q_e akan memberikan garis lurus dengan slope dari nilai $1/q_{\max}$ dan intersep dari nilai $1/q_{\max}b$, dimana b adalah koefisien adsorpsi (L/mg). Plot linear yang menunjukkan model Isotermal Langmuir ditunjukkan pada Gambar 11 diperoleh nilai koefisien korelasi (R^2) adalah 0,977 dimana nilai ini mendekati angka 1, hal ini menunjukkan linearitas kurva isotermal Langmuir yang diperoleh cukup baik. Nilai koefisien adsorpsi (b) yang diperoleh adalah 0,28 L/mg, sedangkan untuk nilai q_{\max} adalah 58,82 mg/g.



Gambar 11. Isotermal Langmuir adsorpsi ion Pb (II) pada biomassa karang pada variasi konsentrasi. Kondisi : waktu kontak 20 menit, 150 rpm, biomassa 0,2g/50mL, pH 5

Karakteristik penting dari isotermal Langmuir dapat dinyatakan dengan istilah konstanta pemisahan atau parameter kesetimbangan (R_L) yang dituliskan dengan rumus:

$$R_L = \frac{1}{1 + b C_0} \quad (2)$$

dimana b adalah konstanta Langmuir dan C_0 adalah konsentrasi awal ion Pb(II). Dari hasil eksperimen nilai R_L yang diperoleh berada antara 0,01 – 0,10 pada konsentrasi antara 300 – 50 ppm. Menurut McKay dkk (1982), nilai R_L antara 0 – 1, mengindikasikan adsorpsi cukup baik.

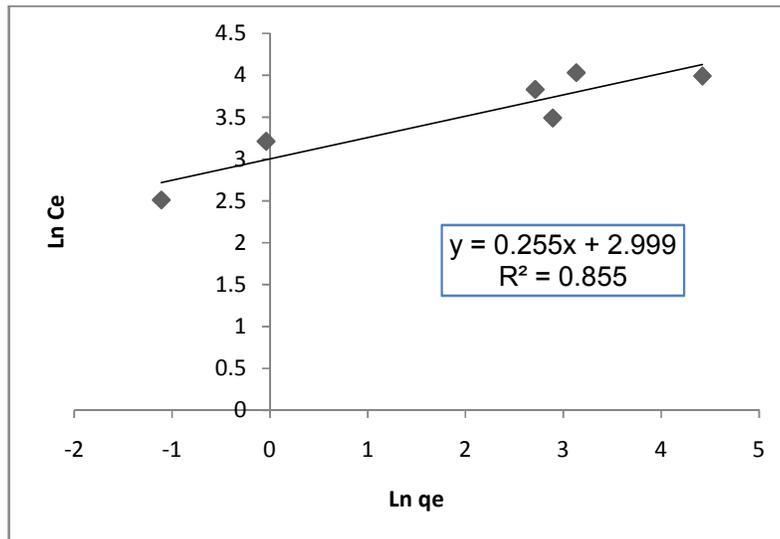
Tabel 5.. Perbandingan Nilai R_L Minimum dan Maksimum

	Konsentrasi Pb(II) C_0 (mg L ⁻¹)	Nilai R_L
Min	50	0,10
Max	300	0,01

Isotermal adsorpsi Freundlich adalah dasar dari persamaan empirik pada adsorpsi permukaan heterogen (Freundlich, 1907). Persamaan linear dari isotermal ini dapat didefinisikan melalui persamaan berikut :

$$\ln q_e = \ln K_F + \frac{1}{n} \ln C_e \quad (3)$$

dimana tetapan n adalah parameter empirik yang berbeda menurut tingkat dari heterogenitas dan K_F adalah tetapan yang berhubungan dengan kapasitas adsorpsi. Tetapan n dan K_F dapat dihitung dari persamaan di atas melalui plot nilai $\ln C_e$ dengan $\ln q_e$, dimana slope = $1/n$ dan intersep = $\ln K_F$. Plot linear yang menunjukkan model isotermal Freundlich ini diperlihatkan pada Gambar 12.



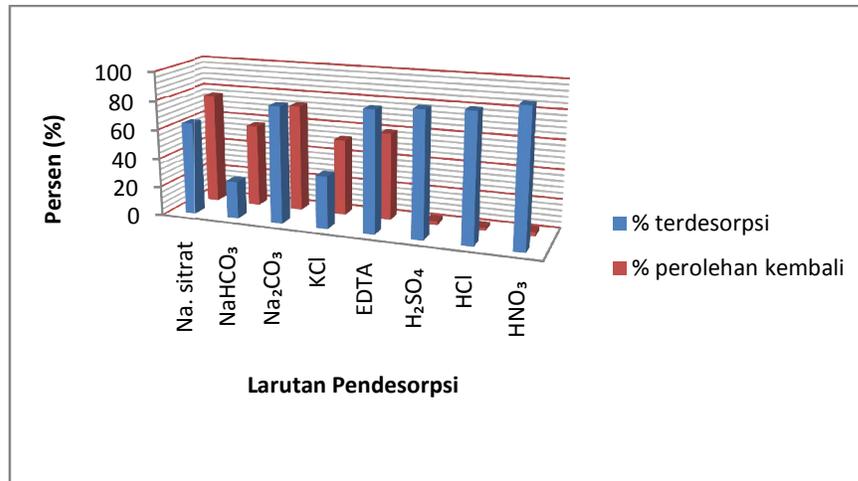
Gambar 12. Isotermal Freundlich adsorpsi ion Pb(II) pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis* pada variasi konsentrasi. Kondisi : waktu kontak 20 menit, 150.rpm , biomassa 0,2g, pH 5

Pada penelitian ini nilai K_f dan n berturut-turut adalah 20,06 dan 3,91. Menurut Namasivayam (2000), jika nilai n berada antara 1 dan 10, maka adsorpsi berlangsung dengan baik. Jadi adsorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* cukup baik dan menguntungkan.

E. Desorpsi

Efisiensi regenerasi biomassa-Pb untuk kepentingan pemakaian kembali biosorben telah dilakukan dengan menggunakan beberapa agen pendesorpsi. Grafik desorpsi ion Pb^{2+} dari kompleks biomassa-Pb seperti terlihat pada Gambar 13. Hasil penelitian, menunjukkan bahwa $NaHCO_3$, Na Sitrat, KCl merupakan agen pendesorpsi yang kurang baik karena

hanya mampu menarik ion Pb(II) dari biomassa-Pb kurang dari 50 %. Tidak efisiennya larutan alkali sebagai pendesorpsi dihubungkan dengan terjadinya pengendapan logam pada pH yang terlalu tinggi dan atau pembentukan kompleks logam alkali yang tertahan dalam biomassa.



Gambar 13. Grafik desorpsi ion Pb(II) dari kompleks biomassa – Pb pada variasi larutan pendesorpsi. Kondisi 0,2g/50 mL, 0,1 M, 150 rpm.

Asam mineral berupa asam sulfat, asam klorida, asam nitrat, dan garam EDTA merupakan agen pendesorpsi yang baik dimana mampu menarik ion timbal di atas 80%. Di antara ke empat agen pendesorpsi di atas, asam nitrat mampu menarik ion timbal hingga 92,80%. Berdasarkan hasil desorpsi yang ditunjukkan pada Gambar 13, agen pendesorpsi seperti EDTA 0,1M, HCl 0,1M, dan H₂SO₄ 0,1M dan HNO₃ 0,1M menunjukkan persen (%) ion Pb(II) yang terdesorpsi cukup besar yaitu umumnya di atas 80 % dari keseluruhan ion Pb(II) yang teradsorpsi, akan tetapi perolehan kembali biomassa yang diperoleh sangat kecil. Hal

ini mengindikasikan bahwa hampir keseluruhan dari biomassa larut dalam agen pendesorpsi yang digunakan. Oleh karena itu agen pendesorpsi yang dimaksud tidaklah efektif dan bermanfaat untuk regenerasi dari biomassa.

