

**BIOSORPSI ION LOGAM BERAT Cr (III) MENGGUNAKAN
BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp.) YANG
DIMODIFIKASI DENGAN METANOL**

SKRIPSI

*Diajukan sebagai salah satu persyaratan guna memperoleh gelar
Sarjana Sains (S.Si)*



Oleh :
HILMI RAHMADINA
NIM. 16036077 / 2016

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS NEGERI PADANG
2020**

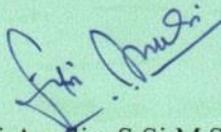
PERSETUJUAN SKRIPSI

BIOSORPSI ION LOGAM BERAT Cr (III) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp.) YANG DIMODIFIKASI DENGAN METANOL

Nama : Hilmi Rahmadina
NIM : 16036077
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

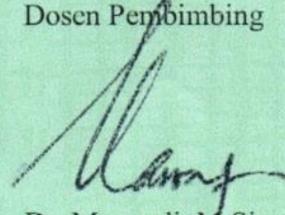
Padang, November 2020

Mengetahui :
Ketua Jurusan Kimia



Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D
NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing



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

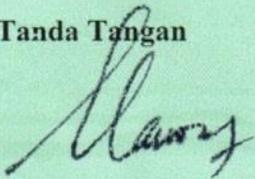
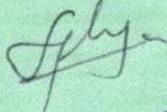
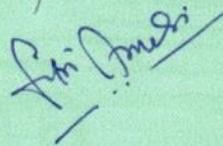
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Hilmi Rahmadina
TM/NIM : 2016/16036077
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

BIOSORPSI ION LOGAM BERAT Cr (III) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp.) YANG DIMODIFIKASI DENGAN METANOL

Dinyatakan lulus setelah dipertahankan di depan Tim Penguji Skripsi
Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Negeri Padang

Padang, November 2020

No.	Jabatan	Tim Penguji Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	: Dr. Mawardi, M.Si	1 
2	Anggota	: Dra. Sri Benti Etika, M.Si	2 
3	Anggota	: Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D	3 

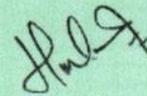
SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Hilmi Rahmadina
NIM/BP : 16036077/2016
Tempat/Tanggal Lahir : Bukittinggi/04 Juli 1997
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Jorong Sungai Landai, Kanagarian Cingkariang,
Kecamatan Banuhampu, Kabupaten Agam, Sumatera
Barat

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**BIOSORPSI ION LOGAM BERAT Cr (III) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp.) YANG DIMODIFIKASI DENGAN METANOL**" adalah benar merupakan hasil karya saya sendiri. Sepanjang pengetahuan saya, tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain kecuali sebagai acuan atau kutipan dengan mengikuti tata penulisan karya ilmiah yang lazim. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan plagiat maka saya bersedia diproses dan menerima sanksi akademis maupun hukum sesuai dengan hukum negara yang berlaku, baik di Universitas Negeri Padang maupun masyarakat dan negara. Demikianlah Pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran dan rasa tanggung jawab sebagai anggota masyarakat ilmiah.

Padang, November 2020
Saya yang menyatakan,



Hilmi Rahmadina
Nim. 16036077

Biosorpsi Ion Logam Berat Cr (III) menggunakan Biomassa Alga Hijau (*Mougeotia* sp.) yang Dimodifikasi dengan Metanol

Hilmi Rahmadina

ABSTRAK

Biosorpsi merupakan salah satu alternative cara yang dapat digunakan untuk mengatasi keberadaan logam berat kromium (III) di perairan. Alga hijau *Mougeotia* sp. dapat digunakan sebagai biosorben, karena mempunyai gugus fungsi seperti karboksil, karbonil, amina dan hidroksil. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik dari biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. murni dengan modifikasi, dan untuk mengetahui kondisi optimum penyerapan ion logam berat kromium (III) terhadap pengaruh variasi pH, konsentrasi, dan waktu kontak terhadap daya serap dari biomassa modifikasi, serta untuk mengetahui kapasitas penyerapan maksimum dari biomassa yang telah dimodifikasi. Pemodelan berguna untuk mengetahui seberapa besar peranan dari gugus fungsi. Dimana gugus fungsi yang akan dimodifikasi adalah gugus karboksil menggunakan larutan metanol. Pada penelitian ini pengontakan dilakukan dengan system *batch*, dilakukan pengadukan larutan logam berat dengan biosorben kemudian disaring, filtrat yang dihasilkan dianalisa menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Variabel yang akan diuji adalah pH, konsentrasi dan waktu kontak. Berdasarkan hasil penelitian, didapatkan penyerapan optimum biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. terhadap ion logam berat kromium (III) berlangsung pada pH 5 dengan konsentrasi larutan sebesar 250 mg/L selama 120 menit dengan kapasitas serapan maksimum (qm) sebesar 5,3050 mg/g. proses biosorpsi ini mengikuti persamaan adsorpsi isotherm Langmuir dengan nilai R^2 sebesar 0,9412.

Kata kunci: Biosorpsi, ion logam berat Cr^{3+} , alga hijau *Mougeotia* sp., methanol, Isoterm Langmuir

Biosorption Heavy Metal Ions of Cr (III) using Green Algae Biomass (*Mougeotia Sp.*) Modified with Methanol

Hilmi Rahmadina

ABSTRACT

Biosorption is an alternative method that can be used to overcome the presence of heavy metal chromium (III) in water. Green algae *Mougeotia sp.* Can be used as a biosorbent, because it has functional groups such as carboxyl, carbonyl, amine and hydroxyl. The purpose of this study was to determine the characteristics of the green algae biomass of *Mougeotia sp.* pure with modification and to determine the optimum conditions for absorption of heavy metal ions chromium (III) on the effect of variations in pH, concentration, and contact time on the absorption capacity of modified biomass, and to determine the maximum absorption capacity of the modified biomass. Modification is useful for knowing how big the role of the functional group. Where the functional group to be modified is the carboxyl group using methanol solution. In this research, the rebellion was carried out with a batch system, carried out by stirring the heavy metal solution with biosorbent then filtered, the resulting filtrate was analyzed using an Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS). The variables to be tested are pH, concentration and contact time. Based on the research results, the optimum absorption of green algae biomass *Mougeotia sp.* Against heavy metal ions chromium (III) took place at pH 5 with a solution concentration of 250 mg/L for 120 minutes with a maximum absorption capacity (qm) of 5.3050 mg/g. This biosorption process follows the Langmuir adsorption isotherm equation with an R^2 value of 0.9412.

Keyword: Biosorption, heavy metal ion Cr^{3+} , green algae *Mougeotia sp.*, Methanol, Langmuir isotherm

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT, karena berkat rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat mengajukan skripsi yang berjudul **“BIOSORPSI ION LOGAM BERAT Cr (III) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp.) YANG DIMODIFIKASI DENGAN METANOL”**.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Sains (S.Si) di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih atas bimbingan, dorongan dan semangat kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M. Si sebagai Dosen Penasihat akademik sekaligus Dosen Pembimbing.
2. Ibuk Fitri Amelia, S. Si., M. Si., Ph. D sebagai Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP sekaligus dosen pembahas.
3. Ibuk Dra. Sri Benti Etika, M.Si sebagai dosen pembahas
4. Bapak Umar Kalmar Nizar, S. Si., M. Si., Ph. D sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Seluruh Staf Pengajar dan Tenaga Administrasi di Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Laboran Jurusan Kimia FMIPA UNP.
7. Seluruh staf Kopertis Wilayah X.
8. Orang tua penulis yang telah memberikan semangat serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
9. Rekan – rekan seperjuangan mahasiswa/i Kimia'16 yang telah memberikan semangat dan dorongan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Semoga rahmat dan kasih sayang Allah SWT selalu tercurah pada kita semua serta usaha dan kerja kita bernilai ibadah di hadapan Allah SWT, Amin Ya Rabbal ‘Alamin. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum lengkap dan sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan masukan dan saran dari para pembaca semoga skripsi ini bermanfaat.

