

**BIOSORPSI ION LOGAM KROMIUM Cr (VI) MENGGUNAKAN
BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia sp*)**

SKRIPSI

Diajukan Kepada Tim Penguji Skripsi Jurusan Kimia Untuk Memenuhi Persyaratan

Guna Memperoleh Gelar Sarjana Sains



Oleh

DIAH FEBRIANI SAPUTRI

NIM2016/16036004

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

BIOSORPSI ION LOGAM KROMIUM Cr (VI) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp)

Nama : Diah Febriani Saputri

NIM : 16036004

Program Studi : Kimia

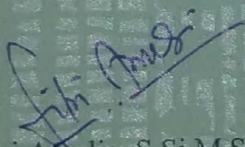
Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, November 2020

Mengetahui :

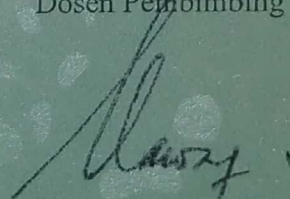
Ketua Jurusan Kimia



Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D

NIP. 19800819 200912 2 002

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing



Dr. Mawardi, M.Si

NIP. 196111231989031002

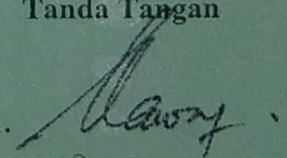
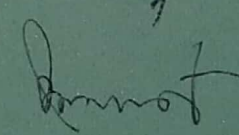
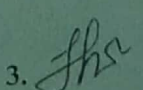
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Diah Febriani Saputri
TM/NIM : 2016/16036004
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

BIOSORPSI ION LOGAM KROMIUM Cr (VI) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp)

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	: Dr.Indang Dewata, M.Si	2. 
3	Anggota	: Hary Sanjaya, S.Si, M.Si	3. 

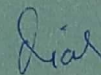
SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Diah Febriani Saputri
NIM/BP : 16036004/2016
Tempat/Tanggal Lahir : Padang/06 Februari 1998
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Asam Pulau, Kec. 2 x 11 Kayu Tanam, Padang
Pariaman, Sumatera Barat

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Biosorpsi Ion Logam Kromium Cr (VI) Menggunakan Biomassa Alga Hijau (*Mougeotia* sp)”** 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,



Diah Febriani Saputri
Nim.16036004

BIOSORPSI ION LOGAM KROMIUM Cr (VI) MENGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU (*Mougeotia* sp)

Diah Febriani Saputri

ABSTRAK

Kromium (VI) merupakan polutan yang diidentifikasi oleh Badan Pelindungan Lingkungan Amerika Serikat (US EPA) sebagai salah satu dari delapan bahan kimia berbahaya yang dapat menimbulkan ancaman bagi manusia dan ekosistem perairan mengingat ketoksikanya. Bahkan Badan Internasional Penelitian Kanker menempatkan Cr (VI) sebagai grup I yang dapat menyebabkan karsinogen dan Cr (VI) merupakan salah satu polutan terbanyak yang berada di nomor tiga ditemukan perairan dekat industri. Untuk itu diperlukannya dibatasi dan ditanggulangi Cr (VI) perairan. Biosorpsi hadir sebagai salah satu alternatif yang dapat menghilangkan polutan perairan yang mana penyerapannya dilakukan dengan memanfaatkan material alam yang melimpah. Alga hijau merupakan salah material alam (biomassa) yang digunakan sebagai bisorben. Hal ini dikarenakan gugus fungsi yang ada pada permukaan dinding sel yang berperan penting dalam pengikatan logam seperti amida, amina, hidroksil, karbonil, karboksil dan posfat. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metoda Batch dengan variasi pH, kosentrasi awal dan waktu kontak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimum terjadi pada pH 2 dengan penyerapan 3.734 mg/g, kosentasi optimum yang didapatkan adalah 250 ppm dengan penyerapan 4,123 mg/g dan waktu kontak optimum 60 menit dengan penyerapan 4,261 mg/g. Untuk menentukan kapasitas penyerapan biosorpsi digunakan pendekatan isoterm Langmuir dengan kapasitas penyerapan maksimum didapatkan adalah 4,122 mg/g dan nilai korelasi (R^2) adalah 0,9612. Karakterisasi alga hijau *Mougeotia* sp dengan menggunakan FTIR dilakukan untuk melihat gugus fungsi yang berperan dalam penyerapan Cr^{+6} .

Kata Kunci : Biosorpsi, Ion logam Cr^{+6} , Alga Hijau *Mougeotia* sp.

BIOSORPTION OF Cr (VI) METAL ION USING BIOMASSA GREEN ALGAE (*Mougeotia sp*)

Diah Febriani Saputri

ABSTRAK

Chromium (VI) is a pollutant identified by the United States Environmental Protection Agency (US EPA) as one of eight hazardous chemicals that can pose a threat to humans and aquatic ecosystems given their toxicity. Even the International Agency for Research on Cancer places Cr(VI) as group I which can cause carcinogens and Cr (VI) is one of the most pollutants, which is number three found in waters near industries. For this reason, it is necessary to limit and overcome Cr (VI) in the waters. Biosorption is present as an alternative that can remove pollutants in water, where adsorption is done by utilizing abundant natural materials. Green algae is one of the natural materials (biomass) which is used as biosorbent. This is because the functional groups on the surface of the cell walls play an important role in binding metals such as amides, amines, hydroxyl, carbonyl, carboxyl and phosphate. This research was conducted using the Batch method with variations in pH, initial concentration and contact time. The result showed that the optimum conditions occurred at pH 2 with adsorption of 3,734 mg/g, the optimum concentration obtained was 250 ppm with adsorption of 4,123 mg/g and optimum contact time was 60 minutes with adsorption of 4,261 mg/ g. To determine the adsorption capacity of the biosorption, the isotherm Langmuir approach was used with the maximum adsorption capacity obtained was 4.1222 mg/ g and the correlation value (R^2) was 0.9612. The characterization of green algae *Mougeotia sp* using FTIR was carried out to see the functional groups that play a role in the adsorption of Cr^{+6} .

Keyword : Biosorption, Cr^{+6} metals ion, green algae (*Mougeotia sp*).

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul **“Biosorpsi Ion Logam Kromium Cr (VI) Menggunakan Biomassa Alga Hijau (*Mougeotia sp*)”**. Shalawat dan salam untuk sosok yang mulia, suri teladan dalam segala sisi kehidupan, nabi Muhammad SAW.

Skripsi ini diajukan untuk melengkapi dan memenuhi persyaratan mata kuliah tugas akhir 2 guna memperoleh gelar sarjana sains (S-1) pada Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Dalam penulisan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, arahan, masukan, dan dukungan yang berharga dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Mawardi, M.Si. selaku pembimbing dan penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya proposal penelitian ini.
2. Bapak Dr. Indang Dewata, M.Si sebagai Dosen Penguji.
3. Bapak Hary Sanjaya, M.Si, S.Si sebagai Dosen Penguji.
4. Ibuk Fitri Amelia, S.Si, M.Si. sebagai Ketua Jurusan Kimia FMIPA UNP.
5. Bapak Umar kalmar Nizar, S.Si, M.Si, Ph.D. sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
6. Orang Tua tercinta yang telah memberikan semangat serta dorongan kepada penulis dalam melakukan setiap aktivitas persiapan penelitian.

7. Teman-teman yang selalu menyokong dan memberikan semangat baik secara fisik, mental, selalu mengingatkan tentang spiritual serta bantuan berupa bahan penelitian.
8. Semua pihak yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam penyusunan proposal penelitian.

Semoga bantuan dan bimbingan yang telah diberikan menjadi amal shaleh bagi Bapak/ Ibu dan teman-teman serta semoga dipermudah segala urusan dan senantiasa diberikan kesahatan oleh Allah SWT. Untuk kesempurnaan skripsi ini penulis mengharapkan kritikan dan saran yang membangun demi menyempurnakan skripsi ini kedepannya. Atas kritik dan saran yang diberikan penulis ucapkan terimakasih.