Agen pendesorpsi seperti KCl 0,1 M, dan NaHCO₃ 0,1 M menunjukkan bahwa persen (%) perolehan kembali dari biomassa cukup besar, akan tetapi persen (%) ion Pb(II) yang dapat terdesorpsi sangat kecil. Hal ini menggambarkan bahwa larutan garam dengan pH yang cenderung netral umumnya tidak melarutkan biomassa karang *Heliofungia actiniformis*, namun kemampuannya untuk menarik keluar ion Pb(II) dari biomassa sangat rendah. Oleh karena itu larutan garam-garam seperti di atas, juga masih kurang efektif untuk digunakan sebagai agen pendesorpsi.

Berdasarkan hasil penelitian ini, masih sulit untuk mendapatkan agen pendesorpsi yang memiliki kemampuan yang besar mengeluarkan ion Pb (II) dari biomassa karang *Heliofungia actiniformis* dan saat yang bersamaan biomassa tidak mengalami pengurangan atau tidak larut. Hal ini mengingat komposisi dari biomassa karang *Heliofungia actiniformis* umumnya berupa senyawa CaCO₃ yang mudah larut dalam asam.

F. Biosorpsi Desorpsi Dalam Sistem Kolom

Salah satu aspek yang penting dari penelitian ini adalah mengetahui sejauh mana kemungkinan aplikasi biosorpsi dengan

biomassa karang *Heliofungia actiniformis* dan regenerasi kembali dari biosorben tersebut setelah kontak dengan ion Pb(II) dalam sistem kolom. Oleh karena itu dirancang sedemikian rupa sebuah kolom bioreaktor yang berisi biomassa karang *Heliofungia actiniformis* sebagai biosorben. Efisiensi dari kolom yang dibuat, selanjutnya diuji melalui biosorpsi-desorpsi ion Pb(II) dengan pengulangan siklus 3 kali. Pada Tabel 6 ditampilkan nilai biosorpsi-desorpsi ion Pb(II) untuk setiap siklus dan kurva biosorpsi-desorpsi dalam kolom bioreaktor seperti terlihat pada Gambar 14 dan 15.

Banyaknya ion Pb(II) yang teradsorpsi oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* pada setiap siklus ditentukan berdasarkan hasil pengukuran jumlah ion Pb(II) setiap fraksi yang ada dalam efluen setelah melewati sistem kolom.

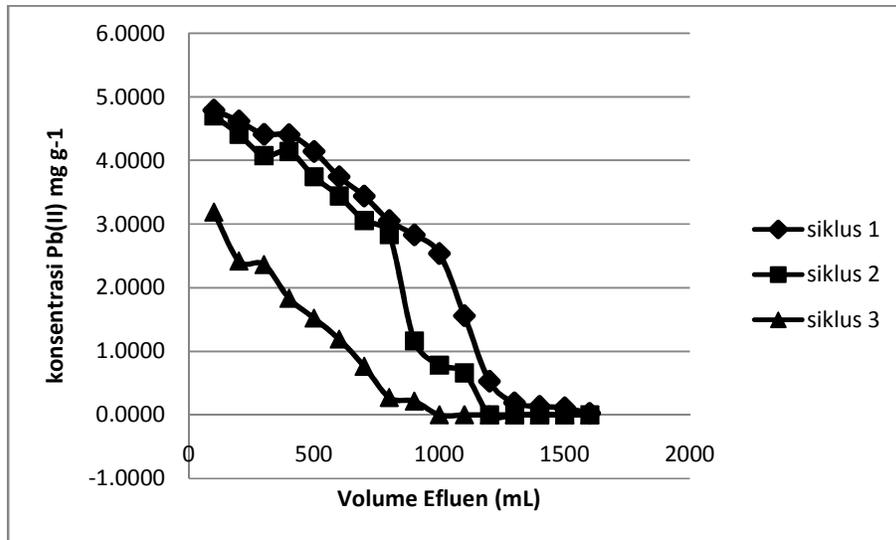
Tabel 6. Data Hasil Biosorpsi-Desorpsi ion Pb(II) oleh biomassa karang *Heliofungia actiniformis* dalam sistem kolom dengan pengulangan siklus 3 kali.

Siklus	Biosorpsi (mg g ⁻¹)	Penurunan Biosorpsi (%)	Desorpsi (mg g ⁻¹)	Jumlah Pb(II) yang Terdesorpsi (%)	Pengurangan Berat Biomassa (g)
1	40,49	-	14,01	34,60 %	0,6250
2	32,97	7,82 % dari siklus 1	6,19	18,77 %	-
3	13,77	11,53 % dari siklus 1 atau 3,71 % dari siklus 2	2,48	18,01 %	0,3150 (49,60%)

Pada siklus pertama biomassa mampu mengadsorpsi 40,49 mg ion Pb(II) untuk setiap gram biomassa. Selanjutnya pada siklus kedua dan ketiga, biosorben hanya mampu mengadsorpsi masing-masing sebesar 32,97 mg g⁻¹ dan 13,77 mg g⁻¹. Berdasarkan hasil ini penurunan biosorpsi pada siklus kedua terhadap siklus pertama adalah 34,60 % dan penurunan biosorpsi pada siklus ketiga adalah 18,77 % terhadap siklus pertama serta 18,01 % terhadap siklus kedua. Hal ini mengindikasikan bahwa biomassa mengalami penurunan kemampuan untuk mengikat ion logam Pb(II) yang dilewatkan. Fenomena ini dikarenakan bagian aktif dari biomassa cenderung mengalami kejenuhan setelah mengikat ion logam.

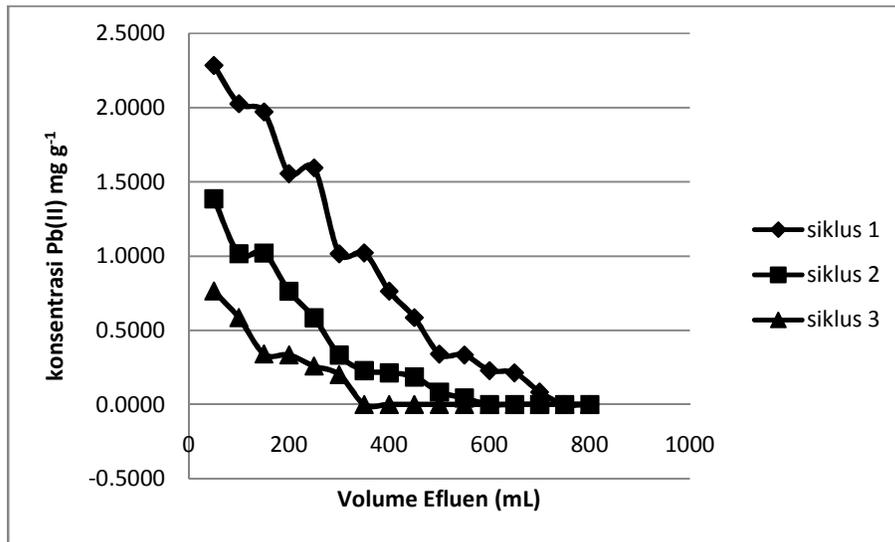
Kejenuhan biomassa pada penelitian ini mudah diperoleh disebabkan agen pendesorpsi yang digunakan hanya mampu mengeluarkan ion Pb(II) yang terikat pada siklus pertama kurang dari 50%. Selain faktor kejenuhan, kemungkinan larut dan rusaknya struktur kimia dari biomassa yang digunakan juga cukup besar. Mengingat agen pendesorpsi yang digunakan bersifat asam dan komposisi biomassa karang *Heliofungia actiniformis* dominan dari senyawa CaCO₃.

