

**KINETIKA ADSORPSI LOGAM TEMBAGA (Cu)
PADA SELULOSA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT**

SKRIPSI

Oleh:
JAMA'ATIN
NIM. 15630018



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019**

**KINETIKA ADSORPSI LOGAM TEMBAGA (Cu)
PADA SELULOSA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT**

SKRIPSI

Oleh :
JAMA'ATIN
NIM. 15630018

Diajukan Kepada:
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)

JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2019

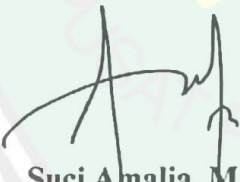
**KINETIKA ADSORPSI LOGAM TEMBAGA (Cu)
PADA SELULOSA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT**

SKRIPSI

Oleh :
JAMA'ATIN
NIM. 15630018

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal : 23 Desember 2019

Pembimbing I


Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821101 200901 2 007

Pembimbing II


Mochamad Imamudin, Lc., M.A
NIP. 19740602 200901 1 010

Mengetahui,
Ketua Jurusan




Elok Kamilah Hayati M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**KINETIKA ADSORPSI LOGAM TEMBAGA (Cu)
PADA SELULOSA ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
TERMODIFIKASI ASAM SITRAT**

SKRIPSI

Oleh :
JAMA'ATIN
NIM. 15630018

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 23 Desember 2019

Penguji Utama : Dr. Anton Prasetyo, M.Si
NIP. 19770925 200604 1 003



Ketua Penguji : Eny Yulianti, M.Si
NIP. 19760611 200501 2 006

(.....)

Sekretaris Penguji : Suci Amalia, M.Sc
NIP. 19821101 200901 2 007

(.....)

Anggota Penguji : Mochamad Imamudin, Lc., M.A
NIP. 19740602 200901 1 010



Mengetahui,
Ketua Jurusan



Elok Kamilah Hayati M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Jama'atin

NIM : 15630018

Jurusan : Kimia

Fakultas : Sains dan Teknologi

Judul Penelitian : "Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) pada Selulosa
Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Termodifikasi Asam
Sitrat"

menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi ini benar-benar merupakan hasil karya saya sendiri, bukan merupakan pengambilalihan data, tulisan atau pikiran orang lain yang saya akui sebagai hasil tulisan atau pikiran saya sendiri, kecuali dengan mencantumkan sumber cuplikan pada daftar pustaka. Apabila dikemudian hari terbukti atau dapat dibuktikan skripsi ini hasil jiplakan, maka saya bersedia memepertanggungjawabkannya sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 23 Desember 2019
Yang membuat pernyataan,




Jama'atin
NIM. 15630018

HALAMAN PERSEMBAHAN

Kepada Allah SWT, terima kasih atas kesempatan, kemampuan, dan kemauan yang Engkau berikan untuk hamba. Kepada Rasulku Muhammad SAW, terima kasih telah mengajarkan kepadaku hidup yang semestinya.

Skripsi ini saya persembahkan untuk beberapa pihak:

1. Ayah dan Ibuku, Muslimun dan Siti Zaenab. Terima kasih telah menjadi orang tua yang telah memberikan segalanya untuk saya
2. Kakak dan Adikku, Asmaul Husna dan Nur Lailatul Fariyah, juga kakak iparku Muhammad Ziyad. Terima kasih telah menjadikanku sempurna sebagai saudara dan keluarga
3. Abah dan Ibu, KH. Yahya Dja'far, M.A dan Dr. Hj. Syafiyah Fattah, M.A selaku pengasuh saya di PPP. Al-Hikmah Al-Fathimiyyah. Terima kasih telah menjadi orang tua dan panutan saya di tanah perantauan
4. Almamaterku, Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

MOTTO

الصَّلَاةُ وَالسَّلَامُ عَلَيْكَ يَا سَيِّدِي يَا رَسُولَ اللَّهِ، خُذْ بِيَدِي قُلْتُ
حِيلَتِي أَدْرِكْنِي

*“Shalawat dan salam semoga melimpah kepadamu, wahai junjunganku,
Rasulallah Muhammad SAW. Peganglah tanganku, sedikit sekali upayaku, maka
temukanlah aku”*

*“Jangan berkecil hati saat ujianmu lebih berat dari yang
lain, Allah memilihmu sebab engkau mampu”*

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim

Segala puji bagi Allah SWT yang telah melimpahkan berkah, rahmat, dan hidayah-Nya sehingga Skripsi dengan judul **Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) pada Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Termodifikasi Asam Sitrat** ini dapat terselesaikan dengan baik. Salawat dan salam semoga tetap terlimpahkan kepada Rasulullah Muhammad SAW, para keluarga, sahabat, dan siapa saja yang mencintai dan mengikutinya.

Skripsi ini ditulis sebagai syarat untuk menyelesaikan tugas akhir setelah dilakukan penelitian secara eksperimental di laboratorium. Selama penelitian dilakukan hingga penyusunan skripsi ini, berbagai bantuan berupa moril maupun materiil telah diberikan kepada penulis, sehingga pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua dan keluarga yang telah memberikan segalanya
2. Ibu Suci Amalia, M.Sc, selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan bimbingan, pengarahan, nasihat, dan semangat
3. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si, selaku dosen konsultan yang selalu memberikan semangat, dukungan, kepercayaan, bimbingan, pengarahan, dan selalu menerima konsultasi dengan terbuka
4. Ibu Eny Yulianti, M.Si selaku dosen konsultan yang dengan keikhlasannya selalu memberikan motivasi, bimbingan, dan perhatian baik terhadap penelitian maupun pribadi penulis

5. Bapak Mochamad Imamudin, Lc., M.A selaku dosen pembimbing agama yang telah membimbing dan memberikan banyak pengarahan
6. Bapak Dr. Anton Prasetyo, M.Si selaku dosen penguji utama yang telah memberikan banyak saran dan perbaikan
7. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku ketua Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
8. Seluruh dosen, laboran, dan admin di Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, staf laboratorium Sentral dan Material Maju Jurusan Kimia FMIPA Universitas Negeri Malang
9. Abah Yahya dan Ibu Syafiyah, yang membimbing, menasihati, serta mendoakan kesuksesan saya selama di pesantren
10. Bapak dan Ibu Guruku Shobhy Mahma Shony, S.Si, Drs. A. Zaenuri, M.Pd, Amil Hakim, S.Pd, Abdul Hakim, S.E, M.EI, M. Natiq, S.E, Dra. Ulfah, terima kasih atas segala ilmu, pengalaman, dan doa Bapak Ibu yang sangat berharga
11. Teman-temanku Fiya, Mukhlis, Lail, Vivin, Anggun, Vita, Elok, Izza, Nisak, Azzah, Ita, Nourma, Safira, Yusuf, Irfan, Bagas, Ayum, Java, Surur, Fay, Sukijan, Ainur, Rifqi, Ibad, Zen, Zainal, Uus, Lely. Mas-masku Thoif, Rizki, Guruh, Ansori, Hanani, Raisal, Zika, Anwar, Bobby, Huda, Nanang. Mbak-mbakku Ais, Anastika, Dedew, Obik, Rina, Aris, Mala, Nairil, Cicik, Echa, Caca, Ari. Terimakasih untuk pengalaman dan doanya
12. Teman-teman Kimia A, Ubi Kimia Fisika, seluruh angkatan 2015, kakak dan adik tingkat angkatan 2013, 2014, 2016, dan 2017, kawan-kawanku “EM I ENG”, sahabat-sahabat lapangan dan organisasiku, teman-teman

sepengabdian di PPP. Al-Hikmah Al-Fathimiyyah Malang, serta pihak-pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, semoga Allah membalas kebaikan Bapak, Ibu, dan teman-teman sekalian.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih terdapat kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari semua pihak sangat diharapkan untuk perbaikan. Akhirnya penulis berharap semoga laporan hasil penelitian ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis dan umumnya bagi pembaca.

Malang, 23 Desember 2019

Penulis



DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
MOTTO	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	x
DAFTAR LAMPIRAN	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR PERSAMAAN	xv
ABSTRAK	xvi
ABSTRACT	xvii
مستخلص البحث	xviii
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	6
1.3 Tujuan Penelitian	6
1.4 Manfaat Penelitian	6
1.5 Batasan Masalah	7
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Potensi Tanaman Eceng Gondok Sebagai Adsorben	8
2.1.1 Kandungan Kimia Tanaman Eceng Gondok	10
2.2 Demineralisasi Eceng Gondok Menggunakan Asam Nitrat	11
2.3 Modifikasi Selulosa Menggunakan Asam Sitrat	12
2.4 Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)	14
2.4.1 Proses Adsorpsi dan Mekanisme Adsorpsi Logam Tembaga	14
2.4.2 Logam Tembaga (Cu) Sebagai Limbah Pencemar	15
2.4.3 Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) oleh Biomassa Eceng Gondok	18
2.5 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR	20
2.6 Analisis Logam Tembaga (Cu) Menggunakan AAS	22
 BAB III METODE PENELITIAN	
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	24
3.2 Alat dan Bahan	24
3.2.1 Alat	24
3.2.2 Bahan	24
3.3 Rancangan Penelitian	25
3.4 Tahapan Penelitian	25
3.5 Prosedur Kerja	26
3.4.1 Preparasi Biomassa Eceng Gondok	26

3.4.2 Demineralisasi Biomassa Eceng Gondok Menggunakan Asam Nitrat.....	26
3.4.3 Modifikasi Biomassa Eceng Gondok Menggunakan Asam Sitrat	26
3.4.4 Karakterisasi Gugus Fungsi Biomassa Menggunakan FTIR.....	26
3.4.5 Karakterisasi Biomassa Eceng Gondok Menggunakan XRF	27
3.4.6 Pembuatan Larutan Tembaga	27
3.4.6.1 Pembuatan Larutan Stok Tembaga	27
3.4.6.2 Pembuatan Kurva Standar Larutan Tembaga	28
3.4.7 Adsorpsi Logam Tembaga oleh Biomassa Eceng Gondok dengan Variasi Waktu Kontak.....	28
3.4.8 Analisis Data	28

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi dan Demineralisasi Sampel Eceng Gondok	30
4.2 Modifikasi Selulosa Eceng Gondok Menggunakan <i>Crosslinker</i> Asam Sitrat	33
4.3 Kurva Standar Logam Tembaga	36
4.4 Adsorpsi Logam Tembaga oleh Biomassa Termodifikasi.....	37
4.4.1 Penentuan Waktu Kontak Terbaik Adsorpsi.....	38
4.5 Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga oleh Biomassa Eceng Gondok.....	40
4.6 Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam	44

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	49
5.2 Saran	49

DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	56

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Rancangan Penelitian	56
Lampiran 2	Diagram Alir	57
Lampiran 3	Perhitungan	62
Lampiran 4	Data Hasil Penelitian.....	68
Lampiran 5	Dokumentasi	73



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Pertumbuhan tanaman eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	8
Gambar 2.2	Struktur kimiaselulosa	11
Gambar 2.3	Rumus struktur asam sitrat	13
Gambar 2.4	Reaksi asam sitrat dengan selulosa melalui reaksi esterifikasi	15
Gambar 2.5	Spektra IR adsorben serbuk eceng gondoksebelum aktivasi dan setelah aktivasi	21
Gambar 3.1	Grafik penentuan kinetika orde 1	29
Gambar 3.2	Grafik penentuan kinetika orde 2	29
Gambar 4.1	Preparasi biomassa eceng gondok: (a) sebelum digiling, dan (b) sesudah digiling	31
Gambar 4.2	Reaksi dugaan antara asam sitrat dengan selulosa	34
Gambar 4.3	Spektra IR biomassa eceng gondok: (a) sebelum modifikasi,dan (b) setelah modifikasi	35
Gambar 4.4	Kurva standar larutan tembaga	37
Gambar 4.5	Waktu kontak terbaik adsorpsi logam tembaga	39
Gambar 4.6	Grafik penentuan kinetika adsorpsi orde satu	41
Gambar 4.7	Grafik penentuan kinetika adsorpsi orde dua	41
Gambar 4.8	Spektra IR biomassa eceng gondok: (a) sebelum adsorpsi,dan (b) setelah adsorpsi	42
Gambar L.4.5.1	Spektra IR biomassa eceng gondok murni	69
Gambar L.4.5.2	Spektra IR biomassa eceng gondok setelah demineralisasi	69
Gambar L.4.5.3	Spektra IR biomassa eceng gondok setelah dimodifikasi	70
Gambar L.4.5.4	Spektra IR biomassa eceng gondok setelah dimodifikasi dan diinteraksikan dengan logam Cu	70
Gambar L.4.5.5	Spektra XRF biomassa eceng gondok murni	71
Gambar L.4.5.6	Spektra XRF biomassa eceng gondok setelah demineralisasi	71
Gambar L.4.5.7	Spektra XRF biomassa eceng gondok setelah adsorpsi	72

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Kandungan kimia dalam tanaman eceng gondok segar	11
Tabel 2.2	Kandungan kimia dalam tanaman eceng gondok kering.....	11
Tabel 2.3	Penurunan kadar mineral oleh asam nitrat pada eceng gondok	12
Tabel 4.1	Kandungan unsur dalam sampel eceng gondok sebelum dan sesudah didemineralisasi HNO_3 0,1 M menggunakan XRF	32
Tabel 4.2	Interpretasi spektra IR biomassa sebelum dan sesudah modifikasi	35
Tabel 4.3	Kemampuan adsorpsi biomassa eceng gondok	37
Tabel 4.4	Penentuan konsentrasi logam tembaga variasi waktu kontak	39
Tabel 4.5	Konsentrasi logam terserap pada setiap waktu	40
Tabel 4.6	Interpretasi spektra IR biomassa sebelum dan sesudah modifikasi	43
Tabel 4.7	Hasil karakterisasi biomassa sebelum dan sesudah adsorpsi menggunakan XRF	44
Tabel L.4.1	Hasil pengukuran kurva standar menggunakan AAS	68
Tabel L.4.2.1	Penentuan konsentrasi awal larutan tembaga variasi waktu	68
Tabel L.4.2.2	Kinetika adsorpsi orde 1	68
Tabel L.4.2.3	Kinetika adsorpsi orde 2	68

DAFTAR PERSAMAAN

Persamaan 2.1	Persamaan umum orde 1	18
Persamaan 2.2	Persamaan orde 1	19
Persamaan 2.3	Bentuk linier persamaan orde 1	19
Persamaan 2.4	Persamaan orde 2	19
Persamaan 2.5	Bentuk linier persamaan orde 2	19
Persamaan 2.6	Hukum Lambert-Beer	23



ABSTRAK

Jama'atin. 2019. **Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) pada Selulosa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Termodifikasi Asam Sitrat**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Suci Amalia, M.Sc., Pembimbing II: Mochamad Imamudin, Lc., M.A., Konsultan I : Rif'atul Mahmudah, M.Si, Konsultan II : Eny Yulianti, M.Si

Kata kunci: Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*), adsorpsi, modifikasi, kinetika.

Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) merupakan tanaman air yang dianggap sebagai gulma pada perairan. Di sisi lain, sejumlah 64,51% senyawa selulosa dalam eceng gondok berpotensi menyerap logam karena memiliki gugus hidroksil ($-OH$). Demineralisasi menggunakan HNO_3 0,1 M pada biomassa digunakan untuk menurunkan kadar mineral. Setelah itu dilakukan modifikasi pada biomassa menggunakan asam sitrat 1 M untuk mengubah gugus hidroksil dan karboksil ($-COOH$) membentuk gugus $C=O$ ester. Hasil modifikasi biomassa diaplikasikan untuk menyerap logam tembaga (Cu) dengan variasi waktu kontak : 0, 30, 60, 120, dan 180 menit. Pengamatan dilakukan pada penurunan konsentrasi logam tembaga selama waktu tertentu dan dianalisis menggunakan instrumen *atomic adsorption spectroscopy* (AAS). Hasil penelitian menunjukkan kinetika adsorpsi logam tembaga mengikuti persamaan kinetika orde 2. Karakterisasi menggunakan FTIR setelah proses modifikasi menunjukkan adanya serapan khas pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} . Serapan tersebut merupakan vibrasi dari gugus $C=O$ ester, dimana pada biomassa sebelum dimodifikasi tidak terdapat serapan tersebut. Hasil XRF menunjukkan adanya kenaikan persentase logam Cu setelah proses adsorpsi sebesar 0,03% menjadi 23,7%.

ABSTRACT

Jama'atin. 2019. **Kinetic Adsorption of Copper Metal (Cu) using Cellulose from Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Modified Citric Acid.** Thesis. Department of Chemistry Faculty of Science and Technology State Islamic University of Maulana Malik Ibrahim Malang. Supervisor I: Suci Amalia, M.Sc., Supervisor II: Mochamad Imamudin, Lc., M.A., Consultant I: Rif'atul Mahmudah, M.Si, Consultant II: Eny Yulianti, M.Si.

Keywords: Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), adsorption, modification, kinetic.

Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) is an aquatic plant that is considered a weed in water. On the other hand, 64.51% of the cellulose compound in water hyacinth has the potential to absorb metal because it has a hydroxyl group ($-OH$). Demineralization using 0.1 M HNO_3 in biomass is used to reduce mineral content. After modification of biomass was carried out using 1 M citric acid to convert the hydroxyl and carboxyl ($-COOH$) groups to form $C=O$ ester group. The results of biomass modification were applied to adsorb copper metal (Cu) with variations of contact time: 0, 30, 60, 120, and 180 minutes. Observations were made on decreasing the concentration of copper metal for a certain time and were analyzed using the atomic adsorption spectroscopy (AAS) instrument. The results showed the copper metal adsorption kinetics followed the second order reaction. Characterization using FTIR after the modification process showed that there was a typical absorption at wave number 1736 cm^{-1} . The absorption is the vibration of the $C=O$ ester groups, where there is no absorption at the biomass before modification. The XRF results show an increase in the percentage of Cu metal after the adsorption process by 0.03% to 23.7%.

مستخلص البحث

جامعة ٢٠١٩. حركية الامتزاز المعدن النحاس (Cu) على صفيير الماء (*Eichhornia crassipes*) السليلوز حامض الستريك المعدل. البحث الجامعي. قسم الكيمياء، كلية العلوم والتكنولوجيا، جامعة مولانا مالك إبراهيم الإسلامية الحكومية في مالانج. المشرفة الأولى: سوجي أماليا، الماجستير. المشرف الثاني: محمد إمام الدين، الماجستير. المستشارة الأولى: رفعة المحموده ، الماجستير. المستشارة الثانية: إيني يولياني، الماجستير.

الكلمات المفتاحية: صفيير الماء (*Eichhorniacrassipes*)، الامتزاز، التعديل، الحركية

صفيير الماء (*Eichhorniacrassipes*) هو نبات مائي يعتبر حشائش في الماء. من ناحية أخرى، فإن ٥,٦٤٪ من مركب السليلوز في صفيير الماء لديه القدرة على امتزاز المعدن لأنه يحتوي على مجموعة هيدروكسيل (OH-). يستخدم التنقيع باستخدام HNO_3 ١,٠M في الكتلة الحيوية لتقليل المحتوى المعدني. بعد ذلك تم إجراء تعديل للكتلة الحيوية باستخدام ١M حامض الستريك لتغيير مجموعات الهيدروكسيل والكربوكسيل (COOH-) لتشكيل مجموعة استر C=O. تم تطبيق نتائج تعديل الكتلة الحيوية لامتزاز معدن النحاس (Cu) مع وجود اختلافات في وقت التلامس: ٣٠، ٦٠، ١٢٠، و ١٨٠ دقيقة. تم إجراء ملاحظات حول تقليل تركيز المعدن النحاسي لفترة معينة وتم تحليلها باستخدام أداة التحليل الطيفي للامتزاز الذري. وأظهرت النتائج أن حركة الامتزاز للمعادن النحاسية اتبعت المعادلة الزائفة رقم ٢. نتائج التوصيف باستخدام FTIR بعد عملية التعديل وجود امتصاص نموذجي في الموجة رقم ١٧٣٦ سم^{-١}. الامتزاز هو اهتزاز مجموعة C=O، حيث لا يوجد امتزاز في الكتلة الحيوية قبل التعديل. تظهر نتائج XRF زيادة في نسبة معدن النحاس بعد عملية الامتزاز بنسبة ٣,٠٪ إلى ٧,٢٣٪.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk yang sangat cepat dan perkembangan industri yang semakin pesat di Indonesia menyebabkan limbah banyak dibuang ke lingkungan. Limbah tersebut berasal dari perusahaan, pertambangan, industri kimia, dan domestik. Limbah yang bersifat racun ini salah satunya berupa logam berat (Rochmah, dkk., 2017). Logam berat merupakan jenis polutan yang sangat berbahaya dalam sistem lingkungan hidup karena bersifat toksik, karsinogenik, dan tidak dapat terbiodegradasi. Menurut pemantauan Kementerian Lingkungan Hidup (KLH) dari tahun 2008 hingga 2013 sekitar 70-75% air permukaan telah tercemar oleh logam baik tercemar ringan, sedang, maupun berat.