Padang, Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI.....	v
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR LAMPIRAN.....	ix
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.....	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
A. Biosorpsi	7
B. Alga Hijau (<i>Mougeotia</i> sp.).....	13
C. Kromiun (III) (Cr^{3+})	15
D. <i>Hard and Soft Base</i> (HSAB).....	18
E. Pemodelasian Gugus Fungsi.....	20
F. Metanol	21
G. Spektrofotometer <i>Fourier Transform Infra Red</i> (FTIR).....	22
H. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).....	25
BAB III MEODE PENELITIAN.....	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian	27
B. Objek Penelitian	27
C. Variabel Penelitian	27
D. Alat dan Bahan.....	27
1. Alat	27
2. Bahan	28

E. Karakterisasi Biomassa alga hijau (<i>Mougeotia</i> sp.) menggunakan FTIR..	28
F. Metode Penelitian Secara Umum.....	28
1. Persiapan Biosorben.....	28
2. Perlakuan modifikasi biomassa.....	29
3. Penentuan pH optimum.....	29
4. Penentuan Konsentrasi optimum.....	30
5. Penentuan Waktu Kontak optimum.....	30
G. Teknik Analisis Data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	32
A. Karakterisaasi FTIR.....	32
B. Pengaruh pH Awal Larutan terhadap Penyerapan Ion Cr ³⁺ oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia</i> sp.).....	34
C. Pengaruh Konsentrasi Larutan terhadap Penyerapan Ion Cr ³⁺ oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia</i> sp.).....	36
D. Pengaruh Waktu Kontak terhadap Penyerapan Ion Cr ³⁺ oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia</i> sp.).....	38
E. Isoterm Adsorpsi.....	40
BAB V PENUTUP.....	43
A. Kesimpulan.....	43
B. Saran.....	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri	17
2. Klasifikasi Asam-Basa kuat dan Lemah	19
3. Bilangan Gelombang dan Interpretasi Spektrum Infrared	24
4. Perbandingan nilai Isoterm Adsorpsi Langmuir dan Freundlich	42

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Biomassa Alga hijau <i>Mougeotia</i> sp.	14
2. Logam Kromium (wikipedia.com)	17
3. Skema Instrument FTIR (Thermo, 2010)	23
4. Skema Peralatan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)	26
5. Spektra FTIR biomassa alga hijau <i>Mougeotia</i> sp. (a) fresh, (b) modifikasi (c) modifikasi yang telah dikontakkan dengan yang ion logam berat Cr^{3+}	32
6. Pengaruh pH awal larutan ion logam Cr^{3+} terhadap serapan biomassa.....	35
7. Pengaruh konsentrasi awal larutan ion logam Cr^{3+} pada serapan alga hijau <i>Mougeotia</i> sp.....	37
8. Pengaruh waktu kontak terhadap serapan biomassa alga hijau <i>Mougeotia</i> sp. (0,5 gram biomassa, 25 mL ion Cr^{3+} 250 mg/L, 200 rpm)	39
9. Kurva linieritas Isoterm Langmuir penyerapan ion logam Cr^{3+}	40
10. Kurva linieritas Isoterm Langmuir penyerapan ion logam Cr^{3+}	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Desain Penelitian Secara Umum.....	50
2. Skema Kerja Persiapan Biosorben.....	51
3. Skema Kerja Penentuan pH Optimum.....	52
4. Skema Kerja Penentuan Konsentrasi Optimum.....	53
5. Skema Kerja Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	54
6. Perhitungan Pembuatan Reagen.....	55
7. Perhitungan Pengaruh pH Larutan Cr^3	59
8. Perhitungan Pengaruh Konsentrasi Larutan Cr^{3+}	60
9. Perhitungan Pengaruh Waktu Kontak Larutan Cr^{3+}	61
10. Data Untuk Perhitungan Kurva Linier Langmuir.....	62
11. Data Untuk Perhitungan Kurva Linier Freudlich.....	63
12. Spektrum FTIR Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia</i> sp.) Sebelum Modifikasi, Sesudah Modifikasi, dan Sesudah dikontakkan.....	64
13. Identifikasi Alga.....	66
14. Dokumentasi Penelitian.....	67

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Indonesia memiliki potensi yang sangat besar akan pencemaran lingkungan yang disebabkan oleh limbah. Biasanya, limbah hasil produksi industri dibuang langsung ke lingkungan tanpa melalui pengolahan terlebih dahulu. Salah satu kandungan dari limbah tersebut adalah logam berat (Bayo, 2012). Logam berat merupakan bahan alam yang tidak dapat didegradasi, yang pada konsentrasi tinggi dapat berbahaya dan beracun dalam tubuh karena mengalami bioakumulasi (Studi, Lingkungan, & Teknik, 2010).

Pencemaran lingkungan oleh logam berat dapat disebabkan dari kegiatan manusia dalam berbagai bidang, seperti bidang industri, pertambangan, teknologi, maupun bidang transportasi. Akibatnya, terjadi pencemaran air, udara, dan tanah dalam bentuk limbah yang mengandung logam berat, seperti Pb, Cu, Cd, Cr, As, Zn, Ni, dan Hg (Tsai et al., 2001). Dalam konsentrasi tinggi limbah logam berat dapat sangat berbahaya, sedangkan dalam konsentrasi rendah dapat diserap oleh organisme perairan tingkat rendah, seperti plankton, kemudian terakumulasi di dalam selnya (Mehta & Gaur, 2005). Daya racun yang dimiliki logam berat akan bekerja sebagai penghalang kerja enzim dan akan bertindak sebagai penyebab alergi, mutagen, teratogen atau karsinogen bagi manusia. Pembuangan air limbah yang mengandung logam berat dengan konsentrasi tinggi memiliki efek serius pada lingkungan dan merugikan, karna hasil kegiatan manusia secara langsung maupun tidak langsung seperti: industrialisasi, urbanisasi dan sumber antropogenik (Jayanthi, Senthilkumar, & Sivasankar, 2015).

Krom (III) dan krom (VI) merupakan logam berat yang relatif banyak terdapat di lingkungan industri, seperti: penyamakan kulit, tinta, cat, soda, tekstil, pengolahan minyak bumi, pelapisan logam dan industri baterai yang merupakan sumber pencemaran krom. Pada kadar tertentu krom (III) merupakan logam esensial dalam bahan makanan, namun dapat menyebabkan iritasi kulit ketika kadarnya melebihi ambang batas. Nilai ambang batas logam kromium di lingkungan adalah 0,05 mg/L (Mawardi, 2008).