Pada proses desorpsi dilewatkan sebanyak 600 mL agen pendesorpsi HNO₃ 0,1 M untuk setiap siklus dan kurva desorpsi diperlihatkan pada Gambar 15. Pada siklus pertama HNO₃ 0,1 M dapat mengeluarkan ion Pb(II) sebesar 34,60 % dari keseluruhan ion Pb(II) yang teradsorpsi. Sedangkan pada siklus kedua dan ketiga efisiensi proses desorpsi masing-masing 18,77 % dan 18,01 %.



Gambar 14. Kurva biosorpsi ion Pb(II) dalam kolom bioreactor pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis* dengan pengulangan siklus 3 kali.

Hal ini menjadi kekurangan tersendiri untuk aplikasi biosorpsi-desorpsi dengan biomassa karang *Heliofungia actiniformis*, karena sulitnya untuk mencari agen pendesorpsi yang dapat mengeluarkan ion logam dari biomassa tanpa merusak atau melarutkan struktur biomassa tersebut. pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Qaddafi (2008) pada biosorpsi ion Pb(II) dengan biomassa ampas tahu dalam kolom, agen pendesorpsi HCl 0,01 M mampu mengeluarkan ion Pb(II) hingga 99 % pada siklus pertama dan 94 % pada siklus kedua.



Gambar 15. Kurva desorpsi ion Pb(II) dalam kolom bioreaktor pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis* dengan pengulangan siklus 3 kali

Faktor lain yang layak dipertimbangkan adalah pengurangan berat biosorben pada setiap siklus sehingga perhitungan efisiensi adsorpsi-desorpsi lebih baik. Berdasarkan hasil penelitian ini pengurangan berat biosorben setelah siklus ketiga adalah 49,60 %. Pengurangan biosorben ini menunjukkan bahwa selama proses biosorpsi-desorpsi berlangsung sebagian dari biomassa mengalami perubahan struktur akibat kondisi larutan pendesorpsi yang asam dan ikut terlarut bersama efluen.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Biomassa karang *Heliofungia actiniformis* berpotensi menghilangkan ion timbal dengan waktu kontak optimum 20 menit, pH 5 dengan kapasitas adsorpsi 58,82 mg.g⁻¹. Proses biosorpsi ion timbal ini mengikuti model reaksi orde dua semu dengan nilai kesetimbangan adsorpsi mendekati nilai kesetimbangan eksperimen. Proses biosorpsi ini mengikuti isoterma Langmuir dan Freundlich.

Hasil analisis FT-IR menunjukkan bahwa gugus fungsi pada biomassa karang *Heliofungia actiniformis* yang aktif berperan dalam pengikatan ion Pb(II) adalah gugus amina dan hidroksil.

Metode kolom dilakukan pada 3 siklus. Jumlah Pb (II) terdesorpsi pada tiap siklus adalah 34,60%, 18,77% dan 18,01%.

B. Saran

Pada penelitian selanjutnya, perlu diketahui juga kemampuan biomassa karang *Heliofungia actiniformis* untuk biosorpsi ion logam yang lain seperti Cr(VI), Hg(II), Zn(II), Fe(III), dsb baik dalam sistem batch maupun kolom. Serta penelitian lebih lanjut untuk mencari komposisi agen pendesorpsi yang dapat mengeluarkan ion logam dari biomassa karang *Heliofungia*

actiniformis tanpa merubah struktur dari biomassa sehingga kekurangan dari biomassa ini dapat teratasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmet. S, Tuzen Mustafa ,2007 Biosorption of Pb (II) and Cd(II) from aqueous solution using green alga (*ulva Lactuca*) biomass, *J. Hazardous Materials*, 152, 302-308.
- Abia, A.A., Horsfall, M. Jr. dan Didi, O., 2003, "The Use of Chemically Modified and Unmodified Cassava Waste for The Removal of Cd, Cu, and Zn Ions from Aqueous Solution", *Bioresource Tech.*, **90**(3),345-348.
- Alluri, H.K., et. al., 2007. Biosorption: An eco-friendly alternative for heavy metal removal. Review. *Afr. J. of Biotech*, vol. 6(25), 2924-2931.
- Babarinde, N.A.A., Oyebamiji, J., and Adegboye, K.A., 2008, Kinetic, Isotherm, and Thermodynamic Studies of The Biosorption of Cadmium(II) by Snail (*Lymnaea rufescens*), *J.of Applied Sciences Research*, **4**(11), 1420-1427.
- Bailey, S.E., Trudy J. Olin, R. Mark Bricka and D.Dean Adrian. 1999. A Review of Potentially Low-Cost Sorbents For Heavy Metals. *Wat. Res*, 33(11), 2469-2479.
- Barros, M.A.S.D., Zola, A.S., Arroyo, P. A., Sousa-Agular, E. F. dan Tavares, C.R.G., 2003,"Binary Ion Exchange of Metal Ions in Y dan X Zeolites", *Braz. J. Chem. Eng.*, **20**(4), 301-306.
- Cossich, E. S., Celia Regina Granhen Tavares, Teresa Massako Kakuta Ravagnani. 2002. *Biosorption of chromium (III) by Sargassum sp. biomass*. EJB Electronic J. Biotech., 37: 4311–4330.
- COREMAP II. Dinas Kelautan dan Perikanan Provinsi Sulawesi Selatan.
2008. *Monitoring dan Penilaian Kondisi Terumbu Karang Provinsi Sulawesi Selatan*.
- Darmadi, 2010, *Ekosistem Terumbu Karang Di Indonesia*, Marine Science Padjajaran University, (Online) (<http://dhamadharna.wordpress.com/2010/05/04/ekosistem-terumbu-karang-di-indonesia/>) diakses 7 Maret 2011
- Dianati-Tilaki, R.A. dan Mahmood, S., 2004,"Study on Removal of Cadmium from Water by Adsorption on GAC, BAC, and Biofilter", *Pak. J. Biol. Sci.* ,**7**(5) 865-869.