World Health Organization (WHO) tahun 2010 melaporkan bahwa tembaga (Cu) merupakan logam berat tingkat 1 paling berbahaya. Masuknya limbah logam ke perairan menyebabkan terjadinya perubahan kualitas fisik, kimia, biologis, dan estetika perairan. Dampaknya terhadap fungsi air menyebabkan air menjadi tidak sesuai lagi dengan peruntukannya. Oleh karena itu, Kementerian Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 memutuskan baku mutu logam tembaga (Cu) terlarut untuk biota laut sebesar 0,008 mg/L dan untuk wisata bahari sebesar 0,05 mg/L, sedangkan Peraturan Pemerintah RI No. 82 Tahun 2001 menetapkan ambang batas kandungan tembaga pada badan air sebesar 0,02 mg/L.

Keberadaan senyawa organik maupun anorganik dalam jumlah tinggi di perairan memicu peledakan pertumbuhan organisme air, seperti eceng gondok

(*Eichhornia crassipes*). Tanaman eceng gondok dianggap sebagai gulma di perairan sehingga dapat menimbulkan masalah pada lingkungan (Zheng, dkk., 2009). Akan tetapi kita ketahui bahwa Allah SWT menciptakan segala sesuatu di dunia ini selalu memiliki sisi yang berlawanan. Selain berdampak negatif, tanaman ini juga memiliki dampak positif dalam hal lain. Allah SWT berfirman dalam al-Quran surat Ali-Imran ayat 191 berbunyi:

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَنَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

Artinya : “(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring, dan mereka yang memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka”.

Ayat 191 disebutkan bahwa sesungguhnya segala sesuatu yang ada di muka bumi dan langit ini diciptakan oleh Allah tidak ada yang sia-sia. Begitu pula dengan tanaman eceng gondok, setelah dikaji ternyata tanaman ini berpotensi sebagai komponen utama dalam penurunan kadar logam berat. Eceng gondok dapat menurunkan kadar logam, termasuk tembaga (Cu) di perairan karena mengandung senyawa selulosa (Zheng, dkk., 2009; Mahmood, dkk., 2010; Sadeek, dkk., 2015; Hassoon dan Najem, 2017).

Sebanyak 64,51% jumlah selulosa yang terdapat dalam eceng gondok (Moeksin, 2016) memiliki gugus –OH dan –COOH sebagai gugus aktif yang dapat mengikat ion logam (Shofiyan, 2006). Oleh karena itu, pada penelitian ini digunakan eceng gondok sebagai biomassa untuk mengadsorpsi tembaga dalam limbah buatan.

Penurunan kadar logam tembaga (Cu) oleh eceng gondok dapat dilakukan dengan beberapa metode, antara lain : elektrokimia (Trisniawan, 2016), fotokimia (Ratan, 2014), fitoremediasi (Ferreiro, dkk., 2014), osmosis balik, presipitasi, penukar ion, pengapungan, proses membran (Mahamadi, 2011), dan adsorpsi (Buasri, dkk., 2012; Mahmood, dkk., 2010; Sadeek, dkk., 2015; Zheng, dkk., 2009). Metode elektrokimia yang dilakukan oleh Trisniawan (2016) disebutkan memerlukan biaya operasional yang mahal dan rumit. Kadar logam tembaga (Cu) yang berkurang juga hanya sedikit, yaitu sebesar 18,61%. Penggunaan metode fitoremediasi yang memanfaatkan tumbuhan hidup sebagai akumulator logam membutuhkan waktu yang cukup lama untuk menurunkan kadar logam, sehingga kurang efisien (Ferreiro, dkk., 2014).

Dewasa ini, pengembangan metode adsorpsi dilakukan dengan menggunakan biomassa tumbuhan yang juga dikenal dengan fitofiltrasi. Fitofiltrasi menggunakan tumbuhan yang telah mati sebagai pengikat ion logam dalam air (Tangio, 2013). Metode adsorpsi banyak dikembangkan karena memiliki kelebihan dibandingkan metode lain. Kelebihan tersebut antara lain: relatif sederhana (Azhari, dkk., 2017), menurunkan kadar logam dalam konsentrasi rendah dari ppm hingga ppb, murah, efisien, *biodegradable* (Mahamadi, 2011), selektivitas tinggi, serta tidak menghasilkan limbah lumpur banyak (Sheshadri, dkk., 2014). Hasil penelitian dengan metode adsorpsi yang pernah dilakukan menggunakan biomassa eceng gondok menunjukkan kapasitas adsorpsi cukup baik. Jumlah logam Cu yang terserap oleh biomassa eceng gondok sebesar 22,7 mg/g (Zheng, dkk., 2009), 99,42 mg/g (Buasri, dkk., 2012), dan 181,8 mg/g (Sadeek, dkk., 2015).

Adsorpsi logam oleh biomassa terjadi secara optimal jika tidak ada kompetisi antar mineral dalam sistem. Untuk mengatasi hal tersebut, perlu dilakukan demineralisasi. Ratan (2014) mengidentifikasi adanya logam berat berupa Al, Cd, Ca, Cu, Fe, Pb, Mg, dan Zn dalam biomassa eceng gondok menggunakan metode fitokimia. Demineralisasi dilakukan untuk menurunkan kadar mineral menggunakan asam konsentrasi rendah (Arifin, 2017). Mahmood, dkk. (2010) menggunakan HNO_3 3M untuk mendemineralisasi selulosa eceng gondok. Ia melaporkan adanya mineral Ca, Mg, K, Na, Al, Fe, dan Si yang berkurang setelah demineralisasi.

Mekanisme adsorpsi antara selulosa dengan logam terjadi antara gugus karboksil ($-\text{COOH}$) pada asam dengan gugus hidroksil ($-\text{OH}$) pada selulosa yang akan menghasilkan ikatan baru yaitu $\text{C}=\text{O}$ ester melalui reaksi esterifikasi (McSweeny, dkk., 2006). Rahmayanti, dkk. (2017) mengidentifikasi gugus karbonil, hidroksil, karboksil, kuinon, dan lakton pada permukaan adsorben yang dimodifikasi dengan berbagai asam. Intensitas gugus adsorben termodifikasi yang dihasilkan pada instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) semakin meningkat. Hal tersebut menunjukkan bahwa modifikasi permukaan menggunakan asam dapat menambah gugus aktif pada biomassa.

Penelitian Azhari (2017) menyatakan selulosa eceng gondok yang dimodifikasikan dengan asam nitrat dapat menurunkan kadar logam Cd sebesar 56,441%, sedangkan Surbakti (2016), selulosa tanpa modifikasi hanya menurunkan logam Cd sebesar 14,7143%, dan setelah dimodifikasi asam sitrat memberikan kenaikan presentase adsorpsi yang signifikan, yaitu 74,7872%. Kapasitas adsorpsi logam Cd oleh batang jagung yang dimodifikasi asam sitrat 1 M meningkat sebesar 42,9

mg/g dari 1,62 mg/g batang jagung tanpa modifikasi (Ramos, dkk., 2012). Modifikasi dengan cara *cross-link* pada selulosa dilakukan menggunakan asam sitrat, karena asam sitrat memiliki kelebihan dibandingkan asam lain, yaitu tingkat bahayanya rendah dan lebih murah (McSweeny, dkk., 2006).

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perludilakukan penelitian mengenai efektifitas biomassa selulosa eceng gondok termodifikasi asam sitrat terhadap adsorpsi logam tembaga. Efektifitas biomassa dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain (Buasri, dkk., 2012; Ramos, dkk., 2012) : konsentrasi awal adsorbat, waktu kontak, suhu, pH, dosis biomassa, serta konsentrasi dan jenis asam sebagai aktivator. Penelitian ini menggunakan variasi waktu kontak dan konsentrasi awal larutan adsorbat pada proses adsorpsi. Dengan demikian dapat diketahui adanya korelasi antara aktivitas adsorben dengan jumlah zat teradsorpsi pada suhu konstan. Variasi waktu kontak dipelajari untuk mengetahui kemampuan terbaik selulosa eceng gondok dalam menyerap tembaga (Cu) dalam waktu tertentu. Kecepatan proses adsorpsi biomassa eceng gondok terhadap logam tembaga dapat dipelajari dengan kajian model kinetika reaksi penyerapan logam. Karakterisasi menggunakan FTIR untuk menentukan gugus fungsi pada sampel, yang mana akan diketahui perubahan karakter vibrasi pada biomassa sebelum modifikasi, setelah modifikasi, dan setelah adsorpsi berdasarkan spektra yang muncul. *X-Ray Fluorescence* (XRF) digunakan untuk menganalisis komposisi kimia dalam biomassa serta untuk mendukung keberhasilan proses adsorpsi berdasarkan kenaikan persentase logam setelah dilakukan *treatment*. *Atomic Adsorption Spectroscopy* (AAS) untuk mengetahui konsentrasi akhir logam tembaga (Cu) pada selulosa setelah adsorpsi, sehingga dapat

digunakan untuk menemukan orde reaksi penyerapan logam tembaga terhadap biomassa.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana model kinetika adsorpsi logam tembaga (Cu) menggunakan biomassa eceng gondok termodifikasi?
2. Bagaimana karakter vibrasi yang dihasilkan biomassa sebelum modifikasi, sesudah modifikasi, dan sesudah adsorpsi menggunakan instrumen FTIR?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui model kinetika adsorpsi logam tembaga (Cu) menggunakan biomassa eceng gondok termodifikasi
2. Untuk mengetahui karakter vibrasi yang dihasilkan biomassa sebelum modifikasi, sesudah modifikasi, dan sesudah adsorpsi menggunakan instrumen FTIR.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi mengenai potensi batang eceng gondok yang dianggap gulma bisa dijadikan sebagai biomassa. Biomassa yang dimodifikasi ini diaplikasikan sebagai biosorben yang dapat menurunkan kadar logam tembaga (Cu) dalam suatu perairan.

1.5 Batasan Masalah

Adapun batasan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Sampel eceng gondok diperoleh dari Kabupaten Gresik
2. Dosis adsorben yang digunakan adalah 1 g
3. pH larutan adsorbat (logam tembaga) dikondisikan netral
4. Konsentrasi asam nitrat yang digunakan adalah 0,1 M
5. Konsentrasi asam sitrat yang digunakan adalah 1 M.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Potensi Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Adsorben

Pertumbuhan tanaman eceng gondok yang sangat cepat dapat menutupi permukaan air dan menimbulkan masalah pada lingkungan. Oleh karena itu, dibutuhkan usaha lebih lanjut untuk memberantas tanaman yang dianggap gulma air tersebut. Eceng gondok memiliki potensi yang sangat besar untuk dimanfaatkan sebagai pengadsorpsi logam berat karena memiliki gugus karboksil dan hidroksil sebagai gugus penyerap. Oleh karena itu, eceng gondok juga dianggap sebagai pengendali pencemaran bahan-bahan tertentu di air selain sebagai gulma (Muhtar, 2008).



Gambar 2.1 Pertumbuhan tanaman eceng gondok (*Eichhornia crassipes*).

Badan Pengendalian Dampak dan Lingkungan Jawa Timur dalam (Muhtar, 2008) melaporkan bahwa setiap 10 tanaman eceng gondok mampu berkembang biak menjadi 600.000 tanaman baru dalam waktu 8 bulan. Selain itu, hasil penelitian yang dilakukan oleh Badan Pengendalian Dampak dan Lingkungan

Sumatera Utara di Danau Toba pada tahun 2003, satu batang eceng gondok mampu berkembang seluas 1 m² dalam waktu 52 hari, dengan kata lain satu tanaman eceng gondok mampu menutup area seluas 7 m² dalam waktu satu tahun. Gambar 2.1 merupakan pertumbuhan tanaman eceng gondok di salah satu perairan di Kabupaten Gresik. Daerah tersebut merupakan daerah industri yang perairannya banyak tercemari oleh limbah industri baik limbah organik maupun anorganik.

Allah SWT berfirman dalam surat Thaha ayat 53 yang berbunyi :

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ
أَنْوَاجًا مِنْ تَبَاتٍ شَقَى ﴿٥٣﴾

Artinya: “Yang telah menjadikan bagimu bumi sebagai hamparan dan yang telah menjadikan bagimu di bumi itu jalan-jalan, dan menurunkan dari langit air hujan. Maka Kami tumbuhkan dengan air hujan itu berjenis-jenis dari tumbuh-tumbuhan yang bermacam-macam”.

Menurut Shihab (2002) dalam tafsir Al-Mishbah dijelaskan bahwa beragam jenis tumbuhan dengan aneka variasi penciptaan yang luar biasa merupakan bentuk bukti keagungan dan kekuasaan Allah SWT dalam menciptakan bermacam-macam jenis tumbuhan. Tumbuhan ini ada untuk dimanfaatkan manusia, salah satunya sebagai biomassa atau biosorben yang dapat menurunkan kadar logam berat tembaga.

Berbagai macam tumbuhan diciptakan Allah SWT untuk dimanfaatkan manusia, baik untuk memenuhi kebutuhan primer maupun sekunder. Tumbuhan juga dapat dimanfaatkan berdasarkan kandungan atau senyawaan kimia yang terdapat di dalamnya. Allah SWT berfirman dalam surat asy-Syu'araa (26) ayat 7 sebagai berikut :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَثْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ﴿٧﴾

Artinya : “Dan Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, berapakah banyaknya Kami tumbuhkan di bumi itu pelbagai macam tumbuh-tumbuhan yang baik?”.

Menurut Junaidi (2010), lafadz زَوْجٌ كَرِيمٌ berarti نوع حسن yang berarti macam kebaikan. Lafadz زَوْجٌ diaplikasikan sebagai macam-macam kandungan kimia dalam tanaman eceng gondok seperti selulosa, lignin, dan hemiselulosa. Sementara lafadz كَرِيمٌ dalam ayat tersebut diaplikasikan sebagai selulosa yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan dasar yang berperan dalam penyerapan logam. Al-Maraghi (1974) menafsirkan bahwa Allah SWT telah menumbuhkan berbagai jenis, bentuk, serta warna tumbuhan sebagai bukti kekuasaan-Nya. Shihab (2002) juga memberikan tafsir bahwa ayat tersebut mengajak manusia untuk mengamati dan merenungi ciptaan Allah SWT di muka bumi untuk mendapatkan petunjuk.

2.1.1 Kandungan Kimia Tanaman Eceng Gondok

Menurut Roechyati (1983) dalam Moeksin, dkk. (2016), eceng gondok dalam keadaan basah memiliki kandungan senyawa kimia yang dirangkum pada Tabel 2.1, sedangkan eceng gondok dalam keadaan kering memiliki kandungan senyawa yang dirangkum pada Tabel 2.2. Kandungan senyawa selulosa dan lignin yang tinggi menyebabkan bahan tersebut sulit terdekomposisi secara alami (Moeksin, dkk., 2016). Eceng gondok merupakan tanaman air yang mengandung selulosa sebagai komposisi utama penyusunnya. Menurut Shofiyani dan Gusrizal (2006), eceng gondok mengandung gugus fungsional hidroksil ($-OH$) yang berfungsi sebagai gugus aktif untuk menyerap logam.

Tabel 2.1 Kandungan kimia dalam tanaman eceng gondok segar

No.	Senyawa	Kadar (%)	No.	Senyawa	Kadar (%)
1	Air	92,6	6	Protein	0,16
2	Abu	0,44	7	Fosfor	0,52
3	Serat kasar	2,09	8	Kalium	0,42
4	Karbohidrat	0,17	9	Klorida	0,26
5	Lemak	0,35	10	Alkanoid	2,22

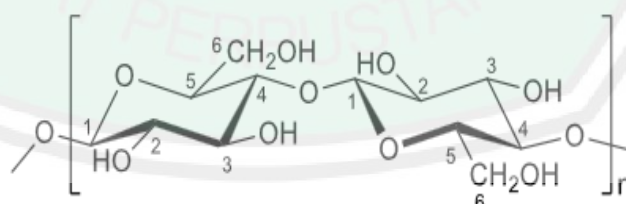
Sumber : Moeksin,dkk.(2016).

Tabel 2.2 Kandungan kimia dalam tanaman eceng gondok kering

No.	Senyawa	Kadar (%)
1	Selulosa	64,51
2	Pentosa	15,61
3	Silika	5,56
4	Abu	12
5	Lignin	7,69

Sumber : Moeksin,dkk. (2016).

Selulosa merupakan penyusun utama dinding sel. Selulosa termasuk polimer glukosa dengan ikatan β -1,4-D-glikosida dalam rantai panjang lurus. Rantai selulosa terhubung dengan ikatan hidrogen dan gaya Van der Waals. Selulosa merupakan polimer homogen dan jika dihidrolisis akan menghasilkan glukosa (Naufala, 2015). Struktur kimia selulosa ditunjukkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur kimia selulosa (Sadeek, dkk., 2015).

2.2 Demineralisasi Eceng Gondok Menggunakan Asam Nitrat

Demineralisasi dilakukan dengan cara mencuci larutan menggunakan asam yang bertujuan untuk menghilangkan mineral-mineral serta pengotor yang

menempel pada adsorben melalui pertukaran ion (Mandasari, 2016). Demineralisasi pada eceng gondok menggunakan HNO_3 0,3 M dilakukan oleh Najem (2015) pada biomassa eceng gondok yang digunakan untuk menyerap ion logam tembaga (Cu) memiliki nilai efisiensi penyerapan sebesar 96,75%. Sementara itu pada penelitian lain, demineralisasi pernah dilakukan oleh Mukaratirwa (2016) dengan merendam eceng gondok menggunakan HNO_3 0,1 M. Hasil demineralisasi tersebut dapat menurunkan kadar pengotor berupa mineral dan logam pada biomassa eceng gondok yang dirangkum pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Penurunan kadar mineral oleh asam nitrat pada eceng gondok

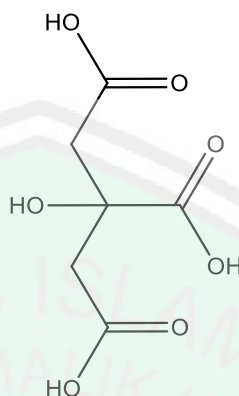
Mineral	Analisis ($\mu\text{g/g}$)		Kadar Penurunan (%)
	Sebelum pencucian	Setelah pencucian	
Fe	2399,2	317,9	86,8
Ni	172,4	42,95	75,1
Cu	427,3	205,4	51,9
Pb	176,6	163,8	7,2
Cr	244,66	52,6	78,5
Zn	616,5	154,3	75,0

Sumber: Mukaratirwa (2016).

2.3 Modifikasi Selulosa Menggunakan Asam Sitrat

Kemampuan adsorpsi dapat ditingkatkan dengan melakukan modifikasi gugus aktif dari senyawa biomassa menggunakan asam. Asam yang dapat digunakan untuk memodifikasi selulosa adalah asam sitrat. Asam sitrat merupakan suatu karboksilat tribasis, berwujud kristal berwarna putih, berasa kecut dan ada di dalam jeruk dan buah asam lainnya sebagai asam bebas. Memiliki rumus kimia $\text{CH}_2(\text{COOH})-\text{COH}(\text{COOH})\text{CH}_2(\text{COOH})$ dengan nama IUPAC asam 2-hidroksi-1,2,3-propanatrikarboksilat. Keasaman asam sitrat diperoleh dari tiga gugus

karboksil ($-\text{COOH}$) yang dapat melepas proton dalam larutan sehingga dihasilkan ion sitrat (Surbakti, 2016). Struktur asam sitrat ditampilkan pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3 Rumus struktur asam sitrat

Kemampuan biomassa dalam menyerap logam tembaga dipengaruhi oleh gugus karboksil ($-\text{COOH}$) pada selulosa sebagai gugus aktif penyerap logam melalui proses modifikasi. Amiruddin (2006) melakukan modifikasi selulosa batang jagung menggunakan beberapa reagen yaitu asam nitrat, asam sulfat, dan asam peroksida dengan total gugus karboksil berturut-turut sebesar 0,7425; 0,5413; dan 0,6419 mEq/g. Sementara itu penelitian Mahbubah (2016) telah melakukan modifikasi selulosa menggunakan asam sitrat menunjukkan nilai gugus karboksil yang lebih besar yaitu 0,783 Eq/g. Oleh karena itu, asam sitrat dianggap sebagai salah satu reagen terbaik yang bertindak untuk memodifikasi situs aktif pada selulosa secara *cross-link*, sehingga dapat meningkatkan kapasitas adsorpsi dari eceng gondok (Siswoyo, 2018).