Limbah industri yang mengandung krom (III) (Cr^{3+}) dapat dihilangkan dengan berbagai teknik, seperti presipitasi kimia, elektrodeposisi, pertukaran ion, dan karbon aktif (Pappalardo, Jumean, & Abdo, 2010). Teknik ini sebagian besar kurang efektif, karena menimbulkan produksi limbah sekunder dan membutuhkan biaya operasional yang tinggi, pengerjaan yang membutuhkan waktu banyak serta tidak mampu menghilangkan ion logam berat secara maksimal. Oleh karena itu, diperlukan alternatif lain yang dapat digunakan untuk penghilangan kadar logam berat di lingkungan (Saxena, Bhardwaj, Allen, Kumar, & Sahney, 2017).

Salah satu alternatif yang dapat digunakan untuk mengatasi logam berat yaitu dengan metode biosorpsi. Biosorpsi dinilai cukup efektif digunakan untuk penyerapan ion logam berat, karena biaya pengerjaan relatif rendah dan ramah lingkungan. Biosorpsi merupakan proses memisahkan ion-ion logam berat dari limbah cair dengan memanfaatkan kemampuan mikroorganisme (alga, ragi, jamur dan bakteri) dan biomaterial (kulit kacang polong, kulit jeruk, alga, tempurung kelapa dan dedak padi) yang dapat menyerap logam berat yang ada di perairan. Mikroorganisme dan biomaterial ini dapat menyerap logam-logam berat dan radionuklida dari lingkungan secara efisien (Mawardi et al., 2014). Biosorben

alami biasanya mengandung komponen kimia seperti selulosa, lignin dan beberapa senyawa lain yang memiliki fungsi potensial seperti hidroksil, karboksilat, karbonil, amino dan alkoksi yang memiliki afinitas yang tinggi untuk menyerap ion logam (Gupta & Rastogi, 2008).

Biomassa *Mougeotia* sp. termasuk ke dalam kelompok alga hijau (*Chlorophyta*). Alga hijau *Mougeotia* sp. merupakan mikroalga perfiton berfilamen yang hidup melekat diberbagai substratum baik pada air mengalir maupun air yang tergenang. Ia dapat menutupi dasar dan permukaan sungai sehingga membentuk hamparan hijau yang luas (Çelekli, Gültekin, & Bozkurt, 2016).

Makromolekul penyusun biomassa *Mougeotia* sp. mengandung beberapa jenis gugus fungsi, seperti karboksilat, karbonil, alkohol, hidroksil, dan amina. Untuk mempelajari seberapa jauh peranan gugus fungsi yang terkandung dalam suatu biomassa dapat dilakukan pemodifikasian gugus fungsinya dengan pereaksi yang cocok. Pengaruh dari modifikasi dapat diamati dari perubahan gugus fungsinya dan diidentifikasi menggunakan instrumentasi FTIR. Modifikasi gugus karboksil dapat dilakukan dengan metanol dalam suasana asam, dengan reaksi yang terjadi adalah reaksi esterifikasi. (Kapoor & Viraraghavan, 1998).

Berdasarkan uraian yang diatas, penulis tertarik menggunakan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang telah dimodifikasi dengan pereaksi metanol sebagai biosorben untuk logam berat kromium (III) dengan pengontakkan menggunakan sistem *batch* untuk menentukan pH, konsentrasi, dan waktu kontak optimum terhadap daya serap logam berat yang akan diuji menggunakan instrument Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) dan pengkarakterisasian biomassa

menggunakan instrument *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan uraian diatas, maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Logam Cr^{3+} termasuk ke dalam ion logam berat berbahaya yang dapat mencemari lingkungan dan mengganggu kesehatan masyarakat.
2. Adanya pengaruh modifikasi biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. dengan metanol terhadap biosorpsi logam Cr^{3+} .
3. Alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan metanol diharapkan mampu mengurangi keberadaan ion logam berat Cr^{3+} di lingkungan.

C. Batasan Masalah

Berdasarkan identifikasi masalah diatas, maka batasan masalah dari penelien ini sebagai berikut:

1. Biosorben yang digunakan adalah alga hijau *Mougeotia* sp. yang berasal dari Sungai Anduring, Kecamatan Kayu Tanam, Kabupaten Padang Pariaman, Sumatera Barat.
2. Material yang diadsorpsi adalah ion logam Kromium (Cr^{3+}).
3. Karakterisasi biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR).
4. Variabel yang akan diteliti adalah pengaruh pH, Konsentrasi, dan waktu kontak terhadap daya serap biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan methanol terhadap ion logam berat kromium (Cr^{3+}).

5. Penentuan kapasitas serapan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan metanol terhadap ion logam Kromium (Cr^{3+}) menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan batasan masalah diatas, maka rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Bagaimana karakteristik dari biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. murni dan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. modifikasi dengan metanol menggunakan FTIR?
2. Bagaimana kondisi optimum penyerapan ion logam berat Cr^{3+} terhadap pengaruh variasi pH, konsentrasi, dan waktu kontak terhadap daya serap biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. terhadap daya serap biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan metanol?
3. Berapakah kapasitas penyerapan maksimum dari biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan metanol?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Mengetahui karakteristik dari biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. murni dan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. modifikasi dengan metanol menggunakan FTIR.
2. Mengetahui kondisi optimum penyerapan ion logam berat Cr^{3+} terhadap pengaruh variasi pH, konsentrasi, dan waktu kontak terhadap daya serap biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. terhadap

daya serap biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan metanol.

3. Mengetahui kapasitas penyerapan maksimum dari biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan metanol.

F. Manfaat penelitian

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat:

1. Memberikan informasi yang dapat dijadikan acuan sebagai dasar pemilihan biomaterial yang baik dan cara perlakuannya sebagai biosorben untuk penyerapan ion logam berat.
2. Memberikan manfaat bagi perkembangan penelitian kimia, khususnya dalam bidang biosorpsi.
3. Menjadi landasan dalam pemilihan biomaterial yang dapat digunakan sebagai biosorben ion logam berat.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Biosorpsi

Biosorpsi didefinisikan sebagai suatu proses penyerapan ion logam, metaloid, senyawa dan partikel yang tidak bergantung pada metabolisme oleh bahan biosorpsi (biomaterial) yang terutama terjadi melalui mekanisme kimia fisika seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi. Secara umum, terdapat dua jenis penyerapan logam berat oleh organisme, yaitu penyerapan logam yang tidak bergantung pada metabolisme (metabolisme *independent*) dan penyerapan logam yang bergantung pada metabolisme (metabolisme *dependent*) (Gadd, 1990). Proses adsorpsi oleh zat padat dibedakan menjadi dua, yaitu adsorpsi fisis (fisisorpsi) dan adsorpsi kimia (chemisorpsi). Adsorpsi fisik disebabkan oleh gaya van der Waals, sedangkan adsorpsi kimia terjadi dimana molekul-molekul yang teradsorpsi pada permukaan bereaksi secara kimia, sehingga terjadi pemutusan dan pembentukan ikatan (Adamson, 1989).

Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mengurangi kadar ion logam berat di perairan adalah dengan cara biosorpsi. Biosorpsi merupakan proses penyerapan ion logam, metaloid, senyawa, dan partikel yang tidak bergantung pada metabolisme bahan biosorpsi (biomaterial), akan tetapi terjadi melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi. Proses biosorpsi terjadi terutama pada permukaan dinding sel melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti gugus karboksilat, amina, karbonil, hidroksida, dan gugus fungsional lainnya yang dapat berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas. Banyak faktor yang mempengaruhi

proses biosorpsi, diantaranya pH, waktu kontak, konsentrasi, suhu, ukuran partikel, dan dosis biomassa. Faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap kelarutan dari logam, aktivitas dari kelompok-kelompok yang fungsional di dalam biomassa dan kompetisi diantara ion-ion logam (Hancock, 1996; Mawardi et al., 2008). Biosorpsi adalah proses penyerapan ion-ion logam yang terjadi secara *metabolism-independent*, pada sel hidup dan sel mati suatu mikroorganisme, terutama terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lainnya, melalui mekanisme kimia dan fisika, seperti pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi, yang secara keseluruhan disebut biosorpsi (Mawardi et al., 2014).