- Diantariani, N.P., Sudiarta, I.W., Elantiani, N.K., 2008, Proses Biosorpsi dan Desorpsi Cr(IV) Pada Biosorben Rumput Laut *Euclima spinosum*, *Jurnal Kimia* 2(1), 45-52
- Figueira, M. M., B. Volesky, V. S. T. Ciminelli And Felicity A. Roddick. 2000. Biosorption of metals in brown seaweed Biomass. *Wat. Res.* 34(1) 196-204.
- Igwe, J.C., Ogunewe, D.N. dan Abia, A.A., 2005, "Competitive Adsorption of Zn(II), Cd(II), and Pb(II) Ions from Aqueous and Non-Aqueous Solution by Maize Cob and Husk", *Afr. J. Biotechnol*, **10**(4) 1113-1116.
- Jain, V. K., Pillai, S. G., Pandya, R. A., Agrawal, Y. K. dan Shrivastav, P.S., 2005, "Selective Extraction, Preconcentration, and Transport Studies of Thorium(IV) Using Octa-Functionalized Calix[4]resorcinarene-Hydroxamic Acid", *Anal. Sci.*, **21**, 129-135.
- Jalali, R., 2002 Removal and Recovery of Lead Using Nonliving Biomass of Marine Algae, *J.Hazard. Mater*, 92, 253-262.
- Karthikeyan, G., Anbalagan, K., Andal, N.M., (2004), Adsorption Dynamics and equilibrium Studies of Zn(II) onto Chitosan. *Indian J. Chem. Sci.*, 116(2), 119-127.
- Kresnawaty, , 2007, Biosorpsi logam Zn oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae*, *Menara Perkebunan*, 75(2), 80-92.
- Kratochvil, D. and Bohumil Volesky. 1998. Biosorption of Cu from Ferruginous wastewater by algal biomass. *Wat. Res.* 32 (9), 2760-2768.
- Kumar Vinoj ,2006 , Biosorption of Metals from Contamination Water using Seaweed, *Current Sci.* 90(9) 2-5.
- Li, Z., Sun, X., Lou, J. dan Hwang, J.Y., 2002, "Unburned Carbon from Fly Ash for Mercury Adsorption: II. Adsorption Isotherms and Mechanisms", *J. Min. & Mat. Char. & Eng.*, **2**(1), 79-96.
- Malik, A. 2004. Metal bioremediation through growing cells. *Environment International* 30: 261–278.
- Mark, R.L., 1999, The Hard Soft [Lewis] Acid Base (HSAB) principle, Available at URL : http://www.meta-synthesis.com/webbook/43_hsab/HSAB.html, diakses tanggal 7 Januari 2012.
- Mehta, S.K., dan Gaur, J.P., 2001, Characterization and optimization of Ni and Cu sorption from aqueous solution by *Chlorella vulgaris*, *Ecol.Eng.*, **18**, 1-13.
- Modak, J.M, Natarajan, 1996. Biosorption of copper and zinc using waste *Aspergillus niger* biomassa. *Miner, Metall process* 13, 52-57
- Namasivayam, C., 2001, Uptake of dyes by a promising a locally available agriculture solid water waste : coir pith, *Waste Management*, 21, 381 – 387.
- Pavasant, P., Ronbanchob Apiratikul, Vimonrat Sungkhum, Prateep Suthiparinyanont, Suraphong Wattanachira, Taha F. Marhaba.

2005. Biosorption of Cu^{2+} , Cd^{2+} , Pb^{2+} , and Zn^{2+} using dried marine green macroalga *Caulerpa lentillifera*. *Bioresource Tech.* 30:30-31
- Pino, G. H., Luciana Maria Souza de Mesquita, Mauricio Leonardo Torem, Gustavo Adolfo Saavedra Pinto. 2006. Biosorption of cadmium by green coconut shell powder. *Minerals Engineering*. 19: 380–387.
- Popuri, S.R., Vijaya, Y., Boddu, V.M., and Abburi, K., 2009, Adsorptive Removal of Copper and Nickel Ions From Water Using Chitosan Coated PVC Beads, *Bioresource Technology*, **100**, 194-199.
- Pratiwi, L., Ulfan, I., Widiastuti.N., 2009, *Adsorpsi Metilen Biru Dengan Abu Dasar PT.Ipmomi Probolinggo Jawa Timur Dengan Metode Kolom*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Teknologi Sepuluh Nopember
- Puranik, P.R., Paknikar, K.M., 1999, Biosorption of Lead, Cadmium, and Zinc by *Citrobacter* strain MCMB-181; Characterization Studies, *J.Biotechnology Progress*, **15**(2), 228-237.
- Qaddafi. M ,2008, *Pemanfaatan ampas tahu sebagai biosorben ion timbal(Pb^{2+})*, Tesis tidak diterbitkan, Program Studi Kimia Pasca Sarjana Universitas Hasanuddin
- Quoiy and Gaimard, 1833, Data Base Karang, Program Rehabilitasi dan pengelolaan Terumbu karang, DKP- LIPI
- Romera, E., Gonzales, F., Ballester, A., Blazquez, M.L., Munoz, J.A., 2007, Comparative study of biosorption of heavy metals using different types of algae, *Bioresource Technology*, **98**, 3344-3353.
- Romimohtarto, Kasijan , 2005 *Biologi Laut* , Djambatan ,Jakarta
- Sardjono, R.E.,2007 *Sintesis dan Penggunaan Tetramer Siklis Kaliksresorsinarena, Alkenil kaliks[4]arena, dan Alkoksikaliks[4]arena untuk Adsorpsi Kation Logam Berat*, Seminar Nasional Kimia XV Jurusan Kimia UGM, 15 Januari 2007, Yogyakarta.
- Sembiring,Z., Suharso., Regina., Marta, F ., Murniyarti., 2008, *Studi Proses Adsorpsi-Desorpsi Ion Logam Pb(II), Cu(II) dan Cd(II) Terhadap Pengaruh Waktu dan Konsentrasi Pada Biomassa Nannochloropsis sp.Yang Terenkapsulasi Aqua-Gel Silika Dengan Metode Kontiyu*, Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008 Universitas Lampung.
- Shah, B.S., 2008, Study of Heavy Metal Accumulation in Scleratinian Coral of Viti Levu, Fiji Islands, School of Biological, Chemical and Environmental Sciences Faculty of Science and Technology, Fiji Island, Noumea Cedex New Caledonia.

- Sivaiah, M.V., Venkatesan, K. A., Sasidhar, P., Krishna, R. M. dan Murthy, G. S., 2004, " Ion Exchange Studies of Cerium(III) on Uranium antimonate", *J. Nucl. Radiochem. Sci.*, **5**(1), 7-10.
- Soeprijanto, Eko Sulistyowati dan Achmad Elsony (2004). *Kinetika Bioadsorpsi Ion Logam Berat Cu(II) Menggunakan Biomassa Saccharomyces Cerevisae*. Seminar Nasional, Teknik Kimia "Kejuangan" 2004, 27-28 Januari 2004, Yogyakarta.
- Suharsono. 2003. Kondisi Terumbu Karang di Indonesia. Pusat Informasi Lingkungan Indonesia Edisi 6 – 10 b, 9 Maret 2003.
- Suhendrayatna, 2001, Bioremoval Logam Berat Dengan Menggunakan Mikroorganisme : Suatu Kajian Kepustakaan (Heavy Metal Bioremoval By Microorganisms : A Literature Study), makalah tidak diterbitkan
- Supriharyono, 2000, Pelestarian dan Pengelolaan Sumber Daya Alam di Wilayah Pesisir Tropis, Gramedia: Jakarta
- Sprung, J., 2003, *Heliofungia*: Husbandry Considerations and Taxonomical Relationships, <http://www.advancedaquarist.com/issues/april2003/invert.htm>, diakses tanggal 2 Maret 2011.
- Timotius, 2009 , A Review on Ornamental Coral Effort in Indonesia, Terangi'Foundation (<http://www.terangi.or.id/publications/pdf/biologikarang.pdf>) diakses 5 pebruari 2011.
- Triani, L., 2006, *Desorpsi Ion Logam Tembaga (II) dari Biomassa Chorella sp yang terimobilisasi dalam silica gel*, Skripsi tidak diterbitkan, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Semarang, Semarang.
- Tsezos, M., 1984 Recovery of Uranium from biological adsorbents-desorption equilibrium. In: Veglio, F. and F. Beolchini (1997). Removal of metals by biosorption: a review. *Hidrometallurgy* 44: 301-316.
- Tyas Rini S, 1998, *Analisis Kadar Pb Dalam Darah dan Pengaruhnya Terhadap Aktivitas Enzim Delta Aminolevulinic Acid Dehidratase dan Kadar Haemoglobin Dalam Darah Karyawan di Industri Peleburan Timah Hitam*, Skripsi, Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam, Universitas Padjajaran Bandung
- Umaningrum, D., Santoso, U.T., Nurmasari, R., dan Yunus, R., 2010, Adsorption Kinetics of Pb(II), Cd(II), and Cr(III) On Adsorbent

Produced By Protected-Crosslinking of Humic Acid-Chitosan,
Indo.J.Chem, **10**(1), 80-87.