Modifikasi kimia menggunakan asam sitrat pada selulosa jerami kedelai dilakukan oleh Zhu (2008) melalui reaksi esterifikasi untuk menyerap logam tembaga. Esterifikasi dilakukan dengan cara menambahkan asam sitrat 0,6 M

dengan rasio 1,0 gram jerami kedelai ke dalam 10 mL larutan asam sitrat. Kemudian diaduk pada 500 rpm selama 30 menit pada suhu kamar. Esterifikasi terjadi bila gugus asam karboksilat ($-\text{COOH}$) dan gugus alkohol ($-\text{OH}$) dipanaskan dalam suasana asam, maka kesetimbangan antara ester dan air akan terjadi. Proses ini disebut esterifikasi Fischer.

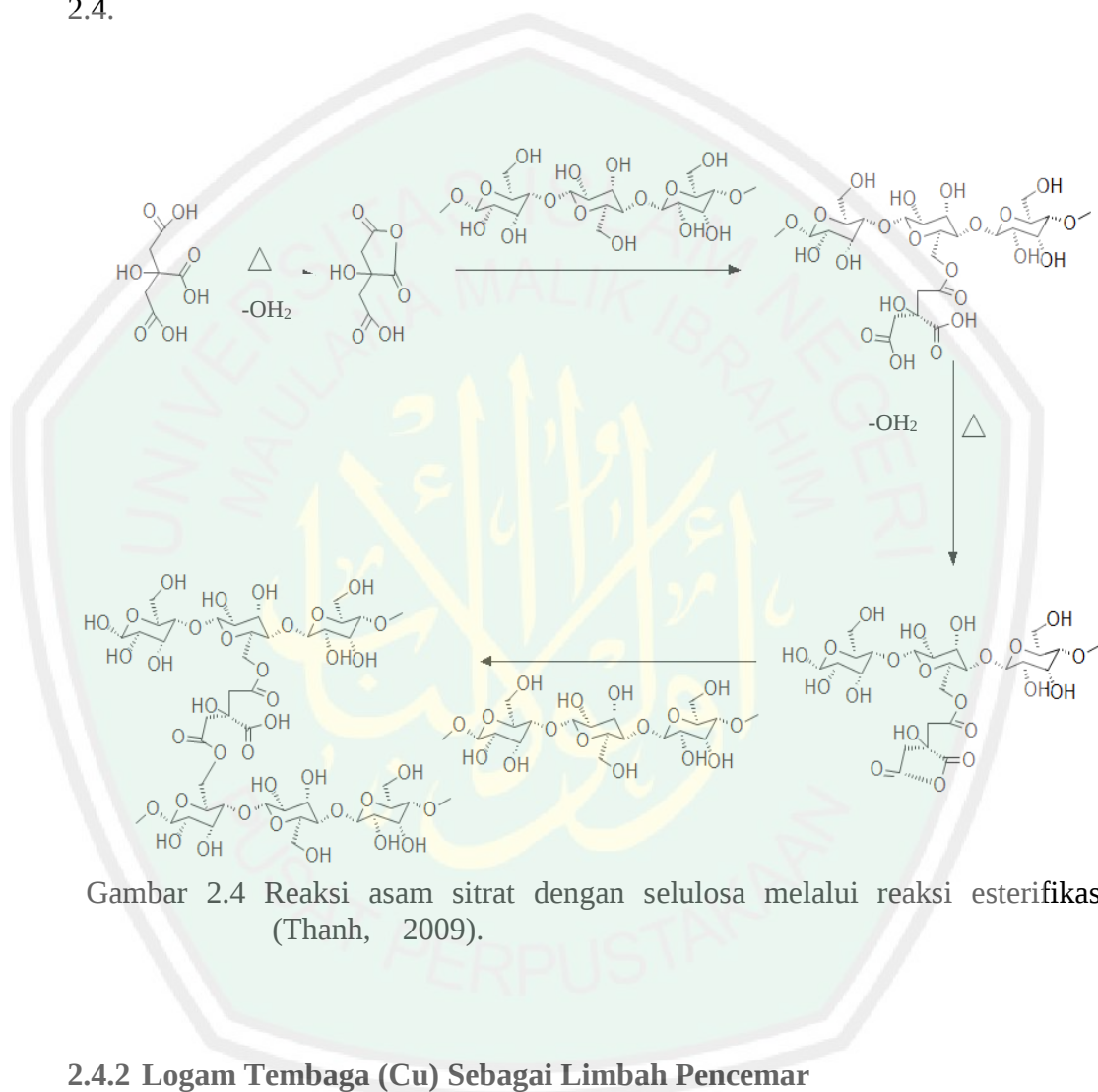
2.4 Adsorpsi Ion Logam Tembaga (Cu)

2.4.1 Proses Adsorpsi dan Mekanisme Adsorpsi Logam Tembaga

Adsorpsi merupakan suatu peristiwa penyerapan pada lapisan permukaan atau antar fasa, dimana molekul dari suatu materi terkumpul pada bahan pengadsorpsi atau adsorben. Jenis adsorpsi yang umum dikenal adalah adsorpsi kimia (*chemisorption*) dan adsorpsi fisika (*physisorption*) (Atkins, 1997). Peristiwa adsorpsi dapat terjadi karena adsorben yang umumnya zat padat, terdiri dari atom-atom atau molekul-molekul yang saling tarik-menarik dengan gaya Van der Waals. Bila ditinjau dari molekul-molekul dalam zat padat oleh karena banyaknya molekul-molekul atau atom-atom yang mengelilingi tiap-tiap arah sama, maka gaya tarik antara molekul yang satu dengan yang lain disekelilingnya adalah seimbang, sebab gaya tarik yang satu akan dinetralkan oleh yang lain yang letaknya simetris atau dengan kata lain resultan gayanya sama dengan nol. Lain halnya dengan yang ada pada permukaan, gaya-gaya tersebut tidak seimbang karena pada satu arah di sekeliling molekul tersebut akan mempunyai sifat menarik molekul-molekul gas atau *solute* pada permukannya. Fenomena ini disebut adsorpsi (Reynolds, 1992) dalam (Krystiyanti, 2008).

Berdasarkan Thanh (2009) mekanisme reaksi asam sitrat terjadi ketika atom O⁻ menyerang gugus karbonil. Ion O⁻ berasal dari hidroksil pada atom C-6 selulosa

yang bersifat nukleofil berikatan dengan karbonil dari asam sitrat anhidrat. Asam sitrat yang bersifat elektrofil dengan hidroksil tersebut akan membentuk selulosa-sitrat. Selulosa-sitrat yang terbentuk mengandung gugus baru yaitu gugus ester. Pembentukan selulosa-sitrat melalui reaksi esterifikasi ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Reaksi asam sitrat dengan selulosa melalui reaksi esterifikasi (Thanh, 2009).

2.4.2 Logam Tembaga (Cu) Sebagai Limbah Pencemar

Logam merupakan salah satu unsur kimia yang mempunyai sifat fisis maupun sifat kimia tertentu. Beberapa unsur logam antara lain besi, tembaga, emas, dan perak. Beberapa unsur tersebut memiliki sifat yang berbeda, tetapi setiap unturnya memiliki manfaat bagi manusia. Dalam potongan surat al-Hadid ayat 25 Allah SWT berfirman :

وَأَنْزَلْنَا الْحَدِيدَ فِيهِ بَأْسٌ شَدِيدٌ وَمَنْفَعٌ لِلنَّاسِ وَلِيَعْلَمَ اللَّهُ مَنْ يَنْصُرُهُ وَرُسُلَهُ بِالْغَيْبِ إِنَّ اللَّهَ قَوِيٌّ عَزِيزٌ ﴿٢٥﴾

Artinya: “Dan Kami ciptakan besi yang padanya terdapat kekuatan yang hebat dan berbagai manfaat bagi manusia, (supaya mereka mempergunakan besi itu) dan supaya Allah mengetahui siapa yang menolong (agama)Nya dan rasul-rasul-Nya Padahal Allah tidak dilihatnya. Sesungguhnya Allah Maha kuat lagi Maha Perkasa”.

Kata *ba'sun syadiidun wamanaafi'u linnasi* dalam kajian ini mempunyai pengertian bahwa di dalam besi terdapat sifat yang bermanfaat bagi manusia, apabila manusia dapat mempergunakan besi tersebut dengan baik (Rohmawati, 2008). Sama halnya dengan logam tembaga yang mana jika digunakan dengan baik akan memberikan manfaat bagi manusia dalam berbagai hal. Akan tetapi jika pengolahannya tidak sesuai akan menimbulkan masalah baru yaitu logam tembaga menjadi limbah pencemar yang dapat merusak ekosistem dan lingkungan.

Tembaga adalah logam yang mudah ditempa dan memiliki titik lebur 1038°C. Ada dua deret senyawa tembaga, yaitu senyawa tembaga (I) dan tembaga (II). Tembaga ini tidak larut dalam air. Garam-garam tembaga (II) umumnya ditemui dalam bentuk ion Cu^{2+} (Vogel, 1990). Logam Cu termasuk logam berat yang berbahaya, akan tetapi berbeda dengan logam-logam lainnya, seperti Hg, Cd, dan Cr. Logam tembaga merupakan logam berat esensial yang sangat diperlukan tubuh meskipun dalam jumlah yang sangat sedikit. Toksisitas yang dimiliki Cu akan bekerja dan berbahaya bagi tubuh jika melebihi ambang batas (Palar, 2005). Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No. 51 Tahun 1995 tentang baku mutu limbah cair bagi kegiatan industri, konsentrasi tembaga yang diperbolehkan

ada di dalam limbah industri adalah sebesar 3 mg/L. Jika konsentrasi tersebut melebihi baku mutu maka akan berdampak negatif bagi lingkungan dan kesehatan manusia.

Dalam tabel periodik, tembaga menempati posisi dengan nomor atom (NA) 29 dan mempunyai bobot atau berat atom (BA) 63,546 g/mol. Menurut Darmono (1995), faktor yang menyebabkan logam berat termasuk dalam kelompok zat pencemar adalah karena adanya sifat-sifat logam berat yang tidak dapat terurai (*nondegradable*) dan mudah diabsorpsi. Sifat logam berat sangat unik karena tidak dapat dihancurkan secara alami dan cenderung terakumulasi dalam rantai makanan melalui proses biomagnifikasi. Pencemaran logam berat ini menimbulkan berbagai permasalahan diantaranya (Darmono, 1995):

1. Berhubungan dengan estetika (perubahan bau, warna, dan rasa air)
2. Berbahaya bagi kehidupan tanaman dan binatang
3. Berbahaya bagi kesehatan manusia
4. Menyebabkan kerusakan pada ekosistem.

Logam tembaga (Cu) dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, baik itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga (Cu) yang masuk dalam ketiga strata lingkungan tersebut dapat datang dari bermacam-macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam tembaga ke dalam strata lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga, dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 2005).

2.4.3 Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) oleh Biomassa Eceng Gondok

Kinetika mencakup suatu pembahasan tentang kecepatan (laju) reaksi dan bagaimana proses reaksi berlangsung. Laju reaksi merupakan suatu perubahan konsentrasi pereaksi maupun produk dalam satuan waktu (Keenan, 1984). Orde reaksi merupakan bagian dari persamaan laju reaksi. Menurut Atkins (1999), Orde reaksi terhadap suatu komponen merupakan pangkat dari konsentrasi komponen tersebut dalam persamaan laju reaksi. Menurut Chang (2005), kinetika yang merujuk pada laju reaksi merupakan perubahan konsentrasi reaktan atau produk terhadap waktu.

Orde pertama (*first order*) merupakan reaksi yang lajunya bergantung pada konsentrasi reaktan dipangkatkan satu. Orde dua merupakan reaksi yang lajunya bergantung pada konsentrasi dua reaktan yang berbeda dan masing-masingnya dipangkatkan satu, atau konsentrasi salah satu reaktan yang dipangkatkan dua (Chang, 2005).

Persamaan orde satu dapat ditulis sebagai berikut:

$$\frac{-\Delta [A]}{\Delta t} = k [A] \quad (2.1)$$

Dalam bentuk diferensial, Persamaan 2.1 menjadi

$$-\frac{d[A]}{dt} = k [A]$$

Penataan ulangnya menghasilkan

$$-\frac{d [A]}{[A]} = -k dt$$

Dengan mengintegrasikan antara $t = 0$ dan $t = t$, maka dihasilkan:

$$\int_{[A]_0}^{[A]} \frac{d [A]}{[A]} = -k \int_0^t dt$$

$$\ln \frac{[A]}{[A]_0} = -kt$$

atau

$$\ln[A] - \ln[A]_0 = -kt$$

Jika ditata ulang menjadi

$$\ln[A] = -kt + \ln[A]_0 \quad (2.2)$$

Persamaan (2.2) memiliki bentuk persamaan linear $y = mx + b$, dengan m adalah kemiringan dari garis yang merupakan gambar dari persamaan:

$$\ln[A] = (-k)(t) + \ln[A]_0 \quad (2.3)$$

Dimana $\ln[A] = y$, $(-k) = m$, $(t) = x$, dan $\ln[A]_0 = b$. Jadi, grafik untuk orde satu akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan $-k$ (atau m) yang merupakan plot dari $\ln [A]$ versus t (atau y versus x).

Dalam hal orde tidak satu, $x \neq 1$, persamaan dapat ditulis sebagai:

$$\frac{d[A]}{[A]^x} = k dt \quad (2.4)$$

$$\frac{1}{[A]} = \frac{1}{[A]_0} + kt$$

yang pada integrasi, dengan syarat awal seperti sebelumnya menghasilkan persamaan

$$\frac{1}{[A]^{x-1}} = \frac{1}{[A]_0^{x-1}} + (x-1)kt$$

Sehingga diperoleh persamaan $y = ax + b$ dalam bentuk

$$\frac{1}{[A]} = (k)(t) + \frac{1}{[A]_0} \quad (2.5)$$

Dimana $\frac{1}{[A]} = y$, $k = a$, $(k) = a$, $(t) = x$, dan $\frac{1}{[A]_0} = b$. Jadi untuk grafik orde 2 akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan $= k$, dengan sumbu x adalah t (menit) dan sumbu y adalah $\frac{1}{[A]_t}$.

Untuk orde reaksi $x > 1$, kurva $\frac{1}{[A]^{x-1}}$ terhadap t berupa garis lurus dengan kemiringan positif $(x-1)k$, sedangkan untuk $x < 1$ kurva $[A]^{1-x}$ terhadap t berbentuk garis lurus dengan kemiringan negatif $(x-1)k$. Jadi, bila reaksi berorde dua, maka grafik $\frac{1}{[A]}$ terhadap waktu t akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan positif sebesar k .

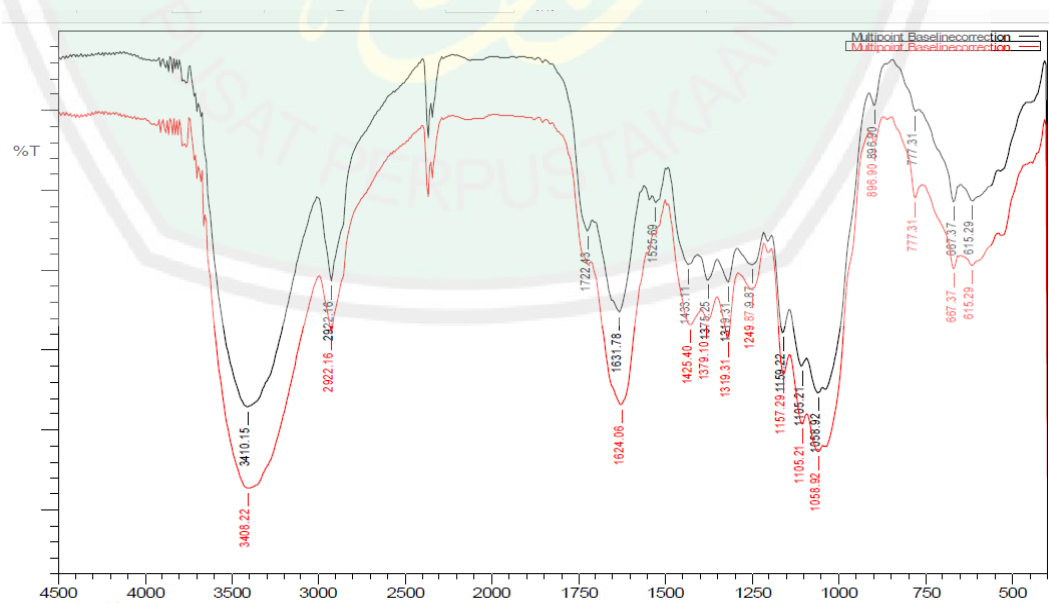
Model kinetika orde 1 mengasumsikan bahwa terjadi kesetimbangan antara laju penyerapan (adsorpsi) dan pelepasan (desorpsi) pada setiap situs adsorben (Ghasemi, dkk., 2014). Menurut Irawati, dkk. (2018) model kinetika orde dua merupakan dua tahapan proses, yaitu tahapan awal yang berlangsung secara cepat dan tahapan kedua yang berlangsung lebih lambat. Proses adsorpsi berlangsung secara cepat seiring bertambahnya waktu kontak. Setelah terjadi adsorpsi pada waktu optimum, proses adsorpsi akan mengalami penurunan dan berlangsung lebih lambat setelah beberapa waktu kontak berikutnya.

2.5 Karakterisasi Gugus Fungsi dengan FTIR

Adsorben serbuk eceng gondok teraktivasi pada konsentrasi dan waktu kontak optimum memiliki gugus hidroksil ($-OH$), dalam penelitian Azhari, dkk. (2017), hal tersebut dapat terlihat dari munculnya puncak yang melebar pada panjang gelombang $3410,15 \text{ cm}^{-1}$, selanjutnya terdapat puncak lemah pada panjang gelombang $2922,16 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan gugus C-H (aldehid). Kemudian pada panjang gelombang $1722,43 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi rentangan dari C=O dan $1631,78 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi tekukan N-H. Pada panjang gelombang $1427,32 \text{ cm}^{-1}$ merupakan vibrasi dari gugus $-CH$ alkana,

1246,02 cm^{-1} merupakan vibrasi dari gugus C–O. Rentang =C–H terdapat pada panjang gelombang 613,36 cm^{-1} ; 667,37 cm^{-1} ; dan 896,90 cm^{-1} . Terdapat pergeseran pita serapan pada adsorben setelah diaktivasi dan setelah diaplikasikan pada larutan yang mengandung ion logam. Vibrasi gugus C–O pada panjang gelombang 1249,87 cm^{-1} bergeser ke arah bilangan gelombang yang lebih kecil yaitu 1246,02 cm^{-1} . Hal ini dapat terjadi karena perubahan gugus fungsi yang telah mengikat ion logam. Hasil karakterisasi menggunakan FTIR oleh Azhari, dkk. (2017) ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Mawardi (2007) dalam Azhari, dkk. (2017) juga mengemukakan hal yang sama, yaitu telah terjadi pergeseran bilangan gelombang saat biomassa alga hijau mengikat ion logam dibandingkan dengan sebelum mengikat ion logam. Jika dilihat dari serapan yang ada, masih terdapat gugus –OH setelah diaplikasikan pada larutan yang mengandung ion logam sehingga penggunaan adsorben masih dapat digunakan kembali.



Gambar 2.5 Spektra IR adsorben serbuk eceng gondok sebelum aktivasi (merah) dan setelah aktivasi (hitam) (Azhari, dkk., 2017)

2.6 Analisis Logam Tembaga (Cu) Menggunakan AAS

Atomic adsorption spectroscopy (AAS) merupakan metode analisis unsur secara kuantitatif yang pengukurannya berdasarkan penyerapan cahaya dengan panjang gelombang tertentu tergantung sifat unsurnya. Cahaya pada panjang gelombang ini mempunyai cukup energi untuk mengubah tingkat elektronik suatu atom. Transisi elektronik suatu unsur bersifat spesifik (Khopkar, 2010).

Prinsip dasar AAS adalah interaksi antara radiasi elektromagnetik dengan sampel. AAS merupakan metode yang sangat tepat untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Menurut Darmono (1995) cara kerja AAS ini adalah berdasarkan atas penguapan larutan sampel, kemudian logam yang terkandung di dalamnya diubah menjadi atom bebas. Sampel yang dianalisis dengan menggunakan AAS harus diubah terlebih dahulu menjadi atom-atom bebas. Atom tersebut mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda atau *Hollow Cathode Lamp* (HCL) spesifik. Besarnya penyerapan radiasi diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya. Panjang gelombang yang dihasilkan oleh sumber radiasi sama dengan panjang gelombang yang diabsorpsi oleh atom dalam nyala (Hendaya, 2001). Darmawan (2017) melakukan atomisasi terhadap logam tembaga yang dianalisis menggunakan AAS pada panjang gelombang 324,8 nm. Gas pembakar yang digunakan adalah campuran udara dan asetilen dengan suhu pembakaran 2000°C. Suhu pembakaran yang digunakan harus melebihi titik didih logam yang akan dianalisis. Hal tersebut dilakukan agar atomisasi berlangsung secara maksimal.

