

**BIOSORPSI ION LOGAM KADMIUM (II) MENGGUNAKAN BIOMASSA
ALGA HIJAU (*Spirogyra setiformis*) SEBAGAI BIOSORBEN**

SKRIPSI

*Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia
Untuk Memenuhi Persyaratan Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains*



OLEH :

**NURHIDAYAH
1301807-2013**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2018**

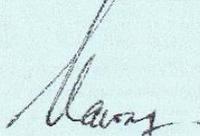
PERSETUJUAN SKRIPSI

**Biosorpsi Ion Logam Kadmium (II) Menggunakan Biomassa Alga Hijau
(*Spirogyra setiformis*) Sebagai Biosorben**

Nama : nurhidayah
Nim : 1301807
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

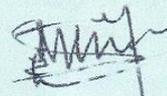
Padang, Februari 2018

Dosen Pembimbing I,



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

Dosen Pembimbing II,



Drs. Bahrizal, M.Si
NIP. 19551231 198903 1 009

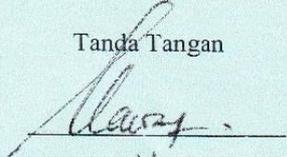
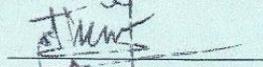
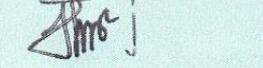
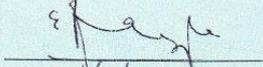
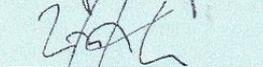
HALAMAN PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan didepan Tim Penguji Skripsi
Program Studi Kimia Jurusan Kimia
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Judul : Biosorpsi Ion Logam Kadmium (II) Menggunakan Biomassa
Alga Hijau (*Spirogyra setiformis*) Sebagai Biosorben
Nama : NURHIDAYAH
NIM : 1301807
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, Februari 2018

Tim Penguji

Nama	Tanda Tangan
1. Ketua : Dr. Mawardi, M.Si	
2. Sekretaris : Drs. Bahrizal, M.Si	
3. Anggota : Hary Sanjaya, M.Si	
4. Anggota : Edi Nasra, S.Si, M.Si	
5. Anggota : Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D	

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Nurhidayah
TM/NIM : 2013/1301807
Tempat/Tanggal Lahir : Kuraba/11 Agustus 1994
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : MIPA
Alamat : Kuraba, Kec. Dua Koto , Kab. Pasaman
No.HP/Telepon : 085263985958
Judul Skripsi : Biosorpsi Ion Logam Kadmium (II) Menggunakan Biomassa Alga Hijau (*Spirogyra setiformis*) Sebagai Biosorben

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Karya tulis/skripsi ini adalah hasil dan belum pernah diajukan untuk memperoleh gelar akademi (sarjana) baik di UNP maupun perguruan tinggi lainnya.
2. Karya tulis/skripsi ini murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan tim pembimbing.
3. Pada karya tulis/skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali tertulis dengan jelas dicantumkan pada daftar pustaka.
4. Karya tulis/skripsi ini sah apabila telah ditandatanganai **Asli** oleh tim pembimbing dan tim penguji

Pernyataan ini saya buat dengan sungguh-sungguh dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran di dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima **Sanksi Akademik** berupa pencabutan gelar akademik yang telah diperoleh karena karya tulis/skripsi ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi..

Padang, Februari 2018

Yang membuat pernyataan,



Nurhidayah
Nurhidayah

NIM : 1301807

ABSTRAK

Nurhidayah (2018) : Biosorpsi Ion Logam Kadmium (II) Menggunakan Alga Hijau (*Spirogyra setiformis*) Sebagai Biosorben

Perkembangan industri yang semakin meningkat tidak hanya memberikan dampak positif tetapi dampak negatif juga dari proses industri adalah pencemaran lingkungan oleh limbah yang dihasilkan dari proses tersebut, seperti logam-logam berat. Salah satu upaya dalam penanganan limbah ion-ion logam berat adalah dengan menggunakan biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) sebagai biosorben. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak larutan terhadap daya serap biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) dan menentukan kapasitas penyerapannya dengan menggunakan instrumen AAS serta melihat karakteristik dari biomassa tersebut yang diidentifikasi dengan instrumen FTIR. Selain itu juga dilakukan aplikasi biosorpsi terhadap limbah cair laboratorium dengan menggunakan HNO₃ 0,1 M sebagai pendesorpsi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH awal larutan optimum pada pH 4 dengan kapasitas serapan sebesar 5,633 mg/g dan konsentrasi larutan optimum pada 200 ppm dengan kapasitas serapan 3,795 mg/g serta waktu kontak larutan optimum pada waktu 20 menit dengan kapasitas serapan 5,108 mg/g. sedangkan uji coba biosorpsi pada limbah cair laboratorium, alga hijau (*Spirogyra setiformis*) menyerap logam Cd²⁺ sebanyak 33,85 %.

Kata Kunci : Alga Hijau (*Spirogyra setiformis*), Biosorpsi, Ion Cd²⁺.

KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur kehadiran Allah SWT yang telah memberi kekuatan dan kesabaran kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Biosorpsi Ion Logam Kadmium (II) Menggunakan Biomassa Alga Hijau (*Spirogyra setiformis*) Sebagai Biosorben”**. Shalawat dan salam untuk nabi tauladan kita, Muhammad SAW yang telah memberikan tauladan dalam setiap aktivitas yang kita lalui.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan kelulusan mata kuliah Tugas Akhir 2 dalam rangka untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Penulisan Proposal Penelitian ini tidak terlepas dari bantuan, petunjuk, arahan, dan masukan yang berharga dari berbagai pihak. Untuk itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si selaku dosen pembimbing I dan penasihat akademik (PA) sekaligus Ketua Jurusan Kimia yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
2. Bapak Drs. Bahrizal, M.Si selaku pembimbing II yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya penulisan skripsi ini.
3. Bapak Hary Sanjaya, M.Si sebagai dosen pembahas sekaligus Ketua Prodi Kimia yang telah memberikan saran-sarannya agar skripsi ini lebih baik.

4. Bapak Edi Nasra, M.Si dan Bapak Umar Kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D selaku dosen pembahas memberikan saran-sarannya agar skripsi ini lebih baik.
5. Seluruh staf pengajar Jurusan Kimia beserta karyawan/wati Laboratorium Kimia FMIPA Universitas Negeri Padang.
6. Orang Tua tercinta dan kakak-kakak yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas penelitian.
7. Semua pihak kimia yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian.

Semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan menjadi amal shaleh bagi Bapak/Ibuk dan teman-teman serta mendapatkan balasan yang berlipat ganda dari Allah SWT. Untuk kesempurnaan skripsi ini penulis mengharapkan masukan dan saran yang membangun dari semua pihak. Atas masukan dan saran yang diberikan penulis ucapkan terima kasih.