Veglio, F. and F. Beolchini. 1997. Removal of metals by biosorption: a review, *Hydrometallurgy* 44: 301 -316.

Volesky, B., 1995. Biosorption of heavy metals. *Biotechnol. Prog.* 11, 235-250.

William, V., 1962 Batch Adsorption From Solution, *J. Research*, 66, 6-10.

LAMPIRAN

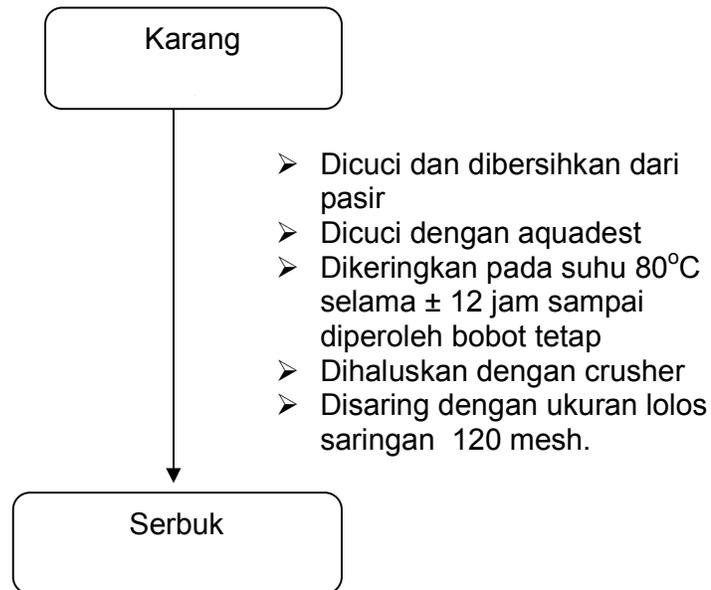
Lampiran 1. Data Hasil Analisis Kandungan Biomassa Karang

Heliofungia actiniformis

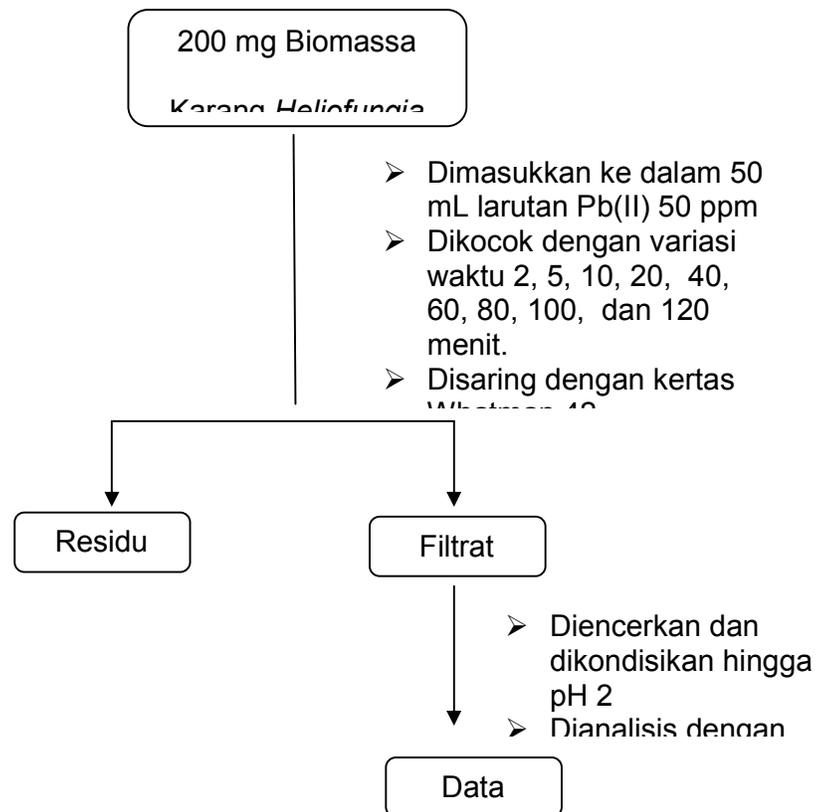
Parameter	Satuan	Hasil	Metode Uji
Kadar Air	%	0,35	ASTM D.3171-03
Kadar Abu	%	92,13	ASTM D.3174-04
Kadar Protein	%	1,35	SNI 01-2891-1992 Butir 7.1
Volatile Matter	%	3,04	ASTM D.3175-02
Fixed Karbon	%	3,13	ASTM D.3172-79

Sumber : Hasil Uji Laboratorium Uji dan Kalibrasi BBIHP Makassar

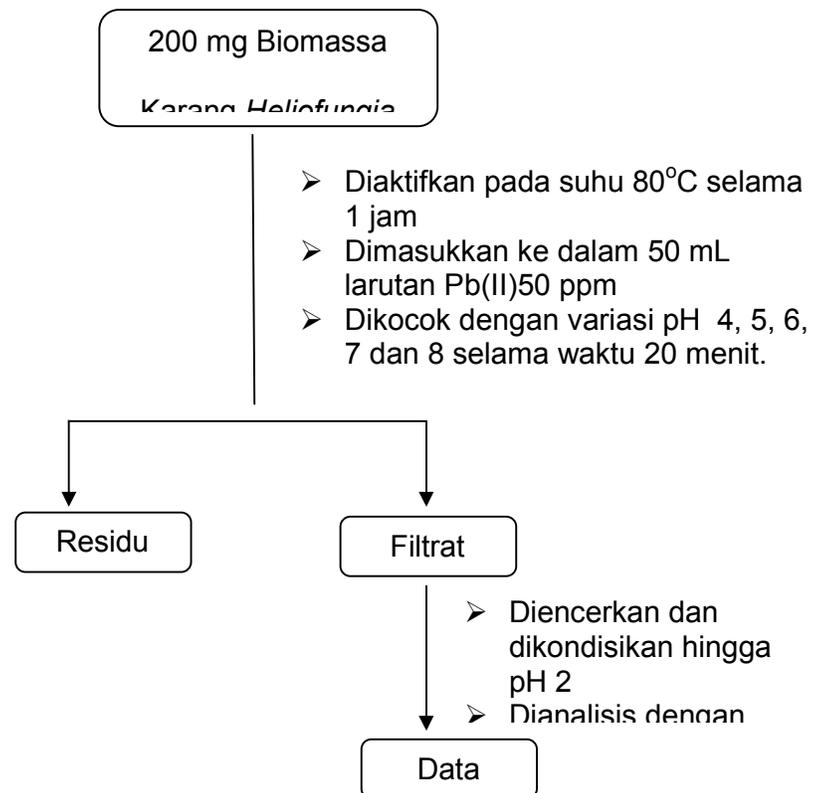
Lampiran 2. Penyiapan Biosorben Karang *Heliofungia actiniformis*