Keuntungan dari penggunaan metode biosorpsi adalah penanganan limbah lebih mudah, tingkat keefisienan tinggi, tidak membutuhkan banyak bahan kimia, tidak membutuhkan bahan tambahan, biaya murah, regenerasi cepat dan tidak ada hasil samping berupa limbah sekunder (Rakhmawati, 2006).

Biosorpsi merupakan suatu teknologi yang digunakan untuk pengolahan limbah yang dapat menurunkan bahkan sampai menghilangkan kadar logam berat yang terkandung didalam limbah cair industri, oleh sebab itu metode biosorpsi berpotensi untuk dipertahankan maupun dikembangkan sebagai suatu teknologi alternatif dengan biaya murah yang dipergunakan untuk pengolahan limbah yang dihasilkan dari pengolahan industri (Calero, Pérez, Blázquez, Ronda, & Martín-Lara, 2013).

Mekanisme yang mungkin akan terjadi ketika proses biosorpsi diantaranya akumulasi/pengendapan ekstraseluler, penyerapan/pembentukan kompleks pada permukaan sel serta akumulasi intraseluler. Proses akumulasi/pengendapan

ekstraseluler dapat dilakukan dengan mikroorganisme hidup, penyerapan/pembentukan kompleks pada permukaan sel dapat dilakukan dengan mikroorganisme hidup atau mati, dan untuk akumulasi intraseluler membutuhkan aktivitas mikroba. Meskipun sel hidup dan mati dapat mengikat logam, namun mereka mempunyai mekanisme pengikatan yang berbeda tergantung pada sistem metabolismenya. Pada sel hidup, yang berpengaruh dalam proses adsorpsi adalah umur sel, ketersediaan nutrisi selama pertumbuhan dan kondisi selama proses biosorpsi (seperti pH, suhu, dan pengadukan). Efisiensi penyerapan juga sangat dipengaruhi oleh karakteristik kimiawi logam yang akan diolah. Sementara untuk biosorben yang berasal dari hasil samping produk pertanian, ada dua model penyerapan, yaitu adsorpsi intrinsik dan interaksi kolombik. Pada proses adsorpsi intrinsik yang menjadi faktor utama adalah luas area. Hal ini dapat diketahui dengan mengamati efek ukuran adsorben terhadap kemampuan adsorpsi, sedangkan pada interaksi kolombik dihasilkan energi elektrostatis dari interaksi adsorben dan adsorbat. Intensitas interaksi ini akan sangat tergantung pada kekuatan muatan sampel yang digunakan (Anayurt, Sari, & Tuzen, 2009).

Biasanya, biosorben mengandung β -D-glukosa yang berulang sebagai komponen utama dinding sel. Gugus hidroksil polar selulosa inilah yang berperan dalam reaksi kimia dan mengikat logam berat dari larutan. Modifikasi gugus fungsional dapat mengubah sifat-sifat permukaan yang pada akhirnya akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi. Berbagai mikroorganisme yang banyak digunakan sebagai biosorben diantaranya adalah kelompok bakteri, fungi, ragi, jamur, dan alga. Kelompok mikroorganisme terbukti bisa mengikat logam berat yang terkandung limbah industri (Gupta & Rastogi, 2008). Terdapat dua metode

perlakuan dalam biosorpsi, yaitu perendaman (*batch*) dan kontinu (*fixed bed*). Metode *batch* dilakukan pencampuran larutan dan dikocok dengan bahan penyerap hingga terjadi kesetimbangan. Metode kolom dilakukan dengan meletakkan biosorben dalam kolom dan mengalir sorbat melewati kolom yang telah berisi sorben hingga biosorpsi jenuh (Agustiningtyas, 2012).

Adsorben adalah zat yang mempunyai sifat mengikat pada permukaannya dan sifat ini menonjol pada padatan yang berpori (Atkins, 1999). Beberapa syarat yang harus dipenuhi oleh adsorben antara lain, mempunyai daya serap yang besar, zat padat dengan luas permukaan yang besar, tidak larut dalam zat yang akan diadsorpsi, tidak bereaksi kimia dengan campuran yang akan dimurnikan, dapat diregenerasi kembali dengan mudah, dan tidak beracun (Ibrahim, 2011).

Untuk meningkatkan daya adsorpsi, biasanya dilakukan aktivasi pada adsorben yang bertujuan untuk memperbesar pori sehingga adsorben mengalami perubahan sifat, baik kimia maupun fisika, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi. Aktivasi adsorben dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu secara fisika dan kimia. Aktivasi secara fisika adalah proses pemutusan rantai hidrokarbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 , sehingga mengembangkan struktur rongga yang ada pada adsorban dan memperluas permukaannya, sedangkan aktivasi secara kimia merupakan aktivasi dengan pemakaian bahan kimia. Contohnya aktivasi adsorban menggunakan HNO_3 atau asam mineral yang larut dan mudah bereaksi dengan komponen lain, sehingga dapat meningkatkan daya serap (Bai & Venkateswarlu, 2019).

Isoterm adsorpsi adalah suatu metode yang terjadi ketika kesetimbangan konsentrasi antara adsorben terhadap adsorbat sama dengan laju pelepasannya. *Isoterm* adsorpsi dapat digunakan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi serta kapasitas adsorpsi suatu adsorben. Adsorpsi fasa padat-cair biasanya menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich (Wijayanti dkk, 2018). Penentuan *Isoterm* Langmuir dan *Isoterm* Freundlich dengan mengubah persamaannya menjadi kurva kesetimbangan dengan garis lurus. Penentuan kesetimbangan tergantung pada R (harga koefisien determinan) yang tinggi (Ozdemir, Ceyhan, Ozturk, Akirmak, & Cosar, 2004). *Isoterm* adsorpsi ada 2 yaitu:

1. *Isoterm* Langmuir

Isoterm Langmuir merupakan adsorpsi *Isoterm* yang paling luas diterapkan. Menurut Langmuir, pada permukaan biosorben terdapat sejumlah pusat aktif (*active site*) yang sebanding dengan luas permukaan biosorben. Pada setiap pusat aktif hanya satu molekul atau satu ion yang dapat diserap. Penyerapan secara kimia, terjadi apabila terbentuknya ikatan kimia antara zat terserap dengan pusat aktif biosorben, kemudian membentuk lapisan tunggal pada permukaan biosorben (*monolayer adsorption*). Dengan persamaan adsorpsi *Isoterm* Langmuir yang dinyatakan dalam bentuk persamaan linier, yaitu

$$\frac{c}{a} = \frac{1}{a_m k} + \frac{1}{a_m} c \dots \dots \dots (1)$$

Juga dapat digambarkan dengan persamaan:

$$\frac{1}{a} = \frac{1}{a_m k} \cdot \frac{1}{c} + \frac{1}{a_m} \dots \dots \dots (2)$$

Dimana: a adalah miligram logam yang terserap per gram biomaterial kering; k adalah konstanta kesetimbangan (afinitas serapan); c adalah konsentrasi

ion bebas saat seimbang (mg/L); a_m adalah miligram (mmol) kation logam terserap pada keadaan jenuh (kapasitas serapan maksimum), bisa juga ditulis dengan notasi b (Deng, 2006); (El-Sikaily, 2007); (Wang & Chen, 2006); (Ramelow, Guidry, & Fisk, 1996); (Ocsick, 1982).

