

**MODIFIKASI ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) MENGGUNAKAN
ASAM SITRAT SEBAGAI ADSORBEN ION TEMBAGA (Cu) PADA
LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA**

SKRIPSI

**Oleh:
QUMIL LAILATU NABILAH
NIM. 15630087**



**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**MODIFIKASI ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) MENGGUNAKAN
ASAM SITRAT SEBAGAI ADSORBEN ION TEMBAGA (Cu) PADA
LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA**

SKRIPSI

**Oleh:
QUMIL LAILATU NABILAH
15630087**

**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)**

**PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2021**

**MODIFIKASI ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
MENGUNAKAN ASAM SITRAT SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (Cu) PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA**

SKRIPSI

Oleh:
QUMIL LAILATU NABILAH
NIM. 15630087

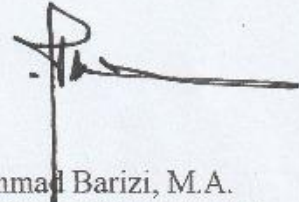
Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji
Tanggal: 15 Juni 2021

Pembimbing I



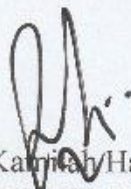
Rifatul Mahmudah, M.Si
NIDT. 19830125 20160801 2 068

Pembimbing II



Dr. Ahmad Barizi, M.A.
NIP. 19731212 199803 1 008

Mengetahui,
Ketua Program Studi



Elok Kurniasih Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**MODIFIKASI ECENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*)
MENGUNAKAN ASAM SITRAT SEBAGAI ADSORBEN ION
TEMBAGA (Cu) PADA LIMBAH CAIR LABORATORIUM KIMIA**

SKRIPSI

Oleh:
QUMIL LAILATU NABILAH
NIM. 15630087

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Tanggal : 15 Juni 2021

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

Ketua Penguji : Vina Nurul Istighfarini, M.Si
NIP. LB. 63025

Sekretaris Penguji : Rif'atul Mahmudah, M.Si
NIDT. 19830125 20160801 2 068

Anggota Penguji : Dr. Ahmad Barizi, M.A
NIP. 19731212 199803 1 008



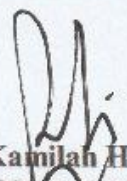
(.....)

(.....)

(.....)

(.....)

Mengetahui,
Ketua Program Studi



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



PERNYATAN KEASLIAN TULISAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Qumil Lailatu Nabilah
NIM : 15630087
Jurusan : Kimia
Fakultas : Sains dan Teknologi
Judul Penelitian : Modifikasi Eceng Gondok (*Eicchornia crassipes*)
Menggunakan Asam Sitrat Sebagai Adsorben Ion Logam Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair Laboratorium Kimia

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi yang saya tulis 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 menerima sanksi atas perbuatan tersebut.

Malang, 22 Juni 2021
Yang Membuat Pernyataan,



Qumil Lailatu Nabilah
NIM. 15630087

MOTTO

**“Jangan pernah gengsi untuk mengucapkan kata
MAAF, TOLONG, dan TERIMA KASIH.”**

PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbilalamin Puji Syukur Kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunianya. Ku Persembahkan dengan segala kerendahan hati skripsiku ini kepada

Bapak saya M. R'aniful Usamah, Ibuk saya Ma'arifiah, adik-adik saya M. Falhan Rama Al-Hafi, Naili Rosyidah, dan Nihayati Nafisah. Terima kasih sudah menjadi *support system* pertamaku dalam penulisan skripsi ini. Terima kasih untuk doa-doa yang selalu mengalir dalam setiap langkah hidup yang aku ambil. Semoga kasih sayang Allah SWT selalu menyertai kalian semua. Amiin.

Diriku sendiri yang telah berjuang, bersabar, dan bertahan sampai skripsi ini selesai.

Tak lupa untuk teman-teman senasib seperjuanganku Leli, Anggra, Shien, Hanif, Pras, teman-teman tim penelitianku Wida dan Dita, teman-teman kos yang selalu jadi *support system* Dimitri, Nyun, dan Fitri, teman yang biasanya ku repotkan Isma, Desinta, dan Aldi, temanku diskusi tentang hidup Laras serta semua teman yang belum bisa saya sebutkan satu per satu terima kasih sudah menemani dan memberi warna di hidupku. It's blessed to meet you guys. See you on top ya.

Terimakasih juga semua teman-temanku kimia 2015 khususnya kelas C. Aku beruntung kenal kalian. Semoga nanti kita dipertemukan dengan keadaan sehat dan sukses semua. Aamiin.

KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat serta karunia-Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “**Modifikasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Menggunakan Asam Sitrat Sebagai Adsorben Ion Tembaga (Cu) Pada Limbah Cair Laboratorium Kimia**”. Sholawat serta salam tetap kami curahkan kepada Nabi agung Muhammad SAW yang telah membawa kita dari zaman jahiliyah ke zaman yang penuh ilmu ini.

Penulisan skripsi ini tidak luput dari bantuan semua pihak, baik secara langsung maupun tidak langsung. Oleh karena itu, dengan ketulusan hati penulis ingin mengucapkan terimakasih sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Abdul Haris, M.Ag, selaku rektor Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
2. Dr. Sri Harini M.Si. selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Rif'atul Mahmudah, M.Si., selaku dosen pembimbing penelitian yang telah memberikan bimbingan, motivasi dan arahan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Bapak Dr. Ahmad Barizi, M.A., selaku dosen pembimbing agama karena atas bimbingan, pengarahan dan kesabarannya penulisan skripsi ini dapat terselesaikan.
6. Seluruh dosen Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah mengalirkan ilmu, pengetahuan, pengalaman, wacana dan wawasannya sebagai pedoman dan bekal bagi penulis.
7. Bapak dan ibuk tercinta yang telah memberikan dukungan do'a, materi, dan motivasi untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Semua mahasiswa Kimia Angkatan 2015 khususnya kelas C Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang telah memberi

motivasi, informasi dan masukannya kepada penulis dalam menyelesaikan laporan hasil penelitian ini.

9. Semua rekan dan semua pihak yang secara langsung maupun tidak langsung memberikan dukungan bagi penulis dalam penyusunan skripsi ini.

Semoga amal perbuatan Bapak/Ibu serta semua pihak yang membantu dalam proses penyelesaian skripsi ini diridhoi oleh Allah SWT dan dicatat sebagai amal sholeh Bapak/Ibu/Saudara sekalian. Penulis menyadari adanya kekurangan dan keterbatasan dalam skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun dari semua pihak demi penyempurnaan laporan ini. Akhir kata, semoga skripsi ini bermanfaat bagi kita semua, yaitu bagi penulis khususnya dan bagi pembaca pada umumnya. Aamiin...

Malang, 22 Juni 2021

Qumil Lailatu Nabilah

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PENGESAHAN	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	iv
MOTTO	v
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	vi
KATA PENGANTAR.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL.....	xiii
ABSTRAK	xiv
ABSTRACT	xv
الملخص	xvi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	6
1.3 Tujuan Penelitian.....	6
1.4 Batasan Masalah	7
1.5 Manfaat penelitian	7

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) dalam Perspektif Islam.....	8
2.2 Potensi Eceng Gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>) sebagai Adsorben	11
2.3 Demineralisasi Eceng Gondok dengan Asam Klorida (HCl).....	13
2.4 Modifikasi Selulosa Eceng Gondok dengan Asam Sitrat.....	14
2.5 Analisis Adsorben Eceng Gondok dengan Titrasi Boehm	17
2.6 Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) pada Limbah Cair Laboratorium	18
2.7 Pengaruh Dosis Adsorben dalam Penurunan Kadar Logam	22
2.8 Analisis Limbah Cair Laboratorium dengan AAS	23
2.9 Karakterisasi Adsorben Menggunakan FTIR	23

BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	26
3.2 Alat dan Bahan	26
3.2.1 Alat	26
3.2.2 Bahan.....	26
3.3 Rancangan Penelitian	26
3.4 Tahap Penelitian	27
3.5 Prosedur Kerja	28
3.5.1 Preparasi Adsorben Eceng Gondok.....	28
3.5.2 Demineralisasi Adsorben dengan Asam Klorida (HCl)	28

3.5.3 Modifikasi Adsorben dengan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat..... 28

3.5.4 Analisis Adsorben Eceng Gondok dengan Titrasi Boehm.....	29
3.5.5 Preparasi Limbah Cair Laboratorium Kimia.....	30
3.5.6 Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Variasi Dosis Adsorben Eceng Gondok.....	31
3.5.7 Analisis Kadar Cu menggunakan AAS.....	31
3.5.7.1 Pembuatan Kurva Standar Tembaga (Cu).....	31
3.5.8 Karakterisasi Adsorben dengan FTIR.....	32
3.5.9. Analisis Data	32

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi dan Demineralisasi Adsorben Eceng Gondok Menggunakan HCl	33
4.2 Modifikasi Eceng Gondok Menggunakan Asam Sitrat	34
4.3 Penentuan Gugus Aktif Eceng Gondok dengan Metode Titrasi Boehm.....	37
4.4 Kurva Standar logam Tembaga (Cu)	39
4.5 Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Variasi Dosis Adsorben Eceng Gondok.....	40
4.6 Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam	43

BAB V PENUTUP

5.1 Kesimpulan	46
5.2 Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Rancangan Penelitian	53
Lampiran 2 Diagram Alir	54
Lampiran 3 Perhitungan	58
Lampiran 4 Data Hasil Penelitian	73
Lampiran 5 Dokumentasi	75

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Tumbuhan eceng gondok (<i>Eichhornia crassipes</i>)	12
Gambar 2.2	Struktur asam sitrat	14
Gambar 2.3	Struktur selulosa.....	15
Gambar 2.4	Reaksi esterifikasi antara selulosa dan asam sitrat.....	16
Gambar 2.5	Pengaruh variasi dosis terhadap adsorpsi ion logam Pb	22
Gambar 2.6	Hasil FTIR adsorben selulosa tongkol jagung termodifikasi asam sitrat	25
Gambar 4.1	Reaksi esterifikasi antara selulosa dan asam sitrat.....	35
Gambar 4.2	Spektra FTIR adsorben eceng gondok termodifikasi asam sitrat	36
Gambar 4.3	Konsentrasi gugus aktif pada adsorben eceng gondok dengan variasi asam sitrat.....	38
Gambar 4.4	Kurva standar logam Cu.....	40
Gambar 4.5	Grafik persentase penurunan konsentrasi logam Cu sebelum dan sesudah adsorpsi dengan variasi dosis adsorben.....	42

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan kimia eceng gondok.....	12
Tabel 2.2 Judul praktikum dan jenis reagen yang berkontribusi menghasilkan limbah logam Cu	19
Tabel 4.1 Interpretasi spektra IR pada variasi modifikasi eceng gondok	36
Tabel 4.2 Konsentrasi gugus asam berdasarkan titrasi Boehm.....	38
Tabel 4.3 Konsentrasi logam Cu sebelum dan sesudah adsorpsi dengan variasi dosis adsorben	42

ABSTRAK

Nabilah, Qumil L. 2021. **Modifikasi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Menggunakan Asam Sitrat Sebagai Adsorben Ion Tembaga (Cu) pada Limbah Cair Laboratorium Kimia**. Skripsi. Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang. Pembimbing I: Rif'atul Mahmudah, M.Si; Pembimbing II: Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Kata Kunci: Eceng gondok, asam sitrat, modifikasi selulosa, adsorpsi, logam berat

Tumbuhan eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mengandung 60% selulosa. Sehingga memiliki potensi sebagai pengikat ion-ion logam berat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh dosis adsorben eceng gondok terhadap adsorpsi logam Cu pada limbah laboratorium kimia. Analisis kuantitatif dilakukan dengan metode titrasi Boehm untuk mengetahui total gugus fungsi dalam adsorben dan analisis AAS untuk mengetahui konsentrasi kadar logam yang terkandung dalam limbah laboratorium sebelum dan sesudah perlakuan dengan eceng gondok. Karakterisasi adsorben eceng gondok dilakukan dengan FTIR.

Adsorben eceng gondok dimodifikasi menggunakan asam sitrat dengan konsentrasi 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 M dan dianalisis gugus fungsinya (karboksil, hidroksil, dan lakton) menggunakan titrasi Boehm. Adsorben yang termodifikasi diaplikasikan ke dalam limbah laboratorium dengan variasi dosis yaitu 0; 0,25; 0,5; 1; 1,5; dan 2 gram selama 120 menit. Limbah sebelum dan sesudah diadsorpsi dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui kadar logam Cu yang terkandung di dalamnya. Adsorben eceng gondok dikarakterisasi menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus-gugus aktif dalam yang berperan dalam adsorben.

Hasil FTIR adsorben termodifikasi menunjukkan bahwa terdapat puncak serapan gugus C = O ester pada bilangan gelombang 1870-1550 cm^{-1} . Hal tersebut berarti bahwa telah terjadi reaksi esterifikasi antara selulosa dan asam sitrat. Berdasarkan hasil titrasi Boehm diketahui bahwa total gugus asam paling banyak terdapat pada konsentrasi asam sitrat 2,5 M. Penurunan konsentrasi logam Cu tertinggi adalah sebesar 63,34% pada adsorben modifikasi sebanyak 1,5 gram.

ABSTRACT

Nabilah, Qumil L. 2020. **Modification of Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*) Using Citric Acid as Copper (Cu) Adsorbent in Chemical Laboratory Liquid Waste.** Thesis. Chemistry Departement Sains and Technology Faculty Maulana Malik Ibrahim Islamic State University of Malang. Supervisor I: Rif'atul Mahmudah, M.Si; Supervisor II: Dr. Ahmad Barizi, M.A.

Keyword: Water hyacinth, citric acid, modification of cellulose, adsorption, heavy metal

The water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) contains 60% cellulose. This makes water hyacinth has the potential to bind heavy metal ions. This research aims to determine the effect of water hyacinth adsorbent dose on the adsorption of Cu metals in chemical laboratory waste. Quantitative analysis was performed using the Boehm titration method to determine the total functional groups in the adsorbent and AAS analysis to determine changes in metal content in the laboratory waste.

Water hyacinth adsorbent was modified using citric acid with a concentration of 0.5; 1; 1.5; 2; and 2.5 M and analyzed their functional groups (carboxyl, hydroxyl, and lactone) using the Boehm titration. The modified adsorbent with the best concentration was applied to the laboratory waste with various dosages, namely 0; 0.25; 0.5; 1; 1.5; and 2 grams for 120 minutes. The waste before and after adsorption was analyzed using AAS to determine the levels of Cu contained in it. Water hyacinth adsorbent was characterized using FTIR to determine the active groups in the adsorbent.

The FTIR results of the modified adsorbent showed that there was an absorption peak of the C = O ester group at the wave number 1870-1550 cm^{-1} . This means that there has been an esterification reaction between cellulose and citric acid. Based on the results of Boehm's titration, it is known that the total acid group is mostly found in the citric acid concentration of 2.5 M. The highest reduction in the concentration of Cu was 63.34% in the modified adsorbent of 1.5 grams.

الملخص

نبيلة، قم الليلة. 2021. تعديل ورد النيل باستخدام الحمض الستريك كميزات النحاس على الدرن السائل من معمل الكيمياء. البحث العلم. قسم الكيمياء في كلية العلوم والتكنولوجيا بجامعة مولانا مالك إبراهيم مالانج الإسلامية الحكومية. المشرفة الأولى: رفعة المحمودة الماجستير؛ المشرف الثاني: الدكتور أحمد بارز الماجستير.

الكلمات الإشارية: ورد النيل، الحمد الستريك، تعديل السلولوز، الامتزاز، معدن الثقل

تشمل نبات ورد النيل ستين في المائة من السلولوز. حتى أن يملك القوة من رباط الأيونات من معدن الثقل. يهدف البحث لمعرفة تأثير جزعة المميزات من ورد النيل على امتزاز معدن النحاس على درن معمل الكيمياء. يفعل التحليل الكيفي بطريقة تتراسي وتحليل AAS. وتتراسي من بوهم لمعرفة عدد من مجموعة العمل في الممتزاز. وتحليل (AAS) لمعرفة تركيز المعدن من درن المعمل قبل تجريب بورد النيل أوبعده. والتسمية من مميزات ورد النيل بإستعمال FTIR.