Padang, Februari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR LAMPIRAN	viii
BAB I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Identifikasi Masalah	4
C. Batasan Masalah	4
D. Rumusan Masalah	5
E. Tujuan Penelitian	5
F. Manfaat Penelitian	5
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	7
A. Penelitian Terdahulu	Error! Bookmark not defined.
B. Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	11
C. Logam Kadmium (Cd^{2+})	Error! Bookmark not defined.
D. Biosorpsi	15
E. Spektrofotometer Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy (FTIR)	18
F. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	21
BAB III. METODE PENELITIAN	25
A. Waktu dan Tempat Penelitian	25
B. Tahapan Penelitian Secara Umum	25
C. Alat dan Bahan	25
D. Cara Kerja	26
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
A. Pengaruh pH Larutan Terhadap Penyerapan Kadmium Oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	30

B. Pengaruh Konsentrasi Larutan Terhadap Penyerapan Kadmium Oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	Error! Bookmark not defined.
C. Pengaruh Waktu Kontak Larutan Terhadap Penyerapan Oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	34
D. Karakterisasi IR Pada Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	35
E. Aplikasi Biosorpsi Pada Limbah Laboratorium	37
BAB V. PENUTUP	38
A. Kesimpulan	38
B. Saran	38
DAFTAR PUSTAKA	39
LAMPIRAN	43

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Bilangan Gelombang dan Spektrum Infra Red	21
2. Perhitungan Matematis Pengaruh pH Larutan Cd ²⁺ Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	52
3. Perhitungan Matematis Pengaruh Konsentrasi Larutan Cd ²⁺ Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	53
4. Perhitungan Matematis Pengaruh Waktu Kontak Larutan Cd ²⁺ Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	56
5. Perhitungan Matematis Aplikasi Limbah Biosorpsi Terhadap Limbah Laboratorium	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Alga Hijau (Albert Mihranyan, 2010).....	Error! Bookmark not defined.
2. Skema Instrumen FTIR (Thermo nicolet corporation,2001) .	Error! Bookmark not defined.
3. Skema Peralatan SSA (Underwood, 1986)	21
4. Grafik Pengaruh pH Larutan Cd (II) Terhadap Penyerapan Biomassa Alga Hijau (<i>Sirogyra setiformis</i>).....	30
5. Grafik Pengaruh Konsentrasi Larutan Cd (II) Terhadap Penyerapan Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	Error! Bookmark not defined.
6. Isoterm Langmuir Dari Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	Error! Bookmark not defined.
7. Grafik Pengaruh Waktu Kontak Larutan Cd (II) Terhadap Penyerapan Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	Error! Bookmark not defined.
8. Spektra Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>) Sebelum Dan Setelah Dikontakkan.	35
9. Grafik Aplikasi Penyerapan Cd (II) Oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>) Dari Limbah Laboratorium	37

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Desain Penelitian.....	43
2. Skema Kerja Persiapan Biosorben	45
3. Skema Kerja Penentuan Pengaruh pH Larutan Kadmium (Cd^{2+}) Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	46
4. Skema Kerja Penentuan Pengaruh Konsentrasi Larutan Kadmium (Cd^{2+}) Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	46
5. Skema Kerja Pengaruh Waktu Kontak Larutan Kadmium (Cd^{2+}) Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>)	47
7. Skema Kerja Aplikasi Biosorpsi Pada Limbah Laboratorium.....	48
8. Perhitungan Pembuatan Reagen.....	49
9. Pengaruh pH Larutan Cd^{2+} Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	49
10. Pengaruh Konsentrasi Larutan Cd^{2+} Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	52
11. Adsorpsi Isoterm Langmuir	54
12. Pengaruh Waktu Kontak Larutan Cd^{2+} Terhadap Daya Serap Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>).....	53
14. Perhitungan Matematis Aplikasi Biosorpsi Pada Limbah Laboratorium.	57
15. Kurva Kalibrasi Larutan Kadmium (Cd^{2+})	58
16.Data Hasil Analisa FTIR Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>) Sebelum Di Kontakkan	59
17.Data Hasil Analisa FTIR Alga Hijau (<i>Spirogyra setiformis</i>) Setelah Di Kontakkan	60
18.Taksonomi Tumbuhan Alga Hijau.....	61
18.Dokumentasi Hasil Penelitian	62

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Perkembangan industri yang semakin meningkat selain memberikan dampak positif, dapat juga memberikan dampak negatif. Tumbuh pesatnya industri juga berarti meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan sehingga akan menimbulkan masalah. Limbah yang cukup berbahaya dan memiliki daya racun yang tinggi umumnya berasal dari buangan industri, terutama industri kimia. Limbah berbahaya yang sering menjadi perhatian adalah ion-ion logam berat. Hal ini disebabkan karena ion-ion logam berat ini bersifat racun meskipun pada konsentrasi yang rendah (ppm) dan umumnya bersifat sebagai polutan utama bagi lingkungan. Menurut Sudarmaji dkk (2006), beberapa faktor yang menyebabkan logam berat termasuk kedalam kelompok zat pencemar antara lain karena sifatnya yang berbahaya, beracun dan tidak dapat terurai/ *non degradable*.

Limbah logam berat tergolong limbah yang dapat membahayakan kehidupan, baik kehidupan tumbuhan, hewan maupun manusia. Salah satu logam berat yang banyak digunakan pada industri yaitu kadmium. Logam kadmium merupakan logam yang banyak dipergunakan dalam industri baterai, pencelupan, fotografi, dan industri ringan. Ion-ion logam kadmium mempunyai sifat mudah terakumulasi, dimana apabila ion-ion ini ada dalam tubuh makhluk hidup maka akan mengalami penumpukan dalam waktu yang lama dan pada konsentrasi tertentu dapat menimbulkan keracunan. Keracunan kadmium (Cd^{2+}) dalam waktu lama dapat membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, kelenjar reproduksi

dan ginjal. Logam Cd juga bersifat neurotoksin yang menimbulkan dampak rusaknya indera penciuman (Anwar, 1996).

Keberadaan logam kadmium di lingkungan perlu diperhatikan dan mendapatkan penanganan, karena kadar maksimal untuk logam kadmium di lingkungan hanya 0,03 ppm (Kepmenkes Republik Indonesia, 2002). Oleh karena itu penghilangan logam kadmium pada lingkungan perlu dilakukan, mengingat batas maksimal yang diperbolehkan sangat sedikit dan efek keracunan yang ditimbulkannya.

Beberapa proses untuk mengurangi logam berat dalam larutan berair telah ada, diantaranya adalah pengendapan secara kimia, ion exchange dan reverse osmosis. Namun, proses-proses ini memiliki beberapa kelemahan, yaitu kurang efektif dan memerlukan biaya yang mahal. Oleh sebab itu, biosorpsi merupakan salah satu metode alternative dengan memanfaatkan kemampuan material-material biologi tertentu sebagai biosorben yang dapat menyerap ion-ion logam dengan kuantitas yang relatif besar (Cardero, 2004).