Bila plot $\frac{1}{a}$ versus $\frac{1}{c}$ berupa garis lurus, maka dapat dikatakan bahwa data yang diperoleh memenuhi persamaan adsorpsi *Isoterm* Langmuir dan hal tersebut berarti antara adsorbat dengan pusat aktif adsorben membentuk lapisan tunggal pada permukaan penyerapan (*monolayer adsorption*) (Crist, Karl, Jane, Johnson, & Michael Brlttsan, 1992).

2. *Isoterm* Freundlich

Adsorpsi *Isoterm* Freundlich merupakan persamaan yang menunjukkan hubungan antara jumlah zat yang terserap dengan konsentrasi zat dalam larutan (Mawardi, 2002), dan dinyatakan dalam persamaan:

$$\ln q_e = \ln K_f + 1/n C_e \dots \dots \dots (3)$$

dimana:

q_e = jumlah logam yang terserap saat ksetimbangan (mg/g)

C_e = konsentrasi kesetimbangan logam dalam larutan (mg/L)

K_f = parameter kesetimbangan (mg/g)

n = parameter empiris

Isoterm adsorpsi Freundlich mengadopsi adsorpsi multilayer pada permukaan heterogen (Chi, Trang, & Minh, 2017). Persamaan tersebut dapat menjelaskan penyerapan atau koefisien distribusi dan memberikan jumlah banyaknya adsorbat untuk mencapai kesetimbangan konsentrasi.

Jumlah ion logam berat yang terserap per gram biomassa (Q, kapasitas biosorpsi) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$Q = \frac{(C_o - C_f)}{M} \times V \dots\dots\dots (4)$$

dimana:

Q = serapan logam (mg/g)

C_o = konsentrasi awal logam (mg/L)

C_f = konsentrasi akhir logam (mg/L)

M = massa biosorben (gram)

V = volume larutan (L).

Persentase penghilangan logam berat dalam banyaknya yang terserap (mg/g) dapat dihitung menggunakan persamaan berikut ini:

$$\% = \frac{(C_o - C_f)}{C_o} \times 100\% \dots\dots\dots (5)$$

(Kurniawati et al., 2016).

B. Alga Hijau (*Mougeotia* sp.)

Alga adalah suatu material atau biomassa baru yang menarik untuk dikembangkan sebagai biosorben karena, memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi dan ketersediaannya sangat melimpah di alam. 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, Dring, & Gavrilesco, 2007). Biomassa lain sebagai biosorben seperti ragi, jamur, dan tumbuhan telah digunakan sebagai biosorben ion logam dari lingkungan perairan (Romera, González, Ballester, Blázquez, & Muñoz, 2006).

Biomassa yang digunakan pada penelitian ini adalah alga hijau *Mougeotia* sp.. Alga ini termasuk kelompok alga hijau (*Clorophyta*), yang merupakan

mikroalga perifiton berfilamen yang hidup melekat pada berbagai substratum, baik dalam air mengalir maupun dalam air tergenang yang dapat membentuk hamparan biomassa alga hingga menutupi dasar dan permukaan sungai (Çelekli et al., 2016)

Dinding sel alga hijau (*Clorophyta*) tersusun oleh lapisan selulosa yang mengandung polimer linier dari molekul-molekul glukosa, glikoprotein, dan lapisan terluar yang mengandung pektin. Selubung selnya disusun oleh polimer-polimer manosa atau silosa serta asam-asam amino, terkhusus hidrosiprolin. Kemudian seorang ahli juga melaporkan bahwa unsur utama penyusun biomassa alga hijau adalah karbon, nitrogen, oksigen, dengan kapasitas masing-masing sekitar 8,76%, 30,09%, dan 55,83%. Disamping itu juga terdapat unsur-unsur lain, seperti fosfor, belerang, silikon, dan kalium dengan kapasitas masing-masingnya sekitar 1,21%, 1,26%, 0,73%, dan 1,73% (Mawardi, 2008).

Berbagai macam biomassa dapat digunakan sebagai biosorben. Diantara bahan biologisnya yang terkhusus ganggang memiliki kapasitas pengikatan logam yang tinggi karena adanya polisakarida, protein atau lipid pada permukaan dinding sel yang mengandung beberapa kelompok fungsional seperti, amino, hidroksil, karboksil, dan sulfat yang dapat bertindak sebagai situs pengikat untuk logam (Tuzen, Sar, & Ba, 2017).



Gambar 1. Biomassa Alga hijau *Mougeotia* sp.

Klasifikasi dari Biomassa Alga hijau *Mougeotia* sp.:

Kingdom : Plantae
Filum : Charophyta
Kelas : Conjugatophyceae
Ordo : Zygnematales
Famili : Zygnemataceae
Genus : Mougeotia
Spesies : *Mougeotia* sp.

(Laboratorium Botani, Universitas Negeri Padang, 2019).

Biomassa alga sebagian besar digunakan sebagai bahan biosorben karena ketersediaannya dalam jumlah yang besar, pengolahan relatif mudah, kinerjanya baik, dan biaya pengerjaannya murah (Al-Homaidan, Al-Houri, Al-Hazzani, Elgaaly, & Moubayed, 2014). Pendapat lain mengatakan bahwa, secara umum keuntungan mikroorganisme sebagai biosorben adalah biaya operasional rendah, efisiensi dan kapasitas pengikat logam yang tinggi, bahan bakunya mudah didapat, dan ketersediannya di alam tak terbatas serta tidak memerlukan tambahan nutrisi jika menggunakan mikroba yang sudah mati (Ahalya et al., 2004).

C. Kromium (III) (Cr^{3+})

Kromium merupakan salah satu logam berat yang termasuk ke dalam unsur transisi. Berada pada golongan VIB dan periode 4 dalam tabel periodik. Kromium merupakan logam yang mengkilap dengan massa jenis $7,9 \text{ g/cm}^3$, memiliki titik didih tinggi (2658°C), dan titik leleh 1875°C . Kromium ditemukan di alam dalam tiga bentuk stabil, yaitu kromium metal atau logam, kromium (III), dan kromium (VI). Kromium metal atau logam merupakan unsur dengan nomor

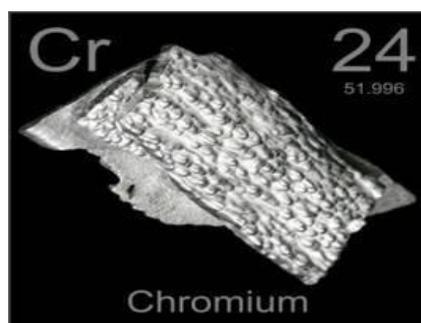
atom 24 dalam tabel periodik, terbentuk secara luas dalam penambangan kromit, dan sangat resisten terhadap bahan kimia (korosif dan oksidatif), sehingga menjadi pertimbangan untuk digunakan dalam baja tahan karat dan pelapisan kromium. Kromium(III) dan kromium(VI) adalah bentuk-bentuk krom yang bergabung dengan unsur-unsur lain untuk membentuk senyawa (Kusnoputranto, 1996).