يعدل مميزات ورد النيل ويهدى بالحمض الستريك بتركز 0,5؛ 1؛ 1,5؛ 2؛ و 2,5 م ويحلل مجموعة عمله (كربوكسيل، هيدروكسيل، ولكتون) بإستخدام بهوم. يعدل المميزات ويطبق الى درن معمل بالجرعة المتنوعة وهي 0؛ 0,25؛ 0,5؛ 1؛ 1,5؛ و 2 جرام مدة 120 دقيق. الدرن قبل الإمتزاز وبعده ويحلل بطريقة AAS لمعرفة عدد النحاس فيها. ويسمى المميزات ب FTIR لمعرفة المجموعات المحركة التي تدور في المميزات.

نتيجة FTIR من المميزات المعدول ويهدى كان قمة نفس مجموعة C=O استير في نمرة 1550=1870 سنتيمتر⁻¹. يعني أن حدث التأثير استريفكاسي بين سلولوز والحفض الستريك. من نتيجة تيراسي بهوم معروف أن عدد مجموعة الحفض كسرة في تركيز الحفض الستريك 2,5 م. إنزال تركيز معدن النحاس العال بعدد 63,34 في المائة في مميزات التعديل بعدد 1,5 جرام.

BABI

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Laboratorium kimia banyak memproduksi limbah bahkan setiap hari karena banyaknya kegiatan yang dilakukan di dalamnya. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia No. 85 Tahun 1999 tentang pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun (B3), air limbah laboratorium termasuk dalam golongan limbah B3. Hal tersebut dikarenakan limbah laboratorium mengandung senyawa berbahaya dan beracun, salah satunya adalah logam berat.

Limbah logam berat termasuk dalam limbah yang paling berbahaya karena menimbulkan efek racun bagi manusia (Boran dan Altinok, 2010). Oleh karena tingginya tingkat bahaya limbah logam laboratorium, sehingga diperlukan cara pengolahan limbah yang sesuai sebelum limbah laboratorium tersebut dapat dibuang ke lingkungan agar konsentrasi logam berat yang terdapat pada limbah dapat diturunkan sampai mencapai batas maksimum yang diperbolehkan (Ariani dan Rahayu, 2017). Tembaga (II) dikenal sebagai salah satu logam berat yang paling beracun bagi organisme hidup dan merupakan salah satu kontaminan logam berat yang lebih luas dari lingkungan (Özer, dkk., 2004). Nilai ambang batas yang ditetapkan oleh WHO untuk cemaran logam Cu adalah 1,5 ppm, sedangkan menurut KLH sebesar 0,001 ppm.

Metode untuk mengurangi kadar logam dalam limbah melalui pengendapan adalah presipitasi, pertukaran ion, elektrolisis, adsorpsi, dan lain sebagainya. Adsorpsi menjadi metode yang paling umum digunakan karena

konsepnya yang lebih sederhana dan ekonomis dibandingkan dengan metode lain (Tangio, 2013). Saat ini metode adsorpsi telah dikembangkan menggunakan biomassa tumbuhan atau dikenal dengan fitofiltrasi. Dasar pemikiran dari fitofiltrasi adalah dengan menggunakan biomassa tumbuhan yang telah mati sebagai pengikat ion logam (Tangio, 2013).

Eceng gondok merupakan salah satu tumbuhan yang berpotensi mengurangi kadar logam berat seperti tembaga, emas, kobal, stronsium, timbal, timah, kadmium dan nikel (Tangio, 2013). Selain ekonomis, penggunaan biomassa eceng gondok merupakan metode yang efektif dalam mengikat logam berat, baik anionik maupun kationik, bahkan logam berat pada konsentrasi yang sangat rendah. Selain itu biomassa merupakan bahan yang bersifat *biodegradable* sehingga ramah lingkungan. Keberadaan eceng gondok sangat melimpah di perairan Indonesia, namun pemanfaatan tumbuhan ini masih sangat jarang.

Terdapat beberapa tumbuhan yang melimpah namun jarang digunakan karena dianggap tidak memiliki banyak manfaat. Padahal dalam salah satu ayat al-Qur'an telah dijelaskan bahwa Allah SWT menciptakan berbagai macam jenis tumbuhan dengan dengan berbagai macam manfaat.

الَّذِي جَعَلَ لَكُمُ الْأَرْضَ مَهْدًا وَسَلَكَ لَكُمْ فِيهَا سُبُلًا وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّىٰ

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.” (QS. Thaha (20): 53)

Ayat di atas menjelaskan tentang bagaimana Allah menciptakan tumbuh-tumbuhan. Menurut *Tafsir al-Misbah* oleh Shihab (2002), potongan ayat berikut

وَأَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَأَخْرَجْنَا بِهِ أَزْوَاجًا مِّن نَّبَاتٍ شَتَّىٰ memiliki makna yakni dengan diturunkannya air dari langit atau hujan dapat menumbuhkan bermacam-macam jenis tumbuhan dengan masing-masing bentuk, warna, rasa, dan manfaatnya. Sesungguhnya tumbuhan dan segala sesuatu di alam semesta ini terdapat manfaat di dalamnya, akan tetapi manfaat tersebut belum diketahui oleh banyak orang. Bahkan setiap bagian tumbuhan seperti akar, batang, daun, bunga, dan buahnya bisa jadi masing-masing menyimpan manfaat. Sehingga tugas kita sebagai *scientist* adalah untuk mencari tahu manfaat atau kegunaan dari tumbuhan tersebut. Seperti halnya manfaat tumbuhan eceng gondok yang keberadaannya sangat melimpah diperairan. Salah satu manfaat tumbuhan eceng gondok yang akan diteliti di sini adalah sebagai adsorben ion logam pada limbah laboratorium kimia.

Bagian eceng gondok yang dapat dimanfaatkan adalah pada batang dan daun dalam bentuk serbuk sehingga penggunaan tanamannya langsung dengan mengubahnya menjadi penjerap ion logam yang ekonomis. Eceng gondok mengandung selulosa yang lebih besar dari non selulosanya seperti lignin, abu, lemak, dan zat-zat lain (Azhari, dkk., 2017). Kandungan kimia dalam eceng gondok yakni terdiri dari 60% selulosa, 8% hemiselulosa dan 17% lignin (Fattah dan Naby, 2012). Selulosa merupakan komponen utama pada dinding sel dari tanaman hijau. Karakteristik serat selulosa muncul dikarenakan adanya struktur kristalin dan amorf serta sifat selulosa yang *hydrophilic* (suka air) dan *biodegradability*.

Tumbuhan eceng gondok mengandung beberapa mineral yang berasal dari air sungai atau air tempatnya berasal. Proses demineralisasi dilakukan untuk

menghilangkan mineral-mineral serta pengotor yang terdapat pada adsorben dengan pencucian menggunakan larutan asam (Sepehr, dkk., 2013). Pada saat banyak mineral yang terlepas dalam adsorben, maka akan semakin banyak gugus-gugus yang dapat aktif mengikat ion-ion logam lain. Penelitian yang dilakukan oleh Azmiyani (2018), terdapat perbedaan persentase adsorpsi logam Cu, yaitu 20,77% pada adsorben yang didemineralisasi menggunakan asam klorida (HCl) 0,1 M dan 3,11% pada adsorben alami tanpa demineralisasi.

Modifikasi selulosa menggunakan asam sitrat, karena asam tersebut memiliki beberapa kelebihan dibandingkan asam-asam lain, yaitu memiliki tingkat bahaya yang rendah dan harganya relatif murah (McSweeny, dkk., 2006). Variasi konsentrasi asam sitrat dilakukan untuk mengetahui perbedaan jumlah gugus aktif eceng gondok sehingga didapatkan adsorben terbaik untuk mengadsorpsi ion logam berat tembaga (Cu). Ramos, dkk. (2012) telah melakukan modifikasi pada selulosa tongkol jagung dengan variasi konsentrasi asam sitrat yaitu 0; 0,2; 0,6; 1,0; 1,5; dan 2,0 M. Hasil adsorpsi terbaik didapatkan pada asam sitrat konsentrasi 1 M karena dapat menyerap logam Cd paling banyak yaitu 31,3 mg/g sedangkan konsentrasi lain dapat menyerap logam Cd dengan kadar yang lebih kecil. Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa modifikasi dengan konsentrasi 1 M dapat meningkatkan jumlah gugus karbonil dan hidroksil dengan jumlah terbanyak pada selulosa tongkol jagung. Gugus-gugus tersebut merupakan pengikat ion logam pada saat adsorpsi.

Titration Boehm merupakan salah satu cara untuk mengetahui konsentrasi dan jumlah gugus aktif dalam suatu sampel. Prinsip dari titration Boehm adalah menetralkan keasaman yang terkandung dalam gugus aktif dengan basa yang

memiliki kekuatan yang besar. Basa kuat yang sering digunakan dalam titrasi Boehm adalah natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan juga natrium bikarbonat (Na_2HCO_3) untuk menetralkan gugus-gugus asam jenis lainnya (Goertzen, dkk., 2010). Pada adsorben batang jagung yang dianalisis menggunakan titrasi Boehm dapat diketahui total jumlah gugus aktifnya (karboksil, hidroksil, dan lakton) sebesar 1,8 meq/g pada batang jagung alami, 0,7 meq/g pada batang jagung teraktivasi, 3,2 meq/g pada batang termodifikasi asam sitrat 1,5 M, dan 2,7 meq/g pada modifikasi konsentrasi 2 M. Gugus aktif terbanyak terdapat pada adsorben batang jagung termodifikasi asam sitrat 1,5 M. Adsorben sebelum dan sesudah modifikasi juga diidentifikasi menggunakan spektrometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR) untuk membandingkan hasil gugus aktif yang teridentifikasi pada saat titrasi Boehm.

Proses adsorpsi yang terjadi pada adsorben eceng gondok dikarenakan adanya kandungan gugus fungsi seperti gugus karboksil ($-\text{COOH}$) dan gugus hidroksil ($-\text{OH}$) yang berfungsi sebagai situs aktif dalam proses adsorpsi logam (Shofiyani dan Gusrizal, 2010). Reaksi koordinasi yang terjadi saat adsorpsi melibatkan reaksi pertukaran ligan air yang terkoordinasi dengan ligan-ligan yang hadir, baik anion organik maupun anorganik. Reaksi pengompleksannya dapat mengikat ion logam lebih dari satu tempat. Banyaknya jumlah gugus hidroksil ($-\text{OH}$) pada selulosa akan semakin banyak ion logam yang terikat (Azhari, dkk., 2017). Pada proses adsorpsi digunakan beberapa variasi dosis adsorben eceng gondok untuk menentukan dosis terbaik yang dapat digunakan untuk mengurangi kadar logam Cu dalam limbah laboratorium kimia. Oleh karena itu dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh dosis adsorben terhadap penurunan

kadar logam Cu dalam limbah laboratorium kimia dengan metode titrasi Boehm dan FTIR.

Analisis limbah logam berat Cu dilakukan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometry* (AAS). Sebelum dilakukan analisis, limbah logam berat tersebut didestruksi terlebih dahulu menggunakan asam. Destruksi merupakan pemecahan unsur-unsur campuran organik dan logam ke dalam bentuk logam-logam anorganik sehingga dapat dianalisis dengan baik oleh AAS (Andriyaningrum, dkk., 2018).

1.2 Rumusan Masalah

- a. Bagaimana karakterisasi adsorben eceng gondok sebelum dan sesudah modifikasi menggunakan FTIR?
- b. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi asam sitrat terhadap jumlah gugus aktif dalam adsorben?
- c. Bagaimana pengaruh variasi dosis adsorben eceng gondok terhadap penurunan kadar logam tembaga (Cu) pada limbah laboratorium?

1.3 Tujuan Penelitian

- a. Untuk mengetahui karakterisasi adsorben eceng gondok sebelum dan sesudah modifikasi menggunakan FTIR.
- b. Untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi asam sitrat terhadap jumlah gugus aktif dalam adsorben.
- c. Untuk mengetahui pengaruh variasi dosis adsorben eceng gondok terhadap penurunan kadar logam tembaga (Cu) pada limbah laboratorium.

1.4 Batasan Masalah

- a. Eceng gondok yang digunakan sebagai adsorben diambil dari sungai Bendungan Lodoyo Blitar
- b. Limbah cair laboratorium kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang yang digunakan sebagai adsorbat adalah limbah logam berat
- c. Variasi dosis adsorben eceng gondok adalah 0,25; 0,5; 1; 1,5; dan 2 gram

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi ilmiah mengenai kemampuan selulosa eceng gondok sebagai adsorben dari limbah cair laboratorium kimia yang mengandung logam diantaranya tembaga (Cu) dengan pengaruh variasi dosis adsorben dalam proses adsorpsi dan total gugus asam yang terkandung dalam eceng gondok yang dimodifikasi dengan asam sitrat.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) dalam Perspektif Islam

Hubungan al-Qur'an dan ilmu pengetahuan bukan dinilai dari banyak atau tidaknya cabang-cabang ilmu pengetahuan yang dikandungnya, tetapi lebih melihat kepada al-Qur'an atau jiwa ayat-ayatnya dapat mendorong kemajuan ilmu pengetahuan atau malah yang menghalanginya. Hal tersebut dikarenakan kemajuan ilmu pengetahuan tidak hanya diukur melalui seberapa banyak sumbangan yang diberikan kepada masyarakat berupa kumpulan ide dan metode yang dikembangkan, tetapi juga pada beberapa syarat-syarat psikologis dan sosial yang diwujudkan, sehingga dapat terlihat majunya ilmu pengetahuan serta majunya peradaban (Iryani, 2017).

أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً فَسَلَكَهُ يَنْبِيعَ فِي الْأَرْضِ ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ ثُمَّ يَؤْيِجُ فَتَرَاهُ
مُصْفَرًّا ثُمَّ يَجْعَلُهُ حُطْمًا إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ ٢١

Artinya: “Apakah kamu tidak memperhatikan, bahwa sesungguhnya Allah menurunkan air dari langit, maka diaturnya menjadi sumber-sumber air di bumi kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air itu tanam-tanaman yang bermacam-macam warnanya, lalu menjadi kering lalu kamu melihatnya kekuning-kuningan, kemudian dijadikan-Nya hancur berderai-derai. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal.” (QS Az-Zumar (39): 21).

Pada kitab *Tafsir Ibnu Katsir* dijelaskan ayat *أَلَمْ تَرَ أَنَّ اللَّهَ أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً* tersebut menjelaskan bahwa Allah menurunkan air dari langit lalu mengalirkannya dalam bentuk mata air dalam perut bumi. Kemudian mata air tersebut dapat menumbuhkan berbagai macam tumbuhan (Abdullah, 2007).

Sebagaimana yang dijelaskan pada lafadz **ثُمَّ يُخْرِجُ بِهِ زَرْعًا مُّخْتَلِفًا أَلْوَانُهُ** yang berarti “kemudian ditumbuhkan-Nya dengan air tersebut tumbuhan yang bermacam-macam warnanya”. Tumbuhan diciptakan oleh Allah SWT dengan berbagai macam warna, bentuk, jenis, dan manfaatnya. Bahkan pada setiap bagian tumbuhan memiliki manfaat yang berbeda-beda bagi makhluk hidup lainnya.

Beberapa tumbuhan dapat menjadi sumber makanan bagi manusia dan beberapa jenis hewan. Tumbuhan juga penghasil oksigen bagi seluruh manusia dan hewan di bumi. Beberapa tumbuhan dapat menjadi pengganggu atau gulma, akan tetapi apabila dipelajari lebih lanjut tumbuhan tersebut bisa jadi memiliki manfaat. Seperti tumbuhan eceng gondok yang dikenal sebagai gulma perairan dapat dimanfaatkan sebagai penghalang sinar matahari langsung pada kolam perikanan. Sedangkan di luar perairan, batang dan daun eceng gondok memiliki potensi sebagai adsorben ion logam karena kandungan selulosa di dalamnya cukup banyak.

Pada lafadz **إِنَّ فِي ذَلِكَ لَذِكْرًا لِأُولِي الْأَلْبَابِ** yang berarti “sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar terdapat pelajaran bagi orang-orang yang mempunyai akal”. Fenomena di mana Allah SWT menurunkan hujan dan kemudian menumbuhkan berbagai macam tumbuhan dengan masing-masing manfaatnya, merupakan suatu hal yang harus dipelajari lebih dalam bagi orang-orang yang berakal. Kandungan apa yang terdapat dalam tumbuhan tersebut sehingga dapat memberikan manfaat bagi makhluk hidup lain. Seperti senyawa apa yang terdapat dalam eceng gondok sehingga dapat dimanfaatkan sebagai adsorben ion logam. Seberapa besar potensi yang dimiliki oleh eceng gondok tersebut, agar dapat diketahui perbedaannya jika dibandingkan dengan

tumbuhan lain. Sebagai Ulul Albab mempelajari dan meneliti fenomena alam tersebut dapat menjadi sarana bertafakkur dan mengingat kuasa Allah SWT yang sangat luar biasa.