Padang, 02 September 2020

Penulis

DAFTAR ISI

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.....	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	8
A. Alga Hijau (<i>Mougeotia sp.</i>).....	8
B. Kromium (Cr^{+6}).....	10
C. <i>Hard and Soft Base</i> (HSAB)	12
D. Biosorpsi	14
E. Spektroskopi Fourier Transform-Infra Red (FTIR)	23
F. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	25
BAB III METODE PENELITIAN.....	27
A. Waktu dan Tempat Penelitian	27
B. Objek Penelitian	27
C. Variabel Penelitian	28
1. Alat.....	28
2. Bahan	29
D. Karakterisasi Biomassa alga hijau (<i>Mougeotia sp.</i>) menggunakan FTIR.	29
E. Metode Penelitian Secara Umum.....	29
1. Cara Pengambilan	29
2. Persiapan Biosorben	30

3.	Penentuan pH Optimum.....	30
4.	Penentuan Konsentrasi Optimum	31
5.	Penentuan Waktu Kontak Optimum.....	31
F.	Teknik Analisis Data.....	31
G.	Desain Penelitian Secara Umum.....	33
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		34
A.	Karakterisasi Gugus Fungsi Dalam Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia sp</i>).34	
B.	Pengaruh pH larutan Terhadap Penyerapan Ion Cr^{+6} Oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia sp</i>).	36
C.	Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan Terhadap Penyerapan Ion Logam Cr^{+6} Oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia sp</i>).	38
D.	Pengaruh Waktu kontak Terhadap Penyerapan Ion Logam Cr^{+6} Oleh Biomassa Alga Hijau (<i>Mougeotia sp</i>).	42
BAB V PENUTUP.....		44
A.	Kesimpulan	44
B.	Saran.....	44
DAFTAR PUSTAKA		46
LAMPIRAN.....		54

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Kapasitas biosorpsi logam berat dengan berbagai biomassa	10
Tabel 2. Klasifikasi Asam-Basa Keras, intermediet dan Lunak.	12
Tabel 3. Bilangan Gelombang dan Interpretasi Spektrum Infra Red.....	24

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Alga Hijau <i>Mougeotia sp.</i>	9
Gambar 2. Pengikatan Logam Secara Aktif.....	18
Gambar 3. Skema Dari Biosorpsi.	18
Gambar 4. Ikatan Logam dengan Biomassa yang Mengandung Gugus Fungsi - OH.....	19
Gambar 5. Ikatan Logam dengan Biomassa yang Mengandung Gugus Fungsi RCOO -.	20
Gambar 6. Kurva isotherm Langmuir Dalam Bentuk Linear	22
Gambar 7. Kurva isotherm Freundlich.....	23
Gambar 8. Skema kerja instrumen FTIR	24
Gambar 9. Skema Kerja Instrumen SSA.....	26
Gambar 10. Tempat pengambilan sampel.....	28
Gambar 11. Spektra FTIR alga hijau (<i>Mougeotia sp</i>) fresh dan setelah dikontakkan dengan ion logam Cr^{+6} dalam keadaan optimum	34
Gambar 12. Pengaruh pH terhadap penyerapan ion logam Cr^{+6} menggunakan alga hijau <i>Mougeotia sp.</i>	36
Gambar 13. Pengaruh konsentrasi larutan terhadap penyerapan ion logam Cr^{+6} menggunakan alga hijau <i>Mougeotia sp.</i>	39
Gambar 14. Persamaan isotherm Langmuir.....	40
Gambar 15. Pengaruh waktu kontak terhadap penyerapan ion logam Cr^{+6} menggunakan alga hijau <i>Mougeotia sp.</i>	42

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Skema Kerja Persiapan Biosorben	54
Lampiran 2. Skema Kerja Penentuan pH Cr ⁺⁶ Optimum.....	55
Lampiran 3. Skema Kerja Penentuan Konsentrasi Optimum	56
Lampiran 4. Skema Kerja Penentuan Waktu Kontak Optimum	57
Lampiran 5. Perhitungan Pembuatan Reagen	58
Lampiran 6. Spektrum FTIR alga hijau (<i>Mougeotia</i> sp) sebelum dikontakkan dan setelah dikontakkan dengan ion logam Cr ⁺⁶ dalam keadaan optimum	62
Lampiran 7. Data Hasil Pengukuran Ion Logam Cr ⁺⁶	64
Lampiran 8. Dokumentasi Penelitian	68

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi, memberikan kemakmuran dalam perkembangan industri. Namun perkembangan dari industri ini tidak hanya memberikan dampak positif bagi masyarakat dalam memenuhi kebutuhan yang semakin meningkat, namun juga memberikan dampak negatif bagi lingkungan. Dampak negatif yang dihasilkan adalah terjadinya pencemaran perairan.

Pencemaran perairan dapat terjadi disebabkan karena limbah organik dan anorganik dibuang ke perairan tanpa ada pengolahan yang baik dari industri atau diolah tetapi kadar polutan dibuang ke perairan masih diatas mutu. Penyebab lainnya yang dapat menyebabkan pencemaran perairan yaitu adanya kebocoran dari pengolahan pabrik industri yang berada didekat perairan, limbah rumah tangga yang dibuang ke perairan dan proses alam (sedimentasi). Hal inilah yang dapat memicu terjadi pencemaran perairan sehingga mengakibatkan terganggunya ekosistem perairan.

Salah satu contoh pencemaran yang sering ditemukan di perairan yaitu polutan logam. Polutan logam merupakan salah satu masalah isu global yang sangat serius, dikarenakan sifat dari logam itu sendiri bersifat non-biodegradable dan memiliki kemampuan terakumulasi dalam tubuh organisme, karena tidak bisa dicerna didalam tubuh sehingga diteruskan dalam sistem pencernaan makan dan Menyebabkan terakumulasi..

Kromium merupakan salah satu polutan logam yang sering ditemukan diperairan dalam bentuk dua valensi yaitu Cr (VI) dan Cr (III) yang memiliki sifat fisik kimia, ketersediaan dan toksitas yang berbeda. Ion logam Cr (VI) 100 kali lipat lebih toksik dibandingkan Cr (III) (Haroon et al., 2020); (Liu, Fiol, Villaescusa, & Poch, 2016); (Mawardi & Nisa, 2013). Hal ini dikarenakan Cr (VI) merupakan pengoksidasi kuat (Haroon et al., 2020); (Aharchaou et al., 2017), sehingga dapat mengoksidasi protein, DNA dan menyebabkan DNA mengalami mutasi. Ion logam Cr (VI) tidak hanya menyebabkan mutasi DNA tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan reproduksi dan dapat memicu bayi yang lahir cacat (Haroon et al., 2020).

Badan Pelindungan Lingkungan Amerika Serikat (US EPA) mengidentifikasi Cr (VI) merupakan salah satu delapan bahan kimia yang dapat menimbulkan ancaman yang sangat berbahaya bagi kesehatan manusia mengingat ketoksikannya yang tinggi (Jobby, Jha, Yadav, & Desai, 2018). Sedangkan Badan Internasional Penelitian Kanker menempatkan Cr (VI) sebagai grup I yang dapat menyebabkan karsinogen bagi manusia. Cr (VI) merupakan polutan logam terbanyak yang berada dinomor tiga yang umumnya ditemukan dilokasi pembuangan limbah dari industri (Haroon et al., 2020). Industri yang umumnya menggunakan kromium sebagai baku adalah industri metalurgi, elektroplating, penyamakan kulit, pengawetan kayu, pembuatan baja tahan karat, cat, pulp dan kertas (Jobby et al., 2018). Berdasarkan dampak negatif dari Cr (VI) telah dipaparkan maka perlunya penanggulangan ion logam Cr (VI) diperairan.

