

**BIOSORPSI ION LOGAM Cr (VI) MENGGUNAKAN
BIOMASSA ALGA HIJAU *Mougeotia* sp YANG
DIIMOBILISASI PADA NATRIUM SILIKA**

SKRIPSI

Diajukan Sebagai Persyaratan mendapatkan gelar Sarjana Sains (S.Si)



**Oleh:
Mulya Dwi Arif
NIM : 2018/18036159**

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

PERSETUJUAN SKRIPSI

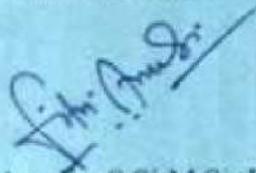
BIOSORPSI ION LOGAM Cr(VI) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU *Mougeotia* sp YANG DIIMOBILISASI PADA NATRIUM SILIKA

Nama : Mulya Dwi Arif
NIM : 18036159
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Padang, November 2020

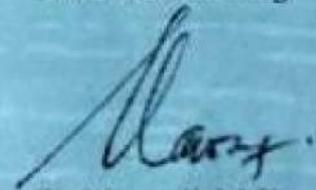
Mengetahui :

Ketua Jurusan Kimia



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

Disetujui oleh :
Dosen Pembimbing



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

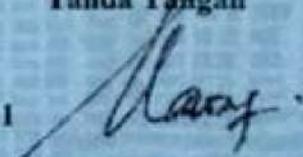
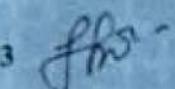
PENGESAHAN LULUS UJIAN SKRIPSI

Nama : Mulya Dwi Arif
TM/NIM : 2018/18036159
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

BIOSORPSI ION LOGAM Cr(VI) MENGGUNAKAN BIOMASSA ALGA HIJAU *Mougeotia* sp YANG DIIMOBILISASI PADA NATRIUM SILIKA

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

Padang, November 2020

			Tim Penguji	
No.	Jabatan		Nama	Tanda Tangan
1	Ketua	: Dr. Mawardi, M.Si		1 
2	Anggota	: Prof. Drs. Ali Amran, M.Pd, M.A, Ph.D		2 
3	Anggota	: Hary Sanjaya, S.Si, M.Si		3 

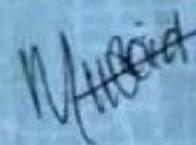
SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Mulya Dwi Arif
NIM/BP : 18036159/2018
Tempat/Tanggal Lahir : Paguh Duku/24 November 1996
Program Studi : Kimia
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Alamat : Paguh Duku Kanagarian Kurai Taji Kecamatan Nan Sabaris Kabupaten Padang Pariaman

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**Biosorpsi Ion Logam Cr (VI) menggunakan Biomassa Alga Hijau *Mougeotia Sp* yang Diimobilisasi pada Natrium Silika**" 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,



Mulya Dwi Arif
Nim.18036159

Biosorpsi Ion Logam Cr (VI) Menggunakan Biomassa Alga Hijau *Mougeotia* sp
Yang Diimobilisasi Pada Natrium Silika

Mulya Dwi Arif

ABSTRAK

Biomassa alga hijau *Mougeotia* sp merupakan biosorben yang digunakan dalam penyerapan logam berat yang terdapat pada limbah industri, karena terdapatnya gugus fungsi yang dapat mengikat ion logam berat. Namun, kemampuan biomassa alga dalam penyerapan ion logam memiliki kekurangan diantaranya: mudah rusak oleh mikroorganisme lainnya. Untuk meningkatkan sifat fisik dan kimia alga perlu dilakukan imobilisasi pada natrium silika. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui penyerapan dan kapasitas serapan maksimum ion logam Cr⁶⁺ oleh alga hijau *Mougeotia* sp yang diimobilisasi menggunakan natrium silika dengan teknik kontak menggunakan kolom yang diukur dengan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA). Data yang diperoleh menunjukkan inetraksi antara ion logam dengan biomassa alga *Mougeotia* sp yang diimobilisasi pada natrium silika optimum pada laju alir 1 mL/menit dengan pH 2 dan konsentrasi 250 mg/L. kapasitas serapan maksimum sebesar 7,5815 mg/g dengan efisiensi penyerapan sebesar 52,0653 %. Selanjutnya karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan bahwa gugus fungsi yang berperan aktif adalah silanol dan siloksan yang berasal dari penamabahan Natrium Silika merupakan tempat terikatnya gugus fungsi seperti kakkbksil, karbonil dan amina. Biosorpsi ion logam Cr⁺⁶ menggunakan biomassa alga hijau yang diimobilisasi pada natrium silika memenuhi persamaan isotherm Langmuir dengan nilai koefisien regresi (R²) sebesar 0,9294.

Kata kunci : Biosorpsi, logam Cr⁺⁶, alga hijau *Mougeotia* sp, Imobilisasi

Biosorption of Cr (VI) Metal Ions Using Immobilized Green Algae Biomass in Sodium Silica

Mulya Dwi Arif

Abstract

Green Algae Biomass *Mougeotia Sp* was biosorbent used in absorption of heavy metal contained in industrial waste, because there was functional group bonded with heavy metal ions. However, there were drawbacks, namely: easily damaged by other microorganism. To improve the physical properties and algal chemistry it was need to immobilization on sodium silica. The aim of this study was to know about absorption and the maximum absorption capacity of metal ion Cr^{6+} by green algae *Mougeotia Sp* that immobilized using sodium silika with column contact technique and measured by atomic absorption spectrophotometer. The data obtained show the interaction between metal ions and algal biomass *Mougeotia Sp* which is mobilized on sodium silica obtained maximum concentration at 250 mg/L. The maximum absorption capacity at 7,5815 mg/g with absorption efficiency at 52,0653%. Next about the characterization using FTIR indicated the active functional group were silanol and siloxane banded carboxylates, carbonyl and amina. The metal ion biosorption Cr^{+6} used green algae biomass *Mougeotia Sp* that mobilized with sodium silica to satisfy the equation of isotherm langmuir with regression coefficient value (R^2) equal 0,9294.