Biosorpsi merupakan proses penyerapan ion logam, metalloid, senyawa, dan partikel yang tidak bergantung pada metabolisme oleh bahan biosorpsi (biomaterial) yang terutama terjadi melalui mekanisme kimia fisika seperti penukar ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi (Mawardi dkk, 2014). Keuntungan dari proses biosorpsi ini di antaranya adalah efisiensi tinggi, potensi pemulihan logam, biaya rendah, proses mudah, mengurangi kuantitas bahan kimia dan penanganan limbah berkurang (Morosanu *et al*, 2016).

Dalam metode biosorpsi, salah satu biomaterial atau biomassa yang banyak di gunakan adalah alga. Biomassa alga merupakan material alam yang memiliki gugus aktif yang berperan dalam mengikat ion logam dan memiliki kelimpahan yang cukup banyak. Biomassa dari beberapa spesies alga efektif untuk mengikat ion logam dari lingkungan perairan, karena biomassa alga mengandung beberapa gugus fungsi seperti gugus karboksil, hidroksil, amina dan imidazol yang terdapat didalam dinding sel dalam sitoplasma (Putra, 2006). Keuntungan biomassa alga dapat dijadikan sabagai biosorben karena biaya operasional rendah, efisiensi dan kapasitas pengikatan logam yang tinggi, bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak serta tidak memerlukan tambahan nutrisi jika menggunakan mikroba yang sudah mati (Ahalya et al, 2004).

Pada penelitian ini biomaterial atau biomassa yang digunakan sebagai biosorben adalah alga *Spirogyra setiformis*. Alga ini merupakan kelompok alga hijau (Clorophyta), yaitu mikroalga perifiton berfilamen, yang hidup melekat pada berbagai substratum baik dalam air mengalir maupun dalam air tergenang, dan dapat membentuk hamparan biomassa alga yang menutupi dasar dan permukaan sungai (Abuzer Celekli *et al*, 2016).

Berdasarkan uraian diatas, maka penulis melakukan penelitian tentang biosorpsi ion logam Cd (II) oleh biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) sebagai biosorben. Dalam penelitian ini ditentukan kondisi optimum pH, konsentrasi dan waktu kontak larutan serta ditentukan kapasitas serapannya dengan menggunakan instrumen Spektroskopi Serapan Atom (AAS).

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diuraikan, maka masalah dalam penelitian ini dapat diidentifikasi sebagai berikut :

Logam kadmium merupakan logam yang termasuk kedalam logam berat yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu metode untuk mengatasi pencemaran tersebut adalah biosorpsi. Biosorpsi merupakan proses penyerapan ion logam, metalloid, senyawa dan partikel yang tidak bergantung oleh bahan biosorpsi (biomaterial). Biomaterial yang digunakan dalam penelitian ini adalah alga *Spirogyra setiformis*. *Spirogyra setiformis* merupakan kelompok alga hijau (Clorophyta) yang diperoleh dari Sungai Batang Air Dingin Lubuk Minturun Kota Padang. Parameter yang di uji dalam penelitian ini adalah pengaruh pH awal larutan, konsentrasi awal larutan dan waktu kontak serta menentukan kapasitas serapan maksimum menggunakan Spektoskopi Serapan Atom (SSA).

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka masalah dalam penelitian ini dibatasi pada:

1. Biosorben yang digunakan adalah alga hijau (*Spirogyra setiformis*) yang berasal dari Sungai Batang Air Dingin, Lubuk Minturun Kota Padang.
2. Material yang akan diadsorpsi adalah ion Cd^{2+} .
3. Penentuan kapasitas serapan biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) terhadap ion logam kadmium (Cd^{+2}) menggunakan Spektoskopi Serapan Atom (SSA).

4. Variable yang akan diteliti adalah pengaruh pH, konsentrasi dan waktu kontak larutan oleh daya serap alga hijau *Spirogyra setiformis* terhadap ion Cd^{2+} .

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas, maka penulis merumuskan suatu masalah yaitu:

1. Bagaimana karakteristik dari biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) yang diidentifikasi dengan FTIR ?
2. Bagaimana pengaruh pH, konsentrasi, dan waktu kontak larutan oleh daya serap biomassa alga (*Spirogyra setiformis*) terhadap ion logam Cd^{2+} ?
3. Berapa Kapasitas serapan maksimum biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) terhadap ion logam cadmium (Cd^{2+}) ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui karakteristik dari biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) yang diidentifikasi dengan FTIR.
2. Menentukan kondisi optimum parameter pH, konsentrasi dan waktu kontak larutan yang mempengaruhi ion kadmium (Cd^{2+}) menggunakan biomassa *Spirogyra setiformis*.
3. Menentukan kapasitas serapan maksimum biomassa *Spirogyra setiformis* terhadap ion logam kadmium (Cd^{2+}).

F. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Memberikan informasi mengenai karakteristik biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) yang diidentifikasi dengan FTIR
2. Memberikan informasi mengenai kondisi optimum biomassa *Spirogyra setiformis* dari Sungai Batang Air Dingin, Lubuk Minturun Kota Padang sebagai biosorben logam Cd^{2+} .
3. Memberikan informasi mengenai kapasitas serapan maksimum logam kadmium oleh biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*).

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Penelitian Terdahulu

Beberapa penelitian terdahulu tentang penyerapan logam oleh mikroorganisme, termasuk alga telah banyak dilakukan, baik oleh mikroorganisme hidup maupun mikroorganisme mati. Zhao, dkk (1994), telah meneliti pengaruh beberapa perlakuan pada serapan ion-ion logam dalam larutan oleh beberapa biomassa alga. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pada umumnya dalam waktu 15 atau 30 menit sudah tercapai serapan maksimum. Perlakuan pada suhu sampai 60° C hanya sedikit mempengaruhi serapan. Penambahan NaOH pada alga *E. bicyclis* dan *G. contera* meningkatkan penyerapan Pb, Cu, Zn dan Cd.

Torresdey dkk (1996), telah meneliti beberapa penyerapan logam berat seperti kadmium (II), Crom (III), Crom (IV), timbal (II) dan seng (II) oleh biomassa *Meicago sativa* (alfalfa). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa pH optimum 5, waktu kontak 5 menit dan jumlah ion logam yang terserap per gram biomassa yaitu : 7,1 mg Cd, 7,7 mg Cr (III), 4,3 mg Pb (II), dan 4,9 mg Zn (II), sedangkan pada Crom (IV) tidak terjadi serapan. Afinitas serapan untuk Crom (III), Timbal (II) dan Seng (II) melebihi 90 % dan lebih dari 70 % untuk afinitas serapan Kadmium (II).

