

**PENGARUH pH DAN KONSENTRASI TERHADAP KARAKTERISASI
PERTUKARAN ION PADA BIOSORPSI KATION NIKEL (II) OLEH BIOMASSA
Cladophora fracta TERIMMOBILISASI DAN TERMODIFIKASI**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia
Sebagai Salah Satu Persyaratan Guna Memperoleh
Gelar Sarjana Sains*



**OLEH:
HIDAYATUSSA`ADAH
84245/2007**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2011**

HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

*Dinyatakan Lulus Setelah Dipertahankan Di Depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang*

PENGARUH pH DAN KONSENTRASI TERHADAP KARAKTERISASI PERTUKARAN ION PADA BIOSORPSI KATION NIKEL (II) OLEH BIOMASSA *Cladophora fracta* TERIMMOBILISASI DAN TERMODIFIKASI

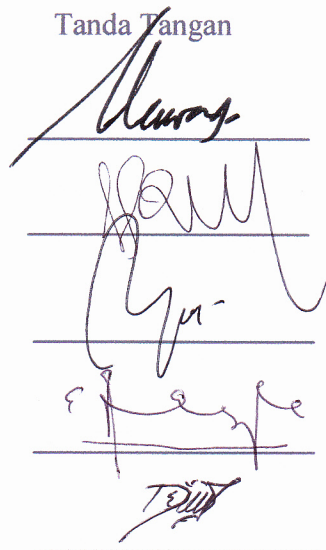
Nama : HIDAYATUSSA' ADAH
NIM / BP : 84245/2007
Jurusan : Kimia
Program Studi : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, 29 Juli 2011

Tim Penguji:

Nama	
Ketua	: Dr. Mawardi, M.Si
Sekretaris	: Drs. Zul Afkar, M.S
Anggota	: Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D
	Edi Nasra, S.Si, M.Si
	Desy Kurniawati, S.Pd, M.Si

Tanda Tangan



HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Karakterisasi
Pertukaran Ion pada Biosorpsi Kation Nikel (II) oleh
Biomassa *Cladophora fracta* Terimmobilisasi dan
Termodifikasi

Nama : HIDAYATUSSA' ADAH

NIM / BP : 84245/ 2007

Program Studi : Kimia

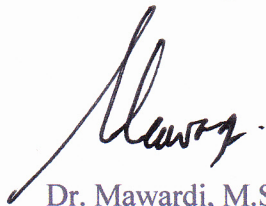
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, 29 Juli 2011

Disetujui Oleh:

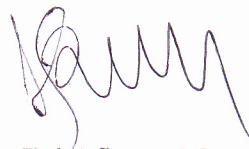
Pembimbing I



Dr. Mawardi, M.Si

NIP. 19611123 198903 1 002

Pembimbing II



Drs. Zul Afkar, M.S

NIP. 19511029 197710 1 001

ABSTRAK

Hidayatussa`adah(84245/2007): “Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Karakterisasi Pertukaran Ion pada Biosorpsi Kation Nikel (II) oleh Biomassa *Cladophora fracta* Terimmobilisasi dan Termodifikasi”.

Selain pembentukan kompleks, pertukaran ion merupakan salah satu interaksi antara gugus aktif pada biomassa dengan ion logam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana bagaimana pengaruh konsentrasi awal larutan terhadap karakter pertukaran ion antara kation kalsium dengan kation nikel. Serta melihat peranan gugus karboksilat yang terdapat pada biomassa *C.fracta* dengan cara memodifikasi gugus tersebut menjadi ester dengan cara direaksikan dengan methanol menggunakan katalis asam yang dikenal sebagai reaksi esterifikasi. Sistem kontak yang digunakan yaitu sistem perendaman (*batch*). Dari penelitian ini diperoleh konsentrasi optimum untuk pertukaran ion antara kalsium dengan nikel pada pH 5 dan konsentrasi 100 ppm. Pada kondisi optimum diperoleh kapasitas serapan sebesar 1,681 mg/g sedangkan untuk biomassa yang termodifikasi sebesar 1,361 mg/g biomassa *C.fracta*. Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi dalam biosorpsi umumnya dilakukan pemodelan isoterm Langmuir dan Freundlich. Dengan persamaan isoterm Langmuir, dapat ditentukan kapasitas serapan maksimum (a_m) pada tiap gram biomassa, yaitu untuk biomassa terimmobilisasi a_m yang diperoleh adalah 1,653 mg/g sedangkan untuk biomassa termodifikasi a_m adalah 1,4577 mg/g biomassa *C.fracta*.

Keywords: biosorpsi, nikel, Cladophora fracta.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada ALLAH SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Pengaruh pH dan Konsentrasi Terhadap Karakterisasi Pertukaran Ion pada Biosorpsi Kation Nikel (II) oleh Biomassa *Cladophora fracta* Terimmobilisasi dan Termodifikasi”**. Shalawat dan salam senantiasa kita curahkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan. Terima kasih penulis ucapkan kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku Pembimbing I.
2. Bapak Drs. Zul Afkar, M.S selaku Pembimbing II.
3. Bapak Drs. Amrin, M.Si selaku Penasehat Akademik.
4. Bapak Drs. Zul Afkar, M.S selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
5. Bapak Drs. Nazir KS, M.Si. M.Pd selaku Ketua Program Studi FMIPA Univeritas Negeri Padang.
6. Bapak Budhi Oktavia, M.Si, Ph.D; Bapak Edi Nasra, S.Si, M.Si; Ibu Desi Kurniawati S.Pd, M.Si selaku Pembahas skripsi.
7. Bapak dan Ibu staf pengajar Jurusan Kimia Universitas Negeri Padang.
8. Orang Tua yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil.

9. Teman-teman dan semua pihak yang telah banyak membantu dalam penulisan skripsi ini.

Akhirnya demi kesempurnaan tulisan ini, penulis dengan segala kerendahan hati akan selalu membuka diri dalam menerima kritikan dan saran yang bersifat membangun demi kesempurnaan di masa datang. Semoga tulisan ini dapat dimanfaatkan terutama bagi pengembangan penelitian dan sarana informasi ilmiah.