Proses penanggulang logam diperairan telah banyak dikembangkan, salah satu contohnya penanggulang dengan cara pengendapan secara kimia dengan menambahkan bahan kimia yang dapat mengendapkan logam berat seperti hidroksidanya (Sanjaya Ayu, 2018), pertukaran ion (Setyawan, Aji, & Purnomo, 2016) adsorpsi (Syauqiah, Amalia, & Kartini, 2011), teknologi membran, osmosis terbalik (Agustina, 2006), dan proses elektrokimia (Haris, Riyanti, & Gunawan, 2005). Proses penanggulangan logam yang banyak mendapat perhatian dan banyak dikembangkan adalah biosorpsi.

Biosorpsi adalah memanfaatkan material organik untuk meyerap logam diperairan . Secara umum keuntungan dari bisorpsi yaitu biaya rendah, kapasitas pengkitan logam tinggi dan penanganan sampel mudah / tidak ribet (Lapik, 2017). Biomassa yang dapat digunakan sebagai biosorpsi yaitu alga (Mawardi, 2011), ragi, jamur (Dimawartina, Panji, & Mulyoprawiro, 2017), dan baketri (Abdel -Aty, Ammar, Abdel Ghafar, & Ali, 2013). Beberapa biomassa yang telah dipaparkan memang dapat digunakan untuk menghilangkan polutan logam berat diperairan, tetapi ketersediaan biomassa adalah faktor utama yang harus diperhatikan dalam biosorpsi. Untuk itu, biomassa tepat digunakan adalaha alga hijau. Karena Alga merupakan salah satu biomassa ideal. Syarat biomassa dikategorikan sebagai biomassa ideal adalah ketersediaan melimpah.

Alga hijau (Chlorophyta) adalah merupakan spesies yang melimpah di air tawar dan air laut (Cheng, Show, Lau, Chang, & Ling, 2019). Selain ketersediaan melimpah alga juga preparasi sampel (penanganan sampel) mudah, tidak menimbulkan limbah beracun, lebih murah dan memiliki kapasitas serapan luar

biasa. Kapasitas serapan alga luar biasa ini disebabkan karena makromolekul penyusun dinding terdiri dari selulosa, pektin dan glikoprotein pada permukaan dinding sel. Makromolekul penyusun dinding sel ini mengandung gugus fungsi yang berperan penting dalam pengikatan logam seperti amida, amina, hidroksil, karboksil, karbonil dan sulfat yang bertindak sebagai situs aktif dalam pengikatan logam (Lee & Chang, 2011); (Zeraatkar, Ahmadzadeh, Talebi, Moheimani, & McHenry, 2016) (Mawardi et al., 2014).

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik mengkaji penanggulan polutan logam dengan cara bisorpsi menggunakan biomassa alga hijau (*Mougeotia sp*) terhadap penyerapan Cr^{+6} . Dimana untuk melihat kandungan alga hijau (*Mougeotia sp*), maka diidentifikasi dengan menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Kemudian dilakukan berbagai variasi dari parameter-parameter seperti pH, waktu kontak, dan konsentrasi awal untuk melihat pengaruh serapan alga murni terhadap daya serap Cr^{+6} dari parameter-parameter yang divariasikan. Berbagai variasi ini akan diidentifikasi menggunakan instrument Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang diatas, maka masalah dalam penelitian ini dapat diidentifikasi berupa :

1. Ion logam Cr^{+6} merupakan polutan logam yang bersifat non-biodegradable jika berada diperiran dapat mengganggu eksoistem diperairan maka perlu dibatasi.

2. Ion logam Cr^{+6} diidentifikasi oleh Badan Perlindungan Lingkungan Amerika Serikat (US EPA) sebagai salah satu dari delapan bahan kimia yang berbahaya yang dapat mengganggu kesehatan manusia dan ekosistem perairan.
3. Ion Cr^{+6} dikategorikan oleh Badan Internasional Penelitian Kanker sebagai grup I yang dapat menyebabkan karsinogen bagi manusia.
4. Alga hijau dapat dijadikan sebagai biosorben untuk mengatasi dan mengurangi polutan ion logam Cr^{+6} .

C. Batasan Masalah

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

1. Biosorben yang digunakan adalah alga hijau *Mougeotia sp.* yang berasal dari Sungai Anduring, Kayu Tanam, Padang Pariaman.
2. Material yang akan diadsorpsi adalah ion logam Kromium Cr^{+6} .
3. Untuk melihat peranan gugus fungsi dari biomassa *Mougeotia sp.* terhadap penyerapan ion logam Cr^{+6} maka dikarakterisasi menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*).
4. Variabel bebas pada penelitian ini adalah pengaruh pH, konsentrasi, dan waktu kontak.
5. Pengukuran dari kapasitas serapan biomassa alga hijau *Mougeotia sp.* terhadap ion logam Cr^{+6} dikarakterisasi menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA).

D. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

1. Bagaimana karakteristik biomassa alga hijau (*Mougeotia sp*) sebelum dikontakkan dengan setelah dikontakkan dengan ion logam Cr^{+6} menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) ?
2. Bagaimana pengaruh dari variasi pH, konsentrasi dan waktu kontak terhadap penyerapan Cr^{+6} menggunakan biomassa alga hijau (*Mougeotia sp*) ?
3. Berapakah jumlah kapasitas penyerapan maksimum dari biomassa alga hijau (*Mougeotia sp*) terhadap ion logam Cr^{+6} ?

E. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui karakteristik dari biomassa alga hijau (*Mougeotia sp*) murni dan biomassa yang telah dikontakkan dengan ion logam Cr^{+6} dengan menggunakan FTIR.
2. Mengetahui jumlah penyerapan maksimum dari biomassa alga hijau (*Mougeotia sp*) dari parameter- parameter yang dilakukan terhadap penyerapan ion logam Cr^{+6} .

F. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat :

1. Sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Kimia S1 dan pengembangan diri dalam bidang kajian kimia.

2. Memberikan informasi kandungan alga hijau (*Mougeotia sp*) yang berfungsi sebagai biosorben untuk menyerap ion logam Cr^{+6} diperairan.
3. Memberikan informasi tentang serapan optimum dari alga hijau (*Mougeotia sp*) terhadap parameter-parameter telah dilakukan pada penyerapan ion logam Cr^{+6} .
4. Memberikan manfaat bagi peneliti selanjutnya untuk dijadikan sebagai referensi dalam pengembangan bidang biosorpsi.
5. Memberikan informasi bagaimana cara penanggulangan ion logam Cr^{+6} diperairan dengan menggunakan biomassa alga.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Alga Hijau (*Mougeotia sp.*)

Alga hijau (Chlorophyta) adalah ganggang hijau hidup secara fotoautotrof di air tawar, beberapa jenis lainnya hidup di laut sebagai fitoplankton. Alga hijau berwarna hijau karena memiliki pigmen dominan klorofil a dan klorofil b dan memiliki sel bervariasi ada bersel tunggal, bersel banyak dan hidup secara berkoloni (Rosyadi, Laily, Sitoresmi, & Yushardi, 2017). Alga Hijau dapat digunakan sebagai biosorben karena makromolekul penyusun dinding sel alga terdapat gugus fungsi yang berperan penting dalam penyerapan logam (Lee & Chang, 2011). Alga yang digunakan sebagai biosorpsi adalah *Mougeotia sp.*

Klasifikasi dari *Mougeotia sp.* adalah

Kingdom : Protista

Divisio : Chlorophyta

Kelas : Cholorophyceae

Ordo : Zygnematales

Famili : Zygnemataceae

Genus : Mougeotia

Spesies : *Mougeotia sp.* (Junda & Hala, 2013).

Alga hijau *Mougeotia sp.* merupakan kelompok *Clorophyta* (ganggang hijau) yang hidup dipermukaan air sungai, memiliki filamen yang tidak bercabang dan hidup melekat pada substratnya baik dalam air tergenang maupun mengalir (Junda & Hala, 2013).