Mawardi (2011), telah meneliti biosorpsi ion logam berat pada Cu²⁺ dan Zn²⁺ dalam larutan berair dan air limbah menggunakan biomassa alga hijau *Spirogyra subsalsa*. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa laju biosorpsi dan

kemampuan serapan biomassa dipengaruhi oleh pH larutan, waktu kontak (laju serapan) dan konsentrasi awal kation Cu^{2+} dan Zn^{2+} . Penyerapan maksimum kation logam diperoleh pada pH 4,0. Data kesetimbangan penyerapan sistem kation digambarkan dengan model Isoterm Langmuir. Kapasitas biosorpsi untuk masing-masing kation Cu^{2+} dan Zn^{2+} pada pH 4,0 diperoleh berturut-turut 6,03 dan 2,91 mg per gram biomassa. Proses biosorpsi kation Cu^{2+} dan Zn^{2+} oleh biomassa *Spirogyra* berlangsung cepat 99 % dan 97,2 % penyerapan total dari masing-masing kation Cu^{2+} dan Zn^{2+} berlangsung dalam 5 menit pertama.

Mawardi dkk (2014), melakukan kajian proses biosorpsi timbal (II) oleh biomassa alga *Spirogyra subsalsa* melalui modifikasi gugus karboksil dan karbonil. Dalam penelitian tersebut telah dipelajari gugus fungsi khususnya gugus karboksil dan karbonil, dalam proses biosorpsi kation Pb^{2+} oleh biomassa alga *S.subsalsa* dengan cara memperlakukan biomassa reagen pemodifikasi gugus fungsi yang sesuai, yaitu methanol 99 % dan glykol. Esterifikasi gugus karboksil dan modifikasi gugus karbonil dalam biomassa terhadap kation timbal (II) sekitar 19,33 % dan 37,45 % pada pH optimum masing-masing 3 dan 4. Data ini memperlihatkan bahwa kedua gugus fungsi tersebut berperan penting dalam mengikat kation Pb^{2+} .

Mawardi dkk (1997), telah meneliti penyerapan biomassa *Saccharomyces cereviceae* terhadap logam timbal (II). Hasil penelitian memperlihatkan bahwa proses penyerapan berlangsung cepat, dimana kira-kira 86 % dari total serapan terjadi pada 10 menit pada waktu kontak. Penyerapan meningkat dengan tajam pada jangka pH 3,0 dan 4,0 dan penyerapan meningkat secara linear sebagai

fungsi dari konsentrasi awal ion timbal (II) sampai 40 mg/L. Kapasitas serapan maksimum yang diperoleh adalah 33,04 mg/g.

Mawardi dkk (2014) telah meneliti pemisahan ion krom (III) dan krom (VI) dalam larutan melalui proses biosorpsi menggunakan alga hijau *Spirogyra subsalsa*. Hasil penelitian diperoleh bahwa kapasitas biosorpsi sangat dipengaruhi oleh pH larutan, waktu kontak dan konsentrasi awal larutan. Biosorpsi optimum kation Cr^{3+} terjadi pada pH 4,0 sedangkan ion Cr^{6+} terjadi pada pH 2,0. Perhitungan dengan persamaan Isoterm Langmuir diperoleh data kapasitas serapan maksimum biomassa alga *S.subsalsa* untuk masing-masing ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} 1,28 mg (0,035 mmol) dan 1,51 mg (0,029 mmol) per gram biomassa kering. Kinetika biosorpsi berlangsung relatif cepat, dimana selama selang waktu 30 menit, masing-masing ion terserap sekitar 95,7 % dan 86,5 %. Daya serap biomassa juga dipengaruhi kecepatan pengadukan, sedangkan faktor ukuran partikel dan pemanasan biosorben kurang mempengaruhi daya serap biomassa.

Nursiah La Nafie dkk (2010) telah meneliti logam berat Pb (II) menggunakan biomassa *Thalassia hemprichii* yang terdapat di pulau Barang Lompo. Penelitian tersebut memperlihatkan bahwa kesetimbangan dicapai sesudah 40 menit. Efektivitas adsorpsi bagi ion logam Pb (II) dicapai pada pH 3,0.

Chatterjee and Abraham (2015), telah meneliti tentang biosorpsi menggunakan biomassa alga hijau *Spirogyra* pada logam berat krom dengan tembaga. Hasil penelitian mereka memperlihatkan bahwa logam optimum pada konsentrasi 10 mg/L untuk krom dan 20 mg/L untuk tembaga. Penyerapan maksimum logam diperoleh pada pH 6,0.

Aty *et al* (2013), Telah meneliti penyerapan logam berat Pb dan Cd menggunakan alga hijau *A.sphaerica*. Hasil penelitian memperlihatkan kapasitas biosorpsi maksimum berada pada 111,1 mg/g dan 121,9 mg/g untuk masing-masing logam Cd dan Pb. Data eksperimen dapat digambarkan dengan Isoterm Langmuir dan Freundlich.

Bishnoi *et al* (2004), telah meneliti biomassa alga hijau *Spirogyra* pada logam berat tembaga. Dimana pengaruh pH divariasikan dari 1,0-10,0, konsentrasi awal ion logam 1-100 ppm dan waktu kontak 30-180 menit. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa alga spesies *Spirogyra* sangat baik menyerap pada pH antara 6,0-7,0 dan waktu kontak pada 30 menit.

Mahan dan Holcombe (1992), telah meneliti serapan timbal oleh alga *Stichococcus bacillaris* yang diamobilisasi pada substrat silika. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cara amobilisasi mengurangi efisiensi serapan sebesar 40 % jika dibandingkan dengan sel-sel biomassa bebas.

Volesky dan Holan (1995), telah meneliti penyerapan beberapa biomassa terhadap logam berat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Pb dan Cd berhasil dipisahkan dari larutan yang sangat encer menggunakan biomassa alga *Ascophyllum* dan *Sargassum mati*, yang mengakumulasi logam lebih dari 30 % dari berat kering biomassa. Demikian juga miselia jamur *Rhizopus* dan *Abisidia* merupakan bahan penyerap yang baik untuk Pb, Cd, Zn, Cu dan U dengan serapan sampai 25 % dari berat kering.

Volesky and May Phillips (1995), telah meneliti penyerapan beberapa logam berat dan radionuklida oleh biomassa *Saccharomyces cereviceae*. Hasil

penelitian memperlihatkan bahwa penyerapan uranium, seng dan tembaga terjadi pada pH optimum 4-5. Biomassa ragi industri fermentasi mati menyerap 0,58 mmol U/g. penyerapan uranium berlangsung cepat dimana kira-kira 60 % dari nilai penyerapan akhir terjadi saat 15 menit pertama waktu kontak.