Logam-logam yang mudah diuapkan seperti tembaga (Cu), timbal (Pb), seng (Zn), dan kadmium (Cd) umumnya ditentukan pada suhu rendah sedangkan

untuk unsur-unsur yang tidak mudah diatomisasi diperlukan suhu tinggi. Ditinjau dari hubungan antara konsentrasi dan absorbansi, maka hukum Lambert-Beer dapat digunakan jika sumbernya adalah monokromatis. Hubungan serapan atom dengan konsentrasi dapat dinyatakan dengan hukum Lambert-Beer, yang dituliskan dalam Persamaan 2.6 (Darmono, 1995).

$$\frac{\log I_0}{I} = a b c \dots\dots\dots(2.6).$$

I_0 merupakan intensitas sinar mula-mula, I merupakan intensitas sinar yang ditransmisikan, a merupakan intensitas molar, b merupakan tinggi tungku pembakaran, dan c merupakan konsentrasi atom.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Februari s.d. Juli 2019 di Laboratorium Kimia Fisika Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang, analisis FTIR dan AAS dilakukan di laboratorium kimia instrumen Jurusan Kimia UIN Malang, analisis XRF dilakukan di Laboratorium Sentral Mineral dan Material Maju FMIPA Universitas Negeri Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: neraca analitik, *beaker glass*, pipet tetes, pipet ukur, pipet volume, bola hisap, *grinder*, *magnetic stirrer*, aluminium *foil*, oven, corong gelas, erlenmeyer, spatula, labu ukur, *shaker bath*, *hotplate*, tabung reaksi, *sentrifuge*, pisau, ayakan, gelas arloji, gelas ukur, pH meter, seperangkat alat XRF, FTIR, dan AAS.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: sampel tanaman eceng gondok yang diperoleh dari rawa di Kabupaten Gresik, asam sitrat, HNO_3 (Merck) 65%, indikator pH universal, NaOH, HCl, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, KBr, aquademin, dan aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan yaitu penentuan kinetika adsorpsi logam tembaga (Cu) oleh selulosa eceng gondok termodifikasi asam sitrat melalui reaksi esterifikasi. Sebelum dimodifikasi menggunakan asam sitrat, adsorben didemineralisasi menggunakan asam nitrat untuk menghilangkan pengotor-pengotor berupa mineral logam yang terakumulasi pada eceng gondok. Karakterisasi menggunakan XRF digunakan untuk menganalisis komposisi kimia pada tanaman eceng gondok. Untuk mengetahui kinetika orde reaksi penyerapan logam tembaga, maka dilakukan beberapa variasi waktu kontak yaitu selama 0, 30, 60, 120, dan 180 menit. Dengan demikian dapat ditentukan orde reaksi penyerapan logam setelah dianalisis konsentrasi sisanya menggunakan AAS.

3.4 Tahapan Penelitian

1. Preparasi sampel
2. Demineralisasi eceng gondok menggunakan HNO_3 0,1 M
3. Modifikasi gugus aktif biosorben menggunakan asam sitrat 1 M
4. Pembuatan kurva standar larutan tembaga (Cu)
5. Adsorpsi logam tembaga menggunakan biosorben eceng gondok dengan variasi waktu kontak dan konsentrasi awal larutan adsorbat
6. Karakterisasi biosorben eceng gondok
7. Analisis data.

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Preparasi Biosorben Eceng Gondok

Sampel eceng gondok dicuci bersih dan dikeringkan dibawah sinar matahari. Sampel yang sudah kering ditumbuk sampai halus dan diayak dengan ukuran partikel ± 100 mesh.

3.5.2 Demineralisasi Biosorben Eceng Gondok Menggunakan Asam Nitrat

Serbuk biosorben kering direndam dalam HNO_3 0,1 M dengan volume berlebih selama 24 jam. Campuran sampel dan asam nitrat disaring, kemudian residu yang diperoleh dibilas menggunakan akuades hingga pH mendekati 7. Setelah itu residu dikeringkan dalam oven selama 4 jam dengan suhu 95°C , dan dibiarkan pada suhu ruang.

3.5.3 Modifikasi Gugus Aktif Biosorben Menggunakan Asam Sitrat

Biosorben eceng gondok kering yang telah didemineralisasi menggunakan asam nitrat dicuci kembali menggunakan asam sitrat 1 M, rasio serbuk biosorben : asam sitrat sebesar 1 g : 5 mL. Reaksi dilakukan di atas *stirrer* dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit pada suhu ruang. Selanjutnya campuran dimasukkan ke dalam oven pada suhu 50°C . Setelah 24 jam, suhu dinaikkan menjadi 120°C selama 90 menit. Selanjutnya dicuci dengan akuades hangat sampai pH mendekati 7. Lalu dikeringkan pada suhu 50°C sampai berat konstan.

3.5.4 Karakterisasi Biosorben Eceng Gondok Menggunakan FTIR

Biosorben eceng gondok sebelum dan sesudah didemineralisasi asam nitrat, setelah modifikasi asam sitrat, dan setelah menyerap tembaga

diidentifikasi menggunakan FTIR Varian tipe FT 1000. Biosorben diayak ukuran 100 mesh, lalu disimpan dalam desikator selama tujuh hari. Kemudian sampel dicampur dengan KBr lalu digerus dalam mortaragate. Selanjutnya campuran dipress dan dibentuk pellet, lalu pellet diletakkan di *cell holder* dalam instrumen FTIR dan dianalisis pada bilangan gelombang $4000-400\text{ cm}^{-1}$.

3.5.5 Karakterisasi Biosorben eceng Gondok Menggunakan XRF

Sampel biosorben eceng gondok sebelum didemineralisasi, setelah didemineralisasi, dan setelah adsorpsi logam tembaga dikarakterisasi dengan teknik XRF untuk mengidentifikasi komposisi mineral-mineral yang terdapat dalam sampel. Mula-mula sampel dihaluskan hingga menjadi serbuk yang sangat halus, kemudian ditempatkan pada sampel *holder* dan disinari dengan sinar-X.

3.5.6 Pembuatan Larutan Tembaga

3.5.6.1 Pembuatan Larutan Stok Tembaga

Larutan stok tembaga (Cu) 1000 ppm dibuat dengan cara ditimbang sebanyak 3,819 g serbuk $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kemudian dilarutkan dengan akuades dan dimasukkan ke dalam labu takar 1000 mL. Larutan ditandabatkan menggunakan akuades dan dihomogenkan. Selanjutnya larutan dianalisis dengan AAS varian *spectrAA 240* untuk mengetahui absorbansi larutan.

3.5.6.2 Kurva Standar Logam Tembaga

Larutan tembaga (Cu) diperoleh dari pengenceran larutan induk tembaga 1000 ppm, yaitu dipindahkan larutan tembaga (Cu) baku 1000 ppm sebanyak 100 mL dibuat dengan cara memindahkan 100 mL larutan baku 1000 mg/L ke dalam

labu ukur 1000 mL, kemudian ditambahkan akuades sampai tanda batas. Kemudian larutan standar 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm dibuat dengan cara memindahkan 20; 40; 60; dan 80 mL larutan 100 ppm ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas. Sederet larutan standar tembaga tersebut selanjutnya dianalisis dengan AAS varian *spectra* AA 240 sehingga diperoleh data absorbansi masing-masing larutan standar.

3.5.7 Adsorpsi Logam Tembaga Oleh Biosorben Eceng Gondok dengan Variasi Waktu Kontak

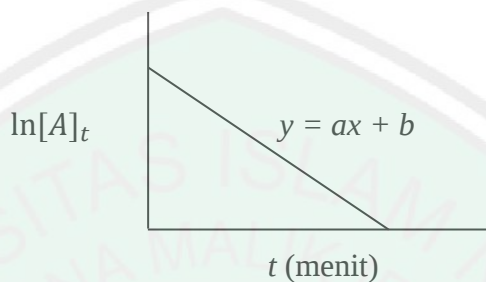
Sebanyak 1 gram adsorben serbuk ecenggondok termodifikasi dikontakkan dengan 200 mL larutan logam tembaga pada konsentrasi 100 mg/L dengan cara diletakkan erlenmeyer pada *shaker bath* dengan variasi waktu kontak 10, 30, 60, 120 dan 180 menit pada suhu ruang. Dipisahkan campuran dengan menyaring larutan pada erlenmeyer dan konsentrasi filtrat ion logam dianalisis menggunakan AAS.

3.5.8 Analisis Data

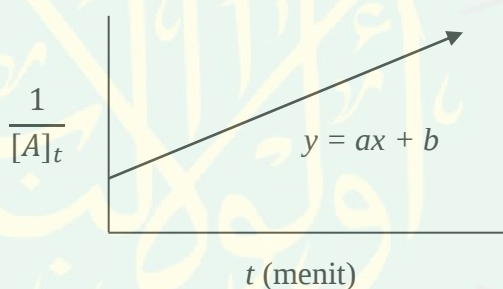
3.5.8.1 Penentuan Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga

Dicampurkan larutan logam tembaga 100 mg/L sebanyak 100 mL dengan 1 gram biomassa dalam erlenmeyer 250 mL. Erlenmeyer ditutup menggunakan aluminium foil dan di-shaker kecepatan 250 rpm dengan variasi waktu kontak 10, 30, 60, 120, dan 180 menit. Larutan adsorbat dikondisikan pada pH optimum menggunakan NaOH dan HCl. Setelah itu disaring dan filtrat diencerkan menggunakan HNO₃ 1% dan diukur absorbansinya menggunakan AAS pada panjang gelombang 324,8 nm. Penentuan kinetika orde 1 mengikuti Persamaan

2.2, sedangkan orde 2 mengikuti Persamaan 2.5. Grafik hubungan antara konsentrasi logam tembaga dengan waktu pada reaksi orde satu ditampilkan pada Gambar 3.1. Grafik hubungan antara konsentrasi logam tembaga dengan waktu pada reaksi orde dua ditampilkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3.1 Grafik penentuan kinetika orde 1



Gambar 3.2 Grafik penentuan kinetika orde 2

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini, disajikan hasil penelitian dan pembahasan tentang: (1) kinetika adsorpsi logam tembaga (Cu) oleh biomassa eceng gondok, dan (2) perubahan karakter vibrasi spektra IR pada biomassa sebelum modifikasi, setelah modifikasi, dan setelah adsorpsi. Biomassa yang digunakan dalam proses adsorpsi merupakan serbuk eceng gondok yang telah melalui tahap preparasi, demineralisasi, dan modifikasi. Proses adsorpsi dilakukan dengan variasi waktu kontak 10, 30, 60, 120, dan 180 menit untuk menentukan waktu kontak terbaik dan kinetika adsorpsi. Setelah dilakukan adsorpsi dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR pada biomassa untuk mengonfirmasi adanya perubahan gugus antara biomassa murni, setelah modifikasi, dan setelah adsorpsi.

4.1 Preparasi dan Demineralisasi Sampel Eceng Gondok

Tahap awal penelitian ini adalah preparasi sampel eceng gondok yang diambil dari daerah Kabupaten Gresik. Eceng gondok dipisahkan bagian batang dan daunnya, kemudian dicuci bersih, sedangkan akar dibuang. Eceng gondok dipotong kecil-kecil untuk mempercepat proses pengeringan. Setelah itu eceng gondok dijemur di bawah sinar matahari sampai benar-benar kering berwarna kecoklatan. Pengeringan ini bertujuan untuk mengurangi kadar air dalam eceng gondok sehingga pada saat digiling diperoleh serbuk yang tidak menggumpal. Serbuk eceng gondok kering diayak menggunakan ayakan berukuran ± 100 mesh untuk memperluas permukaan sampel sehingga proses selanjutnya lebih

mudah. Proses preparasi eceng gondok menjadi serbuk biomassa pada penelitian ini ditampilkan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Preparasi biomassa eceng gondok: (a) sebelum digiling, dan (b) sesudah digiling

Demineralisasi merupakan suatu proses perendaman biomassa eceng gondok dalam larutan asam sitrat 0,1 M. Perlakuan ini bertujuan untuk mengurangi kadar mineral di dalam sampel yang kurang diperlukan dalam proses adsorpsi. Untuk memaksimalkan demineralisasi dilakukan perendaman selama 24 jam dengan volume berlebih. Hasil demineralisasi dikarakterisasi menggunakan XRF, dapat menurunkan kadar pengotor berupa mineral dan logam yang dirangkum dalam Tabel 4.1.

Tingkat keasaman dapat mempengaruhi proses adsorpsi yang terjadi, sehingga sampel perlu dikondisikan pada pH netral. Padatan biomassa yang telah dipisahkan dari filtratnya dicuci menggunakan aquades sampai pH mendekati 7. Filtrat diuji pHnya menggunakan pH universal dan pH meter. Setelah pH filtrat mencapai 6,8 pencucian biomassa dihentikan dan disaring sehingga diperoleh

residu yang masih basah. Tujuan pengeringan ini adalah untuk mengurangi kadar air dalam biomassa. Setelah kering, biomassa dibiarkan dingin pada suhu ruang dan ditimbang menggunakan neraca analitik sampai berat konstan.

Tabel 4.1 Kandungan unsur dalam sampel eceng gondok sebelum dan sesudah didemineralisasi HNO_3 0,1 M menggunakan XRF

Unsur	Kadar (%)	
	Sebelum Demineralisasi	Setelah Demineralisasi
P	0,81	2,0
S	0,78	-
K	39,3	0,76
Cl	32,0	-
Ca	25,8	89,6
Mn	0,75	1,9
Fe	0,17	2,3
Cu	0,03	0,54
Br	0,01	-
Eu	0,31	0,6
Ni	-	0,3
Yb	-	0,9
Hf	-	1,2

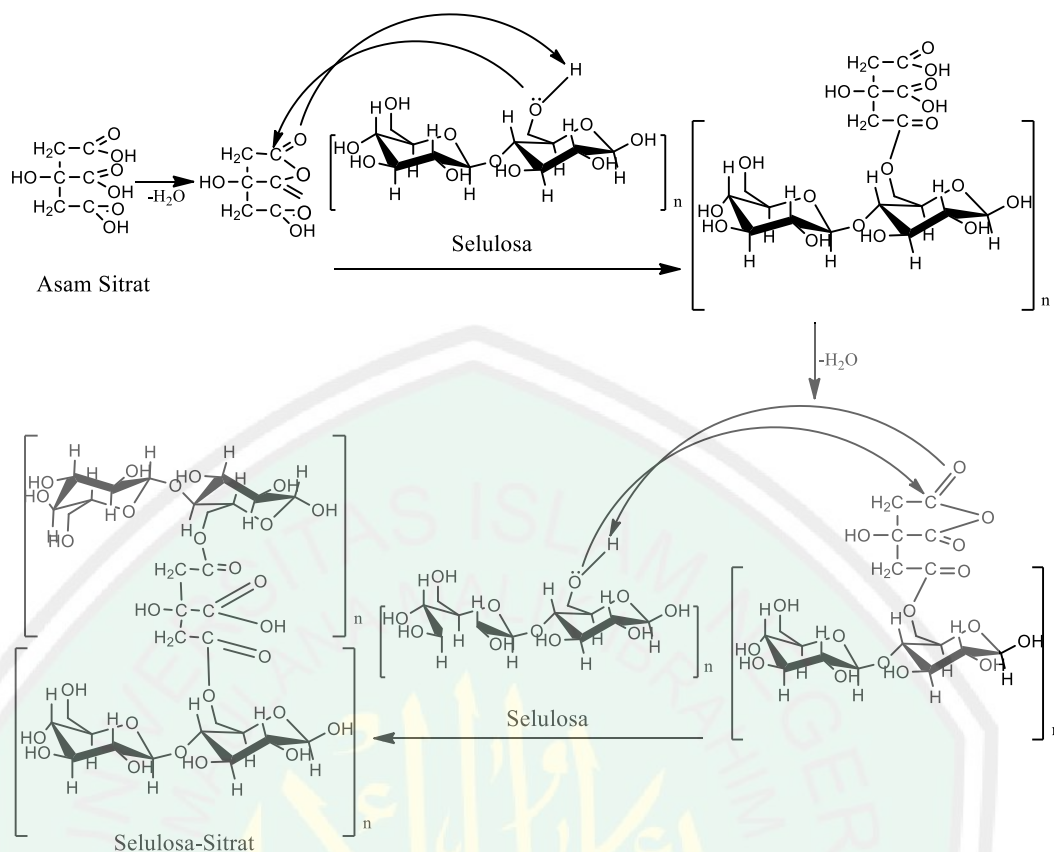
Hasil dari demineralisasi biomassa eceng gondok berupa serbuk berwarna kuning kecokelatan, lebih pucat dibandingkan dengan eceng gondok sebelum didemineralisasi. Berat sampel setelah didemineralisasi berkurang mencapai 28,29%, dimana 100 gram biomassa yang direndam dalam larutan HNO_3 0,1 M sebanyak 2000 mL berkurang menjadi 71,7104 gram. Hal ini dikarenakan beberapa unsur seperti kalium (K), sulfur (S), klor (Cl), dan barium (Br) telah berkurang jumlahnya sehingga berat biomassa mengalami penurunan.

4.2 Modifikasi Selulosa Eceng Gondok Menggunakan *Crosslinker* Asam Sitrat

Biomassa eceng gondok mengandung senyawa selulosa yang mana selulosa tersebut memiliki gugus hidroksil ($-OH$). Gugus tersebut dapat mengikat logam dalam proses adsorpsi. Akan tetapi dilakukannya modifikasi pada penelitian ini bertujuan untuk menambah gugus dalam selulosa yang aktif terhadap pengikatan logam. Gugus aktif tersebut antara lain: karboksil, ester, dan lakton. Ramos, dkk. (2012) menyebutkan bahwa asam sitrat yang digunakan sebagai aktivator pada biomassa yang menyebabkan terjadinya reaksi esterifikasi, yaitu terbentuknya gugus ester. Ester berperan penting karena dapat menambah kemampuan biomassa dalam mengikat logam, yang selanjutnya disebut sebagai proses adsorpsi.

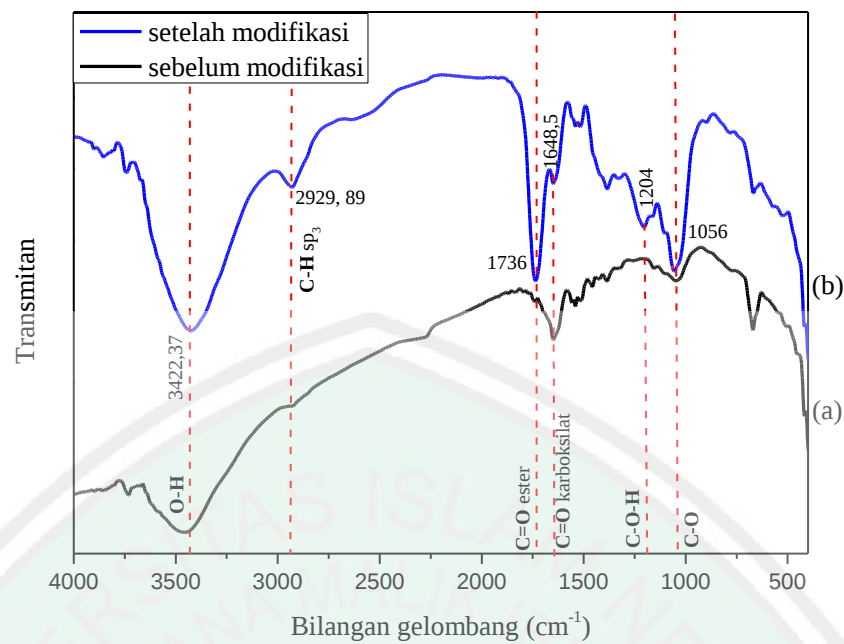
Berdasarkan penelitian terdahulu, Izzah (2019) melakukan variasi konsentrasi 0,5; 1; dan 1,5 M asam sitrat sebagai bahan modifikasi selulosa eceng gondok yang digunakan untuk menyerap logam tembaga. Persen adsorpsi logam tertinggi dihasilkan oleh konsentrasi asam sitrat 1 M yaitu sebesar 91,49%, sedangkan konsentrasi 0,5 dan 1,5 M hanya menyerap logam sebesar 83,64% dan 60,70%. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan modifikasi menggunakan asam sitrat konsentrasi 1M.