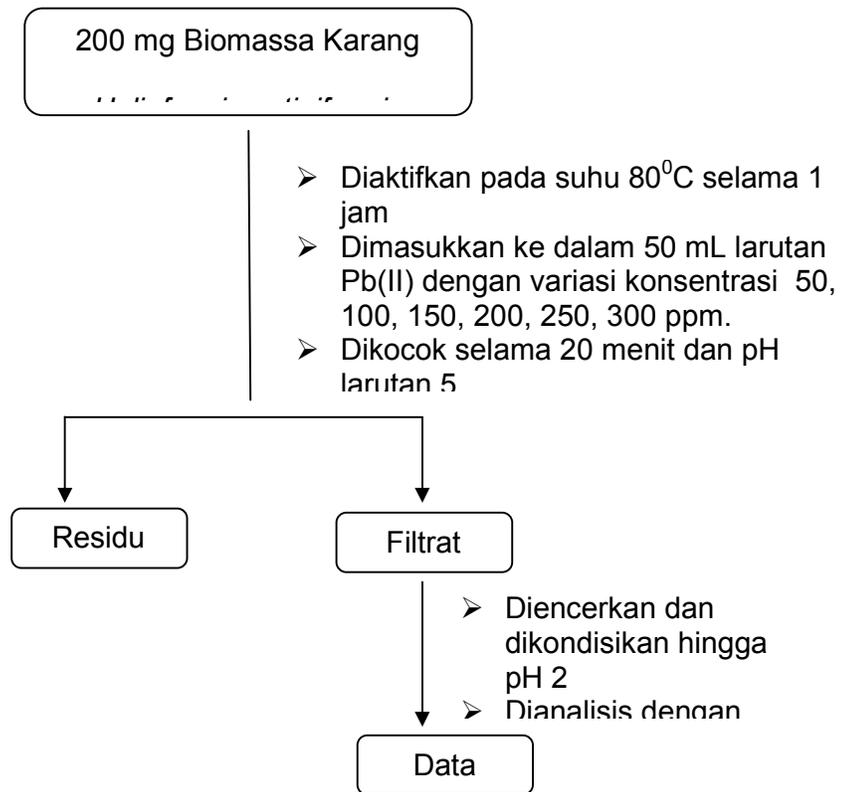
Lampiran 3. Penentuan Waktu Optimum Biosorpsi Ion Pb(II) Oleh Biomassa Karang *Heliofungia actiniformis*.



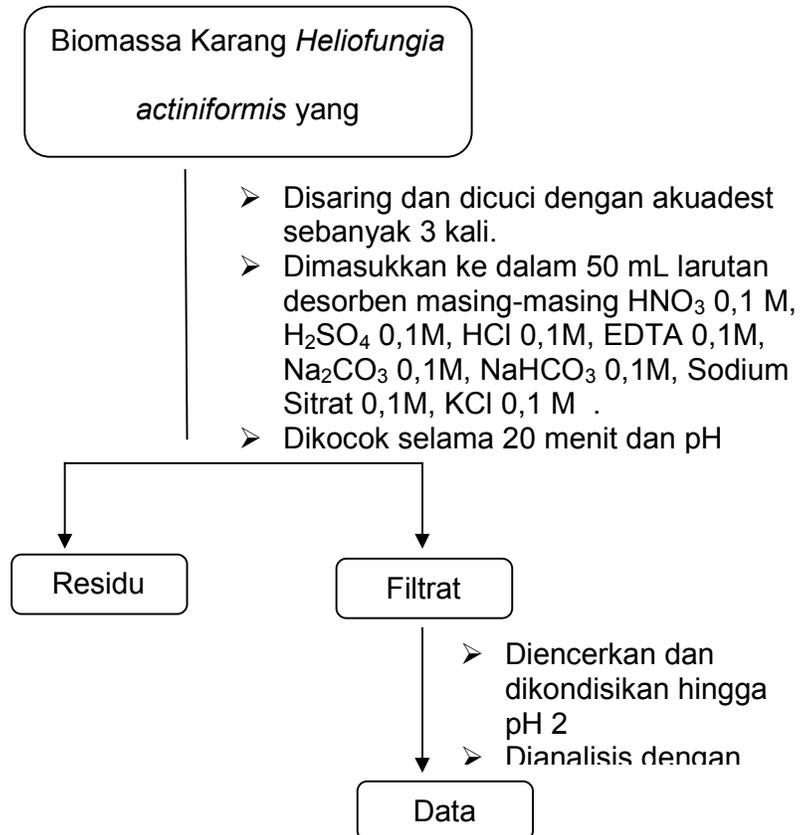
Lampiran 4. Penentuan pH Optimum Biosorpsi Ion Pb(II) Oleh Biomassa Karang *Heliofungia actiniformis*.



Lampiran 5. Penentuan Kapasitas Biosorpsi Ion Pb(II) oleh Biomassa Karang *Heliofungia actiniformis*.



Lampiran 6. Desorpsi ion Pb(II) dari Biomassa Karang *Heliofungia actiniformis*.



Lampiran 8. Data hasil pengukuran jumlah ion Pb (II) teradsorpsi berdasarkan variasi waktu kontak

No	Waktu (Menit)	Sampel	Kons Pb(II) awal	Berat (g)	Vol Pb (II) Liter	Jumlah Pb (II) yang terukur dalam filtrat				Pb(II) yang teradsorpsi	Pb (II) yang teradsorpsi rata-rata
						Ce1	Ce 2	Ce 3	Ce rata-rata		
1	2	Simplo	50	0.2000	0.0500	29.6154	29.2308	29.4615	29.4359	5.1410	5.5338
		Duplo	50	0.2001	0.0500	25.8462	26.6923	26.3077	26.2821	5.9265	
2	5	Simplo	50	0.2001	0.0500	13.2308	13.8462	14.0000	13.6923	9.0724	8.9036
		Duplo	50	0.2002	0.0500	14.3077	15.3077	15.4615	15.0256	8.7349	
3	10	Simplo	50	0.2008	0.0500	0.3846	0.3846	0.3846	0.3846	12.3544	12.2363
		Duplo	50	0.2008	0.0500	1.2308	1.3846	1.3846	1.3333	12.1182	
4	20	Simplo	50	0.2004	0.0500	0.1538	0.1538	0.1538	0.1538	12.4367	12.4370
		Duplo	50	0.2007	0.0500	0.0769	0.0769	0.0769	0.0769	12.4372	
5	40	Simplo	50	0.2001	0.0500	0.0769	0.0769	0.1538	0.1025	12.4681	12.4142
		Duplo	50	0.2006	0.0500	0.3846	0.3846	0.4615	0.4102	12.3604	
6	60	Simplo	50	0.2003	0.0500	0.6923	0.6923	0.6154	0.6667	12.3149	12.3118
		Duplo	50	0.2004	0.0500	0.6923	0.6923	0.6154	0.6667	12.3087	
7	80	Simplo	50	0.2005	0.0500	0.3077	0.3077	0.3846	0.3333	12.3857	12.3987
		Duplo	50	0.2007	0.0500	0.1538	0.1538	0.2308	0.1795	12.4117	
8	100	Simplo	50	0.2006	0.0500	0.0769	0.0769	0.0769	0.0769	12.4434	12.4246
		Duplo	50	0.2009	0.0500	0.0769	0.2308	0.1538	0.1538	12.4057	
9	120	Simplo	50	0.2000	0.0500	0.2308	0.3077	0.3077	0.2821	12.4295	12.4425
		Duplo	50	0.2002	0.0500	0.1538	0.0769	0.1538	0.1282	12.4555	