Kromium merupakan zat yang unik, karena disatu sisi dibutuhkan untuk kesehatan manusia dalam bentuk tertentu Cr(III), tetapi dilain sisi merupakan zat yang dapat menyebabkan kanker paru-paru dalam bentuk yang lain Cr(VI). Logam berat ini berada dalam urutan kedua setelah benzena sebagai penyusun utama pencemar udara toksik (Kusnoputranto, 1996). Logam krom adalah salah satu logam yang paling banyak ditemukan di kerak bumi dengan konsentrasi rata-rata mencapai 100 ppm. Limbah logam Cr ini berasal dari kegiatan industri diantaranya industri tekstil, industri penyamakan kulit, dan industri logam.

Tabel 1. Baku Mutu Air Limbah Bagi Kawasan Industri

No	Parameter	Kadar Maksimum (mg/L)	Beban Pencemaran Maksimum (gram/ton)
1.	TSS	20	0,40
2.	Sianida Total (CN) Tersisa	0,2	0,004
3.	Krom Total (Cr)	0,5	0,010
4.	Krom Heksavalen (Cr ⁶⁺)	0,1	0,002
5.	Tembaga (Cu)	0,6	0,012
6.	Seng (Zn)	1,0	0,020
7.	Nikel (Ni)	1,0	0,020
8.	Kadmium (Cd)	0,05	0,001
9.	Timbal (Pb)	0,1	0,002
10.	pH	6,0 – 9,0	
11.	Debit Limbah Maksimum	20 L per m ² produk pelapisan logam	
(Kep.Men. Neg. L.H. No: KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah cair Bagi Kegiatan Industri)			

Kromium adalah logam berwarna putih perak, dan lunak jika dalam keadaan murni dengan titik leleh kira-kira 1900°C dan titik didih kira-kira 2690°C. Logam ini sangat tahan terhadap korosi, karena reaksinya dengan udara menghasilkan lapisan Cr₂O₃ yang bersifat non-pori sehingga mampu melindungi logam yang terlapis dari reaksi lebih lanjut. Dengan sifat logam yang tahan korosi, manfaat utama dari logam kromium adalah untuk pelapis logam atau baja (Cotton dan Wilkinson, 2007).



Gambar 2. Logam Kromium (wikipedia.com)

Kromium (III) atau kromium trivalen adalah bentuk yang paling penting berada di lingkungan, karena bentuknya lebih stabil dibandingkan kromium logam

dan kromium(VI). Kromium trivalen hampir semuanya berbentuk kationik atau netral, cenderung membentuk senyawaan kompleks stabil dengan spesi organik ataupun anorganik yang bermuatan negatif. Kromium (III) dibutuhkan untuk kesehatan manusia, yaitu bersama-sama dengan insulin dapat menjaga kadar gula darah yang sesuai (*glucose tolerance*). *Glucose tolerance* adalah waktu yang diperlukan agar gula dalam darah kembali pada kadar normal bila manusia yang puasa mengkonsumsi gula. Waktu yang normal sekitar 2,5 jam, bila lebih dari waktu tersebut dianggap *glucose tolerance* akan terganggu, dan dengan pemberian kromium dapat diperbaiki. Kromium banyak dikandung dalam keju, biji-bijian, krim kacang, daging, dan ragi (Winarno, 1997).

D. *Hard and Soft Base (HSAB)*

Pada tahun 1963 seorang ilmuwan yang bernama Pearson mengemukakan suatu prinsip yang diberi nama *Hard and Soft Base (HSAB)*. Dimana Pearson mengelompokkan kation (asam lewis) menurut sifatnya (kuat dan lemah). Menurut sisi aktif pada permukaan biosorben dapat dianggap sebagai ligan yang dapat mengikat logam secara selektif. Ligan-ligan dengan atom yang sangat elektronegatif dan berukuran kecil merupakan basa kuat sedangkan ligan-ligan dengan elektron terluarnya mudah terpolarisasi akibat pengaruh ion dari luar merupakan basa lemah. Ion-ion logam yang berukuran kecil namun bermuatan positif besar, elektron terluarnya tidak mudah terpengaruh oleh ion lain, dikelompokkan kedalam asam kuat, sedangkan ion logam yang berukuran besar dan bermuatan kecil dan nol, elektron terluarnya mudah terpengaruh oleh ion lain dikelompokkan ke dalam asam lemah.

Menurut prinsip HSAB Pearson, asam kuat akan berinteraksi dengan basa kuat membentuk kompleks yang stabil. Demikian juga asam lemah akan membentuk kompleks paling stabil dengan basa lemah. Interaksi asam kuat dengan basa kuat merupakan interaksi ionik, sedangkan interaksi asam lemah dengan basa lemah merupakan interaksi yang lebih bersifat kovalen.

Tabel 2. Klasifikasi Asam-Basa kuat dan Lemah

Asam kuat	Antara	Asam Lemah
H^+ , Na^+ , K^+ , Be^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} , Li^{2+} , Al^{3+} , Cr^{3+} , Co^{3+} , Fe^{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 Kuat	Antara	Basa Lemah
H_2O , OH^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , CO_3^{2-} , ROH , RO^- , NO_3^{2-} , 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 , HCN^- , RS^- , $S_2O_3^{2-}$, C_2H_4 , C_6H_6 , H^- , CO , H_2S , CN^- , R_3O , I^- , $(RO)_3P$, R_3As

Sumber: (Wood & Wang, 1983).

Dalam hal ini, proses biosorpsi menggunakan biomaterial yang memiliki tiga keuntungan penting sebagai berikut:

1. Proses biosorpsi ini dilakukan menggunakan bahan limbah alami, yang tidak memerlukan bahan apapun.
2. Biosorpsi umumnya lebih bersifat ramah lingkungan dan metode dengan biaya yang rendah, karena prosesnya tidak memerlukan sintesis kimia.

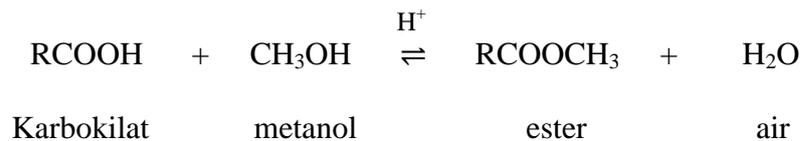
3. Biosorpsi memiliki kelebihan menjadi sederhana, mudah dioperasi dan ditangani sekaligus menjadi proses bebas lumpur dan pengulangan (Tuzen et al., 2017).

Proses biosorpsi melibatkan interaksi ionik, polar, dan interaksi gabungan antara kation logam dengan biopolimer (makromolekul) sebagai sumber gugus fungsional seperti gugus karboksilat, amina, tiolat, karbonil, dan gugus fosfat dapat berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas (Mawardi et al., 2015).

E. Pemodelifkasion Gugus Fungsi

Proses biosorpsi melibatkan interaksi ionik, interaksi polar, interaksi gabungan, dan mineralisasi antara logam dengan biopolimer (makromolekul), sebagai sumber gugus fungsional yang berperan penting dalam mengikat ion logam. Gugus fungsional yang tersedia pada makromolekul seperti gugus karboksil, amina, hidroksil, tiolat, fosfodiester, karbonil, imidazol, dan gugus fosfat dapat berkoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas (Mao, Won, Choi, Lee, & Yun, 2009); (Mawardi et al., 2015).