Pemanasan dalam proses modifikasi yang dibantu dengan pengadukan ini bertujuan untuk membentuk sitrat anhidrat. Sitrat anhidrat lebih reaktif terhadap hidroksil dalam selulosa, sehingga membentuk gugus baru yaitu ester. Reaksi ini disebut reaksi esterifikasi. Mekanisme reaksi antara sitrat dengan selulosa dijelaskan oleh Surbakti (2016) yang digambarkan reaksi dugaannya pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Reaksi dugaan antara asam sitrat dengan selulosa

Gambar 4.2 menunjukkan atom O pada atom C-6 selulosa yang bersifat nukleofil (elektronegatif) akan menyerang gugus karbonil dari asam sitrat yang bersifat elektrofил. Gugus hidroksil ($-OH$) pada selulosa dan gugus karbonil ($C=O$) pada ester dari asam sitrat bereaksi membentuk selulosa sitrat dengan rantai karbon yang lebih panjang. Reaksi yang terjadi antara gugus hidroksil dari selulosa dengan karboksil dari asam sitrat membentuk gugus $C=O$ ester disebut dengan reaksi esterifikasi. Hasil modifikasi menunjukkan adanya gugus baru $C=O$ ester yang dikonfirmasi dengan karakterisasi menggunakan FTIR. Spektra IR hasil karakterisasi ditunjukkan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Spektra IR biomasa eceng gondok: (a) sebelum modifikasi, dan (b) setelah modifikasi

Tabel 4.2 Interpretasi spektra IR biomassa sebelum dan sesudah modifikasi

Bilangan gelombang (cm ⁻¹)			
Sebelum modifikasi	Setelah modifikasi	Referensi	Gugus
3462,763	3422,372	3500–3200	Uluran O–H
-	2929,890	3000–2800	Uluran C–H <i>sp</i> ₃ dari asam sitrat*
-	1736,001	1770–1725	Uluran dari C=O karboksilat atau ester**
1650,225	1648,518	1650–1550	Uluran C=O asimetri dari garam asam karboksilat
-	1204,221	1250–1163	Tekukan C–O–H***
1041,575	1056,028	1046	Uluran C–O***
669,571	667,625	770–650	Tekukan –OH

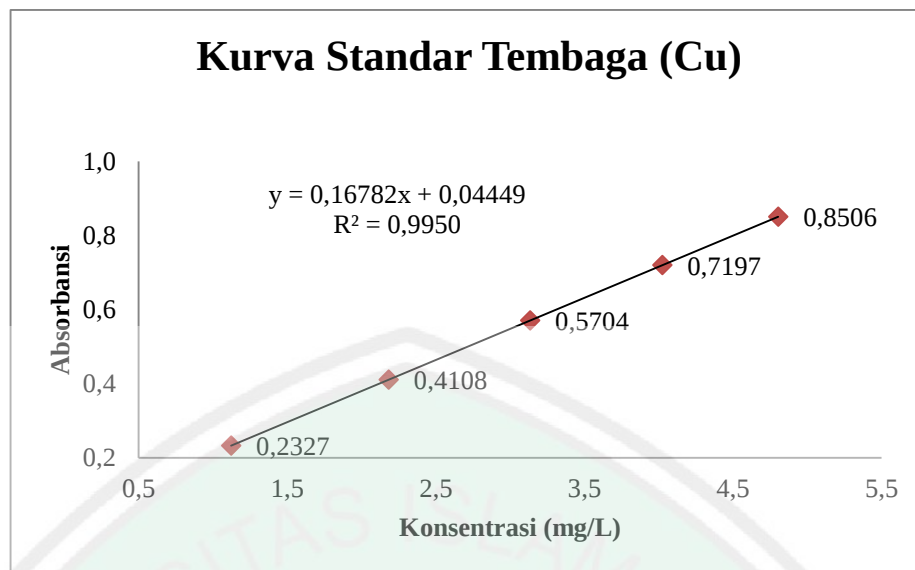
Sumber :
 Socrates (1994)
 *Wen, dkk. (2018)
 **Zheng, dkk. (2009)
 ***Ramos, dkk. (2012)

Tabel 4.2 merupakan interpretasi spektra IR dari Gambar 4.3. Pada bilangan gelombang tertentu yang dirangkum pada Tabel 4.2 terdapat serapan khas yang menunjukkan perbedaan antara grafik (a) dan grafik (b). Pada grafik (b) biomassa setelah dimodifikasi terdapat beberapa serapan yang tidak terdapat pada grafik (a) biomassa murni. Selain itu beberapa serapan pada biomassa termodifikasi mengalami kenaikan intensitas yang menunjukkan adanya penambahan jumlah gugus pada biomassa.

4.3 Kurva Standar Logam Tembaga

Kurva standar digunakan untuk mengetahui konsentrasi logam tembaga dengan cara membuat hubungan antara konsentrasi larutan dengan nilai absorbansinya. Pembuatan kurva standar dilakukan dengan membuat seri larutan standar logam tembaga dari konsentrasi 1 ppm hingga 5 ppm. Kelima larutan standar tersebut diukur absorbansinya menggunakan AAS pada panjang gelombang 324,8 nm. Larutan standar yang dianalisis menggunakan AAS menghasilkan kurva yang ditampilkan pada Gambar 4.4.

Berdasarkan Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa semakin besar konsentrasi larutan tembaga maka semakin besar pula absorbansinya. Seperti yang terlihat pada Gambar 4.4, kurva yang terbentuk merupakan garis lurus perbandingan antara konsentrasi larutan (sumbu x) dan absorbansinya (sumbu y). Nilai koefisien korelasi (R^2) yang dihasilkan adalah 0,9950. Nilai koefisien relasi (R^2) yang semakin mendekati 1 maka akurasi dalam pembuatan larutan standar semakin baik.



Gambar 4.4 Kurva standar larutan tembaga

4.4 Adsorpsi Logam Tembaga Oleh Biomassa Termodifikasi

Kemampuan biomassa eceng gondok termodifikasi asam sitrat dengan tanpa modifikasi ditampilkan pada Tabel 4.3. Kemampuan biomassa dalam menyerap logam tembaga dapat dibandingkan dari konsentrasi logam yang terserap. Hasil penelitian menunjukkan biomassa termodifikasi memberikan pengaruh yang tidak signifikan terhadap adsorpsi logam tembaga. Kenaikan adsorpsi biomassa setelah dimodifikasi sangat kecil, yaitu 1,27%.

Pada waktu 10 menit, sebanyak 1 gram biomassa sebelum dimodifikasi dapat menyerap logam Cu sebanyak 157,31 mg/L. Setelah dimodifikasi, 1 gram biomassa dapat menyerap logam Cu sebanyak 159,38 mg/L. Hal ini dikarenakan gugus aktif hidroksil dalam biomassa tanpa modifikasi cukup banyak dan dapat mengikat logam berat. Sehingga ketika dimodifikasi memberikan penambahan jumlah gugus aktif berupa C=O ester yang dapat mengikat logam meskipun tidak terlalu banyak.

Tabel 4.3 Kemampuan adsorpsi biomassa eceng gondok

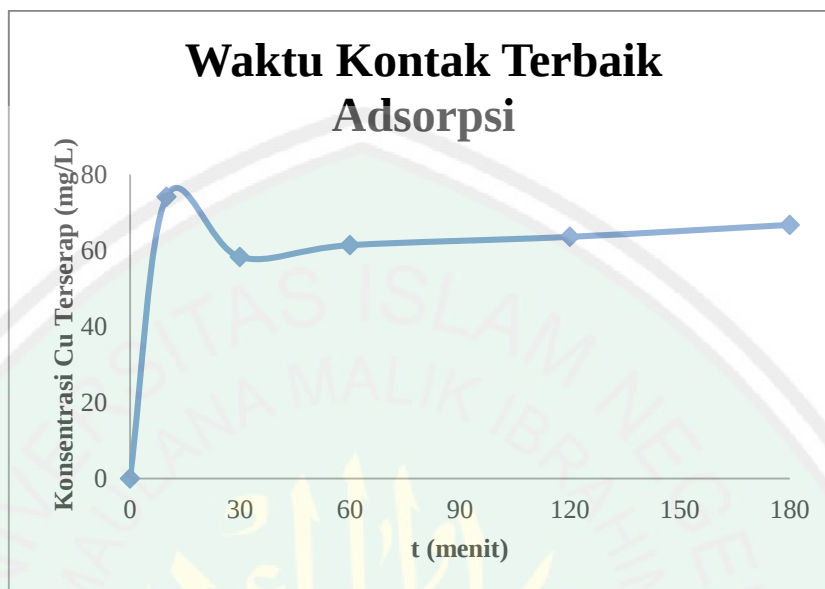
Sampel	Kemampuan Adsorpsi		
	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Terserap (mg/L)	% Adsorpsi
Biomassa sebelum modifikasi	162,106	157,31	97,04%
Biomassa setelah modifikasi	162,106	159,38	98,31%

4.4.1 Penentuan Waktu Kontak Terbaik

Penentuan waktu kontak terbaik adsorpsi logam tembaga oleh biomassa eceng gondok dilakukan dengan cara mereaksikan 1 gram biomassa dalam 100 mL larutan tembaga 100 ppm. Sebelum direaksikan, larutan tembaga dikondisikan pada pH netral. Pengondisian pH dilakukan dengan cara menambahkan larutan NaOH 0,1 M dan diaduk, kemudian dicek menggunakan pH meter. Campuran tersebut kemudian *dishaker* pada variasi waktu 0, 30, 60, 120, dan 180 menit dengan kecepatan 250 rpm. Hasil *fitting* kurva antara waktu (menit) dengan konsentrasi logam Cu yang terserap ditampilkan pada Gambar 4.5.

Berdasarkan Gambar 4.5 dapat diketahui bahwa penyerapan logam tembaga oleh biomassa terjadi sangat cepat dalam waktu 10 menit. Banyaknya gugus aktif dalam biomassa yang belum berikatan dengan logam akan berikatan dengan logam tembaga dengan cepat. Setelah selang waktu 30 menit terjadi penurunan jumlah adsorbat yang terserap. Hal ini dimungkinkan karena pada waktu tertentu sejumlah adsorbat logam telah terserap habis, sehingga terjadi desorpsi. Sesaat setelah desorpsi (pelepasan adsorbat) akan terjadi pergantian antar ion logam yang terserap kembali. Pada selang waktu 60–180 menit terjadi sedikit kenaikan jumlah logam dan cenderung stabil. Kecenderungan tersebut

mengindikasikan bahwa gugus aktif dalam biomassa telah berikatan dengan logam tembaga.



Gambar 4.5 Waktu kontak terbaik adsorpsi logam tembaga

Tabel 4.4 Penentuan konsentrasi logam tembaga variasi waktu kontak

Waktu (menit)	Konsentrasi logam terserap ($C_0 - C_e$) (mg/L)
0	0
10	74,127
30	58,276
60	61,379
120	63,576
180	66,730

Hasil penelitian ini menunjukkan waktu terbaik adsorpsi logam tembaga terjadi selama 10 menit. Waktu kontak terbaik yang diperoleh selanjutnya digunakan pada variasi konsentrasi adsorbat. Waktu kontak terbaik tidak dikatakan sebagai waktu kesetimbangan, karena pada waktu selanjutnya terjadi perubahan konsentrasi logam yang terserap dalam biomassa. Filtrat hasil adsorpsi

yang diukur konsentrasinya menggunakan AAS menunjukkan konsentrasi logam tembaga yang terserap pada waktu 10 menit sebesar 74,127 mg/L dari konsentrasi awal 74,807 mg/L. Maka dari hasil tersebut waktu 10 menit dikatakan sebagai waktu terbaik dalam menyerap logam tembaga dilihat dari besarnya konsentrasi logam yang terserap. Konsentrasi logam yang terserap biomassa pada masing-masing variasi waktu kontak ditampilkan pada Tabel 4.4.

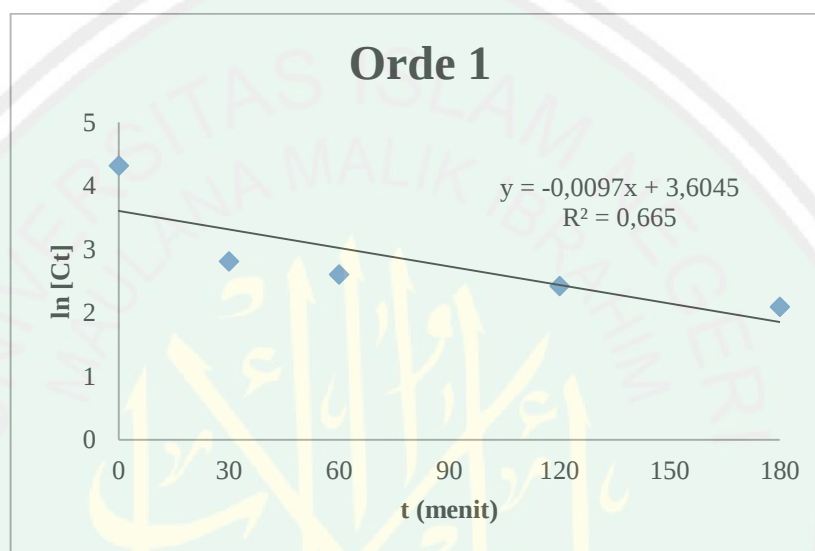
4.5 Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga Oleh Biomassa *Eceng Gondok*

Kinetika adsorpsi logam tembaga oleh biomassa *eceng gondok* termodifikasi dapat ditentukan dengan menggunakan variasi waktu kontak adsorpsi. Setelah itu diuji menggunakan kinetika orde satu (Persamaan 3.1) dan orde dua (Persamaan 3.2). Variasi waktu yang digunakan dalam penelitian ini adalah 0, 30, 60, 120, dan 180 menit. Variasi waktu tersebut digunakan untuk mengetahui laju reaksi selama proses adsorpsi berlangsung. Konsentrasi adsorbat yang digunakan pada proses adsorpsi adalah 100 mg/L dan pH 7 pada suhu ruang (25 °C). Data konsentrasi logam tembaga yang terserap dalam setiap waktu dirangkum pada Tabel 4.5.

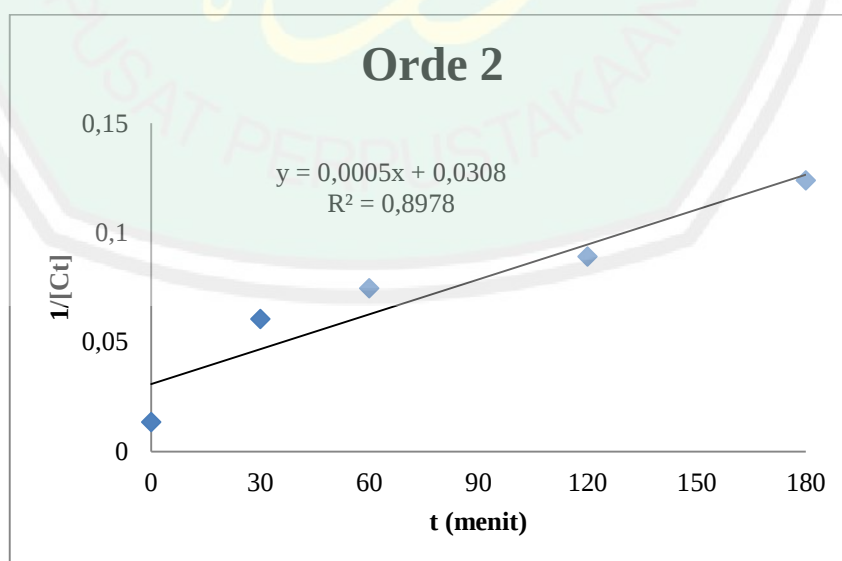
Tabel 4.5 Konsentrasi logam terserap pada setiap waktu

t (menit)	C _t (konsentrasi pada t)
0	74,80753188
30	16,53080682
60	13,42827633
120	11,23147817
180	8,077305049

Hasil uji kinetika orde satu dan orde dua ditampilkan pada Gambar 4.6 dan 4.7, dan diperoleh nilai koefisien relasi (R^2) untuk orde satu sebesar 0,665. Nilai koefisien relasi yang paling mendekati 1 menunjukkan klasifikasi dari hasil adsorpsi. Nilai R^2 untuk orde 2 sebesar 0,897, sehingga dapat diasumsikan bahwa orde reaksi penyerapan logam dalam biomassa mengikuti orde dua.

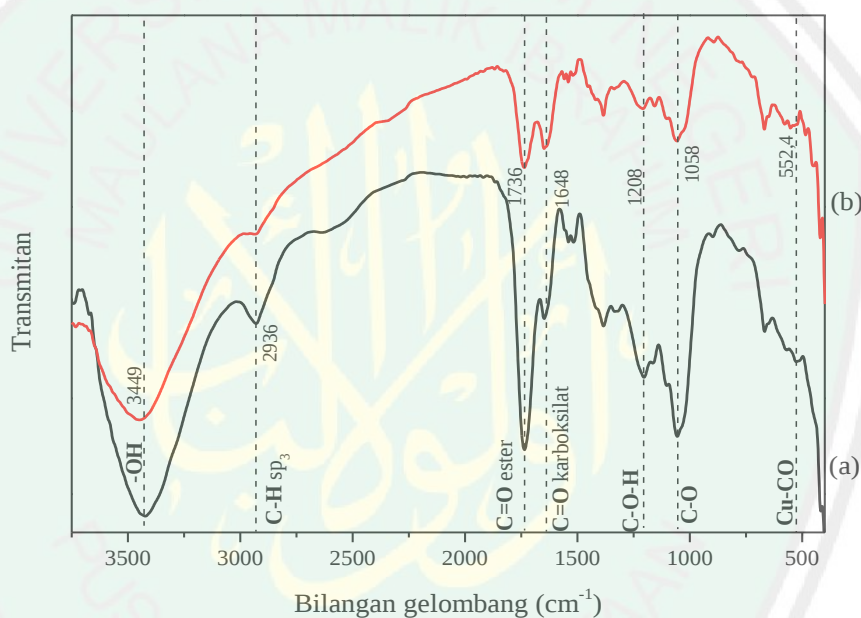


Gambar 4.6 Grafik penentuan kinetika adsorpsi orde satu



Gambar 4.7 Grafik penentuan kinetika adsorpsi orde dua

Interaksi secara kimia yang terjadi antara logam dengan biomassa dipelajari dari perubahan spektrum IR sebelum dan sesudah proses adsorpsi. Penurunan intensitas spektrum IR pada biomassa setelah diinteraksikan dengan logam tembaga menunjukkan telah terjadi ikatan antara logam Cu dengan gugus-gugus aktif pada biomassa. Spektrum IR biomassa sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan logam tembaga ditampilkan pada Gambar 4.8. Identifikasi gugus-gugus fungsi pada spektrum tersebut dirangkum pada Tabel 4.6.



Gambar 4.8 Spektra IR biomassa eceng gondok: (a) sebelum adsorpsi, dan (b) setelah adsorpsi

Berdasarkan Gambar 4.8 (b) biomassa setelah adsorpsi diketahui terdapat perubahan serapan khas pada beberapa bilangan gelombang. Pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} terjadi penurunan intensitas. Berdasarkan Ramos, dkk. (2012) menyatakan bahwa pada proses adsorpsi telah terjadi interaksi antara logam dengan gugus aktif C=O ester dari senyawa selulosa-sitrat. Pada bilangan

gelombang $552,41 \text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya ikatan logam ($M\text{--CO}$) atau Cu dengan CO.

Tabel 4.6 Interpretasi spektra IR biomassa sebelum dan sesudah diinteraksikan dengan logam tembaga

Bilangan gelombang (cm^{-1})				Gugus
Murni	Setelah demineralisasi	Setelah modifikasi	Setelah adsorpsi	
3462,763	3446	3422,372	3449,91	Uluran O–H
-	-	2929,890	2936,95	Uluran C–H
-	-	-	-	sp_3 dari asam sitrat*
-	-	1736,001	1736,65	Uluran C=O dari karboksilat atau ester**
1650,225	1650,23	1648,518	1648,80	Uluran C=O asimetri dari garam asam karboksilat
-	-	1204,221	1208,78	Tekukan C–O–H***
1041,575	1045	1056,028	1058,16	Uluran C–O****
669,571	-	667,625	668,609	Tekukan –OH
-	-	-	552,41	Ikatan $M\text{--CO}$

Sumber :
 Socrates (1994)
 *Wen, dkk. (2018)
 **Zheng, dkk. (2009)
 ***Ramos, dkk. (2012)

Penentuan model penyerapan yang terjadi pada biomassa mengikuti fisisorpsi atau kemisorpsi perlu didukung dengan kajian isoterm dan termodinamika. Pada penelitian ini tidak dilakukan kajian isoterm dan termodinamika, sehingga hanya bisa diasumsikan terjadi interaksi secara kimia berdasarkan adanya penurunan intensitas pada spektra IR biomassa. Keberhasilan proses adsorpsi ini ditunjukkan dengan hasil karakterisasi menggunakan XRF. Jumlah logam tembaga (Cu) dalam biomassa semakin bertambah yang

ditunjukkan pada Tabel 4.7. Persentase logam tembaga (Cu) pada biomassa setelah adsorpsi bertambah sebesar 23,4%. Hal ini menunjukkan bahwa biomassa mampu mengikat logam tembaga cukup baik.