Dinding sel alga hijau disusun oleh selulosa, pektin dan glikoprotein pada permukaan sel dinding. Polimer ini mengandung gugus fungsi seperti amida, amina, hidroksil, karboksil, karbonil dan sulfat yang dapat bertindak sebagai situs aktif dalam pengikatan logam (Lee & Chang, 2011); (Zeraatkar et al., 2016). Berdasarkan literatur sebelumnya bahwa salah satu contoh biomassa alga hijau *Spirogyra sp* yang memiliki filum sama atau hubungan kekerabatan sama hanya saja genusnya berbeda dengan *Mougeotia sp.* dilaporkan bahwa unsur utama penyusun *Spirogyra sp* yang tumbuh di perairan kota Padang terdiri dari karbon, nitrogen dan oksigen berkisar 8,76% karbon, 30,09% nitrogen, dan 55,83% oksigen. Disamping itu, terdapat unsur-unsur masing-masing 1,21% fosfor, 1,26% belerang, 0,73% silikon dan 1,73% kalium. Dengan demikian, biomassa alga hijau diharapkan mengandung gugus-gugus karboksilat, amina, amida, karbonil dan hidroksil, disamping adanya senyawa silikon, belerang dan fosfor (Mawardi, 2011).



Gambar 1. Alga Hijau *Mougeotia sp.* (Z. Yang, Peng, Wang, & Liu, 2010).

Alga sebagai bisorben dapat digunakan secara langsung atau dikeringkan terlebih dahulu. Keuntungan menggunakan alga yang telah dikeringkan pada

penghapusan logam adalah efisiensi tinggi sebagai biosorben, penanganan mudah, tidak ada kebutuhan mineral untuk bertahan hidup, biaya rendah, dan mereka dapat dengan mudah dikumpulkan sepanjang pantai pasang (Mar, Hanela, Duran, & Afonso, 2012). Keuntungan menggunakan biomassa alga hijau sebagai biosorben adalah ketersediaan biomassa alga hijau lebih melimpah dibandingkan dengan alga yang lain dan alga hijau mudah hidup disungai-sungai sehingga mudah didapatkan (Lee & Chang, 2011); (Junda & Hala, 2013).

Tabel 1. Kapasitas biosorpsi logam berat dengan berbagai biomassa

Species Alga	Metal ions	Biosorption capacity (mg/ g)	Referensi
<i>Scenedesmus incrassatulus</i>	Cr (VI)	4.4	(Jocome, 2009)
<i>Caulerpa serrulata</i>	Cd (II)	2.12	(Mwangi and Ngila, 2012)
<i>Micractinium reisseri</i>	Cu (II)	1.710	(Lee et al, 2016).
<i>Enteromorpha</i> sp.	Cr (VI)	5.3475	(Rangabhasiyam et al, 2016)
<i>Cladophora</i> sp.	Cu (II)	13.7	(Lee and Chang, 2011)

B. Kromium (Cr⁺⁶)

Kromium merupakan logam yang memiliki nomor atom 22 dan berat atom 52 g/ mol. Keberadaan unsur kromium di perairan ditemukan dalam bentuk dua

valensi yaitu Cr (VI) dan Cr(III) yang memiliki sifat fisik kimia, ketersediaan dan toksitas yang berbeda. Ion logam Cr (VI) 100 kali lipat lebih toksik dibandingkan Cr (III) (Haroon et al., 2020); (Liu et al., 2016). Hal ini dikarenakan Cr (VI) merupakan pengoksidasi kuat (Haroon et al., 2020); (Aharchaou et al., 2017), sehingga dapat mengoksidasi protein, DNA dan menyebabkan DNA mengalami mutasi. Ion logam Cr (VI) tidak hanya menyebabkan mutasi DNA tetapi juga dapat mempengaruhi kesehatan reproduksi dan dapat memicu bayi yang lahir cacat (Haroon et al., 2020).

Dampak negatif dari menghirup Cr (VI) dapat menyebabkan perforasi hidung sehingga meningkatkan resiko penyakit saluran pernafasan. Jika tertelan krom (VI) dapat menyebabkan keusakan paru-paru, kanker perut, bronkitis kronis, nyeri epigastrium, kerusakan hati, gangguan ginjal, neurosis jaringan, iritasi pada sistem pencernaan, pendarahan internal, emfisema dan kerusakan DNA (Jobby et al., 2018). Populasi yang rentan untuk mengalami keracunan kromium adalah populasi yang tinggal didekat pabrik pengolah kromium, dan pekerja pada pabrik kromium. Manusia dapat terpapar ion logam kromium dari udara, konsumsi makanan, minuman yang telah terpapar kromium dan kontak kulit dengan kromium berada diperairan (Bijang, Latupeirissa, & Ratuhanrasa, 2018).

Logam Cr(VI) ditemukan dilingkungan berasal dari proses alam (sedimentasi), pertambangan, limbah rumah tangga, produksi dari industri metalurgi, elektroplating, penyamakan kulit, pengawetan kayu, pembuatan baja tahanan karat, cat, pulp dan kertas (Jobby et al., 2018)..

C. *Hard and Soft Base (HSAB)*

HSAB (*Hard Soft Acid Base*) adalah teori yang menjelaskan keras dan lunaknya suatu asam dan basa. Teori ini digunakan untuk menjelaskan mekanisme, kestabilan senyawa dan menjelaskan faktor utama terjadi reaksi kimia terutama pada logam transisi.

Pearson (1963) mengklasifikasi asam basa Lewis menurut sifat keras dan lunaknya. Asam dan basa keras adalah tidak mudah terpolarisasi atau tidak mudah melepaskan elektron valensinya, sedangkan asam dan basa lunak adalah mudah terpolarisasi. Menurut Pearson permukaan padatan pada situs aktif (biosorben) dapat dianggap sebagai ligan yang mengikat logam secara selektif.

Logam dan ligan dikelompokkan menurut sifat keras dan lunaknya berdasarkan polaritas suatu unsur. Ion logam bermuatan positif, berukuran kecil dan tidak mudah terpolarisasi disebut dengan asam keras, sedangkan ion logam bermuatan besar dan kecil atau nol, kemudian elektron luar mudah terpolarisasi disebut dengan asam lemah. Ligan yang atomnya elektronegatif, berukuran kecil dan tidak mudah terpolarisasi adalah basa keras, sedangkan ligan mudah terpolarisasi atau mudah melepaskan elektron bebas karena pengaruh ion diluarnya disebut basa lemah (La Kilo, 2018) (Amri, Supranto, & Fahrurrozi, 2004).

Tabel 2. Klasifikasi Asam-Basa Keras, intermediet dan Lunak (La Kilo, 2018).