Untuk mempelajari seberapa jauh peranan gugus fungsi yang terkandung didalam suatu biomassa dapat dilakukan dengan memodifikasi gugus fungsinya. Gugus fungsi yang dimaksud dapat dimodifikasi dengan pereaksi yang sesuai. Gugus fungsi karboksil yang terdapat didalam biomassa alga hijau dapat dimodifikasi menggunakan pereaksi metanol. Reaksi spesifik suatu gugus karboksil dengan alkohol dalam suasana asam menghasilkan suatu ester dan air, yang dikenal dengan reaksi esterifikasi, dengan reaksi sebagai berikut:



(Tiemann et al., 1999); (anwar dkk, 1996).

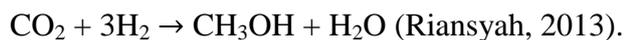
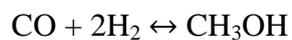
F. Metanol

Metanol merupakan senyawa hidrokarbon dengan gugus fungsi berupa hidroksil (O-H) yang termasuk ke dalam golongan alkohol. Senyawa ini adalah bentuk alkohol yang paling sederhana dengan rumus molekul CH_3OH . Metanol juga dikenal sebagai metil alkohol, wood alcohol atau spiritus.

Metanol kadang juga disebut sebagai *wood alcohol* karena ia dahulu merupakan produk samping dari distilasi kayu. Saat ini metanol dihasilkan melalui proses multi tahap. Secara singkat, gas alam dan uap air dibakar dalam tungku untuk membentuk gas hidrogen dan karbon monoksida; kemudian, gas hidrogen dan karbon monoksida ini bereaksi dalam tekanan tinggi dengan bantuan katalis untuk menghasilkan metanol. Pada keadaan ruangan biasanya metanol berbentuk cairan yang tidak berwarna. Berikut ini merupakan beberapa sifat fisika dan kimia dari methanol.

1. Titik lebur -97°C
2. Titik didih 64.7°C
3. Massa molar 32.04 g/mol
4. Densitas 0.79 g/cm^3
5. Mudah terbakar
6. Larut di dalam air dan juga pelarut organik
7. Sangat beracun
8. Dapat menyebabkan kebutaan ketika terpapar ke mata

Meskipun merupakan senyawa organik, metanol ternyata dapat larut di dalam air. Hal ini dikarenakan adanya gugus (OH) yang menyebabkan metanol menjadi sedikit polar sehingga dapat larut di dalam air. Selain larut di dalam air, metanol juga masih bersifat sebagaimana senyawa organik lainnya yaitu larut di dalam pelarut organik. Gugus hidroksil ini juga menyebabkan metanol dapat membentuk ikatan hidrogen dengan air sehingga campuran antara metanol dengan air terkadang menjadi sulit untuk dipisahkan. Secara garis besar metanol dibuat dari reaksi antara gas yaitu CO dan H₂.



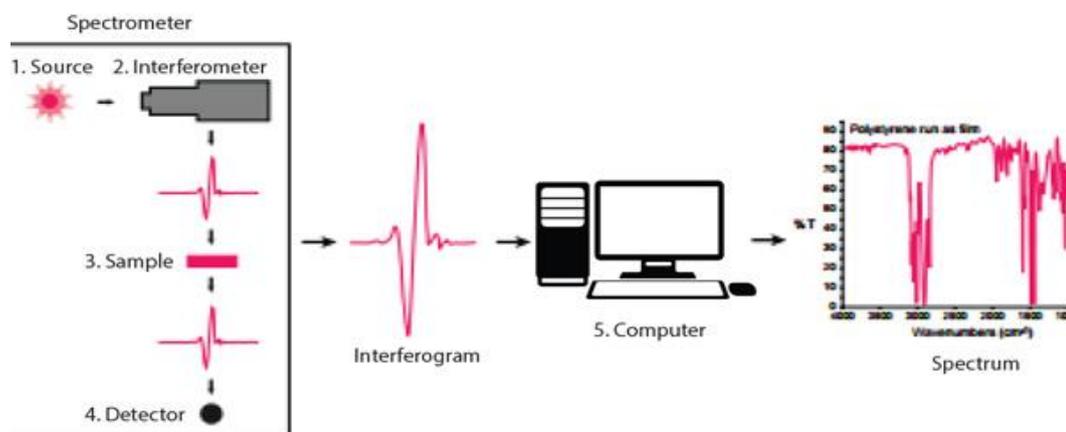
G. Spektrofotometer *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan salah satu metode spektrokopi yang sangat populer, dimana metode ini merupakan sebuah metode spektrokopi inframerah modern yang dilengkapi dengan teknik transformasi fourier yang berguna untuk mendeteksi dan menganalisa dari 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 memenuhi syarat berikut ini, yaitu kesesuaian antara frekuensi radiasi inframerah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama terjadinya vibrasi (chatwall, 1985).

Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) adalah salah satu instrument yang sangat penting dalam penganalisaan senyawa dalam suatu sampel bahan alam dan dapat digunakan untuk menganalisis parameter dengan kualitas

yang berbeda-beda. Analisanya dilakukan untuk melihat jenis-jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tertentu. Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) telah digunakan sebagai suatu teknik penganalisa sampel yang cepat, memerlukan waktu yang amat singkat dalam pengerjaannya, akurat untuk mengukur sampel dalam banyak parameter, dapat mendeteksi berbagai kelompok fungsional dan sensitif terhadap perubahan struktur molekul. FTIR menganalisa gugus fungsional dan memberikan informasi berdasarkan komposisi kimia dan keadaan fisik dari sampel yang akan dianalisa (Amir et al., 2013).

Spektrofotometer FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) merupakan instrument yang digunakan untuk analisa kualitatif. Prinsip kerja dari instrument ini adalah berdasarkan jumlah penyerapan sinar oleh suatu sampel. Apabila suatu sampel dilewati oleh radiasi *inframerah*, maka molekul-molekulnya akan mengabsorpsi energi dan kemudian terjadi transisi antara tingkat vibrasi dasar (*ground state*) dengan tingkat vibrasi tereksitasi (*exite state*). Pada spektrum FTIR yang terbentuklah yang akan memberikan informasi mengenai gugus fungsional suatu molekul (Puspitasari, 2012).



Gambar 3. Skema Instrument FTIR (Thermo, 2010)

Spektrofotometer FTIR ini dapat digunakan untuk mendeteksi senyawa kimia, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Analisis secara kualitatifnya dapat dilakukan dengan melihat bentuk dari spektrumnya, yaitu dengan melihat puncak-puncak spesifik yang menunjukkan jenis gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa tersebut. Sedangkan untuk analisis kuantitatifnya dapat dilakukan dengan menggunakan senyawa standar yang dibuatkan spektrumnya pada berbagai varian konsentrasi. Kelebihan dari penggunaan instrument ini adalah cepat dalam penganalisisannya dibandingkan dengan spektrum IR, dapat digunakan dalam semua frekuensi dari sumber cahaya secara langsung sehingga analisisnya dapat dilakukan lebih cepat, dan sensitifitas dari metode spektrofotometer FTIR lebih besar dari pada spektrum IR, sebab radiasi yang masuk ke detektor lebih banyak karena tanpa harus melalui celah (Sastrohamidjojo, 1992).