Padang, Juli 2011

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN	x
BAB I. PENDAHULUAN	
A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Tujuan Penelitian	5
E. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. Logam Berat Nikel	7
B. Biosorpsi	10
C. Alga Hijau (<i>Cladophora fracta</i>)	14
D. Imobilisasi	17
E. Modifikasi Gugus Fungsi	19

F. Pertukaran Ion	20
G. Isoterm Langmuir dan Freundlich	21
H. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	22
I. <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR)	25

BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

A. Waktu dan Tempat Penelitian	26
B. Objek Penelitian	26
C. Bahan Penelitian	26
D. Alat Penelitian	27
E. Pembuatan Reagen	27
F. Metode Penelitian	28
1. Persiapan biosorben	28
2. Immobilisasi Alga Hijau dengan Natrium Silikat	28
3. Modifikasi gugus karboksilat	29
4. Pretreatment Biomassa <i>C.fracta</i>	29
5. Penelitian Secara Umum	30
6. Prosedur Kerja	30
a. Pengaruh pH terhadap karakterisasi Pertukaran ion pada biosorpsi Kation Nikel (II)	30
b. Pengaruh Variasi Konsentrasi pada Biosorpsi Kation Nikel (II)	

oleh Biomassa Terimmobilisasi	31
c. Pengaruh Modifikasi Gugus Fungsi Karboksilat	32
d. Karakterisasi biomassa	32
7. Teknik Analisa Data	33
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	35
A. Pengaruh pH terhadap karakter Pertukaran Ion pada Biosorpsi Kation Nikel (II)	35
B. Pengaruh Konsentrasi Awal terhadap Karakter Pertukaran Ion pada Biosorpsi Nikel (II) oleh Biomassa Terimmobilisasi dan Termodifikasi	37
C. Peranan Gugus Karboksilat pada Pertukaran Ion Kalsium (II) dengan Nikel (II) oleh Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi	40
D. Karakter FTIR Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan Tertreatment dan Biomassa Terimmobilisasi dan Tertreatment yang Dikontakkan Ni (II)	45
E. Perbandingan Isoterm Langmuir dan Freundlich	48
F. Pengaruh Immobilisasi pada Biomassa <i>C.fracta</i> Termodifikasi dan Tertreatment	52
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN	60

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Klasifikasi Asam-Basa Keras Dan Lunak	14
2. Beberapa Matrik yang Digunakan dalam Studi Penyerapan Logam	18
3. Perbandingan Bilangan Gelombang Antara Biomassa Terimmobilisasi dengan Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan Termodifikasi	44
4. Perbandingan Bilangan Gelombang Antara Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan Tertreatment dan Setelah Dikontakkan Larutan Nikel (II).....	47
5. Isoterm Langmuir untuk Berbagai Biomassa (1) Biomassa Terimmobilisasi dan Tertreatment (2) Biomassa Terimmobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	48
6. Isoterm Freundlich untuk Berbagai Biomassa (1) Biomassa Terimmobilisasi dan Tertreatment (2) Biomassa Terimmobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	50
7. Isoterm Langmuir untuk Biomassa Non-immobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment.....	54
8. Isoterm Freundlich untuk Biomassa Non-immobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. <i>Cladophora fracta</i>	16
2. Pengaruh pH Awal Larutan Nikel terhadap Serapan Biomassa <i>C.fracta</i>	35
3. Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Nikel terhadap Serapan Biomassa <i>C.fracta</i>	37
4. Pengaruh Konsentrasi Awal larutan Nikel Terhadap Pertukaran Ion	39
5. Perbandingan Konsentrasi Pertukaran Ion antara Ni dan Ca.....	42
6. Spektrum Infra Merah untuk Biomassa (A) Biomassa Terimmobilisasi dan Tertreatment (B) Biomassa Terimmobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	43
7. Spektrum Infra Merah untuk Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan Tertreatment	46
8. Spektrum Infra Merah Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan Tertreatment yang Termuati Ni(II) pada Konsentrasi 100 ppm	46
9. Grafik Isoterm Langmuir untuk Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan Tertreatment	49
10. Grafik isotherm Langmuir untuk Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment.....	49
11. Grafik Isoterm Freundlich untuk Biomassa <i>C.fracta</i>	

Terimmobilisasi dan Tertreatment	50
12. Grafik Isoterm Freundlich untuk Biomassa <i>C.fracta</i>	
Terimmobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	51
13. Perbandingan Serapan Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan	
Non-immobilisasi	53
14. Grafik Isoterm Langmuir untuk Biomassa <i>C.fracta</i>	
Non-immobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	54
15. Grafik Isoterm Freundlich untuk Biomassa <i>C.fracta</i>	
Non-immobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	55

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Skema Kerja Persiapan Biosorben	60
2. Skema Kerja Immobilisasi Biomassa	61
3. Modifikasi Gugus Karboksilat	62
4. Pretreatment Biomassa	63
5. Pengaruh pH Terhadap Karakterisasi Pertukaran Ion pada Biosorpsi Kation Nikel (II) oleh Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi	64
6. Penentuan Pengaruh Variasi Konsentrasi terhadap Karakter Pertukaran Ion pada Biosorpsi Larutan Nikel (II) oleh Biomassa <i>C. fracta</i> Terimmobilisasi	65
7. Penentuan Pengaruh Variasi Konsentrasi terhadap Karakter Pertukaran Ion pada Biosorpsi Larutan Nikel (II) oleh Biomassa <i>C. fracta</i> Terimmobilisasi dan Termodifikasi	66
8. Pengaruh Modifikasi Gugus Karboksilat terhadap Karakter Pertukaran Ion pada Biosorpsi Kation Nikel (II)	67
9. Karakterisasi Biomassa Terimmobilisasi dan Termodifikasi	68
10. Pengaruh pH Awal Larutan Nikel (II) terhadap Serapan Biomassa <i>C.fracta</i>	69
11. Pengaruh Konsentrasi Larutan Awal terhadap Serapan Biomassa	

<i>C.fracta</i> yang Terimmobilisasi dan Tertreatment	69
12. Pengaruh Konsentrasi Larutan Awal terhadap Serapan Biomassa	
<i>C.fracta</i> yang Terimmobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	70
13. Pengaruh Konsentrasi Larutan Awal terhadap Serapan Biomassa	
<i>C.fracta</i> Non-immobilisasi, Termodifikasi dan Tertreatment	70
14. Data Pertukaran Ca pada Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi,	
Terimmobilisasi dan Termodifikasi	71
15. Pengaruh Gugus Karboksilat terhadap Karakterisasi Pertukaran Ion	
Ca dengan Ni pada Kondisi Optimum	71
16. Data Pertukaran Ca pada Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi dan	
Tertreatment dan Biomassa <i>C.fracta</i> Terimmobilisasi, Termodifikasi	
dan Tertreatment	72

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Kesinambungan hidup manusia sangat dipengaruhi oleh keadaan lingkungan sekitarnya. Pencemaran merupakan hal yang banyak terjadi pada lingkungan. Pencemaran dapat diakibatkan oleh limbah industri yang biasanya dibuang ke perairan tanpa diolah terlebih dahulu. Limbah industri umumnya mengandung logam berat. Salah satu logam berat pencemar adalah nikel (II).

Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti : pelindung baja (stainless steel), pelindung tembaga, industri baterai, elektronik, aplikasi industri pesawat terbang, industri tekstil, turbin pembangkit listrik bertenaga gas, pembuat magnet kuat, pembuatan alat-alat laboratorium (nikrom), kawat lampu listrik, katalisator lemak, pupuk pertanian dan berbagai fungsi lain (Gerberding J.L., 2005). Nikel dalam jumlah kecil dibutuhkan oleh tubuh, tetapi bila terdapat dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat berbahaya untuk kesehatan manusia. (Kadir Sabilu, 2010)

Beberapa metode telah dilakukan untuk menghilangkan ion logam dari larutan, seperti reduksi, pertukaran ion, elektrodialisis, pengendapan elektrokimia, penguapan, ekstraksi pelarut, osmosis dan adsorpsi. (Zhang *et al.*, 1998; Mohammed Abdulsalam Abdullah, 2010). Dalam mengatasi akumulasi logam-logam berat di perairan, perlu diseleksi cara yang paling

efisien, ekonomis dan ketersediaannya di alam mudah ditemukan. Penyerapan logam berat yang banyak dilakukan saat ini adalah dengan menggunakan biomassa yang dikenal dengan istilah biosorpsi. Biosorpsi adalah adsorpsi dengan menggunakan sel mikrobial (prokariotik atau eukariotik) baik yang masih hidup maupun yang telah mati. (Amirullah, 2006). Secara umum, terdapat dua jenis penyerapan logam berat oleh mikroorganisme, yaitu penyerapan logam yang tidak bergantung pada metabolisme (metabolisme-independent) dan penyerapan logam logam yang bergantung pada metabolisme (metabolisme-dependent). (Mawardi, 2008).

Alga hijau (*Chlorophyta*) merupakan salah satu biomassa yang dapat digunakan untuk menyerap logam berat karena di dalam alga terdapat gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril imadazol, sulfat dan sulfonat yang terdapat dalam dinding sel dalam sitoplasma. (Eri Bachtiar, 2007). Prakasham, R.S, *et al* (1998) telah melakukan penelitian tentang biosorpsi logam dengan menggunakan biomassa *Rhizopus arrhizus free* dan terimmobilisasi. Dari penelitian ini diperoleh bahwa biomassa *free* cenderung sangat rendah penyerapannya terhadap logam berat dibandingkan biomassa yang terimmobilisasi. Immobilisasi biomassa dilakukan dengan tujuan meningkatkan kereaktifan gugus fungsi dan ketahanan ikatan (Bag, 1999). Berdasarkan gugus fungsi tersebut memungkinkan terjadinya interaksi ion logam dalam larutan dengan mekanisme yang berbeda, pembentukan

kompleks, pembentukan kelat dan pertukaran ion (Pagnanelli, 2002). Pada pertukaran ion berlangsung proses yang melibatkan ion-ion terserap pada suatu biomassa, kemudian ditukar dengan ion-ion lain yang berada dalam larutan. Ion-ion yang biasa dipertukarkan adalah K^+ , Na^+ , Ca^{2+} dan Mg^{2+} .

Derajat keasaman (pH) merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi biosorpsi. Dengan adanya perubahan pH akan merubah struktur penyusun berupa senyawa-senyawa makromolekul yang memiliki pusat aktif yang berperan dalam mengadsorpsi logam. Pada pH yang rendah, akan banyak terdapat banyak proton yang menyebabkan kompetisi antara ion H^+ dengan logam. Selain itu, pusat aktif yang bersifat basa lemah akan mengalami protonasi pada dinding sel permukaan biosorben.

G O El-Sayed *et al*, 2010 melakukan penelitian tentang biosorpsi logam nikel (II) dan cadmium (II) menggunakan jerami dengan variasi konsentrasi larutan ion logam berat. Dari hasil penelitian, pada konsentrasi rendah, logam diserap oleh bagian aktif yang spesifik, sementara itu pada konsentrasi yang lebih tinggi diperoleh adsorpsi yang lebih rendah dikarenakan jenuhnya bagian yang dapat menyerap. Umumnya, untuk menyatakan pengaruh konsentrasi pada biosorpsi digunakan persamaan isoterm Freundlich dan Langmuir.

Berdasarkan uraian di atas, pada penelitian ini akan dipelajari pengaruh pH dan konsentrasi awal larutan terhadap karakter pertukaran ion pada biosorpsi kation nikel (II) oleh biomassa *C.fracta* yang terimmobilisasi.

Untuk melihat peranan gugus karboksilat pada biomassa *C. fracta* dilakukan dengan memodifikasi gugus fungsi tersebut. Sistem kontak yang digunakan adalah sistem perendaman (*batch*). Biomassa yang terimmobilisasi dan termodifikasi akan dikarakterisasi dengan FT-IR sedangkan untuk mengukur konsentrasi ion logam yang terserap oleh biomassa akan digunakan SSA.

B. Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dirumuskan di atas maka perumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pH dan konsentrasi awal larutan terhadap pertukaran ion pada biosorpsi kation nikel (II) oleh biomassa *C. fracta* yang terimmobilisasi dan melihat peranan gugus karboksilat pada biomassa *C. fracta* terhadap penyerapan kation nikel (II) dengan cara memodifikasi gugus tersebut.

C. Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi dengan variasi pH dan variasi konsentrasi awal larutan nikel (II) terhadap karakter pertukaran ion kalsium dengan nikel oleh biomassa *C. fracta* dan modifikasi terhadap gugus karboksilat yang terdapat pada biomassa.

D. Tujuan Penelitian

Berdasarkan perumusan masalah yang dikemukakan di atas, maka penelitian ini bertujuan untuk:

1. Mempelajari pengaruh pH pada karakterisasi pertukaran ion oleh biomassa *C.fracta* terimmobilisasi.
2. Mempelajari pengaruh konsentrasi awal larutan nikel (II) terhadap karakterisasi pertukaran ion pada biomassa *C.fracta* terimmobilisasi.
3. Menentukan hubungan konsentrasi dengan adsorpsi menggunakan persamaan isoterm Langmuir yang dibandingkan dengan isoterm Freundlich.
4. Melihat pengaruh modifikasi gugus karboksilat terhadap penyerapan kation nikel (II).

E. Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat :

1. Memberikan informasi tentang pengaruh pH pada karakterisasi pertukaran ion pada biosorpsi kation nikel (II) oleh biomassa *C. fracta* terimmobilisasi.
2. Memberikan informasi tentang pengaruh variasi konsentrasi terhadap karakterisasi pertukaran ion pada biosorpsi kation nikel (II) oleh biomassa *C. fracta* terimmobilisasi.