Tafsir dari ayat tersebut juga sangat berhubungan dengan bagaimana proses eceng gondok alami yang banyak tumbuh di perairan, menjadi sesuatu yang lebih bermanfaat yaitu menjadi adsorben dari ion logam dalam limbah laboratorium kimia. Proses tersebut dengan pengeringan sehingga warnanya menjadi hijau kekuningan dan kemudian dihancurkan atau dihaluskan agar mendapatkan manfaat lain dari tumbuhan eceng gondok.

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi kadar logam dalam limbah laboratorium kimia. Metode ini juga dapat digunakan untuk mengurangi logam di perairan. Logam telah banyak digunakan dalam berbagai bidang. Sehingga limbah logam yang dihasilkan pun juga semakin banyak. Telah dijelaskan dalam firman Allah SWT surat al-Kahfi ayat 95-96 keberadaan dan manfaat logam sebagai berikut:

قَالَ مَا مَكَّنِّي فِيهِ رَبِّي خَيْرٌ فَأَعِينُونِي بِقُوَّةٍ أَجْعَلْ بَيْنَكُمْ وَبَيْنَهُمْ رَدْمًا ﴿٩٥﴾ ءَاتُونِي زُبَرَ الْحَدِيدِ
حَتَّىٰ إِذَا سَاوَىٰ بَيْنَ الصَّدَفَيْنِ قَالَ أَنْفُخُوا حَتَّىٰ إِذَا جَعَلَهُ نَارًا قَالَ ءَاتُونِي أُفْرِغْ عَلَيْهِ قِطْرًا ﴿٩٦﴾

Artinya: *Dzulkarnain berkata: “Apa yang telah dikuasakan oleh Tuhanku kepadaku terhadapnya adalah lebih baik, maka tolonglah aku dengan kekuatan (manusia dan alat-alat), agar aku membuatkan dinding antara kamu dan mereka, berilah aku potongan-potongan besi”. Hingga apabila besi itu telah sama rata dengan kedua (puncak) gunung itu, berkatalah Dzulkarnain: “Tiuplah (api itu)”. Hingga apabila besi itu sudah menjadi (merah seperti) api, diapun berkata: “Berilah aku tembaga (yang mendidih) agar aku kutuangkan ke atas besi panas itu” (QS. al-Kahfi (18): 95-96)*

Menurut Ibnu Katsir lafadz زُبْرُ الْحَدِيدِ berarti potongan-potongan besi. Potongan-potongan besi pada ayat ini menunjukkan bahwa besi tersebut memiliki nilai yang besar setara dengan satu kuintal damaskus atau lebih (Ibnu Katsir, 2016). Akan tetapi apabila jumlah logam di lingkungan terlalu banyak, dapat mengganggu kehidupan ekosistem di sekitarnya termasuk manusia. Oleh karena itu perlu dikurangi kadanya hingga mencapai kadar logam yang aman.

2.2 Potensi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) sebagai adsorben

Tumbuhan eceng gondok termasuk dalam gulma air yang pertumbuhannya sangat cepat. Oleh karena itu keberadaannya di wilayah perairan terutama Indonesia (Iryani, 2017) yaitu berkisar antara 400-700 ton biomassa per ha per hari sehingga disebut sebagai tanaman pengganggu atau gulma (Rakhmania dkk., 2017). Selain sebagai tanaman pengganggu, eceng gondok memiliki potensi dalam mengurangi kadar logam berat di dalam perairan. Biomassa eceng gondok dapat menyerap ion logam berat baik berbentuk anion maupun kation dengan efektif bahkan pada konsentrasi yang sangat rendah. Kelebihan lain yang dimiliki oleh eceng gondok adalah mudah didapat karena jumlahnya melimpah dan juga ramah lingkungan karena bersifat *biodegradable* (Tangio, 2013). Tumbuhan eceng gondok ditunjukkan pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Tumbuhan eceng gondok (*Eichornia crassipes*)

Bagian dari eceng gondok yang dapat menyerap ion-ion logam berat adalah selulosa. Selulosa merupakan bagian terbesar yang terdapat dalam eceng gondok. Menurut (Fattah dan Naby, 2012), eceng gondok tersusun dari 60% selulosa, 8% hemiselulosa, dan 17% lignin. Kandungan kimia dalam eceng gondok disajikan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan kimia eceng gondok

Senyawa	Kadar (%)
Selulosa	60
Hemiselulosa	8
Lignin	17
Silika	5,56
Abu	12

Sumber: (Fattah dan Naby, 2012) dan (Moeksin, dkk., 2016)

Gugus-gugus yang terkandung dalam selulosa eceng gondok menjadikan selulosa memiliki potensi sebagai pengikat ion-ion logam berat khususnya tembaga (Cu). Penyerapan ion terjadi karena terdapat gugus karboksilat (COOH) dan gugus hidroksil (-OH) yang berperan sebagai sisi aktif dari selulosa. Kedua

gugus tersebut yang akan berperan sebagai penukar ion pada saat proses adsorpsi limbah logam berat (Azhari, dkk., 2017).

2.3 Demineralisasi Eceng Gondok dengan Asam Klorida (HCl)

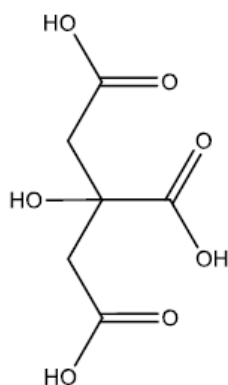
Tumbuhan eceng gondok yang diambil langsung dari sungai maupun danau pasti telah mengandung logam mineral yang berasal dari perairan tempatnya hidup. Keberadaan mineral lain di dalam tumbuhan eceng gondok yang akan digunakan tersebut dapat mengganggu efektifitas adsorpsi yang akan dilakukannya. Salah satu cara untuk mengurangi jumlah mineral dalam eceng gondok tersebut adalah dengan metode demineralisasi. Demineralisasi merupakan proses pencucian adsorben dengan larutan asam untuk menghilangkan mineral-mineral serta pengotor yang terdapat di dalamnya (Sepehr, dkk., 2013).

Proses demineralisasi dilakukan dengan menambahkan larutan asam pada adsorben yang akan digunakan, yang sering digunakan adalah asam klorida (HCl) dan asam nitrat (HNO_3). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Yulianti dkk. (2017), adsorben batang jagung didemineralisasi dengan HCl sebelum dimodifikasi dengan asam sitrat. Adsorben batang jagung yang didemineralisasi mempunyai kemampuan untuk menyerap logam lebih banyak daripada batang jagung yang tidak didemineralisasi.

Setelah proses demineralisasi adsorben dicuci menggunakan aquades agar terbebas dari ion Cl^- . Cara untuk mengetahui bahwa adsorben sudah terbebas dari ion Cl^- adalah dengan menambahkan AgNO_3 . Jika terbentuk endapan putih dari AgCl maka adsorben masih mengandung ion Cl^- . Jika tidak terbentuk maka adsorben sudah tidak mengandung ion Cl^- (Irviyanti, 2019).

2.4 Modifikasi Selulosa Eceng Gondok dengan Asam Sitrat

Pada dasarnya eceng gondok mempunyai potensi untuk menyerap ion-ion logam di dalam perairan. Akan tetapi pada saat digunakan sebagai biosorben potensi alami tersebut harus ditingkatkan agar mendapatkan hasil yang maksimal. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan potensi tersebut adalah dengan melakukan modifikasi pada adsorben eceng gondok dengan larutan asam. Pada penelitian ini menggunakan asam sitrat karena termasuk dalam asam karboksilat dan asam lemah yang ramah lingkungan dan juga lebih murah daripada asam-asam lain seperti H_2SO_4 , HCl , dan HNO_3 (Yulianti, dkk., 2017). Proses modifikasi dapat menurunkan kadar abu dalam adsorben karena mineral logam akan terlarut pada saat modifikasi dengan larutan asam (Ramos, dkk., 2012). Struktur asam sitrat ditunjukkan pada Gambar 2.2.

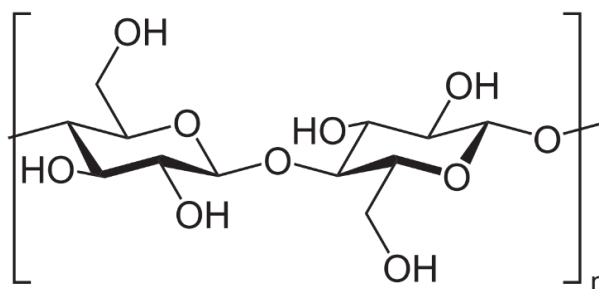


Gambar 2.2 Struktur asam sitrat

Pada (Siswoyo, dkk., 2018), kemampuan eceng gondok dalam adsorpsi *methylene blue* meningkat dari 261 mg/g menjadi 320 mg/g setelah dimodifikasi dengan asam sitrat 1,3 M. Selulosa termasuk dalam polisakarida yang terdiri atas

satuan-satuan dan mempunyai massa molekul relatif yang sangat tinggi, tersusun dari 2.000-3.000 glukosa. Rumus molekul selulosa adalah $(C_6H_{10}O_5)_n$. Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel tanaman yaitu senyawa polimer glukosa yang tersusun dari unit-unit β -1,4-glukosa yang dihubungkan dengan ikatan β -1,4-D-glikosida (Han, dkk., 1995 dalam Anwar, 2013).

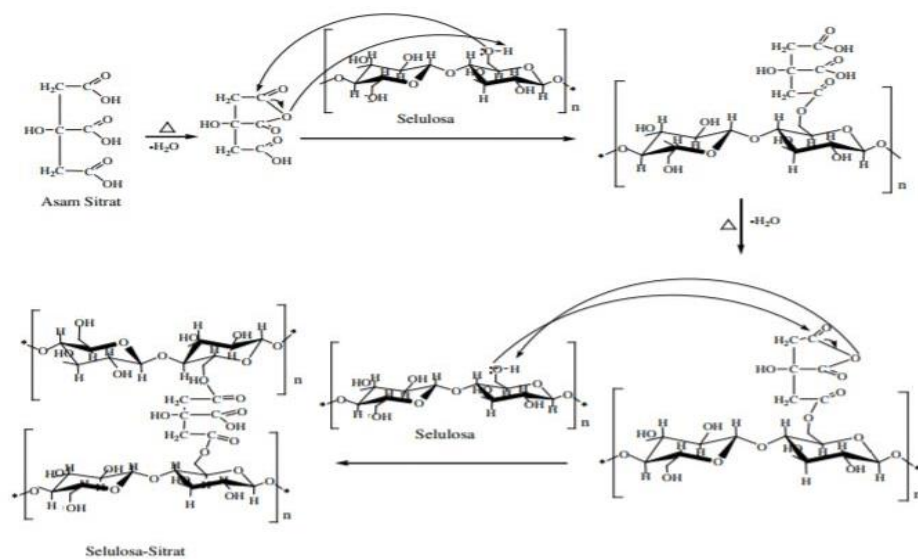
Selulosa eceng gondok terdiri dari beberapa gugus-gugus seperti gugus karboksil (COOH) dan gugus hidroksil (OH). Struktur selulosa disajikan pada Gambar 2.3. Saat dimodifikasi dengan asam sitrat akan terjadi reaksi esterifikasi antara selulosa dan asam sitrat. Pada saat proses pemanasan asam sitrat akan mengalami dehidrasi dan berubah menjadi anhidrat (COO⁻) yang reaktif. Asam sitrat tersebut akan bereaksi dengan gugus hidroksil dari selulosa dan lignin membentuk ester. Reaksi esterifikasi antara asam sitrat dan selulosa akan membentuk minimal 2 gugus karboksilat pada permukaan adsorben ditunjukkan oleh Gambar 2.4 (Yulianti, dkk., 2017).



Gambar 2.3 Struktur selulosa

Modifikasi dengan asam sitrat dapat meningkatkan jumlah gugus-gugus asam dalam adsorben. Konsentrasi dari asam sitrat harus sesuai karena dapat mempengaruhi jumlah gugus yang terbentuk. Ramos, dkk. (2012) memodifikasi

adsorben tongkol jagung dengan asam sitrat yang divariasikan pada konsentrasi 0; 0,2; 0,6; 1,0; 1,5; dan 2,0 M. Hasil dari penelitian tersebut menunjukkan bahwa adsorben tongkol jagung yang dimodifikasi asam sitrat dapat menyerap logam lebih banyak karena memiliki gugus asam yang lebih banyak pula. Kapasitas adsorpsi yang didapat secara berturut-turut dari konsentrasi 0; 0,2; 0,6; 1,0; 1,5; dan 2,0 M adalah 1,62; 9,14; 31,3; 42,9; 12,9; dan 13,6 mg/g. Konsentrasi asam sitrat 1,0 M dapat menyerap ion logam paling banyak.



Gambar 2.4 Reaksi esterifikasi yang terjadi antara selulosa dan asam sitrat (Surbakti,2016).

Reaksi esterifikasi terjadi saat atom oksigen pada atom C-6 selulosa yang bersifat nukleofil akan menyerang gugus karbonil dari asam sitrat anhidrat yang bersifat elektrofil dan terbentuk selulosa sitrat. Reaksi tersebut terjadi disebabkan atom oksigen pada atom C-6 lebih elektronegatif dan tidak meruah atau sterik sehingga lebih mudah menyerang atom yang bersifat elektrofil (Ma'rifah, 2018).

2.5 Analisis Adsorben Eceng Gondok dengan Titration Boehm

Salah satu metode kimia yang digunakan untuk mengidentifikasi gugus oksigen pada permukaan karbon adalah "Titration Boehm". Prinsip dari titration Boehm adalah bahwa gugus oksigen pada permukaan adsorben mempunyai keasaman yang berbeda dan dapat dinetralkan dengan basa yang memiliki kekuatan berbeda pula. Gugus-gugus oksigen pada adsorben dapat bersifat asam karena adanya pengaruh dari gugus karboksil, lakton, dan hidroksil fenol. Gugus asam tersebut dapat dinetralkan dengan beberapa larutan basa dengan kekuatan yang berbeda-beda (Goertzen, dkk., 2010).

Basa yang digunakan dalam titration Boehm ini, yaitu natrium hidroksida (NaOH) sebagai basa kuat yang dapat menetralkan semua asam Brønsted (termasuk fenol, gugus lakton, dan asam karboksilat), natrium karbonat (Na_2CO_3) untuk menetralkan karboksilat dan gugus lakton, dan natrium bikarbonat (NaHCO_3) untuk menetralkan asam karboksilat. Perbedaan antara penyerapan basa dapat digunakan untuk menghitung dan mengidentifikasi jenis kelompok permukaan oksigen yang ada pada sampel karbon. Pengasaman dengan HCl dilakukan untuk memastikan penetralan oleh basa telah terjadi secara keseluruhan. Larutan asam tersebut kemudian dititrasi balik dengan basa yaitu NaOH (Goertzen, dkk., 2010).

Titration Boehm dilakukan untuk mengetahui jumlah gugus aktif yang terdapat pada adsorben eceng gondok pada saat sebelum dan sesudah dimodifikasi dengan asam sitrat. Gugus aktif tersebut adalah hidroksil, karboksil, dan lakton. Menurut Yulianti, dkk. (2017), pada saat modifikasi batang jagung menggunakan

asam sitrat hanya terjadi pembentukan hidroksilat dan karboksilat, sementara belum dijumpai pembentukan gugus lakton.

Hasil ini dapat dilihat pada perubahan nilai total situs asam pada batang jagung alami menjadi batang jagung termodifikasi asam sitrat 1,5 M, total asam berubah dari 1,8 menjadi 3,2 meq/g, gugus hidroksil berubah dari 0,45 menjadi 0,61 meq/g, gugus karboksil berubah dari 0,8 menjadi 2,05 meq/g, sedangkan gugus lakton nyaris tidak terbentuk dengan tetapnya nilai lakton yaitu 0,55 meq/gram. Pada semua variasi konsentrasi asam sitrat, baik pada batang jagung yang termodifikasi asam sitrat 1,5 M maupun 2 M, pembentukan karboksilat lebih besar dibanding pembentukan hidroksilat. Nilai karboksilat dan hidroksilat pada batang jagung termodifikasi asam sitrat 1,5 M jika dibanding dengan pada batang jagung alami berturut turut meningkat kurang lebih 2,5 kali dan 1,5 kali.