B. Alga Hijau (*Spirogyra setiformis*)

Alga adalah sesuatu yang menarik untuk bahan pengembangan biosorben baru karena memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi dan ketersediaan siap dalam kuantitas praktis tak terbatas. Menurut tinjauan statistik pada biosorpsi, alga telah digunakan sebagai bahan biosorben 15,3% lebih dari jenis lain biomassa dan 84,6% lebih dari jamur dan bakteri (Brinza *et al*, 2007).

Alga termasuk tumbuhan berklorofil dengan jaringan tubuh yang relatif tidak berdiferensiasi, tidak membentuk akar, batang dan daun. Kebanyakan alga merupakan tumbuhan berukuran kecil, namun banyak diantaranya tersusun dalam kelompok-kelompok yang makin membesar dengan daya perkembangbiakan yang cepat sehingga danau-danau dan sungai yang airnya mengalir lambat dan bahkan daerah-daerah tertentu dilautan juga dapat ditumbuhi alga (Tjitrosomo, 1983).

Alga *Spirogyra setiformis* termasuk kelompok alga hijau (Clorophyta), yang merupakan mikroalga perifiton berfilamen, yang hidup melekat pada berbagai substratum baik dalam air mengalir maupun dalam air tergenang, dan dapat membentuk hamparan biomassa alga yang menutupi dasar dan permukaan sungai (Abuzer Celekli *et al*, 2016). Alga *Spirogyra* memiliki kandungan karbohidrat yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis alga yang lain. Kandungan karbohidrat alga *Spirogyra* mencapai 33 - 64 %, selain itu alga

spirogyra juga memiliki kandungan protein sebesar 6 – 20 % dan kandungan lemak 11 – 21 % (Becker, 2006).

Genus *Spirogyra* merupakan kelompok alga hijau dari ordo Zygnematales yang biasa ditemukan di air tawar. Pigmen utama yang dikandung alga hijau adalah klorofil, tubuhnya berbentuk filamen yang tidak bercabang, panjang tubuhnya mencapai 30,48 cm, benang tersusun oleh protoplasma yang transparan dan setiap sel memiliki 1 atau lebih kloroplas yang memanjang dari ujung ke ujung berbentuk spiral. Sel *Spirogyra* memiliki inti yang terletak ditengah, sitoplasmanya terbungkus oleh dinding sel, serta memiliki vakuola yang besar (Graham, 2000).

Dinding sel alga hijau disusun oleh lapisan selulosa yang mengandung polimer linear dari molekul-molekul glukosa, glikoprotein dan lapisan terluar yang mengandung pektin. Selubung sel disusun oleh polimer-polimer manosa atau ksilosa serta asam-asam amino, khususnya hidrokspirolin (Pritchard dan Bradt, 1984).

Menurut Narsi R Bishnoi, Anju Pant and Garima (2004), *Spesies Spirogyra* adalah suatu alga hijau yang murah tersedia dari suatu kelompok Chlorophyceae yang digunakan sebagai sorben kapasitas serapan logam. Sedangkan menurut Ali A. Al-Homaidan *et al.*, (2014) biomassa alga sebagian besar digunakan sebagai bahan biosorben karena beberapa alasan, yaitu tersedia dalam jumlah besar, pengolahan yang relatif murah dan kinerja yang baik serta biaya yang rendah. Dan menurut Ahalya *et al.*, (2004), secara umum keuntungan mikroorganisme sebagai biosorben adalah biaya operasional rendah, efisiensi dan kapasitas pengikatan

logam yang tinggi, bahan bakunya mudah didapat dan tersedia dalam jumlah banyak serta tidak memerlukan tambahan nutrisi jika menggunakan mikroba yang sudah mati.



Gambar 1. Alga Hijau (Albert Mihranyan, 2010).

Unsur utama penyusun biomassa alga hijau adalah karbon, nitrogen, oksigen, masing-masing sekitar 8,76 %, 30,09 % dan 55,83 %. Disamping itu juga terdapat unsur-unsur fosfor, belerang, silikon dan kalium masing-masing 1,21 %, 1,26 %, 0,73 % dan 1,73 % (Mawardi *et al*, 2008).

C. Logam Kadmium (Cd^{2+})

Logam kadmium merupakan logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, sering menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan. Kadmium membentuk Cd^{2+} yang bersifat tidak stabil. Cd titik lelehnya $321^{\circ} C$, titik didih $767^{\circ} C$ dan memiliki massa jenis $8,65 g/cm^3$ (Widowati dkk., 2008). Hal ini sebagian besar putih, tetapi juga bisa menjadi abu-abu, kuning atau merah (Mawardi, dkk. 2014).

Kadmium (Cd) didapat pada industri alloy, pemurnian Zn, pestisida dan lain-lain. Kadmium (Cd) adalah logam putih keperakan yang dapat ditempa. Kadmium melebur pada 321°C dan melarut melambat dengan asam encer dengan melepaskan hidrogen (disebabkan potensial elektrodanya yang negatif) (Vogel, 1984).

Menurut (Cotton, 1989), Kadmium adalah logam berwarna putih perak, lunak, mengkilap, tidak larut dalam basa, mudah bereaksi, serta menghasilkan kadmium oksida bila dipanaskan. Logam kadmium larut baik dalam asam nitrat tapi lambat dalam asam klorida atau asam sulfat encer. Berdasarkan pada sifat-sifat kimianya logam kadmium didalam persenyawaan yang dibentuknya pada umumnya mempunyai bilangan oksidasi $2+$, sangat sedikit yang mempunyai bilangan oksidasi $1+$.

Kontaminasi oleh kadmium (Cd), baik yang ditimbulkan oleh proses alami maupun akibat aktivitas manusia seperti dari limbah cair industri, menjadi masalah yang serius antara lain karena yang menjadi sasaran adalah daerah perairan seperti sungai. Masalah tersebut antara lain karena resistensinya dalam lingkungan dan kemungkinan transformasinya menjadi senyawa yang lebih beracun, akumulasi oleh organisme perairan seperti plankton, efek kronik bagi organisme pada konsentrasi rendah, kemungkinan masuknya kedalam tubuh manusia melalui makanan yang berasal dari organisme perairan seperti ikan atau melalui air minum, kemungkinan akumulasinya dalam tubuh manusia, yang makin lama semakin meningkat sampai mencapai tingkat meracuni (Mawardi, 2002).

Kadmium dihasilkan sebagai hasil samping ekstraksi timbal dan seng. Logam ini digunakan pada paduan logam, cat dan produksi beberapa plastik. Adanya kadmium dalam tulang, menyebabkan tulang berpori sehingga mudah retak dan kadmium dapat tertimbun dalam kerang. Tiram dalam air tak tercemar dapat mengandung 0,05 ppm, sedangkan dalam air tercemar dapat mengandung 5 ppm kadmium (Achmad, 2001).

Kadmium (Cd) bersifat kronis dan pada manusia biasanya terakumulasi dalam ginjal. Keracunan Cd dalam waktu lama dapat membahayakan kesehatan paru-paru, tulang, hati, kelenjar reproduksi dan ginjal. Logam Cd juga bersifat neurotoksin yang menimbulkan dampak rusaknya indera penciuman (Anwar, 1996).