3. Memberikan informasi tentang peranan gugus karboksilat dalam penyerapan ion logam berat nikel (II).
4. Sebagai acuan atau titik tolak bagi penelitian selanjutnya dengan variasi lain dan modifikasi gugus fungsi lain yang terdapat dalam biomassa.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Logam Berat Nikel

Logam berat adalah istilah yang digunakan secara umum untuk kelompok logam berat dan metaloid yang densitasnya lebih besar dari 5 g/cm³ (Hutagalung et al., 1992). Logam berat terletak di sudut kanan bawah sistem periodik, mempunyai afinitas yang tinggi terhadap unsur S dan biasanya bernomor atom 22 sampai 92 dari perioda 4 sampai 7 (Miettinen, 1977). Afinitas yang tinggi terhadap unsur S menyebabkan logam ini menyerang ikatan belerang dalam enzim, sehingga enzim bersangkutan menjadi tak aktif. Gugus karboksilat (-COOH) dan amina (-NH₂) juga bereaksi dengan logam berat. Kadmium, timbal, dan tembaga terikat pada sel-sel membran yang menghambat proses transformasi melalui dinding sel (Manahan, 1977).

Berdasarkan sifat kimia dan fisiknya, maka tingkat atau daya racun logam berat terhadap hewan air dapat diurutkan (dari tinggi ke rendah) sebagai berikut merkuri (Hg), kadmium (Cd), seng (Zn), timah hitam (Pb), krom (Cr), nikel (Ni) dan kobalt (Co) (Sutamihardja dkk, 1982). Menurut Darmono (1995) daftar urutan toksisitas logam paling tinggi ke paling rendah terhadap manusia yang mengkonsumsi ikan adalah sebagai berikut $Hg^{2+} > Cd^{2+} > Ag^{2+} > Ni^{2+} > Pb^{2+} > As^{2+} > Cr^{2+} > Sn^{2+} > Zn^{2+}$. Sedangkan menurut

Kementrian Negara Kependudukan dan Lingkungan Hidup (1990) sifat toksisitas logam berat dapat dikelompokkan ke dalam 3 kelompok, yaitu :

- a. Bersifat toksik tinggi (Hg, Cd, Pb, Cu, dan Zn)
- b. Bersifat toksik sedang (Cr, Ni, dan Co)
- c. Bersifat toksik rendah (Mn dan Fe).

Nikel banyak terdapat di alam (Boyle and Robinson, 1988 dalam Soumik Sarkar, dkk, 2010). Nikel secara alamiah terdapat di pasir, garam pada air laut, abu vulkanik dan partikel pada asap sebagai hasil dari kebakaran hutan (Tripathi and Srivastava, 2007 dalam Soumik Sarkar, dkk, 2010) dengan membentuk sulfida, arsen, antimonida dan oksida. Dalam beberapa organisme, nikel merupakan konstituen esensial, seperti ko-faktor beberapa enzim seperti hidrogenase, urease dan metal Scoenzyme M-reductase. (Hausinger, 1987 dalam Soumik Sarkar, dkk, 2010)

Nikel ditemukan oleh A. F. Cronstedt pada tahun 1751, merupakan logam berwarna putih keperak-perakan yang berkilat, keras dan mulur, tergolong dalam logam peralihan, sifat tidak berubah bila terkena udara, tahan terhadap oksidasi dan kemampuan mempertahankan sifat aslinya di bawah suhu yang ekstrim (Cotton dan Wilkinson, 1989). Nikel digunakan dalam berbagai aplikasi komersial dan industri, seperti : pelindung baja (stainless steel), pelindung tembaga, industri baterai, elektronik, aplikasi industri pesawat terbang, industri tekstil, turbin pembangkit listrik bertenaga gas, pembuat magnet kuat, pembuatan alat-alat laboratorium (nikrom), kawat

lampu listrik, katalisator lemak, pupuk pertanian dan berbagai fungsi lain (Gerberding J.L., 2005).

Nikel dalam jumlah kecil dibutuhkan oleh tubuh, tetapi bila terdapat dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat berbahaya untuk kesehatan manusia, yaitu : menyebabkan kanker paru-paru, kanker hidung, kanker pangkal tenggorokan dan kanker prostat, merusak fungsi ginjal, menyebabkan kehilangan keseimbangan, menyebabkan kegagalan respirasi, kelahiran cacat, menyebabkan penyakit asma dan bronkitis kronis serta merusak hati. Kadar nikel di perairan tawar alami adalah 0,001 – 0,003 mg/liter (Scoullous dan Hatzianestis, 1989, in Moore, 1990 in Effendi 2003); sedangkan pada perairan laut berkisar antara 0,005 – 0,007 mg/liter (Mc Neely et al., 1979).

Di perairan nikel ditemukan dalam bentuk koloid. Garam-garam nikel misalnya nikel amonium sulfat, nikel nitrat, dan nikel klorida bersifat larut dalam air. Pada kondisi aerob dan $\text{pH} < 9$, nikel membentuk senyawa kompleks dengan hidroksida, karbonat, dan sulfat dan selanjutnya mengalami presipitasi. Demikian juga pada kondisi anaerob, nikel bersifat tidak larut (Moore, 1990 dalam Effendi, 2003). Di muara sungai, nikel menunjukkan konsentrasi yang semakin meningkat dengan peningkatan kekeruhan. Peningkatan konsentrasi nikel terlarut pada tingkat kekeruhan yang tinggi terjadi karena proses desorpsi dari partikel-partikel yang ada di muara sungai dan proses resuspensi.

Gerberding J.L (2005) melaporkan bahwa dalam konsentrasi tinggi nikel di tanah berpasir merusak tanaman dan di permukaan air dapat mengurangi tingkat pertumbuhan algae. Lebih lanjut dikatakan bahwa nikel juga dapat menghambat pertumbuhan mikroorganisme, tetapi mereka biasanya mengembangkan perlawanan terhadap nikel setelah beberapa saat. Ketoksikan nikel pada kehidupan akuatik bergantung pada spesies, pH, kesadahan dan faktor lingkungan lain (Blaylock dan Frank, 1979).