2.6 Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) pada Limbah Cair Laboratorium Kimia UIN Malang

Limbah cair laboratorium kimia merupakan sisa hasil dari kegiatan di laboratorium. Sehingga banyak mengandung zat-zat kimia yang berbahaya. Pada laboratorium kimia UIN Maulana Malik Ibrahim, limbah cair sudah klasifikasikan menurut jenis limbah. Terdapat limbah organik, limbah logam, limbah asam basa, dan limbah halogen. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 85 Tahun 1999 tentang pengolahan limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, air limbah laboratorium termasuk golongan limbah B3. Salah satu jenis zat kimia yang terdapat dalam limbah laboratorium adalah limbah logam berat. Logam berat yang sering ditemukan dalam limbah laboratorium diantaranya adalah krom (Cr), besi (Fe), kadmium (Cd), tembaga (Cu), kobalt (Co), mangan (Mn), seng (Zn), timbal (Pb), dan nikel (Ni) (Wilyanda dan Chairul, 2015).

Kegiatan-kegiatan di jurusan kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang yang dapat menghasilkan limbah logam adalah praktikum dan riset untuk tugas akhir. Beberapa praktikum yang berkontribusi menghasilkan limbah logam tembaga (Cu) dan timbal (Pb) adalah praktikum Kimia Anorganik I, Kimia Analisis Dasar, Biokimia I, Biokimia II, Kimia Anorganik II, dan Kimia Instrumen. Judul praktikum dan jenis reagen yang lebih spesifik disajikan dalam Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Judul praktikum dan jenis reagen yang berkontribusi menghasilkan limbah logam Cu

No.	Praktikum/Judul	Jenis Reagen Cu
1.	Analisis Gravimetri	CuSO ₄ .5H ₂ O
2.	Biokimia I: Analisis Protein	CuSO ₄
3.	Biokimia II: Pemeriksaan Glukosa dan Protein Pada Urine	CuSO ₄ .5H ₂ O
4.	Kimia Anorganik II: Reaksi pada Unsur dan Senyawa Tembaga dan Perak Kekuatan Ligan Air dan Amonia pada Kompleks Cu(II)	CuSO ₄ CuSO ₄
5.	Kimia Instrumen: Analisis Mineral dengan AAS	Larutan standar Cu

Sumber: Diktat Praktikum Kimia UIN Malang

Adsorpsi merupakan salah satu metode yang efektif untuk mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Metode adsorpsi bergantung pada kemampuan permukaan adsorben untuk menarik molekul-molekul adsorbat baik berupa cairan maupun gas. Berbagai jenis adsorben berbentuk karbon aktif telah berhasil dikembangkan dan terbukti mampu mengadsorpsi ion logam berat, namun karbon

aktif tergolong mahal dan sulit untuk diproduksi (Fu dan Wang, 2011). Oleh karena itu, selama beberapa tahun terakhir dilakukan penelitian secara efektif yang diarahkan untuk mencari jenis adsorben yang relatif murah dan lebih mudah untuk didapatkan.

Selulosa merupakan polimer rantai panjang dari karbohidrat polisakarida. Guguf fungsi yang terdapat dalam selulosa murni adalah gugus hidroksil (OH) yang dapat membuat selulosa poliol dengan gugus fungsi alkohol primer (-CH₂OH) atau alkohol sekunder (-CHOH). Kedua gugus fungsi tersebut yang menyebabkan terjadinya adsorpsi pada material selulosa. Kation logam dalam air berada dalam keadaan ion logam terhidrat [Cd(H₂O)₂]²⁺ dan spesies hidroksinya [CdOH(H₂O)]. Reaksi koordinasi yang terjadi melibatkan reaksi pertukaran ligan air yang terkoordinasi dengan ligan yang ada, baik anion anorganik maupun organik. Dimana pengompleksannya dapat mengikat ion logam lebih dari satu tempat. Banyaknya gugus hidroksil (-OH) pada selulosa akan semakin banyak mengikat ion logam. Dalam hal ini atom O yang elektronegatif mudah melepaskan H sebagai H⁺ (proton) dan cepat menangkap kation logam untuk menggantikan kedudukan proton yang lepas (Azhari, dkk., 2017).

Penelitian Azmiyani (2018), penurunan konsentrasi logam Cu terbesar terjadi pada variasi biosorben batang jagung termodifikasi asam sitrat 1,5 M. Penurunannya sebesar 141,25 ppm atau mencapai 58,54%, yaitu dari 241,3 ppm konsentrasi logam pada limbah mula-mula menjadi 100,05 ppm konsentrasi logam pada limbah yang diadsorpsi adsorben batang jagung 1,5 M.

2.6.1 Logam Berat Tembaga (Cu) dan Toksisitasnya

Tembaga (Cu) dilepaskan oleh pelapukan pada bebatuan sebagai Cu^{2+} , dan di absorpsi oleh tanaman. Akar tanaman akan menyerap logam Cu dalam bentuk Cu^{2+} dan hanya dibutuhkan dalam jumlah sedikit, logam Cu tersebut berperan dalam proses oksidasi, reduksi, dan pembentukan enzim (Napitupulu, 2008). Bahan pangan yang tercemar logam tembaga pada awalnya terjadi karena penggunaan pupuk dan pestisida secara berlebihan. Meskipun demikian, pengaruh proses pengolahan juga dapat berpengaruh pada status keberadaan logam tembaga tersebut dalam bahan pangan (Widaningrum, 2007).

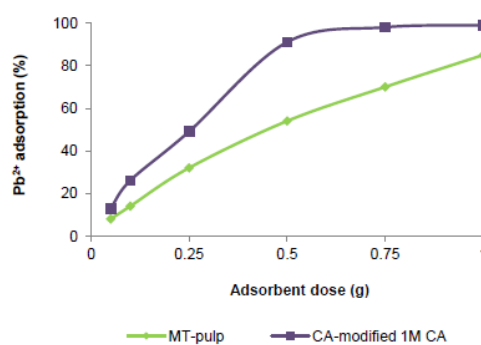
Rancangan Standar Nasional Indonesia (RSNI-2, 2004) dalam Widaningrum (2007) menyatakan bahwa residu logam berat yang masih memenuhi standar Batas Minimum Residu (BMR) adalah 1,0 ppm. Akan tetapi, tembaga merupakan salah satu unsur yang harus ada dalam makanan manusia karena dibutuhkan oleh tubuh (*Acceptance Daily Intake/ADI* = 0,05 mg/kg berat badan) (Widaningrum, 2007).

Toksisitas logam tembaga (Cu) yang menyebabkan keracunan akut dan kronis ditentukan oleh seberapa besar dosis yang masuk ke dalam tubuh serta kemampuan tubuh untuk menetralkan logam tembaga tersebut. Pada manusia, efek keracunan utama ditimbulkan akibat terpapar oleh debu atau uap logam Tembaga (Cu). Keracunan logam tembaga yang kronis dapat dilihat dengan timbulnya penyakit Wilson. Gejala dari penyakit Wilson ini adalah terjadinya *hepatic cirrhosis*, kerusakan pada otak dan demielinasi, serta terjadinya penurunan kerja ginjal dan pengendapan logam tembaga dalam kornea mata (Agustien, dkk., 2014).

2.7 Pengaruh Dosis Adsorben dalam Penurunan Kadar Ion Logam

Proses adsorpsi dilakukan dengan mengaplikasikan beberapa variasi dosis adsorben eceng gondok. Variasi dosis dilakukan untuk mengetahui dosis adsorben terbaik yang dapat menyerap ion-ion logam secara optimum. Semakin tingginya dosis adsorben eceng gondok yang aplikasikan, maka daya serap adsorben juga akan semakin tinggi terhadap penurunan kadar logam. Semakin banyak massa adsorben eceng gondok maka lignin dan selulosa yang terkandung semakin banyak (Herianto dan Kurniawan, 2018).

Lignin dapat menghambat kemampuan adsorpsi dan menghalangi proses transfer ion kepada gugus aktif. Sedangkan selulosa juga berada di dinding sel bersama dengan lignin. selulosa memiliki potensi besar untuk dijadikan penjerap ion logam karena mengandung banyak gugus $-OH$ yang dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat (Herianto and Kurniawan, 2018). Hasil dari penelitian Pitsari, dkk. (2013), pada Gambar 2.5 menunjukkan bahwa semakin banyak dosis adsorben yang diaplikasikan, maka akan semakin banyak ion Pb^{+} yang teradsorpsi.



Gambar 2.5 Pengaruh variasi dosis adsorben terhadap adsorpsi ion logam Pb^{+} (Pitsari, dkk., 2013)

2.8 Analisis Limbah Cair Laboratorium dengan AAS

Analisis yang dilakukan untuk menentukan konsentrasi limbah logam berat tembaga (Cu) adalah AAS. AAS adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui unsur-unsur dalam suatu sampel berbentuk larutan. Prinsip dari analisis menggunakan AAS didasarkan pada proses penyerapan energi oleh atom-atom yang berada pada energi tingkat dasar (*ground state*). Penyerapan energi tersebut akan mengakibatkan tereksitasinya elektron dalam kulit atom ke tingkat tenaga yang lebih tinggi (*excited state*). Akibat dari proses penyerapan radiasi tersebut elektron dari atom-atom bebas yang tereksitasi ini tidak stabil dan akan kembali ke keadaan semula disertai dengan memancarkan energi radiasi dengan panjang gelombang tertentu dan merupakan karakteristik untuk setiap unsur (Gunanjar, 1997 dalam Torowati, dkk., 2008).

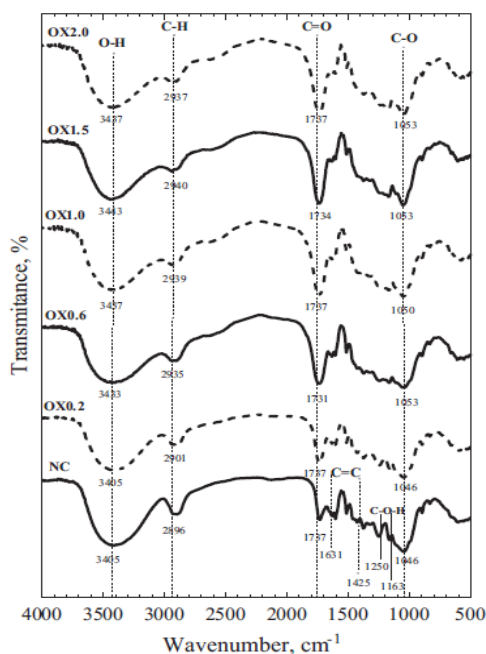
Limbah logam berat sebelum dan sesudah diadsorpsi didestruksi terlebih dahulu sebelum dianalisis dengan AAS. Destruksi adalah aktivitas pemecahan suatu senyawa menjadi unsur-unsurnya yang lebih sederhana sehingga dapat dianalisis oleh AAS. Destruksi biasanya dilakukan dengan menambahkan pelarut asam pada larutan yang akan dianalisis. Destruksi disebut juga sebagai perombakan dari senyawa berbentuk organik logam menjadi logam-logam anorganik (Andriyaningrum, dkk., 2018).

2.9 Karakterisasi Adsorben Menggunakan FTIR

Adsorben eceng gondok sebelum dan sesudah dimodifikasi dengan asam sitrat serta adsorben yang sudah digunakan untuk menyerap limbah logam Cu akan dikarakterisasi menggunakan FTIR. Prinsip kerja FTIR adalah mengidentifikasi gugus fungsi pada suatu senyawa dari absorbansi inframerah

yang dilakukan terhadap senyawa tersebut. Pola absorpsi yang diserap oleh setiap senyawa berbeda-beda, sehingga senyawa-senyawa dapat dibedakan dan ditentukan berdasarkan angka serapannya (Sjahfirdi, dkk., 2015). FTIR pada penelitian ini berfungsi untuk mengetahui adanya gugus aktif pada adsorben eceng gondok dan perubahan spektra yang terjadi pada saat proses modifikasi dan adsorpsi. Hasil spektra FTIR selulosa tongkol jagung termodifikasi asam sitrat disajikan pada Gambar 2.6.

Sampel adsorben dimasukkan ke dalam plat kemudian dikarakterisasi menggunakan FTIR pada bilangan gelombang 400-4500 cm^{-1} . Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Ramos, dkk. (2012), pada adsorben tongkol jagung yang dimodifikasi menggunakan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0,2; 0,6; 0,1; 1,5; dan 2,0 M didapatkan hasil spektra tongkol jagung murni (NC) ikatan O–H *stretching* yang kuat dan berikatan hidrogen pada bilangan gelombang 3405 cm^{-1} . Selain itu, spektra ikatan C–O *stretching* muncul pada bilangan gelombang 1046 cm^{-1} dan vibrasi rentangan C–O–H diamati sebagai dua puncak (mode simetris dan asimetris) berada pada bilangan gelombang 1250 dan 1163 cm^{-1} . Pita peregangan C–C untuk aromatik cincin terjadi berpasangan pada 1631 dan 1425 cm^{-1} . Ada juga ikatan CO *stretching* untuk ester pada 1732 cm^{-1} . Ikatan C–H yang mengalami peregangan atom karbon sp^3 terjadi pada 2896 cm^{-1} . Spektra FTIR menunjukkan bahwa gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam tongkol jagung murni adalah alkohol, ester, aromatik dan eter.



Gambar 2.6 Spektra FTIR adsorben selulosa tongkol jagung termodifikasi asam sitrat (Ramos, dkk., 2012)

Berdasarkan spektra tongkol jagung murni (NC) dan tongkol jagung termodifikasi (OXC) pada Gambar 2.5, menyatakan bahwa reaksi antara asam sitrat dan tongkol jagung menyebabkan suatu peningkatan intensitas pita gugus karbonil karena peningkatan jumlah COO dalam tongkol jagung setelah modifikasi. Ikatan ini terletak pada panjang gelombang $1731\text{-}1737\text{ cm}^{-1}$ meningkat secara drastis ketika konsentrasi asam sitrat adalah 0,6 M. Untuk OXC dimodifikasi dengan konsentrasi asam sitrat lebih besar dari 0,6 M, spektra ini meningkat sangat lambat, memiliki maksimum pada konsentrasi asam sitrat sebesar 1,0 M. Tidak ada perubahan dalam intensitas ikatan untuk OX1,0, OX1,5 dan OX2,0. Hasil ini membuktikan bahwa gugus karboksilat terikat pada tongkol jagung selama terjadi reaksi kimia dengan asam sitrat.

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli 2020 di Laboratorium Kimia Fisika dan Laboratorium Kimia Instrumentasi Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim 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, *grinder*, *magnetic stirrer*, aluminium foil, oven, gelas ukur, corong gelas, erlenmeyer, gelas arloji, spatula, labu ukur, *shaker bath*, tabung reaksi, biuret, statif, *sentrifuge*, pisau, ayakan 100 mesh, *reflux*, seperangkat instrumen AAS dan FTIR.

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: sampel tanaman eceng gondok yang diperoleh dari bendungan Lodoyo, Kabupaten Blitar, limbah logam laboratorium kimia, asam sitrat (Merck), NaOH (Merck), HCl 37% (Merck), Na₂CO₃ (Merck), NaHCO₃ (Merck), HNO₃ 65% (Merck), AgNO₃ (Merck), indikator PP, serbuk KBr, kertas indikator pH, dan aquades.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian yang akan dilakukan adalah mengetahui potensi adsorben eceng gondok dalam proses adsorpsi limbah logam tembaga (Cu) dengan pengaruh variasi konsentrasi asam sitrat sebagai larutan modifikasi. Eceng gondok yang

sudah dipreparasi menjadi serbuk adsorben dapat didemineralisasi menggunakan asam klorida (HCl) untuk menghilangkan mineral-mineral logam pengotor yang terdapat dalam adsorben eceng gondok. Kemudian adsorben dimodifikasi menggunakan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 M. Hal tersebut untuk mengetahui konsentrasi asam sitrat terbaik yang dapat menghasilkan adsorben dengan penyerapan optimum. Adsorben tersebut dianalisis gugus aktifnya dengan melakukan titrasi Boehm dan diidentifikasi menggunakan FTIR. Proses adsorpsi logam Cu pada limbah laboratorium dilakukan dengan menggunakan variasi dosis adsorben dan kondisi-kondisi optimum pada penelitian sebelumnya. Variasi dosis adsorben yang digunakan adalah 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; dan 1,5 gram. Variasi dosis dilakukan untuk mengetahui dosis adsorben terbaik yang dapat menyerap logam secara optimum. Limbah logam sebelum dan sesudah diadsorpsi dianalisis menggunakan AAS.