D. Biosorpsi

Biosorpsi adalah proses pengikatan kation secara pasif oleh biomassa mikroorganisme hidup atau mati yang merupakan cara efektif logam berat toksik dari limbah industri. Biosorpsi dapat didefinisikan sebagai kemampuan dari materi biologi untuk mengakumulasi logam berat dari perairan baik dengan cara fisiko-kimia maupun secara metabolik. Dengan adanya daya afinitas yang tinggi dari biosorben terhadap sorbat, sorbat akan ditarik dan terikat oleh mekanisme yang berbeda (Ahalya *et al*, 2004).

Proses penyerapan logam yang tidak bergantung pada metabolisme terutama terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lain. Penyerapan terjadi melalui mekanisme kimia dan fisika, misalnya pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi. Proses ini secara keseluruhan disebut

biosorpsi. Menurut Saitoh, dkk (2001) menyatakan bahwa biosorpsi merupakan proses penyerapan oleh biomassa untuk mengurangi logam, metaloid dan senyawa lain pada perairan. Sedangkan menurut Preetha (2005), biosorpsi didefinisikan sebagai proses yang menggunakan benda/padatan yang berasal dari alam untuk pengasingan logam berat dari lingkungan perairan.

Proses biosorpsi terutama terjadi pada permukaan dinding sel melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti gugus karboksilat, amina, tiolat, hidroksida, imidazol, sulfhidril, fosfodiester dan gugus fosfat yang dapat berinteraksi dengan ion logam. Langmuir menggambarkan bahwa permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu pusat aktif (*active site*) yang sebanding dengan luas adsorben. Pada setiap sisi aktif hanya satu molekul atau satu ion yang dapat diserap. Penyerapan secara kimia, terjadi apabila terbentuk ikatan kimia antara zat terserap dengan sisi aktif adsorben, membentuk lapisan tunggal pada permukaan adsorben (*monolayer adsorption*). Proses biosorpsi berlangsung cepat dan terjadi dengan baik pada mikroorganisme hidup atau mati (Hancock, 1996; Mawardi dkk., 1997).

Isoterm Langmuir merupakan model adsorpsi isotermal yang menggunakan asumsi bahwa permukaan adsorben mempunyai sejumlah sisi aktif, setiap situs aktif dapat dapat satu molekul adsorbat dan bila setiap situs aktif yang telah mengadsorpsi adsorbat maka adsorben sudah tidak dapat mengadsorpsi kembali. Adsorpsi secara kimia terjadi karena adanya interaksi antara situs aktif adsorben dengan adsorbat yang melibatkan ikatan kimia (Oscik, 1982).

Menurut Ahalya *et al* (2003) banyak faktor yang berpengaruh terhadap proses biosorpsi, yaitu pH dan waktu kontak. Hal ini berpengaruh terhadap

kelarutan kimia dari logam, aktivitas dari kelompok-kelompok yang fungsional di dalam biomassa dan kompetisi di antara ion-ion logam.

Proses biosorpsi terjadi melibatkan interaksi ionik, interaksi polar, interaksi gabungan, dan mineralisasi antara logam dengan biopolimer (makromolekul), sebagai sumber gugus fungsional, yang berperan dalam mengikat ion logam. Gugus fungsional yang tersedia pada makromolekul seperti gugus karboksilat, amina, hidroksil, tiolat, fosfodiester, karbonil, imidazol dan gugus fosfat, dapat berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas (Mawardi dkk, 2014).

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

Keuntungan dari biosorpsi ini yaitu pertumbuhan biomassa tidak bergantung pada toksisitas sel, karena tidak memerlukan nutrisi yang mahal, biomassa dapat diperoleh dari industri fermentasi, yang pada dasarnya merupakan limbah setelah fermentasi, proses ini tidak diatur oleh fisiologis sel-sel mikroba. Sedangkan kelemahan dari biosorpsi ini adalah potensi untuk perbaikan proses biologis (misalnya melalui rekayasa genetik sel) terbatas karena sel-sel tidak metabolisme. Karena produksi agen serap terjadi selama pra-pertumbuhan, tidak ada kontrol biologis lebih karakteristik biosorben. Ini akan berlaku jika biomassa limbah dari unit fermentasi sedang digunakan dan tidak ada potensi biologis yang

menyatakan metal valensi. Misalnya kurang larut atau bahkan untuk degradasi kompleks organologam (Abdi, Omran dan Mosstafa Kzemi, 2015).

Menurut Morosanu *et al* (2016), keuntungan dari metode biosorpsi adalah efisiensi tinggi, potensi pemulihan logam, biaya rendah, proses mudah, mengurangi kuantitas bahan kimia dan penanganan limbah berkurang. Sedangkan kerugiannya dari metode ini kemungkinan meningkatkan biaya (limbah menjadi komoditas) dan mekanisme prosesnya rumit.

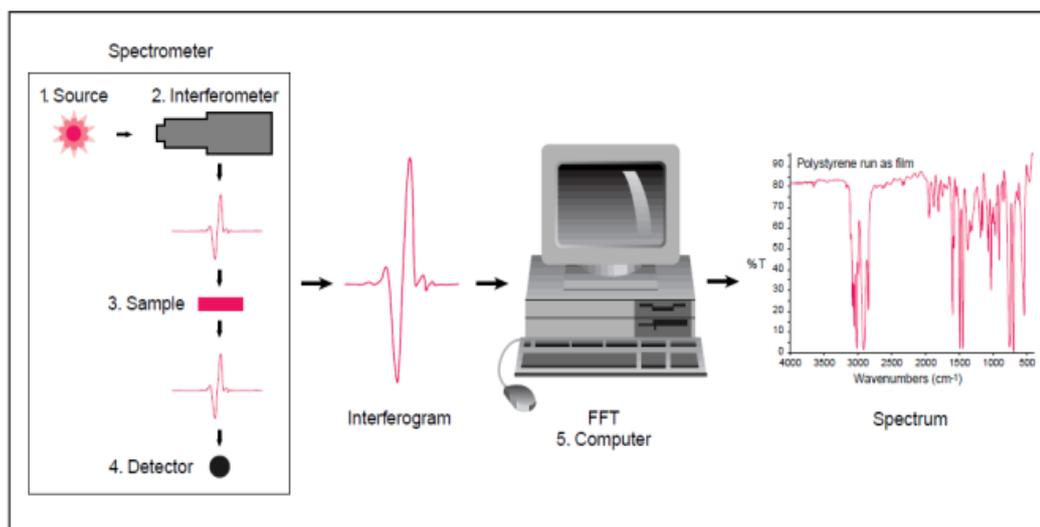
Kapasitas suatu biomassa sebagai biosorben dapat digambarkan dengan kesetimbangan adsorpsi isoterm, yang dicirikan oleh konstanta yang memperlihatkan sifat permukaan dan afinitas adsorben (Mawardi, 2011).