B. Biosorpsi

Proses penyerapan yang menggunakan material biologi (biomaterial) sebagai sorben disebut biosorpsi. Biomaterial yang digunakan sebagai penyerap disebut biosorben. Biomaterial mempunyai kemampuan yang unik, penyerapan dapat melalui pengikatan aktif dan pasif. Pengikatan aktif melibatkan reaksi metabolisme terjadi pada biomaterial yang hidup sedangkan pengikatan pasif hanya terjadi pada biomaterial yang telah mati (Drake, 1996). Pada pengikatan pasif, penyerapan terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lainnya melalui mekanisme kimia dan fisika seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi secara keseluruhan (Gadd, 1993). Penangkapan logam-logam oleh biomaterial terjadi melalui proses penyerapan yang melibatkan gugus-gugus fungsional yang terikat pada makromolekul permukaan sel seperti: protein, polisakarida, lignin, chitin, chitosan dan biopolymer lain yang terdapat dalam dinding sel

biomaterial tersebut. Gugus fungsional dimaksud meliputi gugus-gugus karboksilat, hidroksil, imidazol, sulfohidril dan fosfat.

Proses penyerapan logam yang bergantung pada metabolisme hanya terjadi pada sel mikroorganisme hidup. Proses ini menyebabkan terakumulasinya logam didalam dan di bagian pinggir bagian intraseluler. Proses ini berlangsung lambat dan secara kritis sangat tergantung pada nutrient dan kondisi lingkungan seperti pH larutan dan suhu.

Ketersediaan adalah faktor utama untuk menjadikan biomassa sebagai biosorben. Keekonomisan lingkungan membuat biomassa bisa berasal dari lingkungan, namun juga tidak mungkin dari material buangan (sampah). Biomassa ini dalam proses biosorpsi disebut sebagai biosorben. Biosorben harus cukup kuat bertahan terhadap tekanan yang diberikan, menyerap dan/atau “*transparent*” ke ion logam yang akan diserap, dan mempunyai penyerapan yang tinggi dan kuat. Material biomassa dalam bentuk butiran merupakan biosorben yang cocok dan efektif menentukan kesuksesan aplikasi dari proses biosorpsi.

Biosorpsi adalah pesaing tertinggi dengan adanya teknologi yang ada yaitu penukar ion, elektrodialisis, reverse osmosis, dan lain-lain. Beberapa ciri-ciri utama biosorpsi yang dapat dibandingkan dengan proses konvensional lainnya adalah sebagai berikut :

- a. Penampilan yang kompetitif
- b. Sangat selektif dalam logam berat

- c. Keefektifan-harga
- d. Regeneratif (bisa memperbaharui biosorben)
- e. Tidak menghasilkan kotoran/endapan atau meminimalkan endapan biologi dan/atau endapan kimia.
- f. Efisiensi tinggi
- g. Tidak ada persyaratan nutrient tambahan
- h. Memungkinkan untuk recovery logam

Interaksi antara kation logam dengan biomasa mikroorganisme yang melibatkan makromolekul permukaan sel, terjadi dengan kuat dan relatif tidak spesifik, yaitu:

Interaksi Ionik. Interaksi yang terjadi antara kation logam dengan gugus anion dari makromolekul pada permukaan dinding sel. Interaksi dimaksud mirip dengan interaksi dalam resin penukar kation, kekuatan dan ke-spesifikannya tergantung pada jari-jari ion dan muatan ion logam, derajat ionisasi anion makromolekul pada pH operasional dan persaingan dari muatan positif tertentu dalam polimer. Makromolekul fosfomanan yang merupakan komponen utama dinding sel khamir dan jamur, merupakan poliiionik karena mengandung fosfodiester.

Interaksi Polar. Polisakarida penyusun dinding sel mikroorganisme dapat membentuk kompleks dengan ion ligan transisi melalui interaksi dipol-dipol antara kation logam dengan gugus polar seperti $-OH$, $-NH_2$ dan $C=O$. Pembentukan kompleks tergantung pada kemampuan berinteraksi beberapa

gugus dalam makromolekul yang berfungsi sebagai ligan untuk membentuk chelat. Chitin dan chitosan yang banyak terkandung dalam sel merupakan zat penyerap yang efektif untuk logam dan radionuklida.

Interaksi Gabungan dan Berganda. Logam-logam berat terikat pada sebagian besar protein dan mengubah sifat protein tersebut. Karena protein mengandung bermacam-macam gugus ionik dan gugus polar lainnya, maka interaksi dengan kation-kation logam menjadi sangat kuat dan tidak spesifik. Beberapa protein permukaan sel atau protein yang merembes dari membran atau sitoplasma sel-sel mati dapat mengikat kation dengan cara ini. Suatu ikatan logam yang lebih spesifik oleh protein terjadi karena adanya gugus thiol (-SH) dalam residu sistein. Kerumunan -SH yang terdapat dalam logam-lothionin, membentuk kompleks lebih kuat dan spesifik dengan beberapa logam toksik, diantaranya Cu, Cd, dan Zn.

Kemampuan ion logam membentuk kompleks tergantung pada daya mempolarisasi yang ditentukan oleh perbandingan muatan dan jari-jari ion dimaksud. Suatu kation dengan daya mempolarisasi tinggi “disenangi” oleh ligan sebagai pusat muatan positif berkerapatan tinggi, sehingga menghasilkan interaksi yang lebih kuat (Wood dan Wang, 1983 : 582).

Pearson dalam Wood dan Wang (1983 : 584) menyimpulkan urutan pembentukan kompleks dari ion-ion anorganik atas asam dan basa keras serta asam dan basa lunak. Dalam tabel 1 ditunjukkan klasifikasi secara biologis dari logam-logam dan ligan-ligan penting yang bereaksi dengan asam dan

basa keras serta asam dan basa lunak. Basa keras adalah ligan yang mempunyai atom donor dengan keelektronegatifan tinggi, sedangkan basa lunak adalah ligan dengan atom donor yang mudah terpolarisasi. Secara umum kation-kation keras (asam Lewis) dengan ligan-ligan keras (basa Lewis) akan membentuk kompleks yang stabil, sedangkan asam-asam lunak membentuk kompleks yang stabil dengan basa-basa lunak seperti gugus karboksilat, karbonil, amino dan sulfida.