Kelas	Asam	Basa
Keras	H^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ Be^{2+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} , Sr^{2+} Ti^{4+} , Cr^{3+} , Cr^{6+} , Mn^{2+} , Mn^{7+} , Fe^{3+} , Co^{3+} BF_3 , BCl_3 , Al^{3+} , $AlCl_3$, AlH_3 CO_2 , Si^{4+} HX (molekul ikatan hydrogen)	H_2O , NH_3 , N_2H_4 F^- , Cl^- , OH^- , ROH , R_2O NO_3^- , ClO_4^- , CH_3COO^- O^{2-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} PO_4^{3-}
Daerah batas	Fe^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Cu^{2+} , Zn^{2+} , Sn^{2+} , Pb^{2+} $C_6H_5^+$, NO^+ , Sb^{3+} , Bi^{3+} , SO_2	$C_6H_5NH_2$, N_3^- , N_2 , NO_2^- , Br^- SO_3^{2-}
Lunak	Cu^+ , Ag^+ , Au^+ , CH_3Hg^+ , Hg_2^{2+} , Hg^{2+} , Cd^{2+} , Pd^{2+} , Pt^{2+} , Pt^{4+} , Br_2 , Br^+ , I_2 , I^+ , O , Cl , Br , I , N-atom Logam	H^- , C_2H_4 , C_6H_6 , CO , SCN^- CN^- , I^- S^{2-} , $S_2O_3^{2-}$

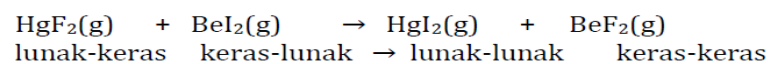
Teori HSAB menggolongkan asam dan basa dalam tiga kategori masing-masing keras, sedang, lunak dan keras. Yaitu sebagai berikut :

1. Asam keras : merupakan ion logam kelas A, asam keras memiliki elektronegatif rendah dan densitas muatan tinggi.
2. Asam lunak : merupakan ion logam kelas B, memiliki elektronegatif yang tinggi dan densitas muatan kecil, sehingga mudah terpolarisasi.
3. Asam dan basa intermediet : elektronegatif dan densitas muatan berada diantara Hard dan Soft. Contohnya ion logam Cu^+ memiliki densitas muatan 51 C. mm^{-3} termasuk asam lemah karena memiliki densitas muatan kecil, sedangkan ion logam Cu^{+2} densitas muatan 116 C. mm^{-3} merupakan asam intermediet. Ion logam Fe^{+3} dan Co^{+3} memiliki densitas muatan lebih dari 200 C. mm^{-3} merupakan asam kuat, sedangkan ion logam Fe^{+2} dan Co^{+2} densitas muatan adalah 100 C. mm^{-3} merupakan asam intermediet.

4. Basa keras atau ligan kelas A : ion logam F^- dan segala sesuatu yang berikatan dengan O yaitu contohnya O^{2-} , OH^- , NO_3^- , PO_4^{3-} , CO_3^{2-} , SO_4^{2-} dan perklorat (ClO_4^-) dan ion monoatomik yang memiliki densitas muatan yang relatif tinggi. Ion klorida merupakan basa keras.
5. Basa lunak atau ligan kelas B : memiliki keelektronegatif yang rendah, seperti karbon, fosfor dan ion logam I^- mudah terpolarisasi karena densitas muatan kecil dan suka membentuk ikatan konvalen (Geoff, 2010 : 156 ñ157).

Teori HSAB menjelaskan kestabilan senyawa, dimana asam lunak cenderung membentuk garam stabil jika bereaksi dengan basa lunak. Adapun asam keras membentuk senyawa garam yang stabil dengan basa keras. Interaksi asam lunak dengan basa lunak adalah konvalen, sedangkan interaksi asam keras dengan basa keras adalah ionik.

Menurut prinsip HSAB Perason yaitu asam keras suka berinteraksi dengan basa keras dan asam lunak suka beriteraksi dengan basa lunak. Konsep ini menjelaskan dimana dapat meramalkan terjadi atau tidaknya suatu reaksi, melalui tidak suka. Berikut ini adalah contoh dari reaksi tidak suka dan tidak suka :



Sumber : (La Kilo, 2018).

D. Biosorpsi

Biosorpsi adalah memanfaatkan biomassa untuk menyerap polutan beracun yang berada diperairan, terjadi secara *metabolim indepent* pada sel hidup dan mati mikroorganisme dan organisme diyakni terjadi pada permukaan dinding sel dan

eksternal lainnya melalui mekanisme fisika dan kimia seperti pertukaran ion, pembentuk kompleks dan adsorpsi. Gugus fungsi yang terdapat pada makromolekul penyusun dinding sel seperti karbositat, amina, tiolat, karbonil dan gugus fosfat dapat berkoordinasi dengan atom pusat melalui pasangan elektron bebas (Mawardi, Nazulis. Z, 2014). Pengajian pengikatan logam dengan biomassa telah dimulai pada tahun 1985. Biomassa yang dapat digunakan sebagai biosorpsi adalah seperti jamur, ragi, bakteri dan alga. Beberapa biomassa yang disebut memang sangat efektif digunakan sebagai biosorpsi, tetapi ketersediaan biomassa adalah faktor yang harus dipertimbangan sebagai biosorben.

Biomassa yang ideal digunakan sebagai biosorben untuk menghilangkan logam diperairan adalah ketersediannya melimpah, memiliki kapasitas biosorpsi yang tinggi, hemat biaya, maka biomassa yang digunakan adalah alga. Alga hijau merupakan salah satu biomassa yang ideal karena merupakan spesies yang melimpah di air tawar dan air laut, tersebar diseluruh dunia (Lee & Chang, 2011), murah, penangannya mudah, hemat waktu dan energi dan tidak menghasilkan limbah yang beracun (Cheng et al., 2019).

Pengikatan logam dengan organisme dan mikroorganisme terbagi menjadi 2 bagian yaitu, pengikatan logam secara pasif menggunakan sel mati dan pengikatan logam secara aktif menggunakan sel hidup untuk menyerap logam. Beberapa penelitian telah mengkaji pengikatan logam secara pasif dan aktif, salah satu contoh yang digunakan adalah *Chorella vulgaris*. Hasil yang diperoleh pengikat logam secara pasif untuk menyerap ion logam Pb^{+2} diperoleh 83% yang terserap, sedangkan pengikatan logam secara aktif menyerap ion logam As^{+3} adalah 17%

yang terserap. Berdasarkan penjelasan yang telah dipaparkan, maka dapat ditarik kesimpulan penyerapan logam efektif menggunakan pengikatan secara pasif (Ratnawati, Ermawati, & Naimah, 2010). Pengikatan logam secara pasif memiliki keuntungan yaitu karena penganannya mudah, tidak membutuhkan mineral mineral untuk bertahan hidup dan biaya rendah (Mar et al., 2012).

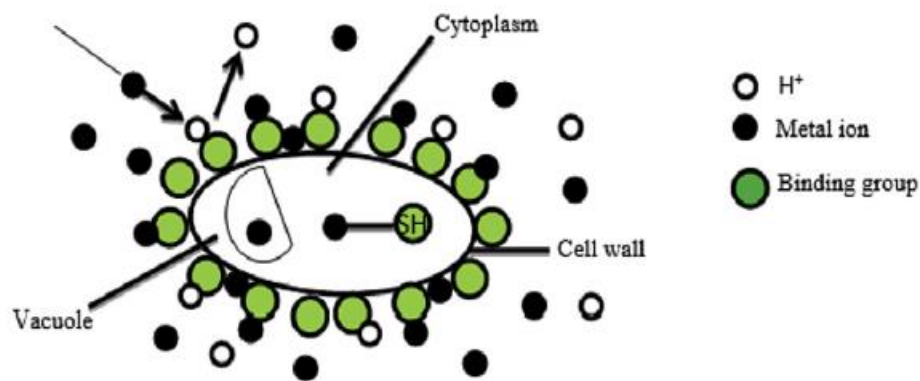
A. Pengikatan logam dengan mikroorganisme dan organisme terbagi menjadi 2 bagian (Ratnawati et al., 2010); (Bilal et al., 2018).

1. Adsorpsi yang tidak bergantung metabolisme (metabolism-independ) atau pengikatan pasif

Pengikatan pasif terjadi pada sel mati. Proses pengikatan ini terjadi ketika kation logam berikatan pada makromolekul yang ada pada permukaan dinding sel. Adsorpsi yang tidak bergantung metabolisme ini dikenal dengan istilah biosorpsi. Ada dua cara pengikatan ion logam yang tidak bergantung pada metabolisme yaitu pertukaran ion dan pembentukan kompleks. Pertukaran ion terjadi dimana ion monovalent dan divalent seperti Na, Mg dan Ca yang ada pada permukaan dinding sel digantikan oleh ion logam. Pembentukan kompleks terjadi saat kation logam berikatan dengan gugus fungsional yang terdapat pada makromolekul penyusun dinding sel seperti karbonil, amino, thiol, hidroxy, karbonil dan phosphate yang berada pada dinding sel. Proses bisosorpsi ini bersifat bolak-balik dan cepat. Proses bolak-balik ikatan logam pada permukaan sel dapat terjadi pada sel hidup dan mati (Ratnawati et al., 2010).