Keywords: *Biosorption, Metal Cr (VI), Green Algae Mougeotia Sp, Immobilization.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Biosorpsi Ion Logam Cr^{+6} menggunakan Biomassa Alga Hijau *Mougeotia* sp yang diimobilisasi pada Natrium Silika”. Shalawat dan salam untuk nabi akhir zaman, nabi Muhammad SAW. Sosok yang mulia, suri tauladan dalam segala sisi kehidupan.

Proposal ini diajukan sebagai persyaratan memenuhi mata kuliah seminar hasil penelitian guna memperoleh gelar sarjana sains (S-1) pada Program Studi Kimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Padang. Dalam penyusunan proposal penelitian, penulis banyak sekali mendapatkan 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 sekaligus penasehat akademik yang telah memberikan bimbingan dan pengarahan hingga selesainya proposal penelitian ini.
2. Ibu Fitri Amelia, S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Jurusan Kimia dan Bapak Umar Kalmar Nizar S.Si, M.Si, Ph.D sebagai Ketua Program Studi Kimia Jurusan Kimia FMIPA UNP.
3. Bapak Prof. Drs. Ali Amran, M.Pd, MA, Ph.D dan bapak Harry Sanjaya. S.Si, M.Si sebagai dosen pembahas.
4. Semua pihak yang telah memberikan masukan dan dorongan kepada penulis dalam penyusunan proposal penelitian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan proposal penelitian ini, masih banyak terdapat kekurangan dan kelemahan yang dimiliki penulis baik itu sistematika penulisan maupun penggunaan bahasa. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran dari berbagai pihak yang bersifat membangun demi penyempurnaan proposal penelitian ini kedepannya. Atas kritik dan saran yang diberikan penulis haturkan terima kasih.

Padang, Oktober 2020

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	vii
BAB I PENDAHULUAN	2
A. Latar Belakang	2
B. Identifikasi Masalah	5
C. Batasan Masalah	5
D. Rumusan Masalah	6
E. Tujuan Penelitian	6
F. Manfaat Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
A. Alga Hijau	6
B. Ion Logam Kromium	8
C. Biosorpsi	10
D. Imobilisasi pada Natrium Silikat	13
E. Instrumen	16
1. Spektroskopi <i>Fourier Transform-Infra Red</i> (FTIR)	16
2. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)	17
BAB III METODE PENELITIAN	18
A. Waktu dan Tempat Penelitian	18
B. Objek Penelitian	18
C. Variabel Penelitian	18
D. Alat dan Bahan	19
1. Alat	19
2. Bahan	19
E. Karakterisasi Biomassa <i>Mougeotia Sp</i>	19
F. Metoda Penelitian Secara Umum	20
1. Persiapan Biosorben	20
2. Perlakuan Immobilisasi biomassa	20
G. Perlakuan Penelitian Pada Sistem Kontinu	21
1. Pengaruh Laju Alir	21

2. Pengaruh pH Awal Larutan	21
3. Pengaruh Konsentrasi Awal Larutan	22
H. Teknik Analisis Data.....	22
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
A. Karakterisasi Biomassa Alga Hijau <i>Mougeotia Sp.</i>	24
B. Pengaruh Laju Alir	25
C. Pengaruh Derajat Keasaman (PH).....	26
D. Pengaruh Konsentrasi	27
PENUTUP.....	42
A. Kesimpulan.....	30
B. Hasil	30
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN.....	47

DAFTAR TABEL

Nomor	halaman
Tabel 1 Gugus Fungsional yang terdapat pada Permukaan Alga Hijau.....	7
Tabel 2 Penggunaan Kromium berbagai Bidang Industri.....	9
Tabel 3 Keuntungan dan Kerugian Biosorpsi	11
Tabel 4 Bilangan Gelombang Dan Interpretasi Spektrum Infra Red	17
Tabel 5 Pergeseran panjang gelombang pada biomassa Mougeotia Sp yang diimobilisasi pada natrium silika sebelum dan sesudah kontak dengan Cr ⁺⁶	35

DAFTAR GAMBAR

Nomor	halaman
Gambar 1 Alga Hijau Mougeotia Sp.....	7
Gambar 2 Logam Kromium	9
Gambar 3 Struktur natrium silika.....	14
Gambar 4 Struktur Mougeotia Sp yang Terimobilisasi dalam Silika	15
Gambar 5 Ikatan kimia antara logam dan biomassa	15
Gambar 6 Skema Kerja Alat FTIR.....	16
Gambar 7 Skema Kerja Alat SSA.....	18
Gambar 8 lokasi pengambilan sampel	18
Gambar 9 Spektra FTIR biomassa alga hijau Mougeotia Sp yang diimobilisasi dengan Natrium Silika sebelum dan sesudah dikontakan dengan Cr ⁺⁶	34
Gambar 10 Pengaruh Laju Alir Terhadap Daya Serap Biomassa yang iimobilisasi pada Natrium Silika.....	36
Gambar 11 Pengaruh Derajat Keasaman (pH) Terhadap Daya Serap Bomassa yang Diimobilisasi pada Natrium Silika	37
Gambar 12 Pengaruh Konsentrasi Terhadap Daya Serap Bomassa yang Diimobilisasi pada Natrium Siliaka	39
Gambar 13 Kurva linieritas Isoterm Langmuir penyerapan ion Cr ⁶⁺	40

DAFTAR LAMPIRAN

Nomor	halaman
Lampiran 1. Skema Kerja Persiapan Biosorben	47
Lampiran 2. Skema Kerja Immobilisasi Biomassa.....	48
Lampiran 3. Skema Kerja Penelitian Sistem Kontinu	49
Lampiran 4. Skema Kerja Penentuan Laju Alir Optimum.....	50
Lampiran 5. Skema Kerja Penentuan pH Optimum.....	51
Lampiran 6. Skema Kerja Penentuan Konsentrasi Awal Optimum.....	52
Lampiran 7 Perhitungan Pembuatan Reagen	53
Lampiran 8 Pengaruh laju alir terhadap penyerapan ion Cr^{+6}	55
Lampiran 9 Pengaruh derajat keasaman (pH) terhadap penyerapan ion Cr^{+6}	56
Lampiran 10 pengaruh konsentrasi terhadap penyerapan ion Cr^{+6}	57
Lampiran 11 Perhitungan Data Linearitas Isoterm Langmuir Larutan Cr^{6+}	58
Lampiran 12 Spektrum FTIR Alga Hijau (<i>Mougeotia</i> sp) yang diimmobilisasi pada natrium silika sebelum dan sesudah kontak dengan ion logam Cr^{6+}	59
Lampiran 13 identifikasi alga hijau	60
Lampiran 14 Dokumentasi.....	61

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Limbah industri menjadi masalah utama terhadap lingkungan. Salah satunya pencemaran ion logam yang disebabkan oleh ion kromium. Kromium ini banyak digunakan dalam berbagai industri seperti industri tekstil, cat dan lain-sebagainya. Namun efek yang ditimbulkan juga sangat berbahaya bagi kesehatan seperti mual, muntah dan bahkan dapat menyebabkan kanker pada makhluk hidup karena sifatnya yang toksik (Jobby *et al.*, 2018).