Table 1. Klasifikasi Asam-Basa Keras Dan Lunak

Asam keras	Antara	Asam lunak
H^+ , Na^+ , K^+ , Be^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Li^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Co^{3+} , Fe^{3+} , As^{3+}	Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Pb^{2+} , Sn^{2+}	Cu^+ , Ag^+ , Au^+ , Ti^+ , Hg^{2+} , CH_3Hg^+ , Cd^{2+} , Pt^{2+} , Pd^{2+}
Basa keras	Antara	Basa lunak
H_2O , OH^- , F^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , ROH , RO^- , NO_3^- , NH_3 , RNH_2 , CH_3COO^- , R_2O , ClO_4^-	Br^- , NO_2^- , SO_3^{2-} , N_3 , $C_6H_5NH_2$, C_6H_5N , N_2	RSH , SCN^- , RS^- , $S_2O_3^{2-}$, C_2H_4 , C_6H_6 , H^- , CO , H_2S , CN^- , R_3O , I^- , $(RO)_3P$, R_3As

Sumber : Pearson, Frostner dan Wittman, dalam Wood dan Wang, 1983 : 584

C. Alga Hijau (*Cladophora fracta*)

Alga termasuk mikroorganisme eukariotik. Mereka umumnya bersifat fotosintetik dengan pigmen fotosintetik hijau (klorofil), biru kehijauan (fikobilin), coklat (fikosantin), dan merah (fikoeritrin). Secara morfologi, algae ada yang berbentuk uniseluler dan ada pula yang multiseluler tetapi belum ada pembagian tugas pada komponen sel-selnya. Alga dibedakan dari

tumbuhan hanya karena hal tersebut. Alga dapat hidup di permukaan atau dalam perairan (aquatik) maupun daratan (terrestrial) yang terkena sinar matahari, namun kebanyakan hidup di perairan.

Hanya kira-kira 10% dari 7000 spesies alga hijau (Divisi Chlorophyta) ditemukan di laut, selebihnya di air tawar. Dikenali dengan warna hijau rumput yang dihasilkan adanya klorofil a dan b yang lebih dominan dibanding pigmen lain. Pigmen-pigmen terdapat dalam plastid dan sangat tahan terhadap cahaya panas. Dinding sel lapisan luar terbentuk dari bahan pektin sedangkan lapisan dalam dari selulosa (Bachtiar, 2007).

Cladophora fracta dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Protista
 Divisi : Chlorophyta
 Klas : Chlorophyceae
 Ordo : Cladophorales
 Famili : Cladophoraceae
 Genus : Chladophora
 Spesies : *Cladophora fracta*

(Laboratorium Taksonomi tumbuh-tumbuhan UNAND, 2008)



Gambar 1. *Cladophora fracta*

Komposisi kimia alga hijau mengandung senyawa-senyawa biopolimer, diantaranya protein dan polisakarida sebagai sumber gugus fungsional yang berperan penting dalam mengikat ion logam. Gugus fungsional yang tersedia merupakan gugus bermuatan negatif seperti karboksil, karbonil, dan amina yang berikatan koordinasi membentuk kompleks dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas (Gadd, 1990).

Menurut Pritchard dan Bradt (1984) dinding sel *Chlorophyta* tersusun oleh lapisan selulosa yang mengandung pectin. Selubung sel disusun oleh polimer-polimer manosa serta asam-asam amino, khususnya hidroksipolin. Ketika diuji dengan mikroskop, *Cladophora fracta* termasuk jenis alga berfilamen. Filament *Cladophora fracta* bercabang, yang mana seringkali terpisah dengan jarak tertentu. Daun pakis dari *Cladophora fracta* seringkali ditutupi ephifitik diatoms, yang faktanya, disini bisa jadi banyak diatom yang sulit untuk mengamati sel *Cladophora fracta*.

Secara umum, keuntungan pemanfaatan alga sebagai biosorben adalah :

1. Alga mempunyai kemampuan yang cukup tinggi dalam mengadsorpsi logam berat karena di dalam alga terdapat gugus fungsi yang dapat melakukan pengikatan dengan ion logam. Gugus fungsi tersebut terutama gugus karboksil, hidroksil, amina, sulfidril imadazol, sulfat dan sulfonat yang terdapat dalam dinding sel dalam sitoplasma.
2. Bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak.
3. Biaya operasional yang rendah.
4. Tidak perlu nutrisi tambahan. (Eri Bachtiar, 2007)

D. Immobilisasi

Mikroorganisme yang diimmobilisasi mempunyai resistivitas mekanik yang kuat dan memperbesar kemampuan mengikat logam yang kuat jika dibandingkan dengan sel bebas. Mikroorganisme bebas menunjukkan kemampuan berikatan yang lemah karena adanya degradasi struktur. Selain itu, pada sel bebas tidak sesuai dengan pada kolom karena densitas yang rendah dan ukuran yang cenderung menyempit kolom sehingga menghasilkan penurunan tekanan. (BW. Alinson, 1998).

Silika dengan biomassa yang diimmobilisasi akan memberikan kelebihan dalam hal kestabilan, serta penggunaan juga bisa berulang-ulang. Efisiensi silika mengimmobilisasi alga hampir 90% dengan waktu penggunaan sampai 18 bulan (Gupta, 2001).

Metoda immobilisasi ini sangat baik dalam mempertahankan kemampuan biomassa untuk menyerap logam-logam yang dihasilkan pada proses industri (Maricel, 2007). Biomassa diimmobilisasi dengan menggunakan silika, yang menyebabkan peningkatan kereaktifan gugus fungsi dan ketahanan ikatan (Bag, 1999). Matrik yang penting digunakan pada immobilisasi penghilangan logam berat adalah silika, persiapan immobilen-silika memberikan keuntungan dalam bentuk kestabilan (Gupta, 2000).

Syarat suatu bahan sebagai matrik pendukung antara lain :

1. mempunyai sisi aktif terutama mengandung gugus aktif yang reaktif,
2. mempunyai permukaan yang luas,
3. memiliki kapasitas pengikatan yang tinggi,
4. mempunyai daya tahan yang baik terhadap perubahan-perubahan pelarut kimia.

Tabel 2. Beberapa matrik yang digunakan dalam studi penyerapan logam

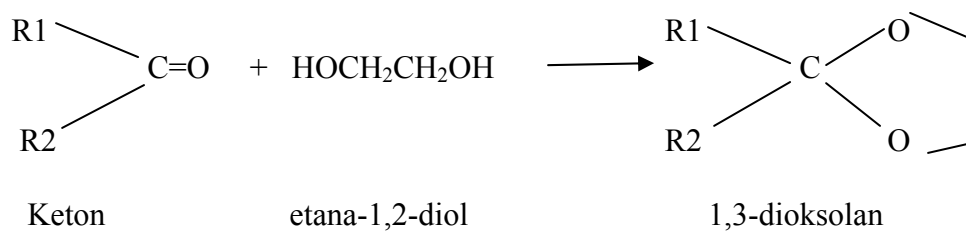
Matrik pengimmobilisasi	Tipe biomassa	Logam yang terserap
Kalsium alginat	<i>Chlorella vulgaris</i> <i>Spirulina platensis</i> <i>Chlorella salina</i>	Au, Cu, Fe, Zn
Polyacrilamida gel	<i>Rhizopus arrhizus</i> <i>Citrobacter</i> , <i>Rhizopus arrhizus</i>	U, Cd, Pb, Cu, Co, Cd
Silica	<i>Algasorb</i>	Cu, Ni, U, Pb, Hg, Cd, Zn, As, Ag
Polyurethane	<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	U
Polysulfone	<i>Phormidium laminosum</i> <i>Citrobacter</i>	Pb, Cd, Zn