Tabel 3. Bilangan Gelombang dan Interpretasi Spektrum Infrared

Bilangan gelombang (cm^{-1})	Gugus fungsi
800 – 1200	Ulura C-C
900 – 1300	C-O dan C-N
1050 – 1260	C-O ester
1200 – 1450	Tekukan OH
1515	Amina sekunder alifatik
1500 – 1610	Tekukan N-H
1580 – 1650	Tekukan N-H amina sekunder
1640 – 1820	C=O karbonil
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).

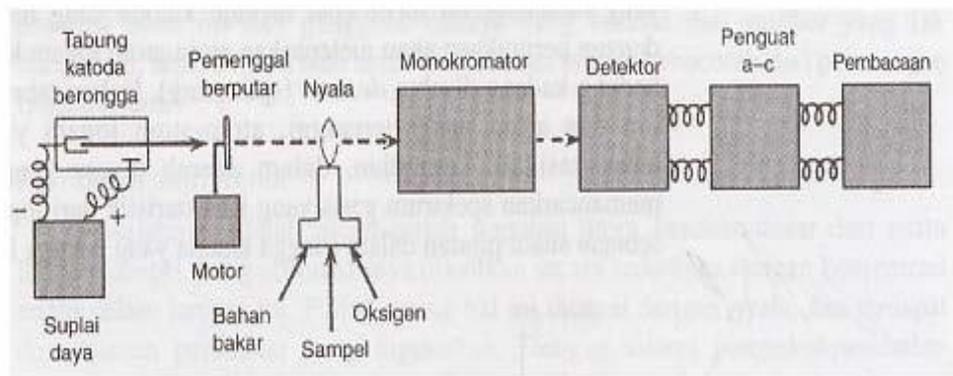
H. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) merupakan salah satu instrument yang digunakan untuk analisa secara kuantitatif terhadap unsur-unsur logam yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu oleh atom dalam keadaan bebas. Instrument ini memiliki sensitivitas yang sangat tinggi sehingga sering dijadikan sebagai pilihan utama dalam penganalisan unsur logam yang berkonsentrasi sangat kecil.

Instrument ini mempunyai beberapa kelebihan dibandingkan dengan metode spektroskopi emisi konvensional. Selain dengan menggunakan metode serapan atom, unsur-unsur dengan energi eksitasi rendah dapat juga dianalisis dengan fotometri nyala, akan tetapi fotometri nyala ini tidak cocok digunakan untuk menganalisa unsur-unsur yang mempunyai eksitasi tinggi. Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) memiliki *range* ukur optimum pada panjang gelombang 200-300 nm sedangkan untuk fotometri nyala memiliki *range* ukur optimum pada panjang gelombang 400-800 nm (Skoog et al., 2007).

Spektrofotometri serapan atom adalah suatu metode yang digunakan untuk mendeeksi atom-atom dalam fase gas. Metode ini sering kali mengandalkan nyala untuk mengubah logam dalam larutan sampel menjadi atom-atom logam berbentuk gas yang digunakan untuk analisis kuantitatif dari logam dalam sampel (Rohman, 2007).

Pada Spektrofotometri serapan atom terjadi penyerapan energi oleh atom sehingga atom mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Dalam metode ini, analisa yang dilakukan berdasarkan pengukuran intensitas sinar yang diserap oleh atom sehingga terjadi eksitasi. Dalam proses adsorpsinya memerlukan sumber radiasi monokromatik dan alat untuk menguapkan sampel, sehingga diperoleh atom dalam keadaan dasar dari unsur yang diinginkan. Spektrofotometri serapan atom merupakan sebuah metode analisa yang tepat digunakan untuk menganalisis analit terutama logam-logam dengan konsentrasi rendah (Pecsok, 1976).



Gambar 4. Skema Peralatan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA)

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapat kesimpulan sebagai berikut :

1. Karakterisasi menggunakan spectrum FTIR memperlihatkan terjadinya pergeseran bilangan gelombang dari gugus fungsi pada biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. murni, dan alga modifikasi setelah dikontak dengan ion logam Cr^{3+} .
2. Dari penelitian yang telah dilakukan didapatkan kondisi optimum penyerapan ion logam Cr^{3+} menggunakan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. terjadi pada pH 5, konsentrasi 250 mg/L, dan waktu kontak selama 120 menit.
3. Kapasitas serapan maksimum (Q_m) dari biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. yang dimodifikasi dengan methanol adalah sebesar 5,3050 mg/g (lampiran 10).

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai biomassa alga hijau *Mougeotia* sp. ini, misalnya digunakan untuk penelitian mengenai pemodifikasian gugus fungsi lain, seperti gugus fungsi karbonil.

DAFTAR PUSTAKA

- Adamson, A. 1989. *Physical Chemistry of Surface*. New York: Wiley Interscience.
- Agustiningtyas, Z. (2012). *Optimisasi adsorpsi ion Pb(II) menggunakan zeolit alam termodifikasi ditizon*. (Ii), 1–16.
- Ahalya, N. T.V. Ramachandra. R. D. Kanamadi. 2004. *Biosorption of Heavy Metals*. India : Centre for Ecological Science, Indian Institute of Science.
- Al-Homaidan, A. A., Al-Houri, H. J., Al-Hazzani, A. A., Elgaaly, G., & Moubayed, N. M. S. (2014). Biosorption of copper ions from aqueous solutions by *Spirulina platensis* biomass. *Arabian Journal of Chemistry*, 7(1), 57–62.
- Amir, R. M., Anjum, F. M., Khan, M. I., Khan, M. R., Pasha, I., & Nadeem, M. (2013). Application of Fourier transform infrared (FTIR) spectroscopy for the identification of wheat varieties. *Journal of Food Science and Technology*, 50(5), 1018–1023.
- Anayurt, R. A., Sari, A., & Tuzen, M. (2009). Equilibrium, thermodynamic and kinetic studies on biosorption of Pb(II) and Cd(II) from aqueous solution by macrofungus (*Lactarius scrobiculatus*) biomass. *Chemical Engineering Journal*, 151(1–3), 255–261.
- Anwar, C., Purwono, B., Pranowo, H, D, & Wahyuningsih, T, D. 1996, *Pengantar Praktikum Kimia Organik*. Jakarta: Depdikbud Dikti.
- Atkins, P.W. 1999. *Kimia Fisika Jilid II*. Jakarta: Erlangga.
- Bai, M. T., & Venkateswarlu, P. (2019). Optimization studies for lead biosorption on *Sargassum tenerrimum* (Brown Algae) using experimental design: Response Surface Methodology. *Materials Today: Proceedings*, 18, 4290–4298.
- Bayo, J. (2012). Kinetic studies for Cd(II) biosorption from treated urban effluents by native grapefruit biomass (*Citrus paradisi* L.): The competitive effect of Pb(II), Cu(II) and Ni(II). *Chemical Engineering Journal*, 191, 278–287.
- Bhernama, B. G. 2017. Biosorpsi Ion Logam Zink (II) dalam Laruan Menggunakan Daun Kari (*Murraya Koenigii*). *Al-Kimia*. 5(1): 60-70.
- Bilal, M., Rasheed, T., & Eduardo, J. 2018. Biosorption : *An Interplay between Marine Algae and Potentially Toxic Elements* . A Review. 65 : 1–16.
- Brinza, L., Dring, M. J., & Gavrilesco, M. (2007). Marine micro and macro algal species as biosorbents for heavy metals. *Environmental Engineering and Management Journal*, 6(3), 237–251.
- Calero, M., Pérez, A., Blázquez, G., Ronda, A., & Martín-Lara, M. A. (2013). Characterization of chemically modified biosorbents from olive tree pruning