Ion kromium bersifat toksik dalam bentuk Cr^{+3} dan Cr^{+6} . Pada Cr^{+6} lebih berbahaya dari Cr^{+3} , karena Cr^{+3} merupakan ion logam yang dibutuhkan untuk metabolisme lemak dan glukosa pada mamalia. Sedangkan Cr^{+6} bersifat beracun dan karsinogenik yang mudah larut dalam air (Abbas *et al.*, 2014). Nilai ambang batas yang di perbolehkan untuk ion Cr^{6+} hanya 0,05 mg/L (Menteri *et al.*, 2014), karena sangat kecilnya batas konsentrasi yang diperbolehkan dan besarnya bahaya yang ditimbulkan, maka perlunya penanganan terhadap limbah cair logam tersebut sebelum disalurkan pada pembuangan yang akhirnya ke lingkungan.

Untuk menghilangkan pencemaran tersebut dapat dilakukan dengan berbagai metode yaitu pengendapan secara kimia, adsorpsi dengan menggunakan karbon aktif dan proses penyaringan menggunakan membran merupakan metode konvensional, mahal dan menghasilkan lumpur beracun. Oleh karena itu dilakukan suatu metode alternatif yang lebih ekonomis dan ramah lingkungan yaitu biosorpsi.

Biosorpsi adalah proses penyerapan ion logam terlarut dengan menggunakan biomassa sebagai biosorben untuk media penyerap. Pengikatannya

tidak tergantung pada metabolisme yang terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal yang melalui mekanisme kimia fisika seperti : pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi. Terjadinya biosorpsi melibatkan interaksi (ionik, polar atau kovalen, interaksi gabungan dan mineralisasi), antara logam dengan biopolimer, misalnya protein dan polisakarida (sumber gugus fungsional) yang berperan penting dalam mengikat ion logam (Biosorben, no date).

Beberapa penelitian telah dilaporkan untuk penggunaan biosorben diantaranya: tanah napa (Sanjaya and Zainul, 2015); lumpur aktif (Sy and Padang, 2016) dan sebagainya, tetapi memiliki kelemahan: proses pembuatan yang rumit dan memerlukan aktivator. Maka dibuat alternatif penggunaan biosorben berbasis biomaterial seperti jamur (Kumar *et al.*, 2017) , bakteri (Mao *et al.*, 2009) dan (Akhir, 2017), dan mikroalga (Rezaei, 2013); (Suharso, Buhani and Sumadi, 2010); (Li *et al.*, 2011) dan (Gupta, Shrivastava and Jain, 2001).

Biomassa yang digunakan adalah alga hijau karena memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi, tersedia dalam jumlah banyak di alam dan ramah lingkungan serta tidak memerlukan tambahan nutrisi. Alga hijau memiliki dinding sel yang tersusun dari makromolekul yang dapat mengikat ion logam melalui gugus fungsional seperti karboksil, hidroksil, amina, *imidazole* dan kelompok sulfat (He and Chen, 2014) dan (Li *et al.*, 2011).

Biomassa yang digunakan pada penelitian ini adalah *Mougeotia sp.* termasuk kelompok alga hijau (*Chlorophyta*), yang hidup melekat pada berbagai substratum baik dalam air mengalir maupun dalam air tergenang, dan hamparan biomassa alga dapat menutupi dasar maupun permukaan sungai (Mawardi, 2008).

Menurut hasil yang dilaporkan penyerapan logam menggunakan *Spirogyra Sp* untuk mengadsorpsi logam Cr (VI) dan (III), penyerapan optimum pada Cr (VI) didapatkan pada pH 2 dengan konsentrasi 250 mg/L selama 30 menit dengan efisiensi penyerapan sebesar 91,05%, dan karakterisasi menggunakan FTIR menunjukkan bahwa adanya gugus fungsi seperti karboksil, karbonil dan amina pada biomassa yang berperan aktif dalam penyerapan ion logam adalah gugus fungsi (Biosorben, no date) dan menggunakan 3 biomassa alga hijau (*CladophoraGlomerata*, *Enteromorpha Intestinalis* dan *Microspora Amoena*) yang mengadsorpsi ion logam Cr(VI) dengan menggunakan metode batch pada pH 2 dan suhu 45°C. dan didapatkan biomassa *CladophoraGlomerata* merupakan adsorben yang paling cocok mengadsorpsi ion logam Cr(VI) dengan penyerapan maksimum 66,6% menggunakan 1 gram alga, 100 mL larutan yang konsentrasi 20 mg/L (Al-Homaidan *et al.*, 2018). Namun biomassa alga memiliki keterbatasan dalam hal mudah rusak karena dekomposisi oleh mikroorganisme dan memiliki massa jenis yang rendah (Suharso, Buhani and Sumadi, 2010). Maka diperlukan suatu perlakuan khusus terhadap biomassa yang digunakan.

Pada penelitian ini digunakan alga hijau yang terimobilisasi dengan natrium silika. Imobilisasi merupakan metode untuk mengikat sel ke dalam suatu matriks pendukung untuk memperkuat ketahanan dari biomassa alga hijau, yang berguna dalam proses penanggulangan limbah industri sebelum dibuang ke perairan. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa imobilisasi dapat meningkatkan daya serap dan dapat dipakai berulang (Gokhale, Jyoti, & Lele, 2009) dan (M. Mawardi *et al.*, 2015). Matriks pendukung yang digunakan untuk imobilisasi adalah natrium silika, karena merupakan padatan anorganik yang memiliki sisi aktif permukaan seperti gugus silanol (-Si-OH) dan siloksan (Si-O-Si) yang mempunyai permukaan yang besar (Sciences, 2010).