Isoterm Langmuir merupakan adsorpsi isoterm yang paling luas diterapkan. Menurut Langmuir, pada permukaan adsorben terdapat sejumlah tertentu pusat aktif (*active site*) yang sebanding dengan luas permukaan adsorben. Pada setiap pusat aktif hanya satu molekul atau satu ion yang dapat diserap. Penyerapan secara kimia, terjadi apabila terbentuk ikatan kimia antara zat terserap dengan pusat aktif adsorben, membentuk lapisan tunggal pada permukaan adsorben (*monolayer adsorption*). Dengan persamaan adsorpsi isoterm Langmuir dapat ditentukan konstanta afinitas serapan (K_L) dan kapasitas serapan maksimum (q_{maks}) dari suatu adsorben (Mawardi dkk, 2014).

E. Spektrofotometer Fourier Transform-Infra Red Spectroscopy (FTIR)

Fourier transform infra red (FTIR) merupakan instrumen yang digunakan untuk analisa kualitatif. Prinsip kerja dari instrumen FTIR ini adalah berdasarkan jumlah penyerapan sinar oleh suatu sampel. Apabila suatu sampel dilewati oleh

radiasi inframerah, maka molekul-molekulnya akan mengabsorpsi energi dan terjadi transisi antara tingkat vibrasi dasar (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*exite state*). Pada FTIR spectrum yang terbentuk akan memberikan informasi mengenai gugus fungsional suatu molekul (Puspitasari, 2012).



Gambar 2. Skema instrumen FTIR (Thermo nicolet corporation, 2001)

Instrumen FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah metode spektroskopi inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi fourier untuk mendeteksi dan menganalisa hasil spektrumnya. Metode spektroskopi yang digunakan berupa metode spektroskopi absorpsi, yaitu metode yang didasarkan pada perbedaan penyerapan radiasi inframerah oleh molekul suatu materi. Absorpsi inframerah suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi oleh dua syarat, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama bervibrasi (Chatwall, 1985).

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) sangat baik dalam proses identifikasi struktur molekul suatu senyawa. Interferometer Michelson merupakan suatu komponen utama dari spektroskopi FTIR yang memiliki menguraikan (mendispersi) suatu radasi inframerah menjadi komponen-komponen frekuensi. Penggunaan Interferometer Michelson tersebut memberikan keunggulan pada metode spektroskopi FTIR dibandingkan metode spektroskopi inframerah konvensional. Dengan demikian, informasi struktur molekul dapat diperoleh secara tepat dan akurat (memiliki resonansi yang tinggi). Salah satu keuntungan menggunakan metode ini adalah dapat mengidentifikasi sampel dalam berbagai fasa baik itu gas, padat maupun cair. Sedangkan kesulitan-kesulitan dari metode ini dapat ditunjang dengan data yang diperoleh menggunakan spektroskopi yang lainnya (Harmita, 2006).

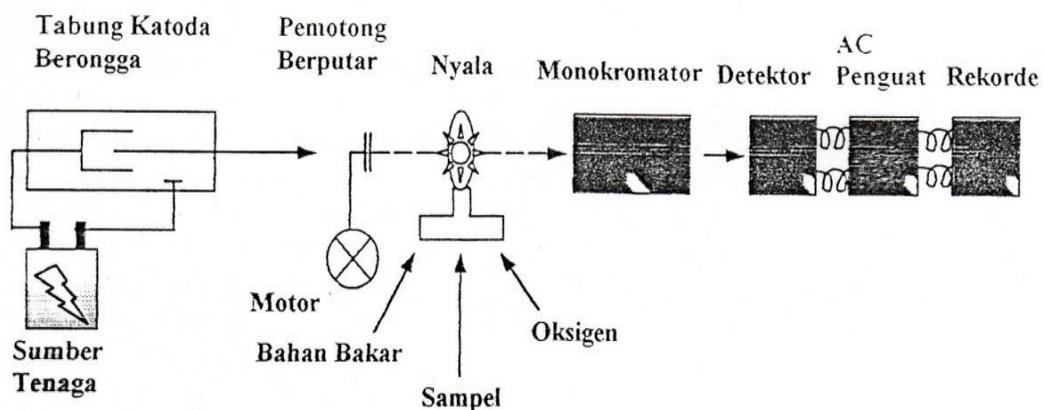
Spektroskopi FTIR sama dengan spektroskopi IR dispersi, yang membedakannya adalah pengembangan pada sistem optiknya sebelum berkas sinar infrared melewati sampel. Frekuensi infrared biasanya dinyatakan dalam satuan bilangan gelombang (*wavenumber*), yang didefinisikan sebagai banyaknya gelombang persentimeter. Spektrum infrared suatu senyawa dapat dengan mudah diperoleh dalam beberapa menit. Sedikit sampel senyawa diletakkan dalam instrumen dengan sumber radiasi inframerah. Spektroskopi secara otomatis membaca sejumlah radiasi yang menembus sampel dengan kisaran frekuensi tertentu dan merekan pada kertas berapa persen radiasi yang ditransmisikan. Radiasi yang diserap oleh molekul muncul sebagai pita pada spektrum (Fannyda, 2014).

Tabel 1. Bilangan Gelombang dan Spektrum Infra Red

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi
800-1200	Uluran C-C
900-1300	C-O dan C-N
1050-1260	C-O eter
1200-1450	Tekukan OH
1515	Amina sekunder alifatik
1500-1610	Tekukan N-H
1580-1650	Tekukan N-H amina primer
1640-1820	C=O karbonil
2800-3000	CH sp ³
3310-3350	Uluran N-H amina sekunder
3250-3330	Uluran N-H amina primer alifatik
3400-3500	Uluran N-H amina primer
3000-3700	Uluran O-H dan N-H

Sumber : Jhon Coates in Encyclopedia of Analytical Chemistry, 2003.

F. Spektroskopi Serapan Atom (SSA)



Gambar 3. Skema Peralatan SSA (Underwood, 1986).

Spektroskopi serapan atom (SSA) adalah suatu alat yang digunakan dalam metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metalloid yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom logam dalam keadaan bebas. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Memang selain dengan metode serapan atom, unsur-unsur dengan energi eksitasi rendah dapat juga dianalisis dengan fotometri nyala, akan tetapi fotometri nyala tidak cocok untuk unsur-unsur dengan energi eksitasi tinggi. Fotometri nyala memiliki range ukur optimum pada panjang gelombang 400-800 nm, sedangkan SSA memiliki range ukur optimum pada panjang gelombang 200-300 nm (Skoog, D. A., West, D. M., Holler, F. J., & Crouch, S. R., 2004). Untuk analisis kualitatif, metode fotometri nyala lebih disukai dari SSA, karena SSA memerlukan lampu katoda spesifik (*hallow cathode*). Kemonokromatisasi dalam SSA merupakan syarat utama. Suatu perubahan temperatur nyala akan mengganggu proses eksitasi sehingga analisis dari fotometri nyala berfilter. Dapat dikatakan bahwa metode fotometri nyala dan SSA merupakan komplementer satu sama lainnya.