3.4 Tahap Penelitian

- a. Preparasi adsorben eceng gondok
- b. Analisis eceng gondok termodifikasi asam sitrat dengan titrasi Boehm
- c. Preparasi limbah cair laboratorium kimia
- d. Adsorpsi logam tembaga (Cu) menggunakan variasi dosis adsorben eceng gondok
- e. Analisis kadar logam berat Cu dalam limbah menggunakan AAS
- f. Identifikasi Adsorben Eceng Gondok dengan FTIR
- g. Analisis data

3.5 Prosedur Kerja

3.5.1 Preparasi Adsorben Eceng Gondok

Tanaman eceng gondok dipisahkan dari akarnya kemudian dicuci menggunakan air sampai bersih untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang menempel. Eceng gondok yang sudah bersih dipotong kecil-kecil untuk memperluas permukaan dan dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 7 hari. Dikeringkan kembali dalam oven dengan suhu $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Kemudian dihaluskan dengan blender dan diayak (Sangkota, dkk., 2017).

3.5.2 Demineralisasi Adsorben Eceng Gondok dengan Asam Klorida (HCl)

Serbuk adsorben eceng gondok dimasukkan ke dalam asam klorida (HCl) 0,1 M dengan volume berlebih, diaduk-aduk untuk meratakan dan direndam selama 24 jam dalam suhu ruang. Adsorben tersebut disaring menggunakan saringan dan residu yang didapatkan dibilas menggunakan aquades hingga air filtrat mendekati pH 7. Cara untuk mengetahui bahwa adsorben sudah terbebas dari ion Cl^- adalah dengan menambahkan AgNO_3 pada filtrat. Jika terbentuk endapan putih dari AgCl maka adsorben masih mengandung ion Cl^- . Jika tidak terbentuk maka adsorben sudah tidak mengandung ion Cl^- . Kemudian residu dikeringkan di dalam oven dengan suhu $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 4 jam dan didinginkan pada suhu ruang (Azhari, 2017).

3.5.3 Modifikasi Adsorben Eceng Gondok dengan Variasi Konsentrasi Asam Sitrat

Adsorben eceng gondok yang sudah didemineralisasi dan sudah kering dapat dimodifikasi menggunakan asam sitrat dengan variasi konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 M. Rasio antara adsorben eceng gondok dan asam sitrat adalah 1

gr : 5 mL. Kemudian diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit pada suhu ruang. Campuran adsorben dan asam sitrat dimasukkan ke dalam oven dengan suhu 50 °C selama 24 jam. Selanjutnya suhu dinaikkan menjadi 120 °C selama 90 menit. Kemudian adsorben dicuci dengan aquades sampai mendekati pH 7 dan dikeringkan pada suhu 50 °C sampai berat konstan. Adsorben yang sudah kering dapat digunakan untuk menyerap logam Cu pada limbah logam berat (Ramos, dkk., 2012).

3.5.4 Analisis Adsorben Eceng Gondok dengan Metode Titrasi Boehm

Metode titrasi Boehm (titrasi asam basa) digunakan untuk melihat peningkatan gugus fungsi pada adsorben. Mula-mula setiap adsorben dengan variasi konsentrasi asam sitrat masing-masing direndam sebanyak 0,25 gram ke dalam 25 mL reagen yang berbeda, yaitu NaHCO₃ 0,05 N, Na₂CO₃ 0,05 N, dan NaOH 0,05 N. Campuran tersebut didiamkan selama 24 jam dan diaduk secara manual beberapa kali kemudian disaring dengan kertas saring. Filtrat dipipet sebanyak 10 mL dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer. Selanjutnya ditambahkan 20 mL larutan HCl 0,05 N dan ditambahkan 2-3 tetes indikator PP. Filtrat tersebut dititrasi menggunakan NaOH 0,05 N dan dilakukan sebanyak tiga kali pengulangan (triplo) (Goertzen dkk., 2010). Konsentrasi gugus aktif karboksil, lakton, dan hidroksil dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan di bawah ini:

Jumlah konsentrasi gugus karboksil dapat ditentukan menggunakan persamaan (3.1)

$$N_{\text{karboksil}} (A) = \frac{[V_{\text{NaHCO}_3} N_{\text{NaHCO}_3} - (CHClV_{\text{HCl}} - CN_{\text{NaOH}}V_{\text{t}})] \frac{V_p}{V_s}}{w} \dots\dots\dots (3.1)$$

Jumlah konsentrasi gugus karboksil dan lakton dapat ditentukan dengan persamaan (3.2), sedangkan jumlah gugus lakton menggunakan persamaan (3.3).

$$N_{\text{karboksil+lakton}} (B) = \frac{[V_{\text{Na}_2\text{CO}_3}N_{\text{Na}_2\text{CO}_3} - (C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}}V_t)] \frac{V_p}{V_s}}{w} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\text{Jumlah gugus lakton } (C) = B - A \dots\dots\dots(3.3)$$

Jumlah konsentrasi total (karboksil, lakton, dan hidroksil) ditentukan dengan persamaan (3.4), sehingga penentuan gugus hidroksil dapat dinyatakan pada persamaan (3.5).

$$N_{\text{karboksil+lakton+hidroksil}} (D) = \frac{[V_{\text{NaOH}}N_{\text{NaOH}} - (C_{\text{HCl}}V_{\text{HCl}} - C_{\text{NaOH}}V_t)] \frac{V_p}{V_s}}{w} \dots\dots\dots(3.4)$$

$$\text{Jumlah gugus hidroksil} = D - A - C \dots\dots\dots(3.5)$$

Dengan keterangan, N adalah jumlah mol gugus fungsi, V_p adalah volume sampel yang direndam (mL), V_s adalah sampel yang diambil (mL), V_t adalah volume titrasi (mL), dan w adalah massa sampel (gr).

Satuan konsentrasi gugus aktif adalah meq/g, V_{NaHCO_3} adalah volume NaHCO_3 , N_{NaHCO_3} adalah normalitas larutan NaHCO_3 , C_{HCl} adalah konsentrasi larutan HCl, V_{HCl} adalah volume larutan HCl, C_{NaOH} adalah konsentrasi larutan NaOH, V_t adalah volume titrasi, dan $\frac{V_p}{V_s}$ adalah faktor pengenceran.

3.5.5 Preparasi Limbah Cair Laboratorium Kimia

Preparasi limbah cair laboratorium dilakukan dengan cara mengondisikan limbah dalam pH 7 (netral). Caranya adalah dengan diambil ± 2 L limbah cair laboratorium, dihomogenkan, dan dimasukkan ke dalam gelas beaker kemudian diperiksa besar pH dengan kertas indikator pH. Jika pH rendah atau asam maka ditambahkan NaOH sebagai reagen basa untuk menetralkannya. Ditambahkan

NaOH sedikit demi sedikit sambil diperiksa kembali besar pH dan *dishaker* selama ± 30 menit. Jika sudah netral penambahan NaOH dihentikan. Limbah didiamkan selama 24 jam hingga terbentuk endapan. Kemudian disaring dengan kertas saring dan diambil filtratnya (Khakim, 2018).

3.5.6 Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Variasi Dosis Adsorben Eceng Gondok

Limbah logam laboratorium diambil sebanyak 100 mL dan ditambahkan adsorben eceng gondok dengan hasil modifikasi terbaik. Adsorben eceng gondok divariasikan dalam beberapa dosis yaitu 0,25; 0,5; 1,0; 1,5; dan 2,0 gram dan ditriplo. Limbah dan adsorben yang telah tercampur tersebut *dishaker* selama 120 menit dengan kecepatan 200 rpm. Selanjutnya larutan disaring dan diambil filtratnya. Filtrat didestruksi dan dianalisis menggunakan AAS (Pitsari, dkk., 2013 dan Izzah, 2019).

3.5.7 Analisis Kadar Logam Berat Cu dalam limbah Menggunakan AAS

Analisis kadar logam berat Cu dilakukan pada limbah cair laboratorium kimia sebelum dan sesudah adsorpsi dengan cara diambil sebanyak 50 mL, dimasukkan ke dalam gelas beaker, dan diaduk sampai homogen. Kemudian ditambahkan 10 mL HNO₃ 65% dan dipanaskan pada suhu 100 °C untuk proses destruksi basah tertutup. Proses destruksi dilakukan menggunakan *hot plate* dan limbah dimasukkan ke dalam *beaker glass* yang ditutupi aluminium foil. Selanjutnya didinginkan dan dianalisis menggunakan AAS (Yusniyah, 2017).

3.5.7.1 Pembuatan Kurva Standar Tembaga (Cu)

Larutan standar tembaga (Cu) diperoleh dari pengenceran larutan induk tembaga $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 1000 ppm. Kemudian membuat larutan tembaga (Cu) 10 ppm dengan cara memindahkan 1 mL larutan baku 1000 ppm ke dalam labu ukur 100 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas. Larutan standar tembaga (Cu) 0, 0,5; 1; 1,5 dan 2 ppm dibuat dengan cara memindahkan 0 ml, 2,5 mL; 5 mL; 7,5 mL dan 10 mL larutan baku 10 ppm ke dalam labu ukur 50 mL, kemudian diencerkan sampai tanda batas (Azmiyani, 2018).

3.5.8 Identifikasi Adsorben Eceng Gondok dengan FTIR

Adsorben eceng gondok pada saat sebelum dan sesudah dimodifikasi dikarakterisasi menggunakan FTIR pada gelombang $500\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$. Serbuk KBr digunakan sebagai background pada saat menganalisa sampel padatan. Sebanyak 95% KBr dihomogenkan dengan 5% adsorben menggunakan mortar dan kemudian dipres sampai berbentuk *pellet*. *Pellet* yang sudah terbentuk diletakkan pada *sample holder* dan diberi sinar infrared (Abdurrahman dan Suhendrayatna, 2014).

3.5.9 Analisis Data

Analisis data dilakukan dengan membandingkan hasil dari perhitungan titrasi Boehm untuk mengetahui adsorben termodifikasi asam sitrat yang memiliki jumlah gugus aktif terbanyak. Analisis data juga dilakukan untuk memperoleh hasil adsorpsi terbaik. Adsorpsi terbaik diperoleh dari adsorben yang mampu menurunkan kadar ion logam Cu dalam limbah laboratorium dengan hasil paling tinggi.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Preparasi dan Demineralisasi Adsorben Eceng Gondok Menggunakan HCl

Eceng gondok dapat digunakan sebagai adsorben setelah melalui beberapa tahap perlakuan. Tahap pertama adalah preparasi tumbuhan eceng gondok menjadi serbuk adsorben yang dilakukan dengan cara mencuci dan memotong-motong tumbuhan eceng gondok agar proses pengeringan lebih cepat. Kemudian eceng gondok yang sudah dipotong dikeringkan di bawah sinar matahari selama ± 7 hari. Pengeringan dilakukan untuk mengurangi kadar air dalam eceng gondok sehingga tidak menggumpal saat digiling dan tidak mudah rusak saat disimpan dalam waktu yang lama. Jika eceng gondok sudah kering dapat digiling menjadi serbuk. Penggilingan dilakukan untuk memperluas permukaan eceng gondok sehingga dapat menyerap logam secara maksimal.

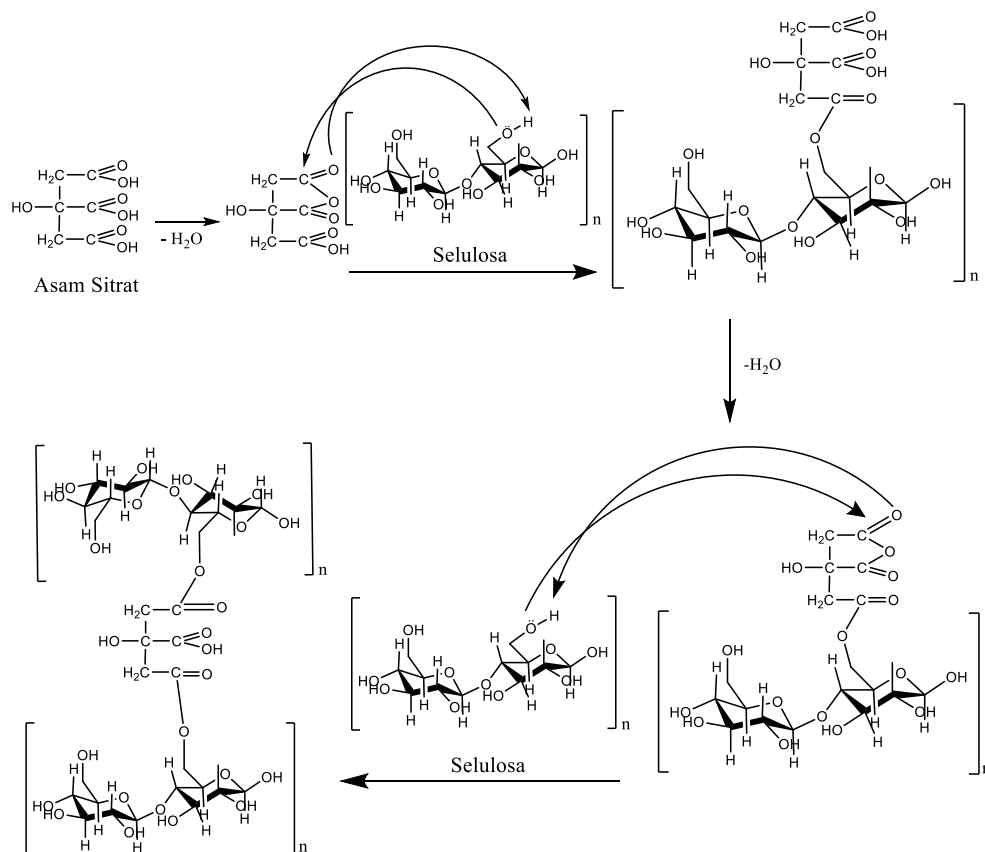
Demineralisasi dilakukan untuk mengurangi mineral-mineral pengganggu dalam eceng gondok yang dapat berpotensi sebagai pesaing ion logam yang akan diserap. Hal tersebut dapat mengaktifkan kembali gugus fungsi yang dimiliki adsorben eceng gondok. Pada proses demineralisasi terjadi peningkatan konsentrasi ion H^+ yang mana berperan untuk mengasamkan adsorben sehingga permukaannya menjadi bermuatan positif dan dapat melepaskan logam yang terikat (Rakhmania, 2017). Adsorben eceng gondok yang sudah didemineralisasi dengan HCl 0,1 M dicuci menggunakan aquades hingga mencapai pH 6-7. Setelah mencapai pH netral adsorben eceng gondok disaring dan dikeringkan di dalam oven untuk mengurangi kadar air sampai mencapai berat konstan. Setelah proses

demineralisasi massa adsorben berkurang sebanyak 29,3%. Penurunan tersebut terjadi karena terdapat beberapa unsur mineral yang jumlahnya telah berkurang.