Berdasarkan uraian diatas, maka peneliti tertarik memanfaatkan alga hijau yang terimobilisasi pada natrium silika sebagai biomassa untuk penyerapan ion

logam Cr^{+6} dengan teknik kontak menggunakan kolom dengan menentukan pH, konsentrasi, dan laju alir optimum yang akan diuji menggunakan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) serta karakterisasi biomassa menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Hal ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas penyerapan ion logam oleh alga hijau yang terimobilisasi natrium silika dengan teknik kontak menggunakan kolom.

B. Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas maka dapat diidentifikasi beberapa masalah sebagai berikut:

1. Ion logam berat Cr^{+6} termasuk dalam ion logam berat yang berbahaya dan dapat mencemari lingkungan serta mengganggu kesehatan masyarakat.
2. Alga hijau *Mougeotia* sp merupakan biomaterial yang hidup di air tawar dan diharapkan dapat digunakan sebagai biosorben pada air limbah yang mengandung ion logam berat seperti Cr^{+6} .

C. Batasan Masalah

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

1. Biosorben yang digunakan adalah alga hijau *Mougeotia* sp yang berasal dari Sungai Anduring, Kec. 2×11 Kayu Tanam, Padang Pariaman
2. Material yang akan diadsorpsi adalah ion Cr^{6+}
3. Imobilisasi alga hijau menggunakan natrium silika
4. Pengukuran kapasitas serapan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp terhadap ion logam kromium (Cr^{6+}) menggunakan SSA
5. Karakterisasi biomassa menggunakan FTIR

6. Variabel yang akan diteliti adalah pengaruh laju alir, pH dan konsentrasi terhadap daya serap alga *Mougeotia* sp terhadap ion Cr^{6+} .

D. Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian diatas, maka penulis merumuskan masalah yaitu:

1. Bagaimana karakteristik dari biomassa yang sudah diimobilisasi?
2. Bagaimana jumlah kapasitas penyerapan biomassa yang yang sudah diimobilisasi?

E. Tujuan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui penyerapan ion logam Cr^{6+} oleh alga hijau *Mougeotia* sp yang terimobilisasi menggunakan natrium silika
2. Menentukan kapasitas serapan maksimum alga hijau *Mougeotia* sp yang terimobilisasi pada natrium silika terhadap penyerapan ion logam Cr^{6+} dengan teknik kontak menggunakan kolom

F. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini, diharapkan dapat:

1. Memberikan informasi dapat dijadikan sebagai dasar pemilihan biomaterial yang dapat digunakan sebagai biosorben dalam proses biosorpsi
2. Memberikan manfaat bagi perkembangan penelitian kimia, khususnya dalam bidang biosorpsi dan penanganan logam berat dari limbah cair.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

A. Alga Hijau

Alga hijau merupakan suatu biosorben yang dapat di manfaatkan karena memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi dan ketersediaan di alam melimpah. Pemilihan alga hijau di sebabkan dinding sel yang tersusun dari lapisan selulosa yang mengandung polimer dari molekul-molekul glukosa, glikoprotein dan lapisan terluar yang mengandung pektin. Selubung sel tersusun dari polimer-polimer manosa dan asam-asam amino, khususnya hidroksiprolin yang dapat mengikat ion logam melalui gugus fungsional seperti amina, karboksil, hidroksil, *imidazole* dan kelompok sulfat (He&Chen, 2014).

Alga *Mougeotia* sp termasuk kelompok alga hijau (*Clorophyta*) memiliki kloroplas, merupakan mikroalga perifiton berfilamen, artinya selnya saling terhubung dari ujung ke ujung, yang hidup melekat pada berbagai substratum baik dalam air mengalir maupun dalam air tergenang (Mawardi, 2008).

Klasifikasi dari *Mougeotia* sp

Kingdom : *Plantae*

Filum : *Charophyta*

Kelas : *Conjugatophyceae*

Ordo : *Zygnematales*

Famili : *Zygnemataceae*

Genus : *Mougeotia*

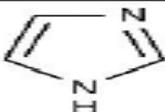
Spesies : *Mougeotia* Sp

(Laboratorium Botani, Jurusan Biologi, UNP, 2019)



Gambar 1 Alga Hijau Mougeotia Sp

Tabel 1 Gugus Fungsional yang terdapat pada Permukaan Alga Hijau

kelompok mengikat	Formula struktural
hidroksil	-OH
Karbonil (keton)	C=O
karboksil	-COOH
sulfhidril (Thiol)	-SH
sulfonat	-SO ₃
tioster	-S
Amine	-NH ₂
amina sekunder	-NH
amida	$\begin{array}{c} \text{---} \\ \\ \text{---C=O} \\ \\ \text{NH} \end{array}$
imina	=NH
imidazol	
fosfonat	$\begin{array}{c} \text{OH} \\ \\ \text{---P=O} \\ \\ \text{OH} \end{array}$

Sumber : (Abbas.,et al, 2014)

Alga hijau merupakan suatu bahan pengembangan biosorben baru karena memiliki kapasitas penyerapan yang tinggi dan ketersediaan dalam kuantitas praktis tak terbatas. Alga hijau dimanfaatkan dalam segi nilai ekonomis. Menurut tinjauan statistik pada biosorpsi, alga hijau mampu diaplikasikan dan digunakan

sebagai bahan biosorben 15,3% lebih dari jenis lain biomassa dan 84,6% lebih dari jamur dan bakteri (Brinza *et al.*, 2007).

Alga hijau memiliki unsur-unsur penyusun terutama dari penyusun biomassa alga hijau yaitu unsur karbon, nitrogen, oksigen, masing-masing sekitar 8,76 ; 30,09 dan 55,83%. Disamping itu juga terdapat unsur-unsur berupa fosfor, belerang, silikon dan kalium masing-masing 1,21 ; 1,26 ; 0,73 dan 1,73 % yang merupakan unsur yang dapat diaplikasi sebagai biosorben dari makhluk hidup (Mawardi *et al.*, 2008).