Catatan:

- Pembacaan konsentrasi Pb^{2+} dalam filtrat menggunakan AAS dilakukan sebanyak 3 kali
- Konsentrasi mula-mula larutan Pb^{2+} (C_0) sebesar 50 mgL^{-1}
- C_{e1} , C_{e2} , C_{e3} , masing-masing adalah jumlah Pb^{2+} yang terukur pada pembacaan 1, 2, 3
- C_e adalah konsentrasi Pb^{2+} rata-rata pada kesetimbangan
- Nilai penyerapan dihitung dengan rumus

$$q = \frac{(C_0 - C_e) V}{W_a}$$

Lampiran 9. Data hasil pengukuran Kapasitas biomassa karang

***Heliofungia actiniformis* berdasarkan variasi pH.**

No	pH	Sampel	Kons Pb(II) awal	Berat (g)	Vol Pb (II) Liter	Jumlah Pb (II) yang terukur dalam filtrat				Pb(II) yang teradsorpsi	Pb (II) yang teradsorpsi rata-rata
						Ce1	Ce 2	Ce 3	Ce rata - rata		
1	4	Simplo	50	0.2003	0.0500	0.3333	0.3333	0.3333	0.3333	12.3981	12.4300
		Duplo	50	0.2005	0.0500	0.0833	0.0000	0.0000	0.0278	12.4619	
2	5	Simplo	50	0.2006	0.0500	-0.0833	-0.1667	-0.1677	-0.1392	12.4973	12.4869
		Duplo	50	0.2006	0.0500	0.0000	-0.0833	-0.0833	-0.0555	12.4765	
3	6	Simplo	50	0.2002	0.0500	0.0833	-0.0833	0.0000	0.0000	12.4875	12.4470
		Duplo	50	0.2005	0.0500	0.3333	0.2500	0.1677	0.2503	12.4064	
4	7	Simplo	50	0.2002	0.0500	0.2500	0.2500	0.2500	0.2500	12.4251	12.4216
		Duplo	50	0.2002	0.0500	0.3333	0.2500	0.2500	0.2778	12.4181	

Lampiran 10. Data hasil pengukuran kapasitas adsorpsi

No	Sampel	Konsentrasi Pb(II) awal	Berat karang (gram)	Vol Pb (II) Liter	Jumlah Pb (II) yang terukur dalam filtrat				Ce rata-rata	Pb(II) yang teradsorpsi	Pb (II) yang teradsorpsi rata-rata	Ce/qe	ln Ceq	Ln q
					Ce1	Ce 2	Ce 3	Ce rata-rata						
1	Simplo	50	0.2004	0.0500	0.1667	0.1667	0.2500	0.1945	0.33	12.4265	12.3919	0.02	-1.09	2.5170
	Duplo	50	0.2004	0.0500	0.4167	0.5000	0.5000	0.4722		12.3572				
2	Simplo	100	0.2001	0.0500	1.0833	1.1667	1.0833	1.1111	0.98	24.7099	24.7349	0.03	-0.01	3.2082
	Duplo	100	0.2002	0.0500	0.8333	0.9167	0.8333	0.8611		24.7600				
3	Simplo	150	0.2007	0.0500	17.8333	18.3333	18.3333	18.1666	18.16	32.8434	32.8352	0.55	2.89	3.4915
	Duplo	150	0.2008	0.0500	17.8333	18.3333	18.3333	18.1666		32.8270				
4	Simplo	200	0.2000	0.0500	14.6667	15.2500	15.2500	15.0556	15.15	46.2361	46.2118	0.32	2.71	3.8332
	Duplo	200	0.2000	0.0500	15.2500	15.2500	15.2500	15.2500		46.1875				
5	Simplo	250	0.2001	0.0500	21.9167	22.7500	22.9167	22.5278	22.93	56.8396	56.7390	0.40	3.13	4.0385
	Duplo	250	0.2001	0.0500	22.9167	23.5000	23.5833	23.3333		56.6383				
6	Simplo	300	0.2003	0.0500	80.5832	80.5832	80.6800	80.5832	83.05	54.7720	54.1425	1.53	4.419	3.9916
	Duplo	300	0.2004	0.0500	85.5200	85.5200	85.5200	85.5200		53.5130				

Lampiran 11. Data hasil penentuan agen Pendesorpsi

No	Agen pendesorpsi	sampel	berat	volume	jumlah Pb (II) yang terukur			Jumlah Pb(II) yang terdesorpsi	Jumlah Pb(II) terdesorpsi rata-rata	Jumlah Pb(II) terdesorpsi (%)	Berat biomassa sisa
					Ce 1	Ce2	Ce rata-rata				
1	Na. sitrat	Simplo	0.2002	0.0500	15.6923	16.0000	15.8462	3.9576	4.0835	63.56	0.1385
		Duplo	0.2001	0.0500	16.6154	17.0769	16.8462	4.2094			
2	NaHCO ₃	Simplo	0.2006	0.0500	11.7692	11.6923	11.7308	2.9239	2.8547	25.80	0.1145
		Duplo	0.2009	0.0500	11.0000	11.3846	11.1923	2.7855			
3	Na ₂ CO ₃	Simplo	0.2004	0.0500	4.2308	4.2308	4.2308	1.0556	1.0700	80.15	0.1475
		Duplo	0.2004	0.0500	4.2308	4.4615	4.3462	1.0844			
4	KCl	Simplo	0.2002	0.0500	2.6923	2.7692	2.7308	0.6820	0.8741	35.98	0.1052
		Duplo	0.2002	0.0500	4.1538	4.3846	4.2692	1.0662			
5	EDTA	Simplo	0.2008	0.0500	19.0000	19.3077	19.1539	4.7694	3.7108	82.80	0.0120
		Duplo	0.2008	0.0500	10.4615	10.8412	10.6514	2.6522			
6	H ₂ SO ₄	Simplo	0.2002	0.0500	4.3846	4.6154	4.5000	1.1239	1.3104	85.30	0.0053
		Duplo	0.2004	0.0500	5.7692	6.2308	6.0000	1.4970			
7	HCl	Simplo	0.2006	0.0500	3.3077	3.3846	3.3462	0.8340	0.9350	86.81	0.0040
		Duplo	0.2005	0.0500	4.0000	4.3077	4.1539	1.0359			
8	HNO ₃	Simplo	0.2002	0.0500	7.3846	7.5385	7.4616	1.8635	1.5213	92.50	0.0058
		Duplo	0.2006	0.0500	4.6150	4.8462	4.7306	1.1791			