Tabel 4.7 Hasil karakterisasi biomassa sebelum dan setelah adsorpsi menggunakan XRF

Unsur	Kadar (%)	
	Modifikasi, Sebelum Adsorpsi Logam Cu	Modifikasi, Setelah Adsorpsi Logam Cu
P	0,81	11
S	0,78	-
Cl	39,3	-
K	32,0	-
Ca	25,8	40,3
Mn	0,75	1,5
Fe	0,17	4,4
Cu	0,03	23,7
Br	0,01	-
Eu	0,31	-
Si	-	7,7
Cr	-	1,1
Ni	-	1,1
Zn	-	0,6
Er	-	4,5
Yb	-	2
Re	-	1
Os	-	0,8

4.6 Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Manusia dan lingkungan adalah dua hal yang tidak dapat dipisahkan. Sebagian besar aktivitas manusia baik secara langsung maupun tidak langsung membutuhkan lingkungan untuk mendukung keberlangsungan hidupnya. Manusia bertanggung jawab atas keseimbangan dan kelestarian alam yang berdampak pada kehidupannya. Oleh karena itu, perlu upaya untuk menjaga kelestarian lingkungan

supaya dapat berfungsi sebagaimana mestinya dan dapat dimanfaatkan secara optimal. Allah SWT berfirman dalam surat al-A'raf ayat 56:

وَلَا تُفْسِدُوا فِي الْأَرْضِ بَعْدَ إِصْلَاحِهَا وَادْعُوهُ خَوْفًا وَطَمَعًا إِنَّ رَحْمَتَ اللَّهِ قَرِيبٌ مِّنَ الْمُحْسِنِينَ ﴿٥٦﴾

Artinya : *“Dan janganlah kamu membuat kerusakan di muka bumi, sesudah (Allah) memperbaikinya dan Berdoalah kepada-Nya dengan rasa takut (tidak akan diterima) dan harapan (akan dikabulkan). Sesungguhnya rahmat Allah Amat dekat kepada orang-orang yang berbuat baik”.*

Dalam tafsir Ibnu Katsir (2015) dijelaskan bahwa Allah SWT melarang manusia untuk melakukan perbuatan yang menimbulkan kerusakan di muka bumi dan hal-hal yang membahayakan kelestariannya. Karena sesungguhnya apabila sesuatu berjalan sesuai dengan kelestariannya, kemudian terjadi pengrusakan padanya, hal tersebut akan membahayakan semua hamba Allah di bumi.

Kegiatan pembangunan yang didukung ilmu pengetahuan dan teknologi, selain meningkatkan kualitas hidup manusia juga beresiko terhadap terjadinya pencemaran dan kerusakan lingkungan apabila tidak bijaksana dalam mengolahnya. Pemanfaatan logam tembaga yang diolah di berbagai industri dan laboratorium mengakibatkan sejumlah lingkungan terutama perairan tercemar. Banyaknya senyawa organik maupun anorganik yang masuk ke perairan juga menimbulkan tanaman air yang tidak diinginkan tumbuh meluap, salah satunya eceng gondok.

Kelebihan manusia dari makhluk lainnya adalah anugerah otak yang dengannya manusia dapat berkembang menjadi makhluk yang cerdas. Kecerdasan ini digunakan manusia untuk memperoleh informasi, sehingga peluangnya semakin besar untuk menguasai ilmu pengetahuan. Allah SWT berfirman:

أَمَّنْ هُوَ قَنْتٌ ءَانَاءَ اللَّيْلِ سَاجِدًا وَقَائِمًا يَحْذَرُ الْآخِرَةَ وَيَرْجُوا رَحْمَةَ رَبِّهِ قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُو الْأَلْبَابِ ﴿٩﴾

Artinya : “(apakah kamu Hai orang musyrik yang lebih beruntung) ataukah orang yang beribadat di waktu-waktu malam dengan sujud dan berdiri, sedang ia takut kepada (azab) akhirat dan mengharapkan rahmat Tuhannya? Katakanlah: "Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?" Sesungguhnya orang yang berakallah yang dapat menerima pelajaran”. (Q.S. az-Zumar/39 : 9).

Ayat diatas diperkuat dalam surat al-Ankabuut ayat 43 :

وَتِلْكَ الْأَمْثَلُ نَضْرِبُهَا لِلنَّاسِ وَمَا يَعْقِلُهَا إِلَّا الْعَالِمُونَ ﴿٤٣﴾

Artinya : “Dan perumpamaan-perumpamaan ini Kami buat untuk manusia; dan tiada yang memahaminya kecuali orang-orang yang berilmu”. (Q.S. al-‘Ankabut/29 : 43).

Dua ayat diatas berisi pesan dan perintah Allah kepada manusia agar memanfaatkan bekal kecerdasan otaknya untuk menuntut ilmu pengetahuan. Maka dengan berpikir dan menelaah akan mengajari manusia agar bekerja dengan berorientasi pada amaliah yang akan menghasilkan amal yang lebih baik serta pemahaman ilmu yang lebih dalam. Salah satu bentuk penalaran manusia adalah dengan mengkaji manfaat tanaman eceng gondok yang dianggap sebagai gulma di perairan. Ternyata eceng gondok juga dapat dimanfaatkan sebagai biomassa penyerap limbah logam. Dari penelitian ini dibuktikan bahwa biomassa eceng gondok dapat menyerap logam tembaga (Cu) dengan baik. Hasil menunjukkan bahwa 1 gram biomassa dapat menyerap logam tembaga sebesar 159,380 mg/L dalam waktu 10 menit.

Berdasarkan hasil penelitian ini, jika dibandingkan dengan penelitian terdahulu terdapat beberapa kekurangan. Salah satunya adalah hasil jumlah logam

yang dapat terserap tidak terlalu maksimal dibandingkan dengan banyaknya biomassa yang digunakan (1 gram). Pada penelitian ini dihasilkan nilai konsentrasi logam yang terserap sebesar 159,38 mg/L dari konsentrasi awal 162,106 mg/L, sedangkan pada penelitian Sadeek, dkk. (2015) kapasitas adsorpsinya mencapai 181,8 mg/g. Berdasarkan analisis peneliti, hal ini dikarenakan tidak dilakukan optimasi pada dosis adsorben. Sehingga kemungkinan terlalu banyak massa adsorben yang digunakan sehingga penggunaannya kurang efektif.

Keterbatasan manusia dalam hal ilmu memang perlu diakui. Allah SWT memberikan manusia akal untuk berpikir, akan tetapi manusia belum menggunakannya secara maksimal sehingga banyak kekurangan yang perlu diperbaiki. Dalam tafsir Ilmi dijelaskan bahwa hasil perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah banyak dimanfaatkan dan dinikmati. Meski demikian ilmu pengetahuan dan teknologi terus berkembang dan dikembangkan sesuai tuntutan kebutuhan, serta untuk menjawab firman Allah SWT:

يَمْعَشِرَ الْجِنَّ وَالْإِنْسَ إِنِ اسْتَطَعْتُمْ أَنْ تَنْفُذُوا مِنْ أَقْطَارِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ فَانْفُذُوا لَا تَنْفُذُونَ إِلَّا بِسُلْطَانٍ ﴿٣٣﴾

Artinya : “Wahai golongan jin dan manusia, jika kamu sanggup menembus (melintasi) penjuru langit dan bumi, Maka lintasilah, kamu tidak dapat menembusnya kecuali dengan kekuatan (dari Allah)”.

وَكَذَلِكَ نُرِي إِبْرَاهِيمَ مَلَكُوتَ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَلِيَكُونَ مِنَ الْمُوقِنِينَ ﴿٧٥﴾

Artinya: “Demikianlah kami perlihatkan kepada Ibrahim tanda-tanda keagungan (Kami yang terdapat) di langit dan bumi dan (Kami memperlihatkannya) agar Dia termasuk orang yang yakin”.

Dalam tafsir Ilmi dijelaskan, segala sesuatu yang ingin dicapai oleh manusia hanya dapat diraih berkat Allah SWT. Manusia yang dalam setiap perbuatannya selalu berlandaskan ilmu dan mematuhi syariat agama, maka Allah akan menjadikannya sosok yang mampu meraih keberhasilan dengan ridla Allah SWT. Oleh karena itu, perlu dilakukan tinjauan ulang yang bersifat memperbaiki untuk beberapa kekurangan dalam penelitian ini.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Kinetika adsorpsi logam Cu oleh biomassa termodifikasi mengikuti Persamaan orde 2 dengan nilai R^2 sebesar 0,897. Orde dua menunjukkan bahwa laju reaksi penyerapan logam tembaga bergantung pada konsentrasi salah satu reaktan yang dipangkatkan dua
2. Berdasarkan analisis spektra IR, biomassa eceng gondok tidak terdapat gugus pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} , setelah dimodifikasi menggunakan asam sitrat 1 M terdapat gugus baru yaitu C=O ester pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} , dan setelah adsorpsi teridentifikasi adanya ikatan Cu–CO yang muncul pada bilangan gelombang $552,41\text{ cm}^{-1}$. Spektrum IR pada biomassa setelah adsorpsi juga mengalami penurunan intensitas pada bilangan gelombang 1736 cm^{-1} . Hal tersebut mengindikasikan bahwa yang mengalami interaksi secara kimia dengan logam Cu adalah gugus aktif C=O ester.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, konsentrasi logam yang teradsorpsi belum cukup maksimal jika dibandingkan dengan hasil penelitian terdahulu oleh Sadeek, dkk. (2015). Menurut analisis peneliti hal ini dikarenakan jumlah atau dosis biomassa terlalu banyak. Sehingga pada penelitian selanjutnya disarankan untuk melakukan optimasi terhadap dosis biomassa agar penggunaan biomassa lebih

efektif. Selain itu perlu dilakukan aplikasi adsorpsi terhadap limbah laboratorium, bukan limbah sintesis sehingga tidak dihasilkan limbah logam lebih banyak dari hasil penelitian.



DAFTAR PUSTAKA

- Al-Maraghi, A. M. 1974. *Tafsir Al-Maraghi*. Semarang : CV. Toha Putra Semarang.
- Amiruddin, H. 2016. Modifikasi Permukaan Karbon Aktif Tongkol Jagung (*Zea mays*) dengan HNO_3 , H_2SO_4 , dan H_2O sebagai Bahan Elektroda Superkapasitor. *Skripsi*. Makassar: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hasanuddin.
- Arifin, Z. dan Effendi, M. Y. 2017. Demineralisasi Limbah Kulit Kepala Udang Menggunakan Pelarut Asam Organik dalam Rangka Pembuatan Kitosan. di dalam : *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2017*. ISSN 2085-421; ITN Malang, 4 Februari 2017: 1–4.
- Atkins, P. W. 1997. *Kimia Fisika 2*. Jakarta: Erlangga.
- Azhari, R. M., Saleh, C., dan Yusuf, B. 2017. Pemanfaatan Serbuk Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) Teraktivasi dengan Sistem Kantong Celup sebagai Adsorben Penjerap Ion Logam Kadmium (Cd). *Jurnal Atomik*. 2 (2) : 197–203.
- Buasri, A., Chaiyut, N., Tapang, K., Jaroensin, S., dan Panphrom, S. 2012. Biosorption of Heavy Metals from Aqueous Solution using Water Hyacinth as a Low Cost Biosorbent. *Jurnal Civil and Environmental Research*. 2 (2) : 17–25.
- Darmawan, R. 2017. Sintesis dan Karakterisasi Zeolit Na-A dari Kaolin dan Metakaolin sebagai Adsorben Logam Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Timbal (Pb) pada Limbah Logam Laboratorium. *Skripsi*. Malang : Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Malang.
- Chang, R. 2005. *Kimia Dasar Konsep-Konsep Inti Jilid 2*. Jakarta : Erlangga.
- Darmono. 1995. *Logam dalam Sistem Biologi Makhluk Hidup*. Jakarta: Penerbit UI Press.
- Ferreiro, J. P., Lu, H., Fu, S., Mendez, A., dan Gasco, G. 2014. Use of Phytoremediation and Biochar to Remediate Heavy Metal Polluted Soils : Review. *Solid Earth*. 5 : 65–67.
- Ghasemi, M., Ghasemi, N., Zahedi, G., Alwi, S. R. W., Goodarzi, M., dan Javadian, H. 2014. Kinetic and Equilibrium Study of Ni (II) Sorption from Aqueous Solutions onto *Peganum harmala*-L. *International Journal Environment Science Technology*. 11 : 1835–1844.

- Hassoon, H. A. dan Najem, A. M. 2017. Removal of Some Traces Heavy Metals from Aqueous Solution by Water Hyacinth Leaves Powder. *Iraqi Journal of Science*. 28 (2A) : 611–618.
- Hendaya, S. 2001. *Kimia Analitik Instrumen*. Edisi Kesatu. Semarang: IKIP Semarang.
- Irawati, H., Aprilita, N. H., dan Sugiharto, E. 2018. Adsorpsi Zat Warna Kristal Violet menggunakan Limbah Kulit Singkong (*Manihot esculenta*). *Jurnal Berkala MIPA*. 25 (1) : 17–31.
- Izzah, A. 2019. Adsorpsi Logam Tembaga (II) Variasi Derajat Keasaman oleh Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Termomodifikasi Asam Sitrat Konsentrasi 0,5 M; 1 M; dan 1,5 M. *Skripsi*. Malang : Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Malang.
- Junaidi, N. 2010. *Tafsir Jalalain (Terjemah)*. Surabaya : Pustaka eLKB Perum Galaxi Bumi Permai.
- Keenan, C. W. 1984. *Kimia Untuk Universitas*. Jakarta : Erlangga.
- Khopkar, S.M. 2010. *Konsep Dasar Kimia Analitik (Terjemahan)*. Bombay: Analytical Laboratory Department of Chemistry Indian Institute of Technology.
- Krystiyanti, K. 2008. Adsorpsi Merkuri (II) oleh Biomassa Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) yang Diimobilisasi pada Polisilikat menggunakan Metode Kolom. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Malang.
- Mahamadi, C. 2011. Water Hyacinth as a Biosorbent: A Review. *African Journal of Environmental Science and Technology*. 5 (13): 1137–1145.
- Mahbubah, A. 2016. Karakterisasi Gugus Aktif Batang Jagung (*Zea mays L.*) menggunakan Asam Sitrat sebagai Bahan Pengaktivasi. *Skripsi*. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Malang.
- Mahmood, T., Malik, S. A., dan Hussain, S. T. 2010. Biosorption and Recovery of Heavy Metals from Aqueous Solutions by *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth) Ash. *Jurnal BioResources*. 5 (2) : 1244–1256.
- Mandasari. 2016. Pembuatan Arang Aktif dari Batang Jagung menggunakan Aktivator Asam Sulfat dan Penggunaannya pada Penjerapan Ion Tembaga (II). *Makara Sains*. 14 (1) : 22–26.
- McSweeny, J. D., Roger, M. R., dan Soo-Hong, M. 2006. Effect of Citric Acid Modification of Aspen on Sorption of Copper Ion. *Journal of Natural Fibers*. 3 (1) : 41–58.

- Moeksin, R., Liliana, C., dan Rika, D. 2016. Pembuatan Bioetanol dari Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dengan Perlakuan Fermentasi. *Jurnal Teknik Kimia*. 1 (22) : 9–17.
- Muhtar, A. 2008. Penggunaan Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai Pre-treatment Pengolahan Air Minum pada Air Selokan Mataram. *Skripsi*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan. Universitas Islam Indonesia.
- Mukaratirwa-Muchanyereyi, N., James, K., dan Mark, F. Z. 2016. Surface Composition and Surface Properties of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Root Biomass: Effect of Mineral Acid and Organic Solvent Treatment. *African Journal of Biotechnology*. 15 (21) : 897–909.
- Najem, A. M. 2015. Evaluation the Biosorption Capacity of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Root for Some Heavy Metals. *Iraqi Journal of Science*. 46 (4A) : 2846–2852.
- Naufala, W. A. dan Ellina, S. P. 2015. Hidrolisis Eceng Gondok dan Sekam Padi untuk Menghasilkan Gula Reduksi sebagai Tahap Awal Produksi Bioetanol. *Jurnal Teknik ITS*. 4 (2) : 2337–3539.
- Palar, H. 2005. *Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Rahmayanti, Zakir, M., dan Karim, A. 2017. Penentuan Kapasitansi Spesifik Karbon Aktif Sekam Padi (*Oryza Sativa*) Hasil Modifikasi dengan HNO₃, H₂SO₄, dan H₂O₂ dengan Metode Cyclic Voltammetry. *Jurnal Penelitian*. Makassar : Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Hananuddin.
- Ramos, L. R., Rodriguez, L. E. L., S. Leyva, R., dan N. A. Medellin, C. 2012. Modification of Corn cob With Citric Acid to Enhance its Capacity for Adsorbing Cadmium (II) from Water Solution. *Chemical Engineering Journal*. 180 : 113–120.
- Ratan, A. dan Verma, V. N. 2014. Photochemical Studies of *Eichhornia crassipes* (Water Hyacinth). *International Letters of Chemistry Physics and Astronomy*. 30 : 214–222.
- Rochmah, V., Prasetya, A. T., dan Sulistyaningsih, T. 2017. Adsorpsi Ion Logam Pb²⁺ menggunakan Limbah Serbuk Gergaji Kayu Mahoni. *Indonesian Journal Chemistry Science*. 6 (2) : 168–172.
- Rohmawati, L. 2008. Studi Kinetika Adsorpsi Merkuri (II) pada Biomassa. *Skripsi*. Malang : Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Malang.