B. Ion Logam Kromium

Logam terbagi menjadi dua yakni logam ringan dan logam berat. Logam ringan adalah logam yang massa jenisnya kurang dari 5 gram, sedangkan logam berat (*heavy metal*) ialah logam yang berwujud padat atau cair yang mempunyai massa jenis 5 gram dengan nomor atom 22 sampai dengan 92. Jenis logam ini juga dapat digolongkan mempunyai efek bagi lingkungan dan dampak pada makhluk hidup seperti efek ringan maupun berat (Cardoso *et al.*, 2017).

Salah satu contoh dari logam berat adalah ion logam kromium. Logam kromium termasuk logam berat berwarna putih dengan massa jenis 7,19 g/mL, mempunyai nomor atom 24 dan massa atom 51,996. Pada tabel periodik kromium terletak pada golongan VI B dan periode ke empat. Logam kromium merupakan logam toksik yang mempunyai beberapa tingkat oksidasi, tetapi stabil berada di alam dalam bentuk ion Cr^{3+} dan Cr^{6+} . Namun Cr^{6+} dikategorikan sebagai ion logam berbahaya bersifat racun memiliki sifat karsinogenik dan mutagenik serta mudah larut di dalam tanah dan air yang menyebabkan pencemaran lingkungan dan gangguan kesehatan pada makhluk hidup sekita (Jobby *et al.*, 2018).



Gambar 2 Logam Kromium

Tabel 2 Penggunaan Kromium berbagai Bidang Industri

Industri	Aplikasi
Metalurgi (90%)	Paduan pada besi dan baja
Refractory dan foundry (5%)	Pembuatan semen dan fiberglass
Kimia (5%)	Planting, cat dan lain sebagainya

Sumber: (Biswas *et al.*, 2017)

Logam berat kromium memiliki sifat fisika dan kimia yakni sebagai berikut:

1. Sifat fisiknya: logam yang berbentuk serbuk putih perak, dapat bereaksi dengan O_2 menghasilkan Cr_2O_3 yang bersifat nonpori untuk mencegah korosi, mengalami *melting point* pada $1900^\circ C$ dan titik didih $2690^\circ C$, serta mempunyai berat jenis sebesar $7,20 \text{ g/cm}^3$. Kromium memiliki beberapa bentuk oksida dengan tingkat oksidasi Cr^{+2} , Cr^{+3} , Cr^{+6} , dan CrO_2 sebagai konduktor, dan magnetik.
2. Sifat kimianya: larut dalam air, kromium dipanaskan akan membentuk oksida CrO_4 berwarna hijau, serta menghasilkan lapisan oksida tipis di udara dalam keadaan tidak stabil.

Dalam larutan kromium dapat ditemukan Cr^{+3} dalam bentuk kationik, sedangkan Cr^{+6} berbentuk anion seperti : $HCrO_4^-$, CrO_4^{2-} dan $Cr_2O_7^{2-}$ sehingga dapat membentuk ikatan melalui interaksi ionik dengan semua gugus fungsi yang terprotonasi pada pH rendah dan sebagian ion Cr^{6+} tereduksi membentuk kation

Cr^{3+} . Senyawa yang terbentuk tergantung dari pH dan konsentrasi yang ada di dalam larutan sehingga dapat berinteraksi secara kimia (Farooq *et al.*, 2010).

C. Biosorpsi

Biosorpsi adalah suatu proses untuk menghilangkan logam berat dalam larutan terlarut yang menggunakan mikroorganisme (Farooq *et al.*, 2010). Biosorpsi juga merupakan proses pengikatan dengan menggunakan biomassa sebagai biosorben untuk media penyerap, tidak tergantung pada metabolisme, yang terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal yang melalui mekanisme kimia fisika seperti : pertukaran ion, pembentukan kompleks, dan adsorpsi. Biosorpsi melibatkan interaksi ionik, polar atau kovalen, interaksi gabungan dan mineralisasi, antara logam dengan biopolimer, diantaranya protein dan polisakarida sebagai sumber gugus fungsional yang berperan penting dalam mengikat ion logam (Mawardi *et al.*, 2014).

Kemampuan biosorpsi tergantung kepada komposisi biosorben yang dipakai. Mekanisme biosorpsi tergantung pada kandungan gugus fungsi biomassa yang akan digunakan. Misalnya pada perbedaan komposisi dinding sel ; bakteri (peptidoglikan), jamur (kitin), dan ganggang (alginat dan polisakarida). Oleh karena itu, perbedaan mekanisme pada biosorpsi tergantung pada gugus fungsi yang terdapat pada permukaan dinding sel biomassa (Abbas., *et al.*, 2014).

Secara umum, proses biosorpsi ion logam berat melibatkan dua mekanisme yaitu proses aktif uptake dan pasif uptake :

- pasif uptake (Adsorpsi yang tidak tergantung metabolisme) terutama terjadi pada permukaan dinding sel dan permukaan eksternal lainnya, melalui mekanisme kimia dan fisika, misalnya pertukaran ion, pembentukan kompleks dan adsorpsi. Proses ini terjadi ketika ion logam berat terikat pada

dinding sel biosorben yang terjadi pada biomassa alga mati. Mekanisme passive uptake dapat dilakukan dengan dua cara, pertama dengan cara pertukaran ion dimana ion pada dinding sel digantikan dengan ion-ion logam berat dan kedua dengan pembentukan senyawa kompleks antara ion-ion logam berat dengan gugus fungsional seperti karbonil, hidroksil, amino, thiol, fosfat dan karboksil secara bolak balik dan cepat.

- aktive uptake (Adsorpsi yang tergantung metabolisme) hanya terjadi pada sel mikroorganisme hidup. Penyerapan yang demikian menyebabkan terakumulasinya logam di dalam dan di pinggir bagian dalam sel. Proses ini berlangsung lambat dan sangat tergantung pada nutrient dan kondisi lingkungan seperti pH larutan dan suhu.