Metode analisis dengan SSA didasarkan pada penyerapan energi cahaya oleh atom-atom netral suatu unsur yang berada dalam keadaan gas. Penyerapan cahaya oleh atom bersifat karakteristik karena tiap atom hanya menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu yang energinya sesuai dengan energi yang diperlukan untuk transisi elektron-elektron dari atom yang bersangkutan ditingkat yang lebih tinggi, sedangkan energi transisi untuk masing-masing unsur adalah

sangat khas. Metode ini sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Teknik ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Pada metode konvensional emisi tergantung pada sumber eksitasi, bila eksitasi dilakukan secara termal maka akan tergantung pada temperatur sumber (Khopkar, 2001).

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:

a. Hukum Lambert

Bila suatu sumber sinar monokromatik melewati medium transparan, maka intensitas sinar yang diteruskan berkurang dengan bertambahnya ketebalan medium yang mengabsorpsi.

b. Hukum Beer

Intensitas sinar yang diteruskan berkurang secara eksponensial dengan bertambahnya konsentrasi spesi yang menyerap sinar tersebut.

$$A = -\log \frac{I_t}{I_0} = a \cdot b \cdot c$$

Dengan :

A = absorban

I_0 = intensitas sinar datang

I_t = intensitas sinar yang diteruskan

a = tetapan absorptivitas

b = panjang jalan sinar

c = konsentrasi

Komponen dasar yang kedua dari spektrofotometer serapan atom adalah sel sampel untuk penyerapan atom. Uap atom harus dihasilkan didalam sinar cahaya yang berasal dari sumber. Hal ini umumnya dicapai dengan memasukkan sampel ke dalam sistem burner atau tungku pemanas elektrik. Komponen dasar yang ketiga dari spektrofotometer serapan atom adalah sistem pengukuran cahaya tertentu. Sebuah monokromator digunakan untuk mendispersikan berbagai panjang gelombang cahaya yang dipancarkan dari sumber cahaya (Beaty dan Kerber, 1993). Selain itu monokromator juga digunakan untuk memilih panjang gelombang cahaya tertentu yaitu spektral garis yang diserap oleh analit, dan untuk mengecualikan panjang gelombang lain (Levinson, 2001). Panjang gelombang cahaya yang dipilih oleh monokromator kemudian diarahkan ke detektor yang biasanya adalah tabung photomultiplier, yang akan menghasilkan arus listrik tergantung pada intensitas cahaya. Arus listrik dari photomultiplier ini kemudian diperkuat dan diproses oleh instrumen elektronik untuk menghasilkan sinyal. Selanjutnya, sinyal ini diproses untuk menghasilkan data berupa jumlah logam yang dianalisis dalam satuan konsentrasi (Beaty dan Kerber,1993).

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat di ambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Alga hijau (*Spirogyra setiformis*) yang telah diidentifikasi dengan FTIR terdapat beberapa gugus fungsi yaitu karboksil, karbonil, alkohol dan amina.
2. pH optimum yang diperoleh pada biosorpsi ion Cd^{2+} oleh alga hijau (*Spirogyra setiformis*) adalah pH 4 dan konsentrasi optimumnya adalah 200 ppm serta waktu kontak optimum diperoleh pada waktu 20 menit.
3. kapasitas serapan biomassa alga hijau (*Spirogyra setiformis*) pada pengaruh pH larutan diperoleh sebesar 5,633 mg/g, pengaruh konsentrasi larutan sebesar 3,795 mg/g dan pada waktu kontak larutan diperoleh sebanyak 5,108 mg/g.

B. Saran

Dari penelitian yang telah dilakukan, disarankan agar melakukan penelitian yang lebih lanjut dengan mengimobilisasi biomassa menggunakan polimer tertentu dan lebih mendalam untuk mempelajari mekanisme reaksi antara kation dengan gugus fungsional tertentu pada proses biosorpsi.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuzer Celekli, Emine Gultekin, Huseyin Bozkurt. 2016. *Morphological and Biochemical Responses of Spirogyra setiformis Exposed To Cadmium*. Clean Soil Air Water. Vol. 44. 256-262.
- Achmad, Hiskia. 2001. Kimia Unsur dan Radio Kimia. PT Citra Adhya Bakti : Bandung.
- Ahalya, N. T.V. Ramachandra. R. D. Kanamadi. 2004. *Biosorption of Heavy Metals*. India : Centre for Ecological Science, Indian Institute of Science.
- Ahalya, N. T.V. 2003. *Biosorption of Heavy Metals*. Res. J. Chem. Environ. Vol. 4. 71-79.
- Albert Mhrranyan. 2010. *Cellulose From Cladophorales Green Algae : From Environmental Problem To High-Tech Composite Materials*. Journal of Applied Polymer Science. Vol. 119. 2449-2460.
- Anggraningrum, I.T. 1996. *Model Adsorpsi Ion Kompleks Koordinasi Nikel (II) Pada Permukaan Alumina*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- Ali A. Al-Homaidan et al. 2014. *Biosorption Of Copper From Aqueous Solutions By Spirulina platensis Biomass*. Arabian Journal Of Chemistry. Vol. 7. 57-62.
- Ankita Chatterjee and Jayanthi Abraham. 2015. *Biosorption Capacity of Dried Spirogyra on Heavy Metals*. International Journal of Chem Tech Research. Vol. 8. 387-392.
- Anwar, D. 1996. *Kandungan Logam Berat Cu dan Hg Dalam Aritrosit Warga Genjeran*. Universitas Air Langga Fakultas Pasca Sarjana.
- Azza M. Abdel-Aty et al. 2013. *Biosorption of Cadmium and Lead From Aqueous Solution by Fresh Water Alga Anabaena sphaerica Biomass*. Journal of Advancer Research. Vol. 4. 367-374.
- Beaty dan Jack D. Kerber. 1993. *Concepts, Instrumentation and Techniques in Atomic Absorption Spectrophotometry*. USA :Perkin-Elmer Corporation.
- Becker, E. W. 2006. *Microalgae as A Sourco of Protein*. Medical Clinic Departement II, University of Tubingen : Germany.
- Brinza, I. Dang, MJ. Gavrilestera, M. 2007. *Marine Micro and Macro-Algal Spesies as Biosorbents for Heavy Metals*. Environ Eng Manage J. Vol. 6. 237-251.
- Cardero, Bruno et al. 2004. *Biosorption of Cadmium by Fucus Spirulus*. Environ. Chem. 1. 180-187.