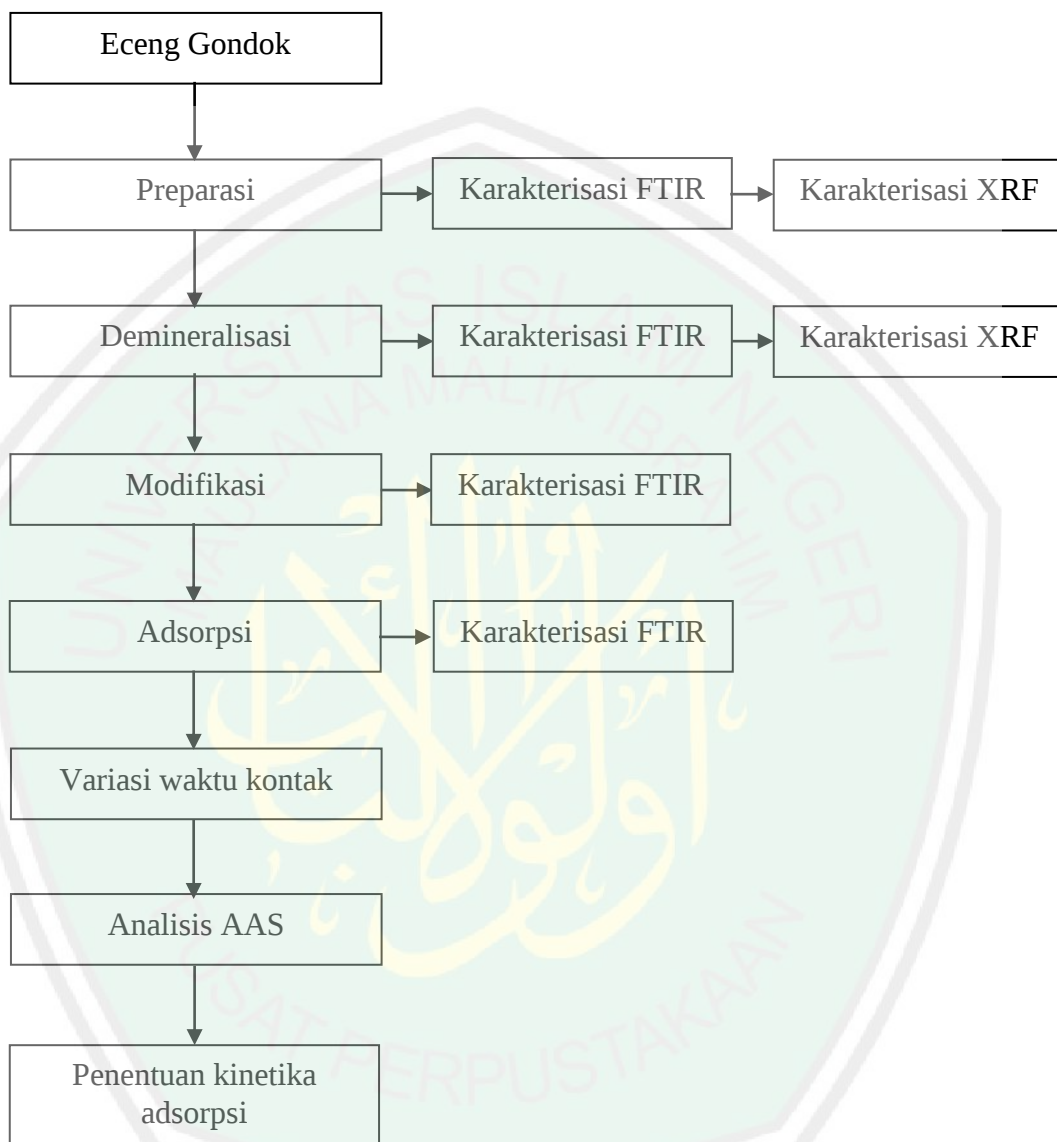
- Sadeek, A. S., Nabel, A. N., Hassan, H. H. H., dan Mostafa, M. A. W. 2015. Metal Adsorption by Agricultural Biosorbents : Adsorption Isotherm, Kinetic And Biosorbent Chemical Structures. *International Journal of Biological Macromolecules*. 81 : 400–409.
- Shihab, M. Q. 2002. *Tafsir Al-Misbah jilid 6*. Jakarta: Lentera Hati.
- Shofiyani, A. dan Gusrizal. 2006. Determination of pH Effect and Capacity of Heavy Metals Adsorption by Water Hyacinth (*Eichornia crassipes*) Biomass. *Indonesian Journal Chemistry*. 6 (1) : 56–60.
- Siswoyo, E., Adrian, A. R., dan Tanaka, S. 2018. Bioadsorbent Based on Water Hyacinth Modified with Citric Acid for Adsorption of Methylene Blue in Water. *MATEC Web of Conferences*. 1 (12) : 154.
- Socrates, G. 1994. *Infrared Characteristic Group Frequencies Tables and Charts Second Edition*. New York : John Wiley and Sons.
- Surbakti, S. R. 2017. Sintesis Selulosa Sitrat dari Selulosa Daun Nenas (*Ananascomosus (L) Merr*) melalui Reaksi Esterifikasi dengan Asam Sitrat sebagai Pengadsorpsi Ion Kadmium (Cd^{2+}). *Skripsi*. Medan : Departemen Kimia. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Sumatera Utara.
- Tafsir Ilmi. 2015. *Eksistensi Kehidupan di Alam Semesta : Dalam Perspektif Al-Qur'an dan Sains*. Jakarta : Lajnah Pentashihan Mushaf Al-Qur'an Badan Litbang dan Diklat Kementrian Agama RI.
- Tangio, J. S. 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dengan menggunakan Biomassa Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). *Jurnal Entropi*. 8 (1): 120–112.
- Thanh, N. D. dan Nhung, H. L. 2009. Cellulose Modified with Citric Acid and its Adsorption of Pb^{2+} and Cd^{2+} Ion. di dalam : *13rd International Electronic Conference on Synthetic Organic Chemistry (ECSOC-13)*. Vienam, 1-30 November 2009. Vietnam: 1–13.
- Trisniawan dan Ula, S. 2016. Recovery Tembaga (Cu) dari Limbah Pengolahan/Peleburan Emas menggunakan Bak Elektrolisis Bertingkat dan Mesin Pengontrol Debit Air Limbah. *Al Jazari Journal of Mechanical Engineering*. 1 (1) : 1–5.
- Vadivelan, V., dan Kumar, K. V. 2005. Equilibrium, Kinetics, Mechanism, and Process Design for the Sorption of Methylene Blue onto Rice Husk. *Journal of Colloid and Interface Science*. 286 : 90–100.
- Vogel. 1990. *Buku Teks Analisis Anorganik Kualitatis Makro dan Semimikro*. Jakarta: PT. Kalman Media Pustaka.

- Wen, X., Yan, C., Sun, N., Luo, T., Zhou, S., dan Luo, W. 2018. A Biomass Cationic Adsorbent Prepared from Corn Stalk : Low-Cost Material and High Adsorption Capacity. *Journal Polymer Environment*. 26: 1642–1651.
- Zheng, J. C., Feng, H. M., Lam, M. H. W., Lam, P. K. S., Ding, Y. W., dan Yu, H. Q. 2009. Removal of Cu (II) in Aqueous Media by Biosorption using Water Hyacinth Roots as a Biosorbent Material. *Journal of Hazardous Materials*. 171 : 780–785.
- Zhu, B., Fan., dan Zhang, D.2008. Adsorption of Copper Ions From Aqueous Solution by Citric Acid Modified Soybean Straw. *Journal of Hazardous Materials*. 153: 300–308.



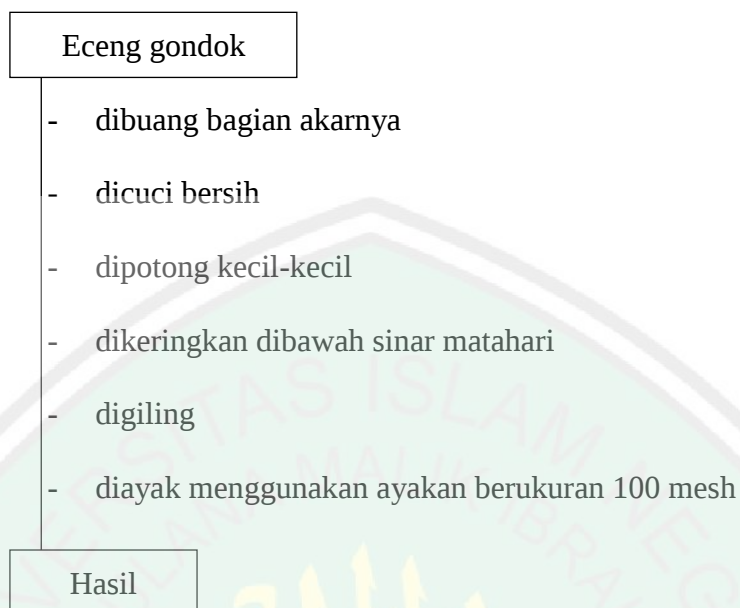
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian



Lampiran 2. Diagram Alir Penelitian

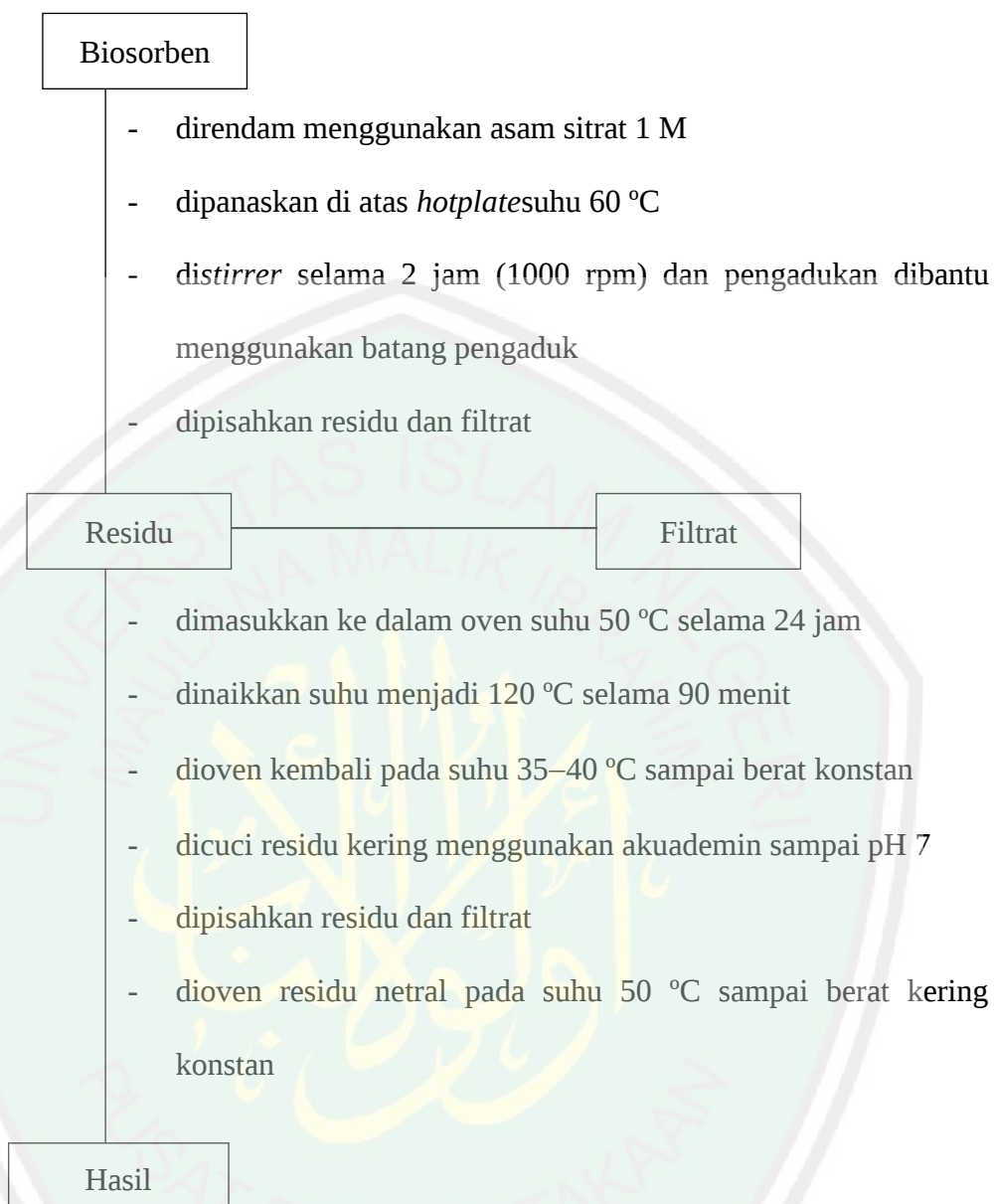
L.2.1 Preparasi Sampel Eceng Gondok



L.2.2 Demineralisasi Biomassa Menggunakan HNO_3

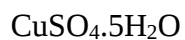


L.2.3 Modifikasi Biomassa Menggunakan Asam Sitrat



L.2.4 Pembuatan Larutan Tembaga

L.2.4.1 Pembuatan Larutan Stok Tembaga



- Ditimbang $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 3,819 gram
- Dilarutkan dalam aquades
- Dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL
- Ditandabatkan menggunakan aquades
- dihomogenkan

Larutan Stok 1000 ppm

L.2.4.2 Pembuatan Larutan Standar

L.2.4.2.1 Larutan Standar 100 ppm

Larutan Tembaga 1000 ppm

- dipipet 100 mL
- dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL
- ditambahkan aquades hingga tanda batas
- dihomogenkan
- diukur absorbansinya menggunakan AAS

Larutan Tembaga 100 ppm

L.2.4.2.2 Larutan Standar 1, 2, 3, 4, dan 5 ppm

Larutan Tembaga 100 ppm

- dipipet 1, 2, 3, 4, dan 5 mL
- dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL
- ditambahkan aquades hingga tanda batas
- dihomogenkan
- diukur absorbansinya menggunakan AAS

Larutan standar 1, 2, 3, 4, 5 ppm

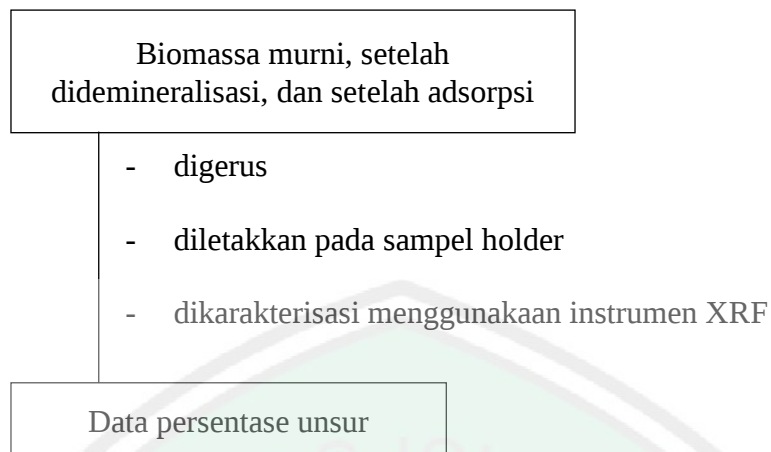
L.2.5 Penentuan Waktu Kontak Terbaik dan Kinetika Adsorpsi

Biomassa termodifikasi

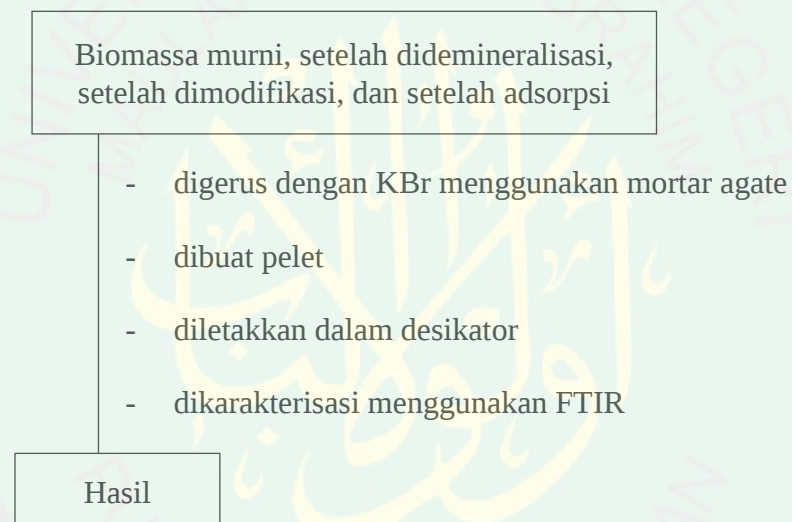
- ditimbang 1 gram
- dimasukkan ke dalam 5 erlenmeyer 250 mL
- ditambahkan 100 mL larutan tembaga 100 ppm
- dikondisikan pH 7 dengan ditambahkan HCl 0,1 M dan NaOH 0,1 M
- dishaker selama variasi waktu 0, 10, 30, 60, 120, dan 180 menit dengan kecepatan 250 rpm
- dipisahkan residu dan filtrat
- dilakukan pengenceran pada filtrat
- diukur absorbansi filtrat menggunakan AAS
- diinterpretasikan data AAS pada persamaan 2.2 dan 2.5 untuk mendapatkan hasil kinetika adsorpsi

Hasil

L.2.6 Karakterisasi Biomassa Menggunakan XRF



L.2.7 Karakterisasi Biomassa Menggunakan FTIR



Lampiran 3. Perhitungan

L.3.1 Pembuatan Larutan Logam Cu

L.3.1.1 Larutan Induk

Pembuatan larutan induk logam tembaga 1000 ppm = 1000 mg/L

$$\text{ppm} = \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

$$1000 \text{ ppm} = 1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

Menentukan massa logam Cu dari $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ yang dilarutkan dalam 1000 mL aquademin menggunakan rumus:

$$\begin{aligned} \text{massa} &= \frac{\text{ppm} \times V \times \text{Mr CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{\text{Ar Cu}} \\ &= \frac{100 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \times 1 \text{ L} \times 249.68 \frac{\text{g}}{\text{mol}}}{65.37 \frac{\text{g}}{\text{mol}}} \\ &= 3819.49 \text{ mg} \\ &= 3.819 \text{ g} \end{aligned}$$

Larutan stok Cu 1000 ppm dibuat dengan cara menimbang 3,819 gram padatan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ kemudian dilarutkan menggunakan aquademin dalam labu takar 1000 mL dan ditandabatkan.

L.3.1.2 Larutan Sampel Logam Tembaga (II)

Larutan tembaga (Cu) diperoleh dari pengenceran larutan induk tembaga $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 1000 ppm. Larutan tembaga (Cu) 100 ppm dibuat dengan cara memindahkan 100 mL larutan baku 1000 ppm ke dalam labu ukur 1000 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas. Perhitungan sebagai berikut:

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L}$$

$$V_1 = \frac{100 \frac{mg}{L} \times 1 L}{1000 \frac{mg}{L}}$$

$$V_1 = 0,1 L$$

$$V_1 = 100 mL$$

Keterangan : V_1 adalah volume larutan sebelum pengenceran, M_1 adalah konsentrasi larutan sebelum pengenceran, V_2 adalah volume larutan setelah pengenceran, M_2 adalah konsentrasi larutan setelah pengenceran.

L.3.1.3 Larutan Standar 1, 2, 3, 4 dan 5 ppm dari Larutan Sampel 100 ppm

L.3.1.3.1 Larutan Cu 1 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 0,1 L \times 1 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{0,1 L \times 1 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,001 L$$

$$= 1 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan Cu 1 ppm dilakukan dengan melarutkan 1 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm dalam labu ukur 100 mL dan ditandabatkan menggunakan larutan HNO_3 1%.

L.3.1.3.2 Larutan Cu 2 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 0,1 L \times 2 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{0,1 L \times 2 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,002 L$$

$$= 2 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan Cu 2 ppm dilakukan dengan melarutkan 2 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm dalam labu ukur 100 mL dan ditandabatkan menggunakan HNO_3 .

L.3.1.3.3 Larutan Cu 3 ppm

$$\begin{aligned}
 V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\
 V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 0,1 \text{ L} \times 3 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{0,1 \text{ L} \times 3 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 &= 0,003 \text{ L} \\
 &= 3 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Pembuatan larutan Cu 3 ppm dilakukan dengan melarutkan 3 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm dalam labu ukur 100 mL dan ditandabatkan menggunakan HNO_3 .

L.3.1.3.4 Larutan Cu 4 ppm

$$\begin{aligned}
 V_1 \times M_1 &= V_2 \times M_2 \\
 V_1 \times 100 \text{ ppm} &= 0,1 \text{ L} \times 4 \text{ ppm} \\
 V_1 &= \frac{0,1 \text{ L} \times 4 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}} \\
 &= 0,004 \text{ L} \\
 &= 4 \text{ mL}
 \end{aligned}$$

Pembuatan larutan Cu 4 ppm dilakukan dengan melarutkan 4 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm dalam labu ukur 100 mL dan ditandabatkan menggunakan HNO_3 .

L.3.1.3.5 Larutan Cu 5 ppm

$$V_1 \times M_1 = V_2 \times M_2$$

$$V_1 \times 100 \text{ ppm} = 0,1 \text{ L} \times 5 \text{ ppm}$$

$$V_1 = \frac{0,1 \text{ L} \times 5 \text{ ppm}}{100 \text{ ppm}}$$

$$= 0,005 \text{ L}$$

$$= 5 \text{ mL}$$

Pembuatan larutan Cu 5 ppm dilakukan dengan melarutkan 5 mL larutan $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 100 ppm dalam labu ukur 100 mL dan ditandabatkan menggunakan HNO_3 .

L.3.2 Pembuatan Larutan Asam Sitrat 1 M

Diketahui :

$$\text{Konsentrasi asam sitrat p.a} = 99,5\%$$

$$\text{Massa jenis asam sitrat } (\rho) = 1,66 \text{ g/mL}$$

$$\text{Mr asam sitrat} = 192 \text{ g/mol}$$

$$M = \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr}$$

$$M = \frac{99,5\% \times 1,66 \text{ g/mL} \times 10}{192 \text{ g/mol}}$$

$$M = 8,603 \text{ M}$$

Dibuat asam sitrat 1 M dalam 1000 mL

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$8,603 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 116,2 \text{ 35 mL}$$

Dicari massa asam sitrat yang harus ditimbang, dengan rumus :

$$\rho = \frac{m}{v}$$

$$1.66 \frac{g}{mL} = \frac{m}{116.238 mL}$$

$$m = 1.66 \frac{g}{mL} \times 116.238 mL$$

$$m = 192.95508 g$$

Asam sitrat sebanyak 192,95508 g dilarutkan menggunakan aquades, kemudian dimasukkan dalam labu takar 1000 mL dan diencerkan sampai tanda batas.

L.3.3 Pembuatan Larutan HNO₃ 0,1 M

Diketahui :

$$\text{Konsentrasi HNO}_3 \text{ p.a} = 65\%$$

$$\text{Mr HNO}_3 = 63,01 \text{ g/mol}$$

$$\rho \text{ HNO}_3 = 1,40 \text{ g/mL}$$

Dicari Molaritas HNO₃ dalam konsentrasi 65%

$$M = \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr}$$

$$M = \frac{65\% \times 1.40 \frac{g}{mL} \times 10}{63.01 \text{ g/mol}}$$

$$M = 14.44 M$$

Dihitung volume HNO₃ p.a yang dipipet untuk membuat HNO₃ 0,1 M sebanyak 1000 mL dengan cara pengenceran

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$14,44 M \times V_1 = 0,1 M \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 6,93 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat larutan HNO_3 0,1 M 1000 mL adalah dengan cara dipipet 6,93 mL asam sitrat 65%. Dimasukkan ke dalam labu takar 1000 mL dan ditandabatkan menggunakan aquades, kemudian dihomogenkan.