Biosorpsi memiliki keuntungan dan kerugian dalam proses penyerapan ion-ion logam yang dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3 Keuntungan dan Kerugian Biosorpsi

Keuntungan	Kerugian
a. Konsentrasi logam rendah (<100 mg/L)	1. Kemungkinan meningkatkan limbah yang menjadi komoditas sehingga meningkatkan biaya 2. Hanya pada skala laboratorium
b. Efisiensi tinggi	
c. Potensi pemulihan logam	
d. Biaya rendah	
e. Proses mudah	
f. Mengurangi kuantitas bahan kimia	
g. Penanganan limbah berkurang	

Sumber: (Abdi and Kazemi, 2015)

Mekanisme masuknya logam berat melewati membrane sel sama dengan proses masuknya logam esensial melalui sistem transport membran yang terjadi

pada alga hidup, hal ini disebabkan karena adanya kemiripan antara logam berat dengan logam esensial dalam hal fisika-kimia secara keseluruhan sehingga proses pengikatan logam oleh biomassa adalah protein, polisakarida, dan asam nukleat. Peptida dan protein mengandung gugus fungsi yang dapat berfungsi sebagai ligan dalam mengikat kation logam. Sedangkan polisakarida merupakan komponen utama penyusun biomassa seperti glikoprotein, kitosan, dan kitin (Apik, 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 bekoordinasi dengan atom pusat logam melalui pasangan elektron bebas (Mawardi *et al.*, 2015).

Biosorpsi di pengaruh oleh beberapa faktor, terutama pH dan konsentrasi awal larutan dan waktu kontak, dimana:

1. pH, menentukan jumlah ion H^+ dan kation logam yang akan bersaing untuk terikat pada biosorben. Jika pH rendah ion H^+ lebih reaktif berikatan dengan biosorben, sehingga penyerapan terhadap logam rendah seiring dengan penurunan pH, sedangkan pada pH tinggi akan terbentuk hidrat dan menyebabkan presipitasi.
2. Konsentrasi awal larutan, menunjukkan pengaruh efisiensi penyerapan logam. Jika konsentrasi larutan rendah seluruh ion logam akan terikat sempurna pada sisi aktif pada permukaan biomassa, sedangkan pada konsentrasi larutan tinggi ion logam banyak yang tertinggal akibat terjadinya kejenuhan pada sisi aktif permukaan biomassa.

3. Waktu kontak, menunjukkan lamanya inetraksi antara ion logam dengan biomassa sehingga mempengaruhi penyerapan. Jika waktu kontak lambat inetraksi yang terjadi antara kation logam dengan biomassa sempurna, sedangkan waktu kontak cepat maka inetraksi yang terjadi tidak sempurna disebabkan karena telah tercapainya kejenuhan pada biomassa untuk berikatan dengan kation logam (Davis, Volesky and Mucci, 2003).

D. Imobilisasi pada Natrium Silikat

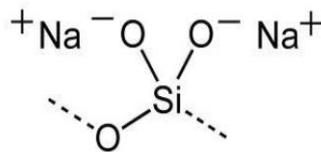
Mougeotia sp merupakan mikroalga yang keberadaannya melimpah di alam, mudah didapatkan, cepat berkembang biak, dan mempunyai daya adaptasi kuat. Biomassa mikroalga yang digunakan untuk adsorpsi logam adalah sel mikroalga mati yang diperoleh dengan cara pengeringan dari sel hidupnya (Maswana *et al.*, 2018). Namun, biomassa mikroalga memiliki beberapa kelemahan berat jenis yang rendah dan mudah rusak karena dekomposisi. Oleh karena itu dilakukan imobilisasi untuk meningkatkan kekuatan fisik biomassa dan mempercepat penyerapan logam serta mengikat logam secara langsung (Mawardi *et al.*, 2015).

Ada beberapa manfaat dari imobilisasi biomassa pada biosorpsi yaitu memulihkan biomassa dari air limbah setelah pengolahan tanpa filtrasi, resistensi tinggi terhadap senyawa beracun, dapat diregenerasi dengan eluen tertentu sehingga dapat digunakan berulang-ulang (Sciences, 2010). Pada imobilisasi terdapat beberapa macam aplikasi untuk mengimobilisasi biomassa. Aplikasi biosorpsi yang didasarkan pada adsorpsi pada matriks pendukung yaitu pelapisan dalam matriks polimer, ikatan kovalen dan *ross link-sel*.

Pada pelapisan pada matriks polimer, polimer yang biasa digunakan adalah kalsium alginat, polisulfon dan polietil amina. Sedangkan pada ikatan kovalen,

matriks pendukung yang paling banyak digunakan adalah silika gel dan natrium silika. Pada pengikatan silang, agen pengikat silang yang biasa digunakan adalah formaldehid, glutarat dealdehid, dan divinil sulfon (Kimia *et al.*, 2009).

Matriks yang digunakan adalah natrium silika. Hal ini disebabkan sifat permukaan (struktur geometri pori dan sifat kimia pada permukaan) yang berpori sehingga luas permukaan besar menyebabkan banyaknya biomassa alga terikat. Natrium silika adalah nama generik untuk senyawa berasal dari gelas natrium silikat yang terlarut, sodium silikat merupakan larutan dari natrium oksida (Na_2O) dan silicon dioksida (SiO_2). Natrium silikat kaca dibuat dengan mengambang pasir silika dan abu soda yang memiliki kemurnian tinggi di tungku terbuka dengan suhu $1300^\circ\text{C}/2400^\circ\text{F}$.