4.2 Modifikasi Eceng Gondok Menggunakan Asam Sitrat

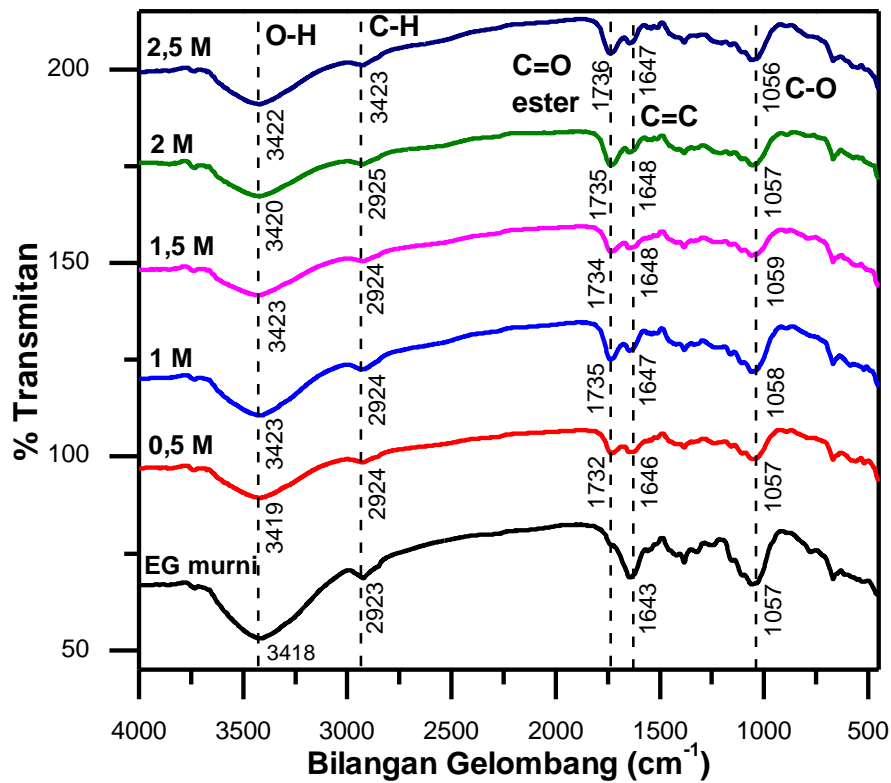
Modifikasi adsorben eceng gondok dilakukan dengan cara merendam adsorben ke dalam asam sitrat selama 2 jam dengan pemanasan dan pengadukan secara berkala. Variasi konsentrasi asam sitrat yang digunakan adalah 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 M. Tujuan dilakukannya modifikasi adalah untuk meningkatkan gugus C-O yang terdapat pada adsorben, yang mana memiliki peran penting dalam pengikatan ion logam (Ramos, dkk., 2012). Variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui konsentrasi asam sitrat yang dapat meningkatkan gugus karboksil paling banyak.

Proses modifikasi dilakukan dengan cara diaduk selama 30 menit menggunakan *stirrer* atau manual agar asam sitrat dan adsorben dapat bercampur. Campuran adsorben dan asam sitrat dipanaskan dalam oven untuk mempercepat reaksi modifikasi yang terjadi antara keduanya. Adsorben yang sudah dimodifikasi dicuci menggunakan aquades sampai mendekati pH 7 yaitu pH optimum dalam proses adsorpsi. Pada pH 7 karboksilat tidak mengalami deprotonasi dan terjadi kesetimbangan antara H₂O, ion H⁺, dan ion OH⁻, sehingga ion logam dapat membentuk kation terhidrat dengan H₂O (Izzah, 2019). Adsorben dikeringkan dalam oven dengan suhu 50 °C sampai berat konstan untuk mengurangi kadar air dalam adsorben. Berikut reaksi yang terjadi pada saat proses modifikasi terdapat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Reaksi esterifikasi antara selulosa dan asam sitrat

Reaksi yang terjadi antara asam sitrat dengan eceng gondok adalah reaksi esterifikasi, yaitu reaksi yang terjadi pada atom oksigen pada C-6 selulosa yang bersifat nukleofil menyerang gugus karbonil dari asam sitrat anhidrat yang bersifat elektrofil. Gugus OH pada asam sitrat dengan gugus OH pada selulosa terjadi substitusi, sehingga rantai karbon yang dihasilkan menjadi lebih panjang dan terbentuk selulosa sitrat. Pada Gambar 4.1 menunjukkan bahwa terjadinya reaksi esterifikasi antara asam sitrat dan selulosa eceng gondok ditandai dengan adanya gugus-gugus asam seperti karboksil ($-COOH$) dan hidroksil ($-OH$). Hasil terjadinya reaksi eseterifikasi juga dapat ditunjukkan dengan spektra FTIR. Hasil identifikasi spektra FTIR dirangkum dalam Tabel 4.1.



Gambar 4.2 Spektra FTIR adsorben eceng gondok termodifikasi asam sitrat

Tabel 4.1 Interpretasi spektra IR pada variasi modifikasi eceng gondok

EG murni	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)					Referensi	Gugus Serapan
	0,5 M	1 M	1,5 M	2 M	2,5 M		
3418	3419	3423	3420	3422	3422	3570-3200	O-H stretching
2923	2924	2924	2924	2925	2923	3000-2800	C-H stretching
-	1732	1735	1734	1735	1736	1870-1550	C=O ester
1643	1646	1647	1648	1648	1647	1690-1620	C=C Stretching
1057	1057	1058	1059	1057	1056	1310-1020	C-O stretching

Sumber: Socrates (2001), Nandiyanto dan Ragadhita (2019)

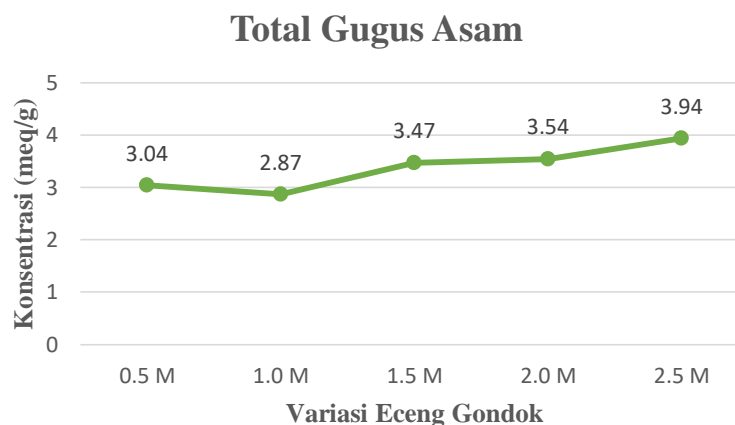
Pada bilangan gelombang 1733-1734 cm^{-1} menunjukkan adanya puncak serapan gugus C=O ester yang terdapat pada adsorben eceng gondok termodifikasi asam sitrat 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5 M saja. Sedangkan pada adsorben eceng gondok murni tidak terdapat puncak serapan pada bilangan gelombang 1733-1734 cm^{-1} . Adanya gugus C=O ester menunjukkan keberhasilan dari modifikasi. Hasil spektra FTIR pada penelitian ini sesuai dengan penelitian Mahbubah (2016), Ramos Leyva (2012), dan Wen (2017).

4.3 Penentuan Gugus Aktif Eceng Gondok dengan Metode Titrasi Boehm

Metode titrasi Boehm merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk menentukan total gugus aktif yang terdapat dalam adsorben. Dalam penelitian ini gugus aktif yang ingin diketahui merupakan gugus aktif asam, diantaranya adalah gugus karboksil, hidroksil, dan lakton. Keberadaan gugus-gugus aktif tersebut dapat diketahui dengan persamaan berdasarkan reagen yang digunakan.

Titrasi Boehm menggunakan beberapa reagen yaitu Na_2CO_3 , NaHCO_3 , NaOH , dan HCl . Reagen yang digunakan dalam titrasi ini memiliki fungsi masing-masing. Reagen Na_2CO_3 berperan untuk menetralkan karboksilat dan gugus lakton, NaHCO_3 untuk menetralkan gugus asam karboksilat, dan NaOH untuk menetralkan fenol, gugus lakton, dan asam karboksilat. Fungsi penambahan HCl untuk memastikan bahwa penetralan oleh basa telah terjadi secara keseluruhan. Titrasi balik dilakukan dengan NaOH sebagai titran. Hasil titrasi yang didapatkan dimasukkan ke dalam persamaan kemudian diketahui total gugus

aktif dari adsorben eceng gondok tersebut. Grafik total gugus asam dalam adsorben eceng gondok disajikan pada Gambar 4.3.



Gambar 4.3 Grafik konsentrasi gugus aktif pada adsorben eceng gondok dengan variasi asam sitrat

Penelitian ini menggunakan adsorben eceng gondok termodifikasi asam sitrat 1 M. Berdasarkan analisis dengan metode One Way ANOVA untuk mengetahui beda nyata antara konsentrasi-konsentrasi asam sitrat dalam adsorben diperoleh hasil bahwa F hitung lebih kecil daripada F tabel sama dengan H_0 diterima dan H_1 ditolak yang berarti bahwa tidak ada pengaruh atau beda nyata antara konsentrasi asam sitrat. Sehingga apabila menggunakan adsorben dengan konsentrasi 1 M tidak memiliki beda nyata dengan adsorben konsentrasi 2,5 M. Hasil perhitungan konsentrasi gugus asam dirangkum pada Tabel 4.2.

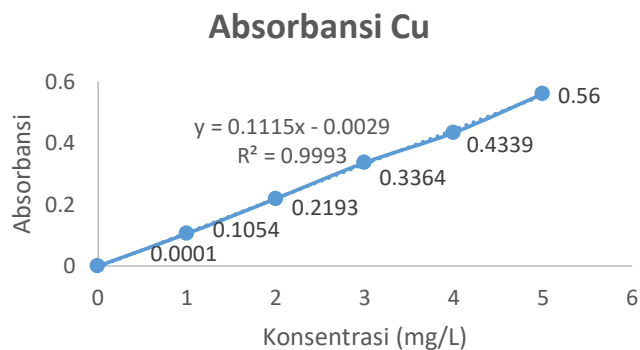
Tabel 4.2 Konsentrasi gugus asam berdasarkan titrasi Boehm

Variasi Eceng Gondok	Total Gugus Asam (meq/g)	Karboksil (meq/g)	Hidroksil (meq/g)	Lakton (meq/g)
0,5 M	6,17	1,74	4,43	0
1 M	5,82	1,15	4,67	0
1,5 M	6,51	1,84	4,67	0
2 M	6,88	2,49	4,39	0
2,5 M	7,20	2,44	4,76	0

4.4 Kurva Standar Logam Tembaga (Cu)

Pembuatan kurva standar bertujuan untuk membuat kurva hubungan antara hasil absorbansi suatu logam dengan konsentrasinya. Kurva standar dibuat dengan cara membuat variasi konsentrasi dari larutan standar logam Cu yaitu konsentrasi 1 ppm sampai dengan 5 ppm. Masing-masing larutan tersebut dianalisis menggunakan AAS untuk mengetahui adsorbansinya dengan panjang gelombang 324,8 nm.

Berdasarkan Gambar 4.4 menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan standar Cu maka nilai adsorbansinya juga semakin meningkat. Kurva yang dihasilkan berbentuk garis lurus linear. Hal tersebut menunjukkan bahwa kurva standar telah memenuhi Hukum Lambert-Beer, dengan hasil persamaan regresi linear yang didapatkan adalah $y=0,1115x-0,0029$ dimana y adalah nilai adsorbansi dan x adalah konsentrasi dari logam Cu. Nilai regresi yang didapatkan yaitu $R^2=0,9993$ nilai tersebut sudah mendekati 1 maka kurva hubungan antara konsentrasi logam dengan adsorbansinya dapat dianggap akurat.



Gambar 4.4 Kurva standar logam Cu

4.5 Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Variasi Dosis Adsorben Eceng Gondok

Adsorben yang digunakan untuk adsorpsi adalah adsorben eceng gondok murni dan termodifikasi asam sitrat 1 M. Menurut Ramos (2012) adsorben termodifikasi asam sitrat 1 M dapat memberikan hasil adsorpsi logam paling optimum. Adsorpsi logam Cu dan Pb pada limbah laboratorium dilakukan dengan beberapa variasi dosis adsorben. Hal tersebut dilakukan untuk mengetahui jumlah dosis yang dapat menyerap logam secara optimum. Variasi dosis yang digunakan adalah 0,25; 0,5; 1; 1,5; dan 2,5 gram. Adsorpsi dilakukan selama 120 menit di atas *shaker* dengan kecepatan 200 rpm. Waktu kontak tersebut digunakan karena merupakan waktu yang paling optimum dalam penyerapan logam (Izzah, 2019).

Adsorbat yang digunakan adalah limbah logam laboratorium kimia. Limbah logam ditambahkan dengan NaOH sampai mencapai pH 7. Limbah didiamkan selama 24 jam agar mengendap, yaitu membentuk endapan hidroksida. Endapan hidroksida terbentuk karena terjadi proses pemisahan ion-ion logam yang terdapat pada limbah dan membentuk senyawa $M(OH)_n$ (Krystyaka, 2018).

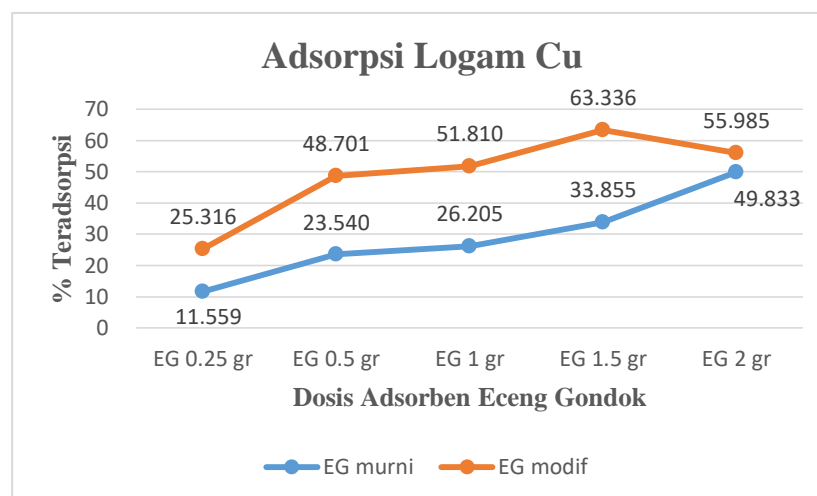
Endapan hidroksida akan terbentuk dengan penambahan senyawa NaOH. Konsentrasi logam Cu pada limbah laboratorium sebelum ditambahkan NaOH adalah 810,737 mg/L dan sesudah dipreparasi dengan penambahan NaOH konsentrasi Cu mengalami penurunan menjadi 269,238 mg/L. Penurunan kadar logam Cu tersebut terjadi karena NaOH berfungsi dalam penetralan pH limbah serta pembentukan hidroksida logam sehingga terbentuk endapan dalam limbah. Gugus -OH pada NaOH akan menyebabkan terbentuknya ikatan antara logam Cu dengan gugus OH semakin besar (Izzah, 2019).

Logam Cu yang terkandung dalam limbah laboratorium tersebut dihasilkan oleh aktivitas praktikum dan penelitian yang dilakukan oleh mahasiswa. Sumber logam Cu berasal dari limbah praktikum dengan dengan judul “Analisis Protein” pada praktikum Biokimia I dan “Kekuatan Ligan Air dan Amonia pada Kompleks Cu(II)” pada praktikum Anorganik dan beberapa praktikum lain yang menggunakan reagen CuSO_4 dan larutan standar logam Cu.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa konsentrasi logam Cu pada limbah laboratorium yang sudah dipreparasi dengan penambahan NaOH dan sebelum diadsorpsi adalah 269,238 mg/L. Secara keseluruhan, persentase penurunan logam pada limbah yang teradsorpsi eceng gondok modifikasi lebih tinggi daripada eceng gondok murni. Hal tersebut menunjukkan bahwa eceng gondok modifikasi dapat menyerap logam lebih banyak daripada eceng gondok murni (tanpa modifikasi). Banyaknya logam yang teradsorpsi oleh eceng gondok modifikasi disebabkan oleh banyaknya gugus fungsi yang aktif menyerap logam seperti gugus karboksil (COO^-) dan hidroksil (HO^-) (Ramos, 2012).

Tabel 4.3 Konsentrasi logam Cu sebelum dan sesudah adsorpsi dengan variasi dosis adsorben

Dosis Eceng Gondok	Konsentrasi Logam (mg/L)		% Teradsorpsi	
	EG Murni	EG Modif	EG Murni	EG Modif
0 gram	269,238	269,238	-	-
0,25 gram	238,117	201,076	11,56 %	25,32 %
0,5 gram	205,859	144,723	23,54 %	48,70 %
1 gram	198,685	129,746	26,21 %	51,81 %
1,5 gram	178,087	98,714	33,86 %	63,34 %
2 gram	135,067	118,505	49,83 %	55,99 %



Gambar 4.5 Grafik persentase penurunan konsentrasi logam Cu sebelum dan sesudah adsorpsi dengan variasi dosis adsorben

Berdasarkan grafik persentase penurunan konsentrasi logam Cu yang disajikan pada Gambar 4.5, persentase logam Cu yang teradsorpsi oleh eceng gondok modifikasi semakin meningkat dengan meningkatnya dosis adsorben yang digunakan. Akan tetapi terjadi penurunan persentase logam Cu yang teradsorpsi pada dosis 2 gram. Hal tersebut dikarenakan pada dosis adsorben yang tinggi dapat terjadi penggumpalan dan penurunan luas permukaan adsorben sehingga

tidak ada lagi situs yang dapat menyerap ion logam dan efektifitas adsorben berkurang (Murithi dkk., 2014). Persentase penurunan logam tertinggi adalah pada adsorben eceng gondok termodifikasi dengan dosis 1,5 gram, yaitu sebesar 63,34 %.