(Sumber: Gupta, 2000)

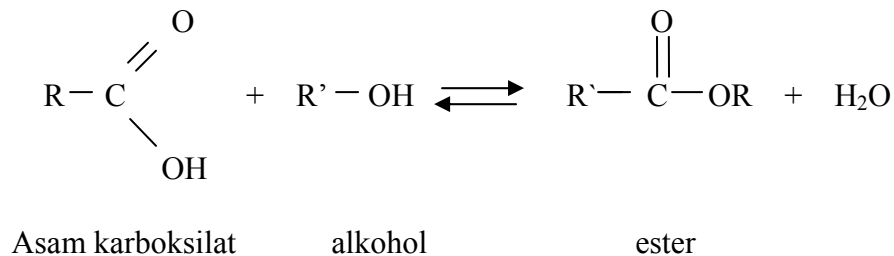
E. Modifikasi Gugus Fungsi

Apabila suatu biosorben mengandung beberapa gugus fungsional yang reaktif terhadap suatu pereaksi (logam), maka untuk melihat peranan gugus-gugus fungsional tersebut dalam reaksi dapat dilakukan dengan cara memodifikasi gugus fungsi dimaksud kemudian diamati pengaruh modifikasi itu terhadap hasil reaksi (jumlah logam yang terserap).

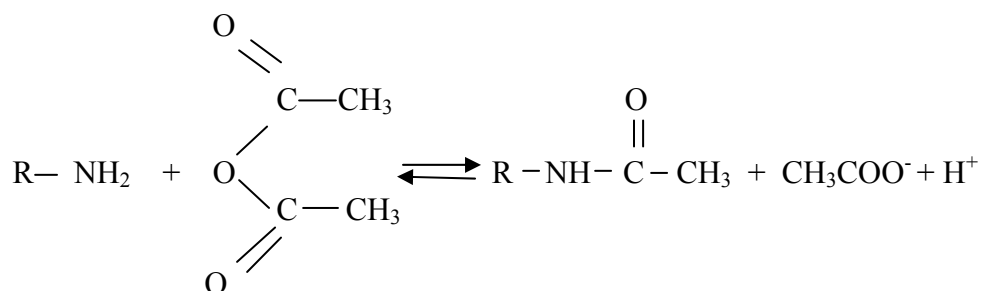
Reaksi gugus karbonil dengan 1,2 etana diol dengan adanya katalis akan menghasilkan 1,3-dioksolan.



Gugus karboksilat dengan methanol dalam suasana asam akan berubah menjadi ester.



Sedangkan gugus amina dapat bereaksi dengan asetat anhidrida dengan reaksi

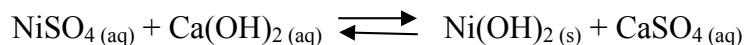


(Anwar,1996;Torresday,1990;Lundbland,1984 dalam Mawardi,2001)

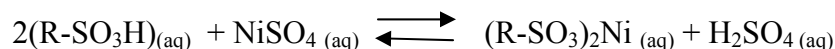
F. Pertukaran Ion

Pertukaran ion adalah suatu proses reversibel dimana suatu jenis ion dilepaskan ditangkap oleh suatu padatan secara stoikiometri. Partikel pertukaran ion pada padatan juga umum terjadi pada zeolit atau resin organik yang diperoleh melalui sintesis.

Reaksi pertukaran ion sesuai dengan stoikiometri dan reversible. Sebagai contoh dapat dilihat pada reaksi antara nikel (II) sulfat dengan kalsium hidroksida :



Pada reaksi ini, ion nikel yang terdapat pada nikel sulfat ditukar dengan ion kalsium yang terdapat pada kalsium hidroksida. Hal yang sama pada resin yang memiliki ion hidrogen untuk pertukaran akan ditukar dengan ion-ion nikel pada larutan. Reaksinya dapat ditulis sebagai berikut:



(<http://ionexchangechemistryandoperation.html>)

G. Isoterm Langmuir dan Freundlich

Adsorpsi Isoterm Freundlich merupakan persamaan yang menunjukkan hubungan antara jumlah zat yang terserap dengan konsentrasi zat dalam larutan, dan dinyatakan dengan persamaan:

$$m = kC^{1/n}$$

Dengan mengukur m (milligram zat yang terserap per gram zat penyerap) sebagai fungsi C (konsentrasi zat yang terserap saat setimbang) dan memplot $\log m$ terhadap $\log C$, maka nilai n dan k (tetapan) dapat ditentukan dari slope dan intersepnya. Isotherm Freundlich tidak berlaku jika konsentrasinya (atau tekanan) zat yang terserap terlalu tinggi.

Langmuir menggambarkan bahwa pada permukaan penyerap terdapat sejumlah tertentu pusat aktif (active site) yang sebanding dengan luas permukaan penyerap. Pada setiap pusat aktif hanya satu molekul yang diserap. Ikatan antara zat yang terserap dengan penyerap dapat terjadi secara fisika (*physisorption*) atau secara kimia (*chemisorption*). Ikatan tersebut harus cukup kuat untuk mencegah perpindahan molekul yang terserap sepanjang permukaan penyerap. Interaksi antara molekul-molekul yang terserap dalam lapisan hasil serapan diabaikan.

Jumlah serapan maksimum biomassa ditentukan dengan persamaan adsorpsi isoterm Langmuir, yang dapat ditulis dalam bentuk persamaan linier (Ocsic, 1982 dalam Mawardi), yaitu :

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{a_m k} + \frac{1}{a_m} C$$

Dimana : a dalam mg logam yang terserap per gram biomaterial kering; k adalah konstanta kesetimbangan (konstanta afinitas serapan); c adalah konsentrasi ion bebas saat setimbang (mg/L); a_m adalah miligram logam terserap pada keadaan jenuh (kapasitas serapan maksimum), biasa juga ditulis dengan notasi b. Apabila plot c/a versus c menghasilkan garis lurus, maka konstanta afinitas serapan (k) dapat ditentukan dari *slope* dan *intercept*.

Penyerapan secara kimia, terjadi apabila ikatan kimia antara molekul terserap dengan pusat aktif penyerap. Karena terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan, maka harga panas penyerapan kimia mempunyai kisaran nilai sama dengan energi untuk reaksi kimia yang terjadi. Penyerapan kimia hanya membentuk lapisan tunggal pada permukaan penyerap (*monolayer adsorption*).

H. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrometri merupakan suatu metode analisis kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan banyaknya radiasi yang dihasilkan atau yang diserap oleh spesi atom atau molekul analit. Salah satu bagian dari spektrometri ialah Spektrometri Serapan Atom (SSA), merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan

penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas (Skoog *et. al.*, 2000).

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas yang bersangkutan maka sebagian cahaya tersebut akan diserap dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel. Hubungan antara absorbansi dengan konsentrasi diturunkan dari:

1. Hukum Lambert : Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.
2. Hukum Beer : Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

Dari kedua hukum tersebut diperoleh suatu persamaan:

$$I_t = I_o \cdot e^{-(\epsilon bc)},$$

atau

$$A = -\log I_t/I_o = \epsilon bc$$

Dimana :

I_o = Intensitas sumber sinar

b = Panjang medium

I_t = Intensitas sinar yang diteruskan

A = Absorbans

ϵ = Absorptivitas molar

c = Konsentrasi atom-atom yang menyerap sinar

Dari persamaan di atas, dapat disimpulkan bahwa absorbansi cahaya berbanding lurus dengan konsentrasi atom (Day & Underwood, 1989). Pada alat SSA terdapat dua bagian utama yaitu suatu sel atom yang menghasilkan atom atom gas bebas dalam keadaan dasarnya dan suatu sistem optik untuk pengukuran sinyal. Dalam metode SSA, sebagaimana dalam metode spektrometri atomik yang lain, contoh harus diubah ke dalam bentuk uap atom. Proses pengubahan ini dikenal dengan istilah atomisasi, pada proses ini contoh diuapkan dan didekomposisi untuk membentuk atom dalam bentuk uap. Secara umum pembentukan atom bebas dalam keadaan gas melalui tahapan-tahapan sebagai berikut :

- a. Pengisatan pelarut, pada tahap ini pelarut akan teruapkan dan meninggalkan residu padat.
- b. Penguapan zat padat, zat padat ini terdisosiasi menjadi atom-atom penyusunnya yang mula-mula akan berada dalam keadaan dasar.
- c. Beberapa atom akan mengalami eksitasi ke tingkatan energi yang lebih tinggi dan akan mencapai kondisi dimana atom-atom tersebut mampu memancarkan energi.

I. *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

Fourier Transform Infra Red (FTIR) merupakan pengembangan spektroskopi infra merah. FTIR ini menggunakan interferometer dalam tempat monokromator. Alat ini menghasilkan spektrum FTIR yang dirubah langsung dalam bentuk spektra oleh komputer yang terhubung. Pendekatan ini memiliki keuntungan, diantaranya dapat dihubungkan dengan sumber radiasi yang tinggi, peningkatan ratio sinyal dan akurasi panjang gelombang yang tinggi. Informasi spektra yang beresolusi sangat tinggi dapat diperoleh sangat cepat dari sedikit sampel dalam satuan mikrogram (Sibilia, Jhon P., 1988).

Ada beberapa keuntungan dari spektroskopi inframerah sebagai suatu teknik dari kimia analisis, yaitu :

1. Semua senyawa berbentuk padatan, cairan, gas, bubuk dan polimer dapat dianalisa.
2. Spectra inframerah kaya informasi yaitu posisi-posisi puncak, intensitas puncak, pelebaran puncak dan puncak yang tajam pada spektrum.
3. Spektroskopi inframerah adalah teknik yang relatif cepat dan mudah.
4. Alat IR relatif tidak mahal. (Irma Mon, 2005)

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Derajat keasaman (pH) optimum terhadap karakter pertukaran ion pada biosorpsi kation nikel (II) oleh biomassa *C.fracta* yang terimmobilisasi yaitu pH 5.
2. Konsentrasi optimum terhadap karakter pertukaran ion pada biosorpsi kation nikel (II) oleh biomassa *C.fracta* untuk biomassa terimmobilisasi dan termodifikasi adalah sama, yaitu 100 ppm dengan kapasitas serapan yang berbeda.
3. Dari data yang diperoleh, dapat disimpulkan tidak terjadi kompetisi antara kation Ni dengan Ca.
4. Gugus karboksilat merupakan salah satu gugus fungsi yang berperan dalam adsorpsi logam dalam biomassa *C.fracta* yang dapat dilihat pada penurunan kapasitas serapan oleh biomassa yang termodifikasi.

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, peneliti memberikan saran yaitu diharapkan dapat dilakukan penelitian tentang interaksi biosorpsi yang lain serta modifikasi terhadap gugus fungsi lain yang terdapat pada biomassa *C.fracta*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Abdulsalam Mohammed and Prasad, Devi A.G. 2010. *Biosorption of Nickel (II) from Aqueous Solutions and Electroplating Wastewater using Tamarind (Tamarindus indica L) Bark*. Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 4(8): 3591-3601. University of Mysore: India.
- Al Anshori, Jamaludin. 2005. *Spektrometri Serapan Atom*. Universitas Padjadjaran: Bandung.
- Albert Cotton; Geoffrey Wilkinson. 1989. *Kimia Anorganik Dasar*. Penerjemah: Suhati Suharto. Pedamping: Yanti R. A. Koestoer. Cetakan Pertama. Jakarta. Penerbit Universitas Indonesia (UI-Press).
- Amirullah .2006. *Biosorpsi Biru Metilena oleh Ganggang Cokelat (Sargassum binderi)*. Departemen Kimia, FMIPA, Instiut Pertanian Bogor: Bogor.
- Bachtiar, Eri. 2007. *Penelusuran Sumber Daya Hayati Laut (Alga) sebagai Biotarget Industri*. Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan : UNPAD
- Darmono, 1995. *Logam Dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. UI Press. Jakarta.
- Earnestly, Femi . 2007. *The Use of the Peel of Mangosteen (garcinia mangostana l.) As Biosorbent of Pb(II), Ni(II), Cd(II), and Cr(VI) Ion*. Department of Chemistry, Andalas University: Indonesia.
- Gadd, G. M. 1990. *Biosorption, Chemistry & Industry*. 13, 413-426
- Gupta, Rani, dkk, 2000. Microbial Biosorbents: Meeting Challenges of Heavy Metal Pollution in Aqueous Solutions, *Current Science*. Vol. 78. 967-973.
- Manahan, S.E. 1977. *Environmental Chemistry*. Second Ed. Williard Press: Boston
- Maricel,Masdi (2007). *Pengaruh Immobilisasi Biomassa Cladophora Fracta Terhadap Biosorpsi Ion Logam Krom (III) Dan Krom (VI) Dalam Larutan*. Laporan Penelitian Strata satu, jurusan kimia,FMIPA,UNP,Padang