Lampiran 4. Data Hasil Penelitian

L.4.1 Kurva Standar Larutan Tembaga

Tabel L.4.1 Hasil pengukuran kurva standar menggunakan AAS

Konsentrasi dibuat (mg/L)	Absorbansi	Konsentrasi sebenarnya (mg/L)
1	0.2327	1,211
2	0.4108	2,182
3	0.5704	3,133
4	0.7197	4,013
5	0.8506	4,803

L.4.2 Kinetika Adsorpsi Logam Tembaga

Tabel L.4.2.1 Penentuan konsentrasi awal larutan tembaga variasi waktu

Konsentrasi dibuat (mg/L)	Absorbansi	Konsentrasi sebenarnya (mg/L)
100	0,6722	74,80753188

Tabel L.4.2.2 Kinetika adsorpsi orde 1

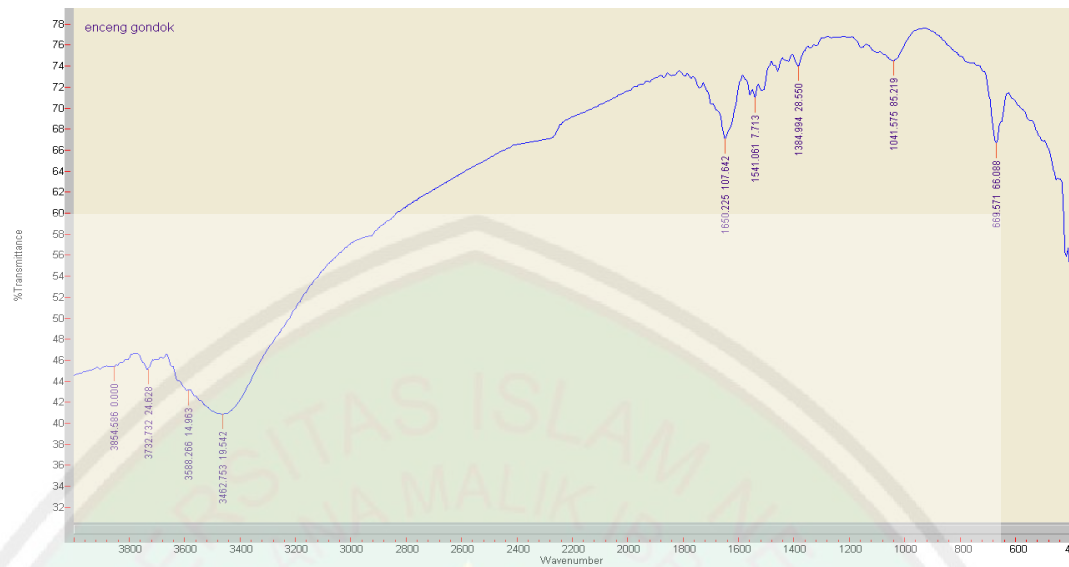
t (menit)	C ₀ (konsentrasi awal)	C _t (konsentrasi pada t)	ln [C] _t
0	74,80753188	74,80753188	4,314918573
30	74,80753188	16,53080682	2,80522572
60	74,80753188	13,42827633	2,597362657
120	74,80753188	11,23147817	2,418720387
180	74,80753188	8,077305049	2,089058283

Tabel L.4.2.3 Kinetika adsorpsi orde 2

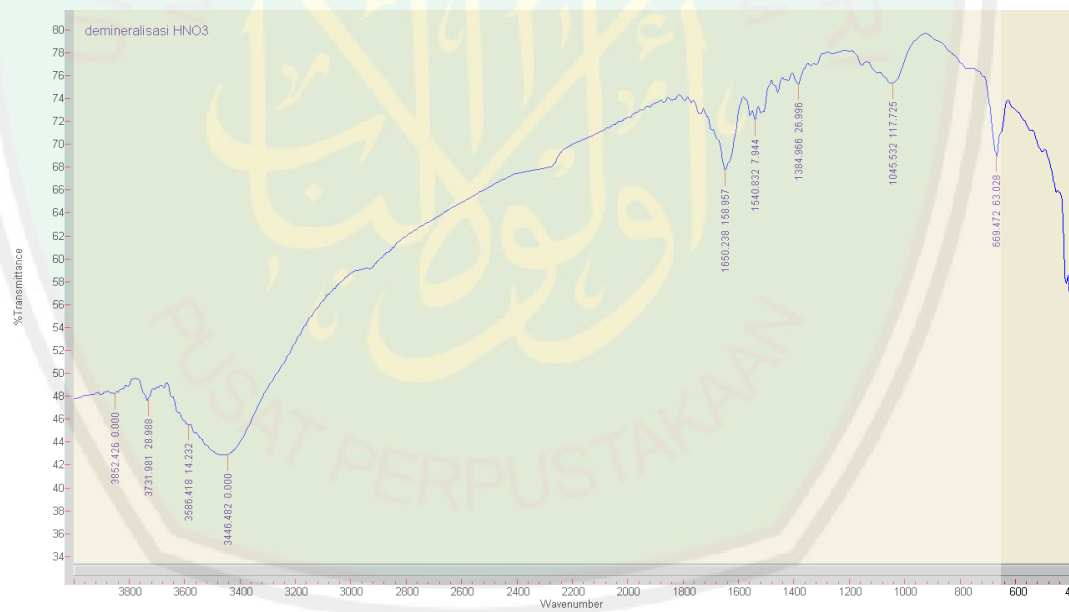
t (menit)	C ₀ (konsentrasi awal)	C _t (konsentrasi pada t)	1/[C] _t
0	74,80753188	74,80753188	0,013367638
30	74,80753188	16,53080682	0,060493115
60	74,80753188	13,42827633	0,074469722
120	74,80753188	11,23147817	0,089035476
180	74,80753188	8,077305049	0,123803669

Catatan : Dosis adsorben dan volume adsorbat yang digunakan dalam proses adsorpsi adalah 1 gram dan 0,1 L.

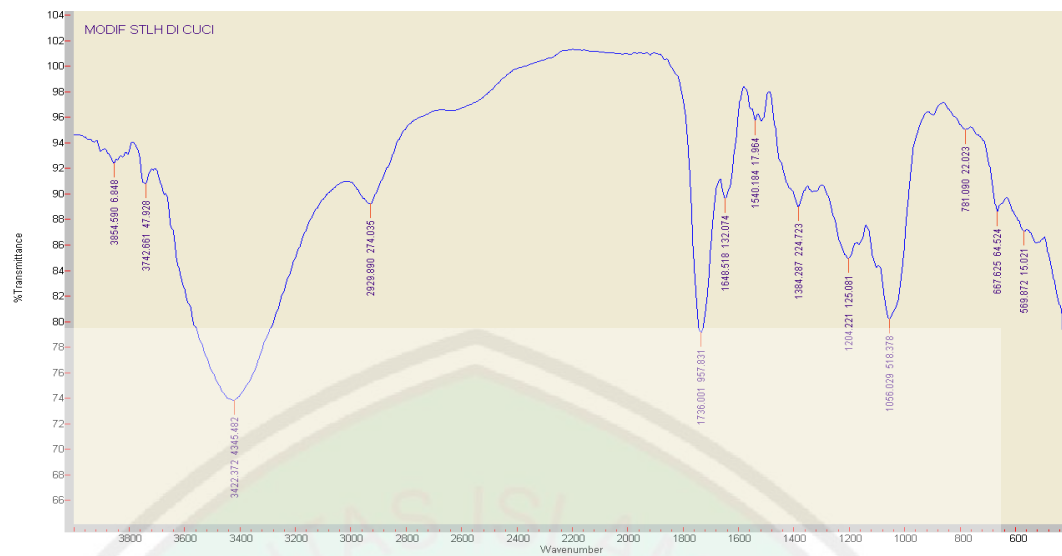
L.4.5 Spektra IR Biomassa Eceng Gondok



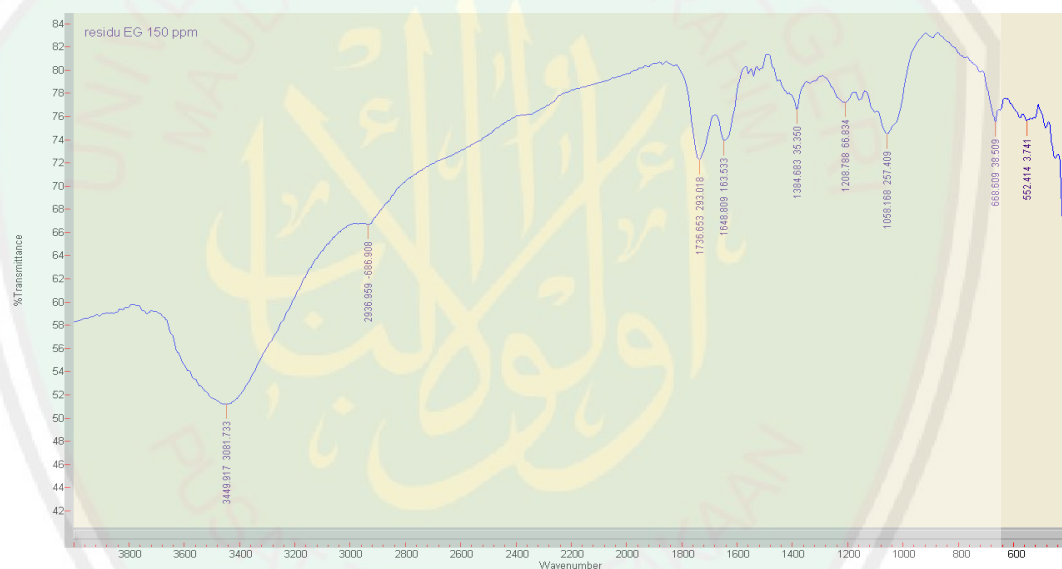
Gambar L.4.5.1 Spektra IR biomassa eceng gondok murni



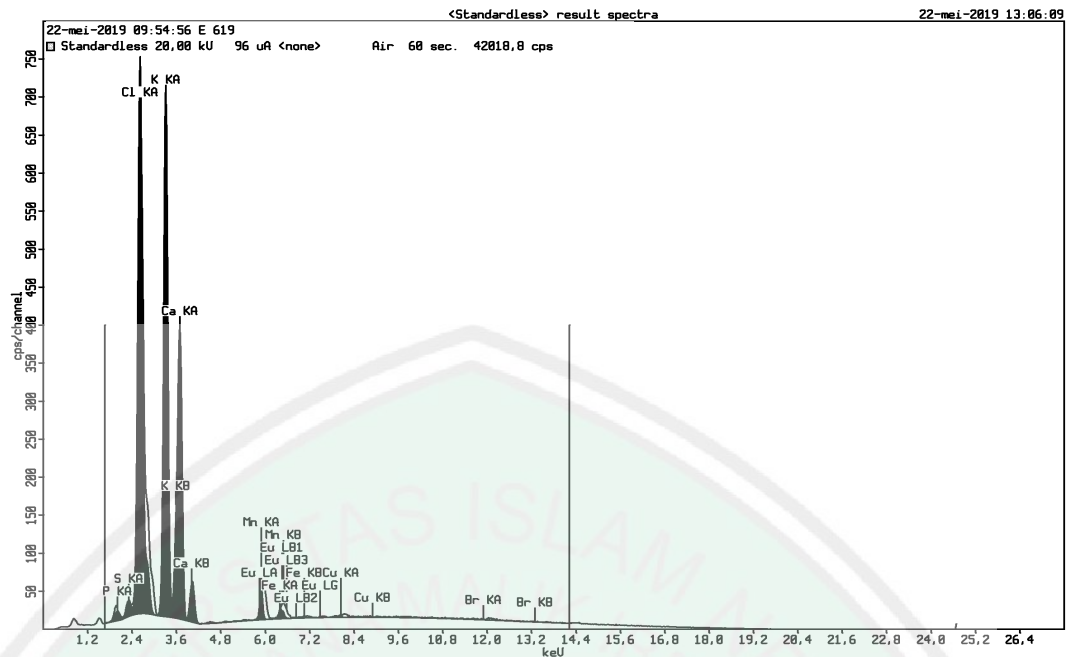
Gambar L.4.5.2 Spektra IR biomassa eceng gondok setelah demineralisasi



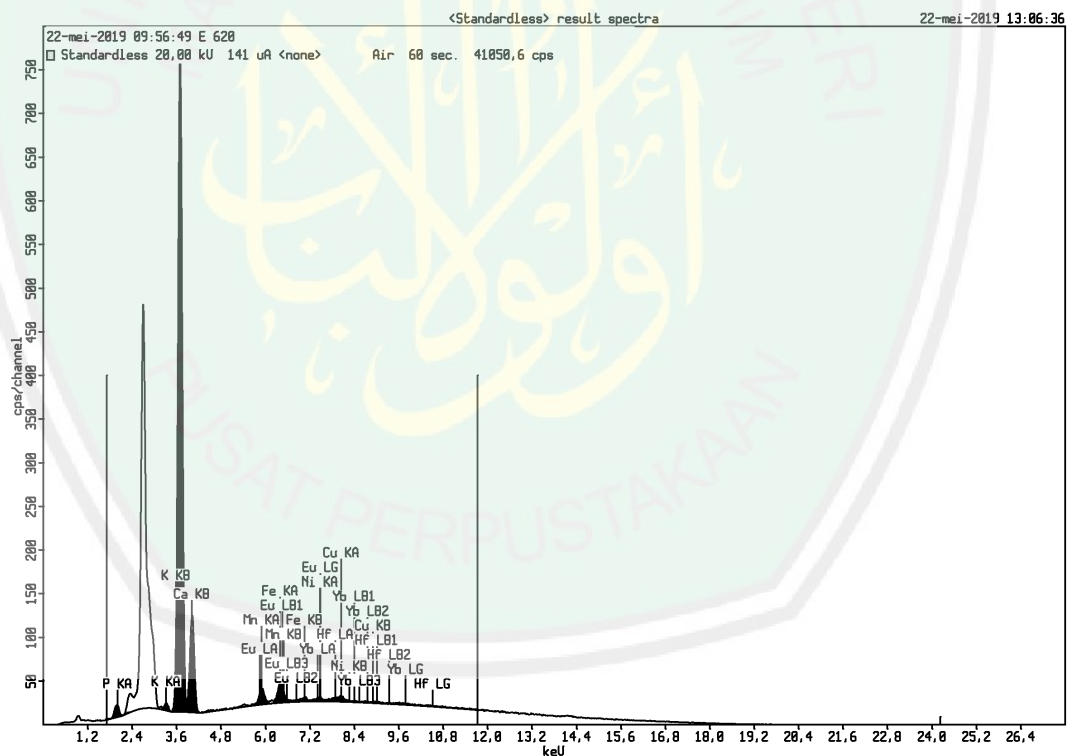
Gambar L.4.5.3 Spektra IR biomassa eceng gondok setelah dimodifikasi



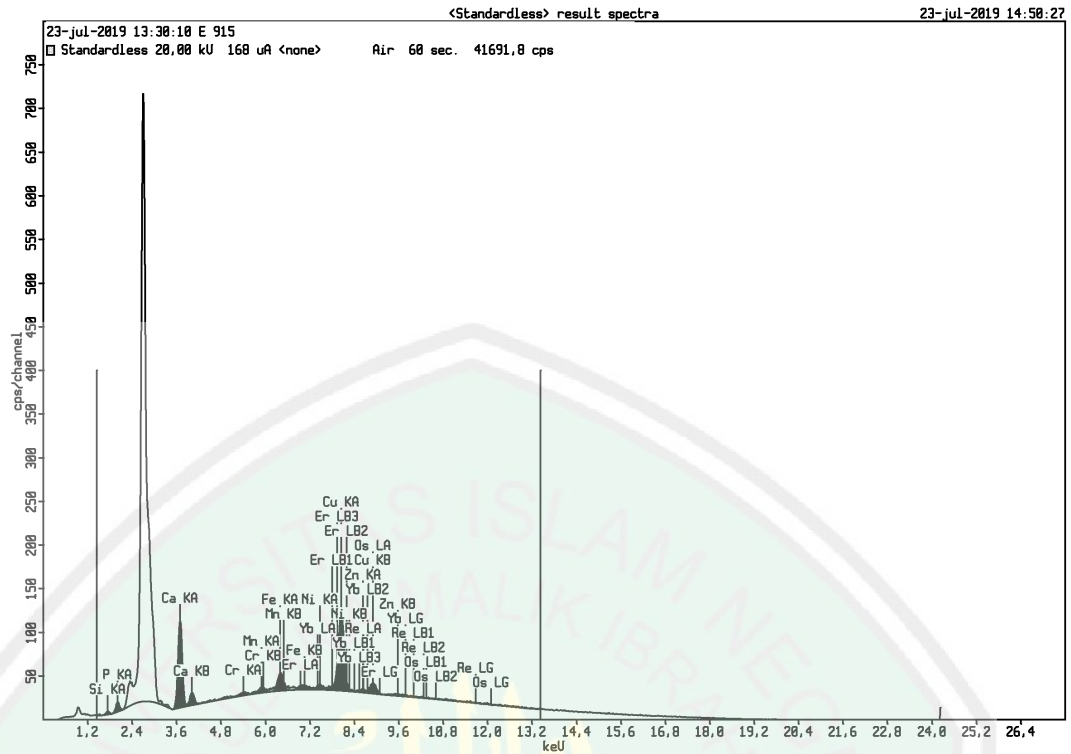
Gambar L.4.5.4 Spektra IR biomassa eceng gondok setelah dimodifikasi dan diinteraksikan dengan logam Cu



Gambar L.4.5.5 Spektra XRF biomassa eceng gondok murni

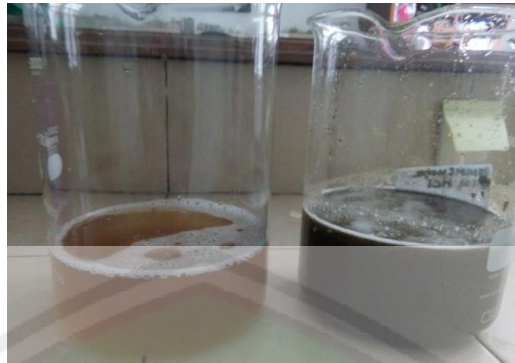


Gambar L.4.5.6 Spektra XRF biomassa eceng gondok setelah demineralisasi



Gambar L.4.5.7 Spektra XRF biomassa eceng gondok setelah adsorpsi

Lampiran 5. Dokumentasi



Proses pencucian demineralisasi



Biomassa murni

Biomassa setelah demineralisasi

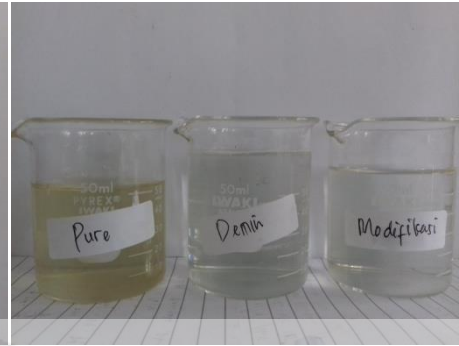


Biomassa setelah dimodifikasi

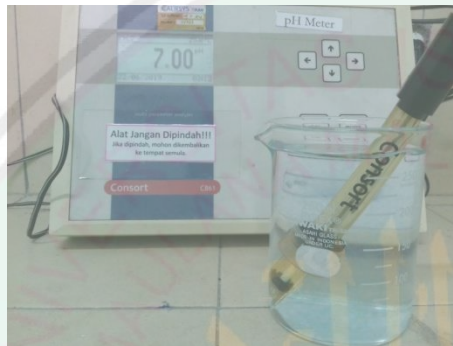
Biomassa setelah adsorpsi Cu
variasi waktu kontak



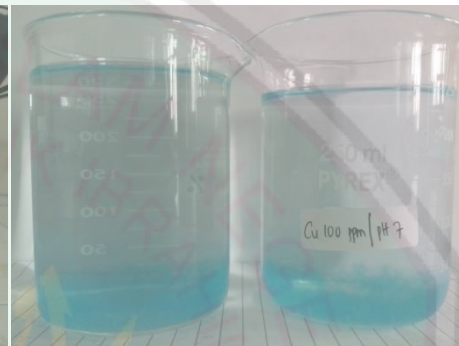
Biomassa setelah adsorpsi Cu



Filtrat hasil adsorpsi



Pengondisian pH larutan adsorbat

Endapan $\text{Cu}(\text{OH})_2$ setelah penambahan larutan NaOH

Penyaringan endapan pada larutan Cu pH 7



Proses Adsorpsi Cu oleh biomassa



Pemisahan residu dan filtrat
setelah adsorpsi



Filtrat hasil adsorpsi untuk
analisis menggunakan AAS