4.6 Hasil Penelitian dalam Perspektif Islam

Alam semesta menyediakan banyak hal yang dapat kita manfaatkan dalam kehidupan. Tumbuhan, hewan, tanah, udara, air, dan sebagainya telah disediakan oleh Allah SWT di bumi ini untuk dapat kita ambil manfaatnya. Akan tetapi masih ada manusia yang seringkali lalai dalam memanfaatkan kekayaan alam semesta tersebut. Sehingga terjadi kerusakan yang dapat menimbulkan bencana alam karena semesta memberikan timbal balik yang sesuai dengan apa yang telah kita berikan. Hal tersebut dijelaskan dalam Firman Allah SWT yang berbunyi:

وَمَا أَصَابَكُمْ مِّنْ مُّصِيبَةٍ فَبِمَا كَسَبَتْ أَيْدِيكُمْ وَيَعْفُوا عَنْ كَثِيرٍ ۝ ٣٠

“Dan apa saja musibah yang menimpa kamu maka adalah disebabkan oleh perbuatan tanganmu sendiri, dan Allah memaafkan sebagian besar (dari kesalahan-kesalahanmu).” (QS. Asy Syuura: 30)

Segala musibah yang menimpa umat manusia baik itu musibah sakit maupun bencana merupakan hasil dari perbuatannya sendiri. Seperti membuang sampah sembarangan dapat menyebabkan air sungai tersumbat dan terjadi banjir. Begitu pula limbah logam yang dibuang sembarangan tanpa perlakuan apapun dapat menyebabkan gangguan ekosistem serta menyebabkan penyakit pada manusia itu sendiri.

Limbah logam harus diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai agar lebih aman untuk makhluk hidup dan lingkungan. Salah satu cara untuk

mengolah limbah logam adalah dengan adsorpsi menggunakan tumbuhan dari alam. Karena membutuhkan biaya yang lebih sedikit dan aman untuk lingkungan. Tumbuhan tersebut adalah eceng gondok yang sering kita jumpai pada beberapa sungai maupun danau. Sedemikian rupa Allah SWT menciptakan segala sesuatu termasuk tumbuhan dengan segala manfaatnya. Seperti yang telah dijelaskan dalam QS. Ali Imran ayat 190-191 yang berbunyi:

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَاخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِّأُولِي الْأَلْبَابِ ۚ ۱۹۰ الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا
وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا تُسَبِّحُكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ۱۹۱

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal, (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka 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.” (QS. Ali Imran: 190-191)

Ketinggian dan keluasan langit dan bumi dan yang ada dalam hamparannya, kepadatan serta tata letaknya, serta semua yang ada pada keduanya merupakan tanda-tandaNya yang dapat disaksikan. Seperti bintang-bintang yang beredar, lautan, gunung-gunung, padang pasir, pepohonan, tumbuh-tumbuhan, tanaman, buah-buahan, hewan-hewan serta barang tambang semua memiliki ciri khas warna, rasa, bau yang berbeda-beda dan berbagai manfaat yang berbeda-beda.

Orang-orang yang berakal hendaknya selalu memikirkan penciptaan alam semesta dalam berbagai keadaan. Agar kita tidak pernah berhenti untuk menyadari dan mensyukuri segala ciptaan Allah SWT yang ada di langit dan bumi. Terus berpikir hingga kita menemukan manfaat lain dari salah satu

ciptannya. Seperti menemukan manfaat lain dari tumbuhan eceng gondok yang sering dikatakan sebagai gulma dalam perairan.

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- a. Karakterisasi adsorben eceng gondok sebelum dan sesudah modifikasi terdapat perbedaan yaitu munculnya puncak serapan gugus C = O ester pada bilangan gelombang 1735 cm^{-1} pada adsorben yang termodifikasi asam sitrat. Hal tersebut menunjukkan bahwa telah terjadi reaksi esterifikasi antara asam sitrat dan adsorben tersebut.
- b. Modifikasi adsorben eceng gondok dengan variasi konsentrasi asam sitrat memiliki pengaruh pada total gugus aktif yang dihasilkan. Total gugus aktif terbanyak adalah $3,94\text{ meq/g}$ yang dihasilkan oleh asam sitrat dengan konsentrasi $2,5\text{ M}$.
- c. Adsorpsi logam Cu dalam limbah laboratorium dengan variasi dosis adsorben eceng gondok menunjukkan hasil terbaik pada dosis $1,5\text{ gram}$ pada adsorben modifikasi dengan persentase penurunan logam Cu sebesar $63,34\%$.

5.2 Saran

Penelitian ini menggunakan titrasi Boehm sebagai metode penentuan total gugus fungsi pada eceng gondok, akan tetapi metode tersebut tidak bisa dijadikan acuan untuk menentukan kapasitas adsorpsi. Oleh karena itu perlu dilakukan uji kapasitas adsorpsi eceng gondok terhadap limbah logam dengan cara mengaplikasikan adsorben termodifikasi ke dalam limbah logam.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2007. *Tafsir Ibnu Katsir*. Jakarta: Pustaka Imam Asy-Syafi'i
- Abdurrahman, Suhendrayatna, Syahiddin DS, 2016. Pengaruh Aktivasi Adsorben Biomassa Terhadap Gugus Hidroksil Pada Proses Adsorpsi Ion Logam Timbal (Pb). *Jurnal Teknik Kimia*. USU. 5: 7–11.
- Agustien, R.R., Indrayanti, S.D., Hastuti, E. 2014. Pemanfaatan Adsorben Nata De Coco Untuk Pengolahan Air Tercemar Logam Berat Cu, Cd, Dan Cr Skala Laboratorium. *Jurnal Permukiman*. 9(3): 129-135.
- Andriyaningrum, S., Yusuf, B., Gunawan, R. 2018. *Perbandingan Metode Destruksi Basah Sistem Terbuka Dan Tertutup Terhadap Analisis Logam Timbal (Pb) Dalam Sampel Tanah Pada Daerah Bekas Pertambangan Di Samarinda Dengan AAS*. Prosiding Seminar Nasional Kimia. UNMUL
- Anzeze, D.A., Onyari, J.M., Shiundu, P.M., Gichuki, J.W. 2014. Adsorption of Pb (II) Ions from Aqueous Solutions by Water Hyacinth (*Eichhornia crassipes*): Equilibrium and Kinetic Studies. *International Journal of Environmental Pollution and Remediation*. 2: 89-95
- Ariani, M.D., Rahayu, D. 2017. *Review Artikel: Penyisihan Logam Berat Dari Limbah Cair Laboratorium Kimia*. 14: 9.
- Azmiyani, Ulal. 2018. *Adsorpsi Logam Fe dan Ni Menggunakan Biosorben Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat Pada Limbah laboratorium Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang*. Skripsi. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Boran, M., Altinok, I. 2010. A Review of Heavy Metals in Water, Sediment and Living Organisms in the Black Sea. *Turkish Journal Fisheries and Aquatic Science*. 10: 565-572.
- Buasri, A., Chaiyut, N., Tapang, K., Jaroensin, S., Panphrom, S. 2012. Biosorption of Heavy Metals from Aqueous Solutions Using Water Hyacinth as a Low Cost Biosorbent. *Civil and Environmental Research*. 2(2): 17-24.
- E., Tseveendorj, T., Enkhdul, Lin, S., D., Dorj, Sh., Oyungerel, T.O, Soyol-Erdene. 2018. Biosorption of Lead (II) from an Aqueous Solution Using Biosorbents Prepared from Water Plants. *Mongolian Journal of Chemistry*. 18(44): 52–61.
- Frederika Rumapar, K., Rumhayati, B., Triandi Tjahjanto, R. 2014. Adsorption of Lead and Copper Using Water Hyacinth Compost (*Eichornia Crassipes*). *J. Pure App. Chem. Res*. 3(1): 27–34.

- Goertzen, S.L., Thériault, K.D., Oickle, A.M., Tarasuk, A.C., Andreas, H.A. 2010. Standardization of the Boehm titration. Part I. CO₂ expulsion and endpoint determination. *Carbon*. 48: 1252–1261.
- Haleem, N., Arshad, M., Shahid, M., Tahir, M.A. 2014. Synthesis of Carboxymethyl Cellulose from Waste of Cotton Ginning Industry. *Carbohydrate Polymers*. 113: 249–255.
- Harti, R., Allwar, A., Fitri, N. 2016. Karakterisasi Dan Modifikasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit Dengan Asam Nitrat Untuk Menjerap Logam Besi Dan Tembaga Dalam Minyak Nilam. *Chemical*. 2: 74–83.
- Haruna, E.T., Isa, I., Suleman, N. 2008. Fitoremediasi Pada Media Tanah Yang Mengandung Cu Dengan Tanaman Kangkung Darat. Pendidikan Kimia Universitas Negeri Gorontalo. 6(6).
- Hassoon, H.A., Najem, A.M. 2017. Removal of Some Traces Heavy Metals from Aqueous Solutions by Water Hyacinth Leaves Powder. *Iraqi Journal of Science*. 9:58.
- Irviyanti, Anastika S. 2019. *Modifikasi Batang Jagung Menggunakan Asam Sitrat sebagai Biosorben Methylene Blue*. Skripsi. Kimia. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Izzah, Ainul. 2019. *Adsorpsi Logam Tembaga (II) Variasi Derajat Keasaman (pH) oleh Eceng Gondok (Eicchornia crassipes) Termodifikasi Asam Sitrat*. Skripsi. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Khakim, Dzikrul. 2018. *Penurunan Kadar Fe Pada Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Pengendapan Basa dan Biosorben Batang Jagung*. Skripsi. Kimia. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang
- Kołodzyńska, D., Krukowska, J., Thomas, P. 2017. Comparison of Sorption and Desorption Studies of Heavy Metal Ions From Biochar and Commercial Active Carbon. *Chemical Engineering Journal*. 307: 353–363.
- Leyva-Ramos, R., Landin-Rodriguez, L.E., Leyva-Ramos, S., Medellin-Castillo, N.A. 2012. Modification of Corncob with Citric Acid to Enhance Its Capacity for Adsorbing Cadmium(II) from Water Solution. *Chemical Engineering Journal*. 180: 113–120.
- Ma'rifah, A. 2018. *Adsorpsi Logam Ni dan Pb pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maulana Malik Ibrahim Malang Menggunakan Biosorben Batang Jagung Termodifikasi Asam Sitrat*. Skripsi. Kimia. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

- Madivoli, E., Kareru, P., Gachanja, A., Mugo, S., Murigi, M., Kairigo, P., Kipyegon, C., Mutembei, J., Njunge, F. 2016. Adsorption of Selected Heavy Metals on Modified Nano Cellulose. *International Research Journal of Pure and Applied Chemistry*. 12: 1–9.
- Mahamadi C. 2012. Water hyacinth as a biosorbent: A review. *African Journal of Environment Science and Technology*. 5(13):1137-1145.
- Mahbubah, Arini. 2016. *Karakterisasi Gugus Aktif Batang Jagung (Zea mays L.) menggunakan Asam Sitrat sebagai Bahan Pengaktivasi*. Skripsi. Kimia. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
- Mandasari, I., Purnomo, A. 2016. Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Jurnal Teknik ITS*. 5(1):1-6.
- McSweeny, J.D., Rowell, R.M., Min, S.-H. 2006. Effect of Citric Acid Modification of Aspen Wood on Sorption of Copper Ion. *Journal of Natural Fibers*. 3: 43–58.
- Moeksin, R., Comerioresi, L., Damayanti, R. 2016. *Pembuatan Bioetanol dari Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) dengan Perlakuan Fermentasi*. 22: 9.
- Mohammed, A.K., Ali, S.A., Najem, A.M., Kassim, K. 2013. *Effect of Some Factors on Biosorption of Lead by Dried Leaves of Water Hyacinth (Eichhornia Crassipes)* 7.
- Murithi, G., Onindo, C.O., Wambu, E.W., Muthakia, G.K. 2014. Removal of Cadmium(II) Ions from Water by Adsorption using Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) Biomass. *BioResources*. 9:3613–3631.
- Najem, A.M. 2015. Evaluation the Biosorption Capacity of Water Hyacinth (Eichhornia crassipes) Root for Some Heavy Metals. *Iraqi Journal of Science*. 56: 7.
- Nandiyanto, A.B.D., Oktiani, R., Ragadhita, R. 2019. How to Read and Interpret FTIR Spectroscopy of Organic Material. *Indonesian Journal Science Technology*. 4:97.
- Ningsih, D.A., Said, I., Ningsih, P. 2017. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) dari Larutannya dengan Menggunakan Adsorben dari Tongkol Jagung. *Jurnal Akademi Kimia*. 5: 55.

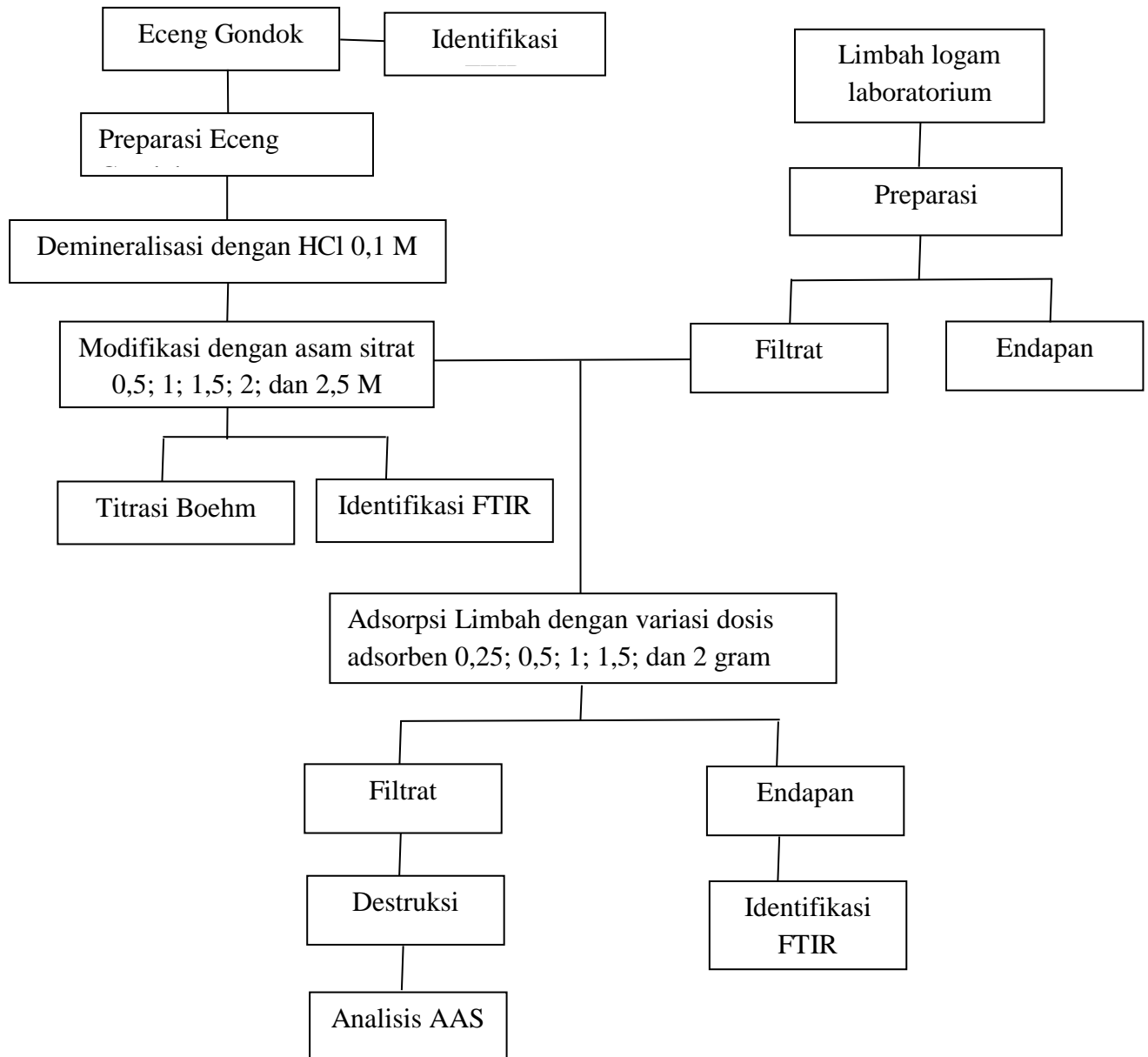
- Nissa, A.F., Fadli, A. 2016. *Model Kesetimbangan Pada Adsorpsi Ion Kadmium (Cd²⁺) Menggunakan Hidroksiapatit Dengan Variasi Suhu Adsorpsi Dan Kecepatan Pengadukan*. 3:8.
- Nugraha, W.A. 2009. *Kandungan Logam Berat Pada Air Dan Sedimen Di Perairan Socah Dan Kwanyar Kabupaten Bangkalan*.
- Nurdila, F.A., Asri, N.S. 2015. *Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄)*. Hal 5.
- Özer, Ahmet, Özer, D., Özer, Ayla. 2004. The Adsorption of Copper(II) Ions on to Dehydrated Wheat Bran (DWB): Determination of The Equilibrium and Thermodynamic Parameters. *Biochemistry Process*. 39: 2183–2191.
- Pitsari, S., Tsoufakis, E., Loizidou, M. 2013. Enhanced lead adsorption by unbleached newspaper pulp modified with citric acid. *Chemical Engineering Journal*. 223: 18–30
- Priyanto, N., Dwiyitno, D., Ariyani, F. 2008. *Kandungan Logam Berat (Hg, Pb, Cd, dan Cu) Pada Ikan, Air, dan Sedimen Di Waduk Cirata, Jawa Barat*. JPBKP. Vol 3: 69.
- Sangkota, V.D.A., Supriadi, S., Said, I. 2017. Pengaruh Aktivasi Kimia Arang Tanaman Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) Terhadap Adsorpsi Logam Timbal (Pb). *Jurnal Akademi Kimia*. 6:48.
- Sanmuga Priya, E., Senthamil Selvan, P. 2017. Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) – An efficient and economic adsorbent for textile effluent treatment – A review. *Arabian Journal of Chemistry*. 10: S3548–S3558.
- Saravanan, R., Ravikumar, L. 2015. The Use of New Chemically Modified Cellulose for Heavy Metal Ion Adsorption and Antimicrobial Activities. *Journal of Water Resource and Protection*. 07: 530–545.
- Sari, R.A., Firdaus, M.L., Elvia, R. 2017. *Penentuan Kesetimbangan, Termodinamika Dan Kinetika Adsorpsi Arang Aktif Tempurung Kelapa Sawit Pada Zat Warna Reactive Red Dan Direct Blue*. Hal 5.
- Sarkar, M., Rahman, A.K.M.L., Bhoumik, N.C. 2017. Remediation of Chromium and Copper on Water Hyacinth (*E. crassipes*) Shoot Powder. *Water Resources and Industry*. 17: 1–6.
- Sepehr, M.N., Zarrabi, M., Kazemian, H., Amrane, A., Yaghmaian, K., Ghaffari, H.R. 2013. Removal of Hardness Agents, Calcium And Magnesium, By Natural And Alkaline Modified Pumice Stones In Single And Binary Systems. *Applied Surface Science*. 274: 295–305.