Lampiran 12. Data Hasil Biosorpsi-desorpsi dalam sistem kolom

Berat Karang : 0.625 gram

Kecepatan alir : 7 mL/menit

a. Biosorpsi – Siklus 1

No	Volume Fraksi	Jumlah Pb(II) yang dilewatkan	Jumlah Pb(II) yang terukur dalam filtrat				Jumlah Pb(II) yang teradsorpsi
			Ce1	Ce2	Ce3	Ce Rata-rata	
1	100	100	20.1025	20.0000	20.1025	20.0683	4.7891
2	100	200	21.1358	21.1358	21.1450	21.1389	4.6178
3	100	300	22.7692	22.7692	21.8120	22.4501	4.4080
4	100	400	22.8154	21.6500	22.9650	22.4768	4.4037
5	100	500	24.6923	24.6923	23.0000	24.1282	4.1395
6	100	600	26.6154	26.6154	26.6154	26.6154	3.7415
7	100	700	28.7692	28.0000	28.7692	28.5128	3.4380
8	100	800	30.9231	30.9231	30.9231	30.9231	3.0523
9	100	900	32.3231	32.3231	32.3231	32.3231	2.8283
10	100	1000	35.2308	35.2308	32.0000	34.1539	2.5354
11	100	1100	40.5385	40.0000	40.2524	40.2636	1.5578
12	100	1200	46.7069	46.7069	46.7069	46.7069	0.5269
13	100	1300	48.8651	48.7900	48.7900	48.8150	0.1896
14	100	1400	49.7500	48.0000	49.7500	49.1667	0.1333
15	100	1500	49.8500	49.1000	48.9700	49.3067	0.1109
16	100	1600	49.8500	49.8500	49.8500	49.8500	0.0240
Jumlah Pb(II) yang teradsorpsi							40.4961

b. Desorpsi –siklus 1

No	Volume Fraksi	Jumlah Pb(II) yang dilewatkan	Jumlah Pb(II) yang terukur dalam filtrat				Jumlah Pb (II) yang terdesorpsi
			Ce1	Ce2	Ce3	Ce rata-rata	
1	50	50	28.5358	28.5358	28.5358	28.5358	2.2829
2	50	100	25.3180	25.3180	25.3180	25.3180	2.0254
3	50	150	24.6923	24.5000	24.6923	24.6282	1.9703
4	50	200	22.7692	22.7692	12.7650	19.4345	1.5548
5	50	250	19.9231	19.9231	19.9231	19.9231	1.5938
6	50	300	12.6923	12.6900	12.6900	12.6908	1.0153
7	50	350	12.7650	12.7650	12.7650	12.7650	1.0212
8	50	400	9.6154	9.5000	9.5000	9.5385	0.7631
9	50	450	7.3077	7.3077	7.3000	7.3051	0.5844
10	50	500	4.2500	4.2500	4.2500	4.2500	0.3400
11	50	550	4.1250	4.2500	4.1250	4.1667	0.3333
12	50	600	2.8560	2.8560	2.8560	2.8560	0.2285
13	50	650	2.5710	2.7190	2.7190	2.6697	0.2136
14	50	700	1.0540	1.0540	1.0540	1.0540	0.0843
15	50	750	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	50	800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Jumlah Pb (II) yang terdesorpsi							14.0108

c. Biosorpsi-siklus 2

No	Volume Fraksi	Jumlah Pb(II) yang dilewatkan	Jumlah Pb(II) yang terukur dalam filtrat				Jumlah Pb (II) yang teradsorpsi
			Ce1	Ce2	Ce3	Ce Rata-rata	
1	100	100	20.6550	20.6550	20.6550	20.6550	4.6952
2	100	200	22.7692	22.7692	21.8120	22.4501	4.4080
3	100	300	24.5430	24.5430	24.5430	24.5430	4.0731
4	100	400	24.6923	24.6923	23.0000	24.1282	4.1395
5	100	500	26.6154	26.6154	26.6154	26.6154	3.7415
6	100	600	28.7692	28.0000	28.7692	28.5128	3.4380
7	100	700	30.9231	30.9231	30.9231	30.9231	3.0523
8	100	800	32.3231	32.3231	32.3231	32.3231	2.8283
9	100	900	42.7560	42.7560	42.7560	42.7560	1.1590
10	100	1000	45.1250	45.1250	45.1250	45.1250	0.7800
11	100	1100	45.8730	45.8730	45.8730	45.8730	0.6603
12	100	1200	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
13	100	1300	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
14	100	1400	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
15	100	1500	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
16	100	1600	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
Jumlah Pb(II) yang teradsorpsi							32.9752

d. Desorpsi Siklus 2

No	Volume Fraksi	Jumlah Pb(II) yang dilewatkan	Jumlah Pb(II) yang terukur dalam filtrat				Jumlah Pb (II) yang terdesorpsi
			Ce1	Ce2	Ce3	Ce rata-rata	
1	50	50	17.3180	17.3180	17.3180	17.3180	1.3854
2	50	100	12.6923	12.6900	12.6900	12.6908	1.0153
3	50	150	12.7650	12.7650	12.7650	12.7650	1.0212
4	50	200	9.6154	9.5000	9.5000	9.5385	0.7631
5	50	250	7.3077	7.3077	7.3000	7.3051	0.5844
6	50	300	4.2500	4.2500	4.2500	4.2500	0.3400
7	50	350	4.1250	4.2500	4.1250	4.1667	0.3333
8	50	400	2.8560	2.8560	2.8560	2.8560	0.2285
9	50	450	2.5710	2.7190	2.7190	2.6697	0.2136
10	50	500	2.3250	2.3250	2.3250	2.3250	0.1860
11	50	550	1.0540	1.0540	1.0540	1.0540	0.0843
12	50	600	0.5386	0.5386	0.5386	0.5386	0.0431
13	50	650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	50	700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	50	750	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	50	800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Jumlah Pb (II) yang terdesorpsi							6.1982

e. Biosorpsi siklus 3

No	Volume Fraksi	Jumlah Pb(II) yang dilewatkan	Jumlah Pb(II) yang terukur dalam filtrat				Jumlah Pb (II) yang teradsorpsi
			Ce1	Ce2	Ce3	Ce Rata-rata	
1	100	100	30.0769	30.0769	30.0769	30.0769	3.1877
2	100	200	34.8760	34.8760	34.8760	34.8760	2.4198
3	100	300	35.2308	35.2308	35.2308	35.2308	2.3631
4	100	400	38.5385	38.5385	38.5385	38.5385	1.8338
5	100	500	40.4961	40.4961	40.4961	40.4961	1.5206
6	100	600	42.5600	42.5600	42.5600	42.5600	1.1904
7	100	700	45.2310	45.2310	45.2310	45.2310	0.7630
8	100	800	48.2900	48.2900	48.2900	48.2900	0.2736
9	100	900	48.6520	48.6520	48.6520	48.6520	0.2157
10	100	1000	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
11	100	1100	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
12	100	1200	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
13	100	1300	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
14	100	1400	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
15	100	1500	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
16	100	1600	50.0000	50.0000	50.0000	50.0000	0.0000
Jumlah Pb(II) yang teradsorpsi							13.7678

f. Desorpsi siklus 3

No	Volume Fraksi	Jumlah Pb(II) yang dilewatkan	Jumlah Pb(II) yang terukur dalam filtrat				Jumlah Pb (II) yang terdesorpsi
			Ce1	Ce2	Ce3	Ce rata-rata	
1	50	50	9.6154	9.5000	9.5000	9.5385	0.7631
2	50	100	7.3077	7.3077	7.3000	7.3051	0.5844
3	50	150	4.2500	4.2500	4.2500	4.2500	0.3400
4	50	200	4.1250	4.2500	4.1250	4.1667	0.3333
5	50	250	3.2308	3.2308	3.2308	3.2308	0.2585
6	50	300	2.5160	2.5160	2.5160	2.5160	0.2013
7	50	350	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
8	50	400	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
9	50	450	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
10	50	500	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
11	50	550	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
12	50	600	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
13	50	650	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
14	50	700	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
15	50	750	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
16	50	800	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Jumlah Pb (II) yang terdesorpsi							2.4806