2. Adsorpsi yang bergantung pada metabolisme (metabolism - dependent) atau pengikatan secara aktif

Sebelumnya biosorpsi dikategorikan menjadi pengikatan secara metabolisme dan tidak bergantung metabolisme. Namun beberapa dekade proses yang bergantung pada metabolisme disebut biokumulasi dan tidak bergantung metabolisme disebut biosorpsi. Pengikatan logam dengan menggunakan metabolisme disebut juga sebagai biosorpsi aktif, karena proses pengikatannya melibatkan dua proses yaitu pertama mirip dengan biosorpsi, dimana logam terikat pada permukaan dinding sel dan kedua intraseluler. Dimana pengikatan logam secara intraseluler ini dilakukan dengan cara mengakutan ion logam ke dalam sel atau akumulasi intraseluler (Bilal et al., 2018). Proses ini pengikatan ini terjadi pada sel hidup, dimana kation logam masuk melewati membran sel digunakan untuk pertumbuhan mikroorganisme dan organisme yang dibutuhkan sebagai kofaktor dalam metabolisme sel dan terakumulasi intraseluler. Akumulasi intraselelur dapat terjadi dimana ion logam diangkut ke vakuola. Selama proses ini ada protein struktural yang berada dalam vakuola seperti metalotionen (MTs) yang memiliki gugus $-SH$ yang akan berikatan dengan ion logam sehingga dapat terakumulasi dalam sitoplasma dan vakuola (Ratnawati et al., 2010).

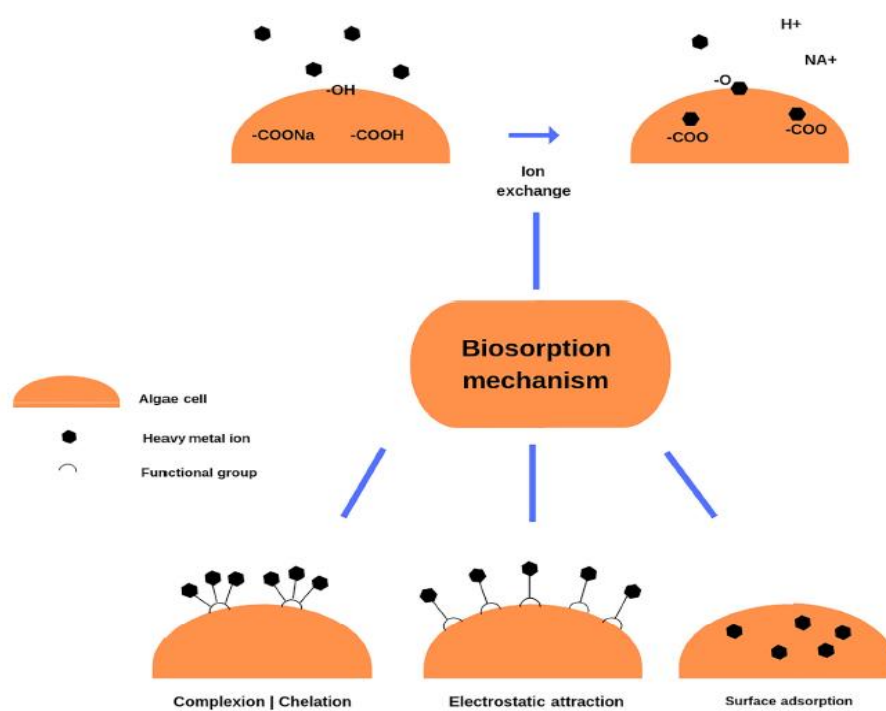


Gambar 2. Pengikatan Logam Secara Aktif (Zeraatkar et al., 2016).

Pengikatan secara aktif ini terbatas, karena dapat akumulasi ion logam berat pada organ tertentu vakuola dan sitoplasma, sehingga dapat menyebabkan racun bagi mikroorganisme dan organisme, dapat menghalangi pertumbuhan dan metabolisme dari mikroorganisme dan organisme. Proses biosorpsi ini bergantung pada energi yang terkandung dan sensitifitas terhadap parameter pH, suhu dan cahaya. Proses ini akan berjalan kurang optimum pada suhu rendah, kurang energi dan metabolisme terhambat (Ratnawati et al., 2010).

B. Interaksi Biosorpsi Dalam Larutan

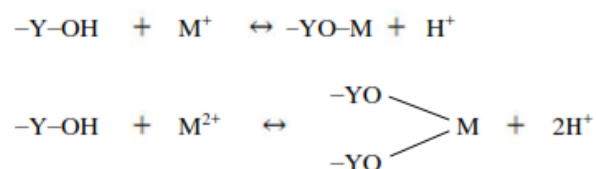
Skema dari mekanisme biosorpsi untuk menghilangkan logam berat diperairan adalah seperti gambar dibawah in:



Gambar 3. Skema Dari Biosorpsi (Cheng et al., 2019).

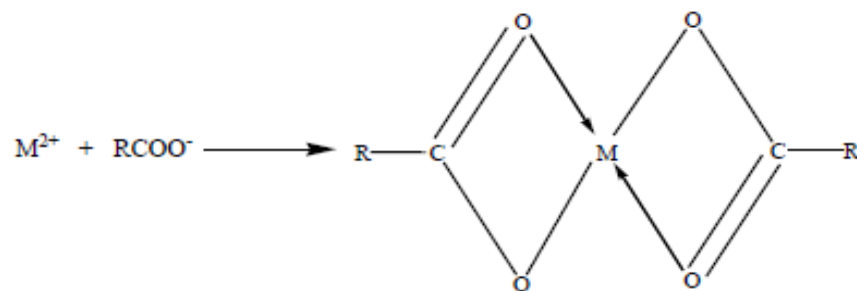
Interaksi ion terjadi antara kation logam dengan gugus fungsi makromolekul penyusun dinding sel. Interaksi ion mirip dengan interaksi dalam resin pertukaran kation, maka dapat dikatakan interaksi ion sama dengan pertukaran kation. Pertukaran ion dapat terjadi, dimana ion monovalent dan divalent yang ada pada permukaan dinding sel alga diganti dengan kation logam. Namun ion yang sering dipertukarkan yang terdapat pada dinding sel biomassa dengan ion logam adalah ion monovalent karena ikatan lemah pada dinding sel biomassa dibandingkan dengan ion divalent. Kekuatan interaksi ion tergantung pada jari-jari ion logam, derajat ionisasi anion makromolekul, pH dan persaingan dari muatan positif tertentu dengan polimer dan derajat hidrasi. Interaksi ion ini terjadi pada gugus fungsi yang bermuatan negatif yaitu karboksil.

Interaksi polar yaitu pembentukan kompleks terjadi apabila makromolekul penyusun dinding sel biomassa seperti glikoprotein, kitosan dan kitin dapat membentuk ikatan kompleks dengan ion logam transisi melalui interaksi dipol-dipol antar kation logam dengan gugus fungsi polar yaitu OH, NH₂, dan C=O (Ratnawati et al., 2010).



Gambar 4. Ikatan Logam dengan Biomassa yang Mengandung Gugus Fungsi -OH (Bijang et al., 2018).

M^+ dan M^{2+} adalah kation logam, $-OH$ adalah gugus hidroksil dan Y adalah matriks tempat gugus $-OH$ terikat. Ikatan yang terjadi adalah ikatan kompleks, dimana kation logam kekurangan elektron pada orbital d, sehingga diisi oleh O dari gugus fungsi $-OH$ yang memiliki pasangan elektron bebas (Bijang et al., 2018).