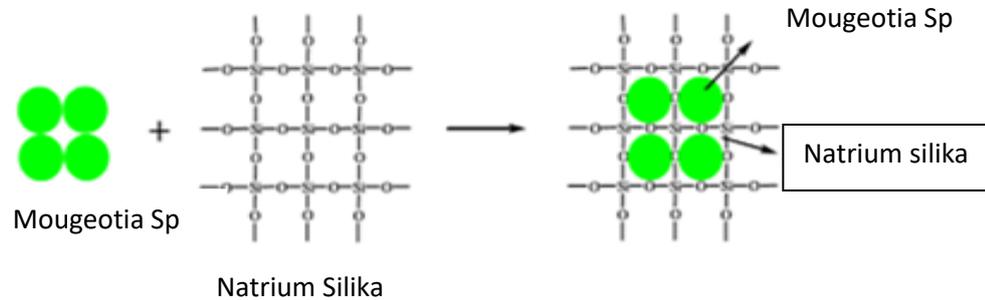


Gambar 3 Struktur natrium silika

Dari hasil yang dilaporkan diperkirakan bahwa mekanisme pengikatan terjadi melalui reaksi antara biomassa alga dengan polimer pendukung yang mengandung mineral seperti pada silika gel gugus fungsional hidrofilik (gugus karboksilat, gugus amina) dengan gugus -OH pada permukaan mineral (Sciences, 2010)

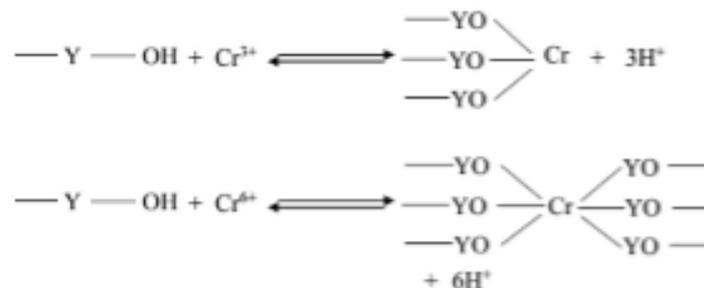
Lapisan permukaan silika diharapkan berfungsi sebagai perisai terhadap pengaruh lingkungan, sehingga lebih stabil. Hal ini dikarenakan silika yang melapisi permukaan menghalangi gaya tarik-menarik dipolar antar partikel, sehingga mampu melindungi dari kerusakan dalam suasana asam. Kemudian, terdapatnya gugus silanol dalam jumlah besar pada lapisan silika. Gugus silanol

menjadi tempat terikatnya berbagai gugus fungsi seperti karbosisil, hidroksil, , dan molekul lain.



Gambar 4 Struktur *Mougeotia Sp* yang Terimobilisasi dalam Silika

Berikut adalah ikatan yang terbentuk saat prosese imobilisasi:



Gambar 5 Ikatan kimia antara logam dan biomassa

Ion logamnya yaitu Chromium, -OH adalah gugus hidroksil dan Y adalah matriks tempat gugus -OH terikat. Interaksi antara gugus -OH dengan ion logam kromium juga memungkinkan melalui mekanisme pembentukan kompleks koordinasi karena atom oksigen (O) pada gugus -OH mempunyai pasangan elektron bebas, sedangkan ion logam mempunyai orbital kosong. Pasangan elektron bebas tersebut akan menempati orbital kosong yang dimiliki oleh ion logam, sehingga terbentuk suatu senyawa atau ion kompleks (Bagus Aryananda et al., 2017).

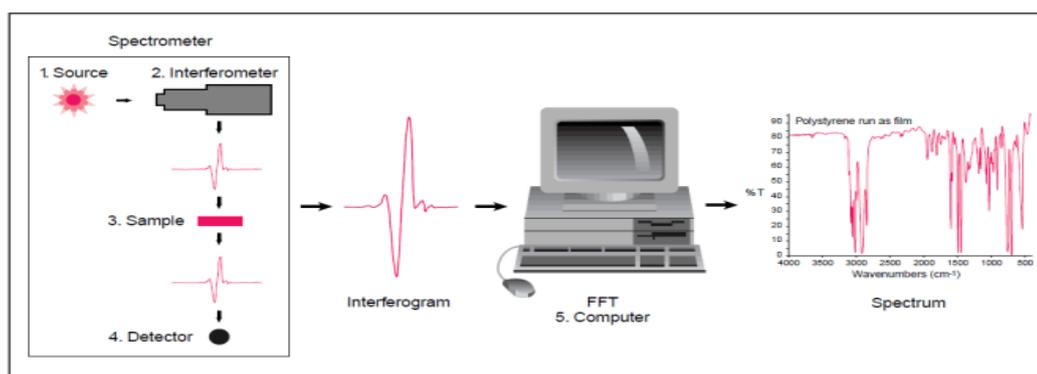
E. Instrumen

1. Spektroskopi *Fourier Transform-Infra Red* (FTIR)

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*) yaitu metode yang digunakan untuk identifikasi senyawa dengan melihat puncak-puncak spesifik pada panjang gelombang tertentu yang mengindikasikan gugus fungsional yang dimiliki oleh senyawa. Spektroskopi inframerah modern ini dilengkapi dengan teknik transformasi fourier yang berguna untuk mendeteksi dan menganalisa hasil spektrumnya (Petit and Puskar, 2018).

Prinsip kerja dari instrumen FTIR ini yakni berdasarkan banyaknya penyerapan sinar oleh suatu sampel. Apabila suatu sampel dilewati oleh sinar inframerah, maka molekul-molekulnya akan mengabsorpsi energi dan terjadi transisi antara tingkat vibrasi dasar (*ground state*) dan tingkat vibrasi tereksitasi (*excite state*). Pada FTIR spektra yang terbentuk akan memberikan informasi mengenai gugus fungsional suatu molekul (Zhang *et al.*, 2018).

Skema kerja spektroskopi FTIR diilustrasikan pada gambar berikut:



Gambar 6 Skema Kerja Alat FTIR

Tabel 4 Bilangan Gelombang Dan Interpretasi Spektrum Infra Red

Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi
900-1300	C-O dan C-N
1050-1260	C-O eter
1200-1450	Tekukan OH
1515	Amina sekunder alifatik
1500-1610	Tekukan N-H
1580-1650	Tekukan N-H amina primer
1640-1820	C=O karbonil
3310-3350	Uluran N-H amina sekunder
3250-3330	Uluran N-H amina primer alifatik
3400-3500	Uluran N-H amina primer
300-3700	Uluran O-H dan N-H

Sumber :(Siesler, 2016)