Gambar 5. Ikatan Logam dengan Biomassa yang Mengandung Gugus Fungsi $RCOO^-$ - (Langan et al., 2017).

M^+ dan M^{2+} adalah kation logam, $RCOO^-$ adalah gugus karboksil yang terdapat pada makromolekul dinding sel membentuk ikatan kompleks dengan kation logam (Langan et al., 2017).

Kapasitas dari bisorpsi dapat ditentukan dengan menggunakan isotherm adsorpsi. Isotherm dalam adsorpsi menggambarkan suatu kesetimbangan yaitu hubungan konsentrasi logam yang tersisa dalam larutan dan konsentrasi yang teradsorpsi pada suhu konstan (Al-Homaidan, Al-Qahtani, Al-Ghanayem, Ameen, & Ibraheem, 2018). Adsorpsi fasa padat-cair biasanya menggunakan persamaan Langmuir dan Freundlich. Penentuan tipe isotherm dengan mengubah persamaannya menjadi kurva kesetimbangan dengan garis lurus. Penentuan kesetimbangan tergantung pada R (harga koefisien korelasi) yang mendekati

satu, maka dapat ditentukan jenis isotherm apakah mengikuti isotherm Freundlich dan Langmuir (Wijayanti, Susatyo, Kurniawan, & Sukarjo, 2018). *Isotherm* adsorpsi yang digunakan dalam percobaan adalah isotherm Langmuir, Karena penyerapan logam diyakini terjadi pada permukaan dinding sel alga dan eksternal lainnya ada 2 yaitu:

1. *Isotherm* Langmuir

Isotherm Langmuir mengasumsikan bahwa:

- Adsorbat diadsorpsi pada situs aktif (biosorben)
- Permukaan biosorben adalah homogen dan biosorpsi terjadi pada permukaan lapisan tunggal (monolayer).
- Setiap situs aktif (biosorben) hanya dapat berisi satu anion, kation atau molekul yang akan diserap
- Penyerapan energi sama pada situs aktif (Kleinübing, da Silva, da Silva, & Guibal, 2011) (Ahmad, Bhat, & Buang, 2018).

Persamaan *isotherm* Langmuir dalam bentuk linear merupakan suatu hubungan yang dinyatakan sebagai berikut :

$$\frac{q_e}{C_e} = \frac{q_m}{1 + C_e K_L} + \frac{1}{K_L}$$

Keterangan

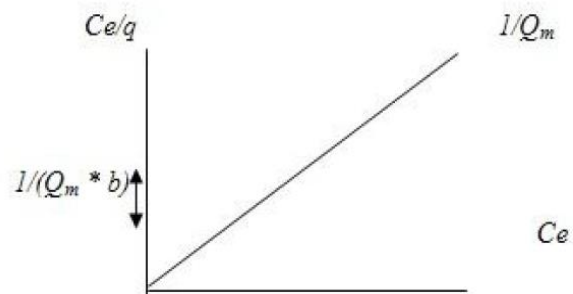
q_e = Jumlah logam yang teradsorpsi (mg adsorbat/ g adsorben)

C_e = Konsentrasi logam setelah adsorpsi (mg adsorbat / Liter)

q_m = Kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)

b = Konstanta keseimbangan/ afnitas serapan (L / mg) (Hidayati & Suyono, 2013) (Jasmal, Sulfikar, & Ramlawati, 2015).

Bentuk kurva linear persamaan isotherm Langmuir



Gambar 6. Kurva isotherm Langmuir Dalam Bentuk Linear (Jasmal et al., 2015).

Kurva isotherm Langmuir diperoleh dari data C_e/q_e diplot terhadap C_e , maka akan membentuk garis lurus dengan perpotongan sumbu Y menyatakan nilai $1/(Q_m \cdot b)$ dan kemiringan dari garis lurus menyatakan nilai $1/Q_m$.

2. Isotherm Freundlich

Isotherm Freundlich mengasumsikan bahwa :

- Bisorpsi terjadi secara multilayer dengan adanya interaksi molekul teradsorpsi.
- Permukaan biosorben bersifat heterogen
- Energi dari permukaan situs aktif biosorben berbeda, energi berbeda baik distribusi panas biosorpsi dan afnitasnya berbeda (Kleinübing et al., 2011).

Bentuk liner isotherm freundlich menggunakan persamaan dibawah ini yaitu

$$\log \frac{q}{C_e} = \log K_f - \frac{1}{n} \log C_e$$

Dimana :

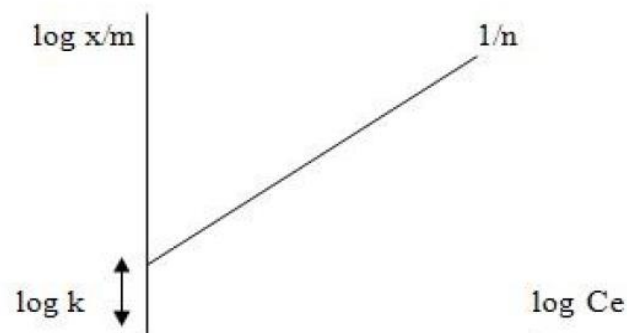
X = jumlah zat terlarut yang diadsorpsi

M = gram adsorben yang digunakan

C = konsentrasi kesetimbangan larutan

K dan n merupakan konstanta yang menggabungkan seluruh faktor yang mempengaruhi adsorpsi seperti kapasitas dan intensitas serapan.

Bentuk kurva isotherm Freundlich dalam bentuk linear, plot $\log x/m$ dengan $\log C_e$ adalah sebagai berikut



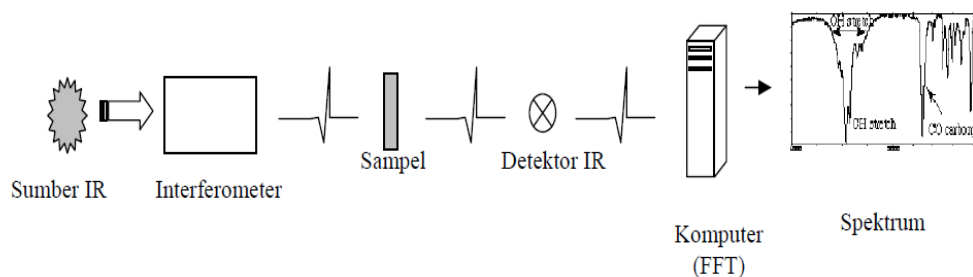
Gambar 7. Kurva isotherm Freundlich (Jasmal et al., 2015).

E. Spektroskopi Fourier Transform-Infra Red (FTIR)

FTIR (*Fourier Transform Infrared*) adalah merupakan salah satu instrumen digunakan untuk mendeteksi identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa dan menentukan struktur molekul senyawa. Pengujian dengan spektroskopi FT-IR dapat digunakan untuk sampel dalam fase baik padat, cair maupun gas (Sulistyani, 2017).

Prinsip dari FTIR adalah interaksi sinar inframerah dengan material. Jika senyawa organik ditembakkan oleh sinar merah, maka ada sejumlah frekuensi yang diserap ada yang diteruskan (transmisikan) tanpa diserap. Molekul yang menyerap energi akan mengalami vibrasi dan perubahan tingkat rotasi.

Skema kerja spektroskopi FTIR diilustrasikan pada gambar berikut :



Gambar 8. Skema kerja instrumen FTIR (Suseno & Firdausi, 2008).

Cahaya IR akan menghasilkan infra merah yang polikromatik. Setelah cahaya IR yang polikromatik melewati interferometer maka akan diubah cahaya IR menjadi serbegas cahaya yang akan membentuk sinyal interferogram. Sinyal tersebut akan diserap oleh sampel, kemudian diteruskan ke sensor (detektor IR) diubah dalam bentuk tegangan yang sebanding dengan pola interferogramnya. Setelah dilakukan perhitungan FFT dengan komputer maka akan didapatkan spektrum yang menunjukkan hubungan antara intensitas dengan panjang gelombang (Suseno & Firdausi, 2008).