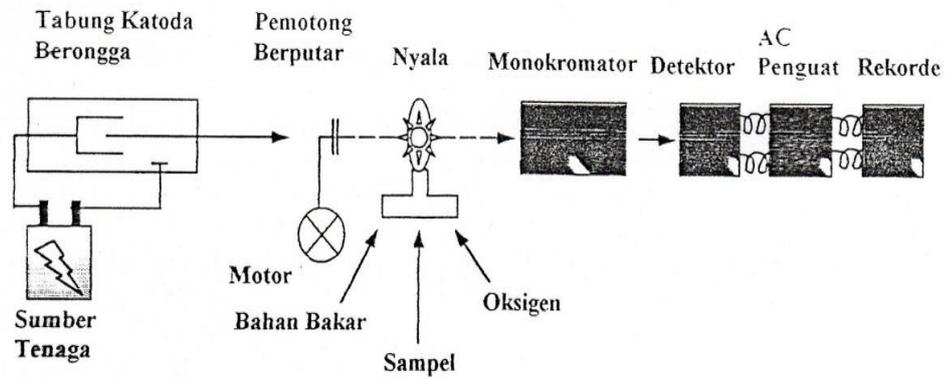
Karakterisasi menggunakan FTIR dilakukan pada penelitian ini untuk melihat senyawa yang ada pada bisorben alga *Mougeotia* sp yang terimobilisasi dengan alga murni.

2. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

SSA adalah metode analisis untuk penentuan unsur-unsur logam dan metaloid dalam keadaan bebas.. Spektrofotometri memiliki prinsip dimana terjadinya interaksi antara energi dan materi. Pada SSA terjadi penyerapan energi oleh atom sehingga atom mengalami transisi elektronik dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi (Ferreira *et al.*, 2018).

Apabila cahaya dengan panjang gelombang tertentu dilewatkan pada suatu sel yang mengandung atom-atom bebas, maka sebagian cahaya tersebut akan diserap

dan intensitas penyerapan akan berbanding lurus dengan banyaknya atom bebas logam yang berada dalam sel.



Gambar 7 Skema Kerja Alat SSA

Karakterisasi menggunakan SSA dilakukan pada penelitian ini untuk melihat kandungan ion logam yang mampu menyerap pada bisoerben alga *Mougeotia* sp yang terimobilisasi dengan alga murni.

BAB V PENUTUP

A. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian mengenai biosorpsi ion Cr^{6+} menggunakan biomassa alga hijau *Mougeotia* sp dapat disimpulkan bahwa :

1. Karakterisasi menggunakan spektrum FTIR menunjukkan gugus fungsi yang berperan aktif pada biomassa alga hijau *Mougeotia* sp yang diimobilisasi pada nantium silica adalah gugus siloksan dan silanol yang merupakan tempat berikatannya gugus fungsi karboksil, karbonil dan amina.
2. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan diperoleh kondisi optimum penyerapan ion Cr^{6+} oleh biomassa alga hijau *Mougeotia* sp pada laju alir 1 mL/menit, pH 2, konsentrasi 250 mg/L. Kapasitas serapan maksimum ion Cr^{6+} adalah sebesar 7,5815 mg/g dengan efisiensi penyerapan sebesar 52,06529 %. Biosorpsi ion Cr^{6+} ini memenuhi persamaan adsorpsi Isoterm Langmuir dengan R^2 sebesar 0,9294..

B. Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, diharapkan adanya penelitian lebih lanjut mengenai biomassa alga hijau *Mougeotia* sp ini, misalnya digunakan untuk penelitian mengenai kinetika biosorpsi anion atau kation jenis logam lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, S. H. *et al.* (2014) 'Biosorption of Heavy Metals : A Review', (October).
- Abdi, O. and Kazemi, M. (2015) 'A review study of biosorption of heavy metals and comparison between different biosorbents', 6(5), pp. 1386–1399.
- Akhir, J. T. (2017) 'JURNAL TUGAS AKHIR BIOSORPSI LOGAM BERAT Cr (VI) DENGAN MENGGUNAKAN BIOMASSA SACCHAROMYCES CEREVISIAE Diajukan sebagai Tugas Akhir dalam Rangka Penyelesaian Studi Sarjana pada Departemen Teknik Lingkungan CHRISTANTO LAPIK DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN 20', (Vi).
- Al-Homaidan, A. A. *et al.* (2018) 'Potential use of green algae as a biosorbent for hexavalent chromium removal from aqueous solutions', *Saudi Journal of Biological Sciences*. King Saud University, 25(8), pp. 1733–1738. doi: 10.1016/j.sjbs.2018.07.011.
- Bagus Aryananda Suardika, N., Atmaja, B. and Deseliane, S. (2017) 'Pemanfaatan Kappa-Karaginan dari Rumput Laut Merah (*Eucheuma cottonii*) sebagai Bahan Solidifikasi dan Stabilisasi Logam Berat Chromium pada Limbah Tekstil', pp. 9–16. doi: 10.21063/pimimd4.2017.9-16.
- Biosorben, S. (no date) 'Pemisahan Ion Krom (III) dan Krom (IV) Dalam Larutan Dengan Menggunakan Biomassa Ganggang Hijau *Spirogyra subsalsa*', (Iii), pp. 189–198.
- Biswas, P. *et al.* (2017) 'Author ' s Accepted Manuscript', *Biosensors and Bioelectronic*. Elsevier B.V. doi: 10.1016/j.bios.2017.03.043.
- Cardoso, S. L. *et al.* (2017) 'Biosorption of toxic metals using the alginate extraction residue from the brown algae *Sargassum filipendula* as a natural ion-exchanger', *Journal of Cleaner Production*. Elsevier Ltd, 165, pp. 491–499. doi: 10.1016/j.jclepro.2017.07.114.
- Chen, G. *et al.* (2011) 'Surface-modified *Phanerochaete chrysosporium* as a biosorbent for Cr (VI) -contaminated wastewater', *Journal of Hazardous Materials*. Elsevier B.V., 186(2–3), pp. 2138–2143. doi: 10.1016/j.jhazmat.2010.12.123.
- Davis, T. A., Volesky, B. and Mucci, A. (2003) 'A review of the biochemistry of heavy metal biosorption by brown algae', 37, pp. 4311–4330. doi: 10.1016/S0043-1354(03)00293-8.
- Farooq, U. *et al.* (2010) 'Bioresource Technology Biosorption of heavy metal ions using wheat based biosorbents – A review of the recent literature', *Bioresource Technology*. Elsevier Ltd, 101(14), pp. 5043–5053. doi: 10.1016/j.biortech.2010.02.030.