Untuk interpretasi spektrum FTIR dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3. Bilangan Gelombang dan Interpretasi Spektrum Infra Red

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 ñ 1610	Tekukan N-H
1580 ñ 1650	Tekukan N-H amina sekunder
1640 ñ 1820	C=O karbonil
3310 ñ 3350	Uluran N-H amina sekunder
3250 ñ 3330	Uluran N-H amina primer alifatik
3400 ñ 3500	Uluran N-H amina primer
3000 ñ 3700	Uluran O-H dan N-H

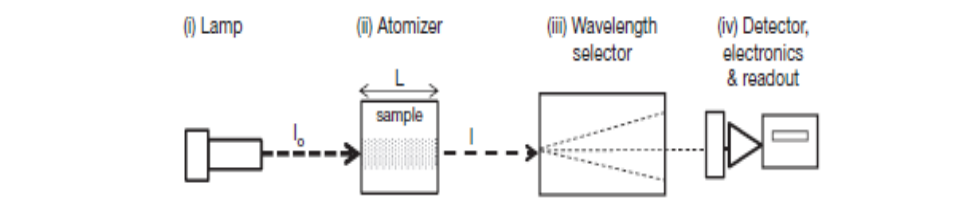
Sumber : Jhon Coates in Encyclopedia of Analytical Chemistry, 2003.

F. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

Spektroskopi Serapan Atom (SSA) adalah suatu instrument yang digunakan untuk menentukan konsentrasi unsur dalam larutan. Pelarut yang umum digunakan adalah air, meskipun pelarut organik dapat ditangani efektif dalam banyak hal. Sampel yang digunakan bisa berupa cairan atau padatan, tetapi harus diencerkan (sampel cairan) untuk sesuai batas limitnya dan dilarutkan (sampel padatan) terlebih dahulu. Keterbatasan instrument ini adalah hanya mampu menentukan satu unsur dalam larutan (Sibilia, John P, 1988).

Prinsip dari instrument SSA adalah absorpsi cahaya oleh atom netral dalam keadaan gas. Atom-atom dari sampel akan menyerap energi dari sumber cahaya. Atom dapat menyerap energi yang dibutuhkannya pada panjang gelombang tertentu. Dengan menyerap energi sehingga elektron dari atom mengalami eksitasi ke tingkat energi lebih tinggi. Kondisi ini bersifat labil, sehingga elektron yang telah mengalami eksitasi dapat kembali ke tingkat energi dasar sambil

mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi (Kusuma, Effendi, Abidin, & Awaliah, 2019).



Gambar 9. Skema Kerja Instrumen SSA (Fernández, Lobo, & Pereiro, 2019).

Cara kerja dari instrumen spektroskopi serapan yaitu sumber sinar (lampu katoda berongga) yang berasal dari unsur yang sedang diukur, sinar dilewatkan ke atomizer. Atomizer berfungsi untuk mendapatkan atom netral dari sampel dengan cara nyala api, kemudian sinar diteruskan ke monokromator. Monokromator berfungsi untuk mengisolasi sinar yang yang diperlukan dengan panjang gelombang tertentu dan garis resonansi dari sinar rongga katoda dan meniadakan panjang gelombang yang lain. Setelah melewati monokromator, sinar diteruskan ke detector. Detector berfungsi untuk menentukan intensitas cahaya, detektor hanya mengukur arus bolak-balik dari sumber radiasi atau sampel dan menolak mengukur searah arus dari emisi nyala. Dari detektor menuju sistem penguat (chopper) yang berfungsi untuk membedakan radiasi dari sumber radiasi dan nyala api. Setelah radiasi keluar dari detector, selanjutnya sinar masuk menuju readout (merupakan alat pencatat hasil). Hasil pembacaan dapat berupa kurva atau menggambarkan intensitas emisi dan absorbansi (Kusuma et al., 2019), (Solikha, 2019).

BAB V PENUTUP

A. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Biosorben alga hijau (*Mougeotia sp*) yang telah direndam HNO_3 1% dapat menyerap ion logam Cr(VI) dengan optimasi dari parameter-parameter seperti pH, Konsentrasi awal dan waktu kontak.
2. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan kondisi optimum yang didapatkan dari variasi pH yaitu pH 2, konsentrasi optimum yang didapatkan adalah 250 ppm dengan waktu kontak optimum 60 menit, dengan kapasitas penyerapan masing-masing yaitu 3.734 mg/g, 4,123 mg/g dan 4,261 mg/g. Biosorpsi ion Cr^{+6} sesuai dengan persamaan isotherm Langmuir dengan nilai korelasi yang diperoleh adalah (R^2) adalah 0,9612.
3. Dalam biosorpsi gugus fungsi yang ada pada permukaan dinding sel biomassa berperan penting dalam penyerapan ion logam Cr^{+6} .

B. Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya :

1. Diharapkan melakukan penelitian untuk menyerap ion logam lainnya , zat warna, limbah farmasi (obat-obatan) menggunakan biomassa alga hijau (*Mougeotia sp.*)

2. Diharapkan melakukan penelitian dengan membandingkan penyerapan aktif dan penyerapan pasif menggunakan biomassa alga hijau (*Mougeotia sp.*)

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel -Aty, A. M., Ammar, N. S., Abdel Ghafar, H. H., & Ali, R. K. (2013). Biosorption of cadmium and lead from aqueous solution by fresh water alga *Anabaena sphaerica* biomass. *Journal of Advanced Research*, 4(4), 367 ÷ 374. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2012.07.004>.
- Agustina, S. (2006). Teknologi Membran Dalam Pengolahan Limbah Cair Industri. *Bulletin Penelitian*, 28, 18 ÷ 24.
- Aharchaou, I., Rosabal, M., Liu, F., Battaglia, E., Vignati, D. A. L., & Fortin, C. (2017). Bioaccumulation and subcellular partitioning of Cr(III) and Cr(VI) in the freshwater green alga *Chlamydomonas reinhardtii*. *Aquatic Toxicology*, 182, 49 ÷ 57. <https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2016.11.004>.
- Ahmad, A., Bhat, A. H., & Buang, A. (2018). Biosorption of transition metals by freely suspended and Ca-alginate immobilised with *Chlorella vulgaris*: Kinetic and equilibrium modeling. *Journal of Cleaner Production*, 171, 1361 ÷ 1375. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.252>.
- Al-Homaidan, A. A., Al-Qahtani, H. S., Al-Ghanayem, A. A., Ameen, F., & Ibraheem, I. B. M. (2018). Potential use of green algae as a biosorbent for hexavalent chromium removal from aqueous solutions. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 25(8), 1733 ÷ 1738. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2018.07.011>.
- Ali, M. E. M., Abd El-Aty, A. M., Badawy, M. I., & Ali, R. K. (2018). Removal of pharmaceutical pollutants from synthetic wastewater using chemically modified biomass of green alga *Scenedesmus obliquus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 151(June 2017), 144 ÷ 152. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.01.012>.
- Amri, A., Supranto, & Fahrurrozi, M. (2004). Keseimbangan Adsorpsi Optional Campuran Biner Cd (II) dan Cr (III) dengan Zeolit Alam Terimpregnasi 2-merkaptobenzotiazol. *Jurnal Natur Indonesia*, 6(2), 111 ÷ 117.
- Bankar, A., & Nagaraja, G. (2018). Recent Trends in Biosorption of Heavy Metals by Actinobacteria. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering: Actinobacteria: Diversity and Biotechnological Applications*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63994-3.00018-7>.
- Bazzazzadeh, R., Soudi, M. R., Valinassab, T., & Moradlou, O. (2020). Kinetics and equilibrium studies on biosorption of hexavalent chromium from leather tanning wastewater by *Sargassum tenerrimum* from Chabahar-Bay Iran.