- Shihab, M. Quraish. 2002. *Tafsir Al-Misbah: Pesan, Kesan, dan Keserasian Al-Qur'an*. Jakarta: Lentera Hati.
- Siswoyo, E., Adrian, A.R., Tanaka, S. 2018. Bioadsorbent Based on Water Hyacinth Modified with Citric Acid for Adsorption of Methylene Blue in Water. *MATEC Web Conf.* 154: 01012.
- Sjahfirdi, L., Aldi, N., Maheshwari, H., Astuti, P. 2015. Aplikasi Fourier Transform Infrared (Ftir) Dan Pengamatan Pembengkakan Genital Pada Spesies Primata, Lutung Jawa (*Trachypithecus Auratus*) Untuk Mendeteksi Masa Subur. *Jurnal Kedokteran Hewan*. Hal 9.
- Socrates, G. 2001. *Infrared and Raman Characteristic Group Frequencies: Tables and Charts, 3rd ed. ed.* Wiley, Chichester. New York.
- Suhermi. 2010. *Keracunan Timbal di Indonesia*. The LEAD Group Inc. Sydney: Macquarie University.
- Sujatno, A., Salam, R., Dimiyati, A. 2015. Studi *Scanning Electron Microscopy (SEM)* Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium. 9: 7.
- Surbakti, Sevty Ragustina. 2016. *Sintesis Selulosa Sitrat dari Selulosa Daun Nanas Melalui Reaksi Esterifikasi dengan Asam Sitrat Sebagai Pengadsorpsi Ion Kadmium (Cd)*. Skripsi. Kimia. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Susanti, R., Mustikaningtyas, D., Sasi, F.A. 2014. Analisis Kadar Logam Berat Pada Sungai Di Jawa Tengah. 12: 6.
- Thanh, N.D., Nhung, H.L. 2009. Cellulose Modified With Citric Acid and Its Absorption of Pb^{2+} and Cd^{2+} Ions. *ECSOC*. Hal 13
- Tangio, J.S. 2013. Adsorpsi Logam Timbal (Pb) Dengan Menggunakan Biomassa Enceng Gondok (*Eichhornia crassipes*). Pendidikan Kimia FMIPA Universitas Negeri Gorontalo. 8:500-506.
- Tarigan, Z., . E., Rozak, A. 2010. Kandungan Logam Berat Pb, Cd, Cu, Zn Dan Ni Dalam Air Laut Dan Sedimen Di Muara Sungai Membramo, Papua Dalam Kaitannya Dengan Kepentingan Budidaya Perikanan. *Makara Sains*. 7(3):119-127.
- Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. Vol. 3.

- Wen, X., Yan, C., Sun, N., Luo, T., Zhou, S., Luo, W. 2018. A Biomass Cationic Adsorbent Prepared From Corn Stalk: Low-Cost Material and High Adsorption Capacity. *Journal Polymer Environment*. 26: 1642–1651.
- Widaningrum, Miskiyah dan Suismono. 2007. Bahaya Kontaminasi Logam Berat Dalam Sayuran dan Alternatif Pencegahan Cemarannya. *Buletin Teknologi Pascapanen Pertanian*. Vol. 3.
- Xie, S., Wen, Z., Zhan, H., Jin, M. 2018. An Experimental Study on the Adsorption and Desorption of Cu(II) in Silty Clay. *Geofluids*. 1–12.
- Yusniyah, Siti Irma. 2017. *Adsorpsi Logam Cu, Fe, dan Pb pada Limbah Laboratorium Kimia UIN Maliki Malang Menggunakan Zeolit Alam Teraktivasi Asam Sulfat (H₂SO₄) dengan Variasi Konsentrasi*. Skripsi. Kimia. UIN Maulana Malik Ibrahim Malang

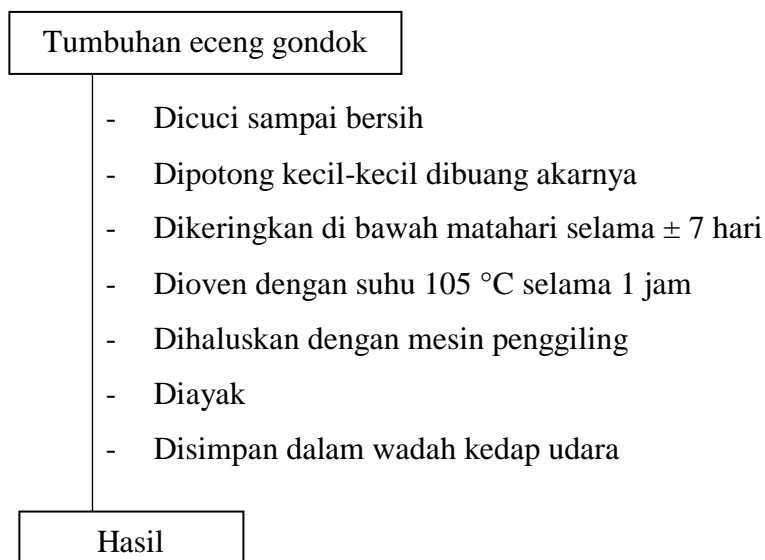
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian

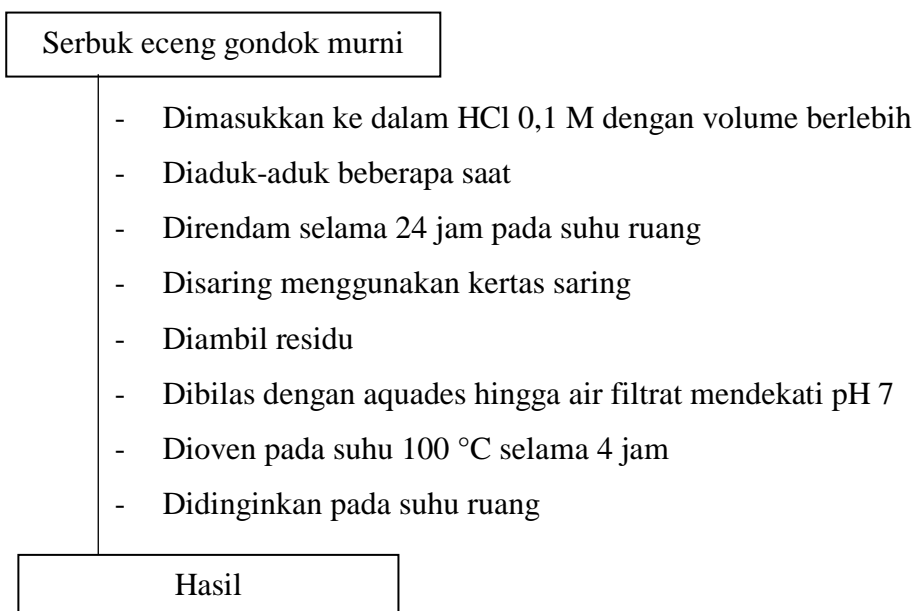


Lampiran 2. Diagram Alir

1. Preparasi Biosorben Eceng Gondok



2. Demineralisasi Adsorben Eceng Gondok



3. Modifikasi Adsorben Eceng Gondok

Adsorben eceng gondok setelah didemineralisasi

- Dimasukkan pada asam sitrat pada konsentrasi 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; dan 2,5 M
- Digunakan rasio 1 gr : 5 mL
- Diaduk menggunakan *stirrer* dengan kecepatan 250 rpm selama 30 menit pada suhu ruang
- Dioven dengan suhu 50 °C selama 24 jam
- Dioven kembali dengan suhu 120 °C selama 90 menit
- Dibilas dengan aquades sampai mendekati pH 7
- Dikeringkan dalam oven pada suhu 50 °C sampai berat konstan

Hasil

4. Analisis Adsorben Eceng Gondok dengan Titrasi Boehm

Adsorben eceng gondok setelah dimodifikasi

- Diambil 0,25 gram
- Direndam ke dalam reagen NaHCO_3 0,05 N; Na_2CO_3 0,05 N; dan NaOH 0,05 N masing-masing 25 mL
- Didiamkan selama 24 jam
- Diaduk secara manual beberapa kali
- Disaring dengan kertas saring
- Diambil filtratnya sebanyak 10 mL
- Dimasukkan ke dalam erlenmeyer
- Ditambahkan 20 mL HCl 0,05 N
- Ditambahkan 2-3 tetes indikator PP
- Dititrasi menggunakan NaOH 0.05 N
- Ditriplo dan dihitung jumlah gugus dengan persamaan yang ditentukan

Hasil

5. Preparasi Limbah Cair Laboratorium Kimia

Limbah cair laboratorium kimia

- Diambil limbah sebanyak ± 2 L
- Dihomogenkan
- Dicek pH dengan kertas indikator pH
- Ditambahkan NaOH sampai pH netral
- Dishaker selama 30 menit
- Didiamkan selama 24 jam hingga mengendap
- Disaring
- Diambil filtrat

Hasil

6. Analisis Limbah Logam Laboratorium Kimia Menggunakan AAS

Limbah cair laboratorium kimia pH 7

- Dimasukkan ke dalam gelas beaker sebanyak 50 mL
- Diaduk sampai homogen
- Ditambahkan 10 mL HNO_3 65% untuk proses destruksi
- Dipanaskan pada suhu 100°C menggunakan *hot plate*
- Dianalisis menggunakan AAS

Hasil

7. Adsorpsi Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Variasi Dosis Adsorben Eceng Gondok

Adsorben eceng gondok setelah dimodifikasi

- Dimasukkan masing-masing 0,25; 0,5; 0,75; 1,0; 1,25; dan 1,5 gram adsorben termodifikasi asam sitrat 1 M ke dalam erlenmeyer
- Ditambahkan 100 mL limbah logam laboratotium
- Dishaker selama 120 menit dengan kecepatan 200 rpm
- Disaring dan diambil filtratnya
- Ditambahkan HNO₃ 65%
- Dipanaskan pada suhu 100 °C hingga larutan berwarna jernih
- Dianalisis menggunakan AAS

Hasil

8. Karakterisasi Adsorben Eceng Gondok dengan FTIR

Adsorben eceng gondok sebelum dan sesudah modifikasi dan sesudah adsorpsi limbah logam

- Digerus sampel adsorben
- Diayak ukuran 100 mesh
- Dikeringkan dengan oven suhu 70 °C sampai berat konstan
- Ditambahkan serbuk KBr
- Dibuat pellet
- Dianalisis

Hasil

Lampiran 3. Perhitungan

1. Larutan Asam Sitrat 0,5 M; 1 M; 1,5 M; 2 M; 2,5 M

Diket : Konsentrasi asam sitrat p.a = 99,5%

Massa jenis asam sitrat (ρ) = 1,66 gr/mL

Mr asam sitrat = 192 gr/mol

$$M = \frac{\% \times \rho \times 10}{Mr} = \frac{99,5 \% \times 1,66 \text{ g/mL} \times 10}{192 \text{ g/mol}} = 8,603 \text{ M}$$

- 2,5 M asam sitrat dalam 1000 mL

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

$$8,603 \text{ M} \times V_1 = 2,5 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 290,596 \text{ mL}$$

$$\rho = m/v$$

$$1,66 = m/v = m/ 290,596 \text{ mL}$$

$$m = 1,66 \text{ gr} \times 290,596 \text{ mL}$$

$$m = 482,389 \text{ gr}$$

Asam sitrat sebanyak 482,389 gr dilarutkan dalam 1000 mL aquades

- 2 M asam sitrat dalam 100 mL

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

$$2,5 \text{ M} \times V_1 = 2 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 80 \text{ mL}$$

Larutan 2,5 M asam sitrat dipipet sebanyak 80 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas.

- 1,5 M dalam 100 mL

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

$$2,5 \text{ M} \times V_1 = 1,5 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 60 \text{ mL}$$

Larutan 2,5 M asam sitrat dipipet sebanyak 60 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL dan diencerkan dengan aquades hingga tanda batas.

- 1 M dalam 100 mL

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

$$2,5 \text{ M} \times V_1 = 1 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 40 \text{ mL}$$

Larutan 2,5 M asam sitrat dipipet sebanyak 40 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL

- 0,5 M dalam 100 mL

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

$$2,5 \text{ M} \times V_1 = 0,5 \text{ M} \times 100 \text{ mL}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

Larutan 2,5 M asam sitrat dipipet sebanyak 20 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL. Lalu, diencerkan dengan aquades hingga tanda batas.

2. Larutan HCl

Diket : Konsentrasi HCl = 37 %

Massa jenis HCl (ρ) = 1,19 gr/mL

Mr asam sitrat = 36,5 gr/mol

$$M = \% \times \rho \times 10 = 37 \% \times 1,19 \text{ g/mL} \times 10 = 12,06 \text{ M}$$

Mr 36,5 g/mol

- 0,1 M dalam 1000 mL

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

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0,1 \text{ M} \times 1000 \text{ mL}$$

$$V_1 = 8,292 \text{ mL}$$

Larutan HCl pekat dipipet sebanyak 8,292 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 1000 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas

- 0,05 N dalam 250 ml

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

$$12,06 \text{ M} \times V_1 = 0,05 \text{ M} \times 250 \text{ mL}$$

$$V_1 = 1,036 \text{ ml}$$

Larutan HCl pekat dipipet sebanyak 1,036 ml, dimasukkan ke dalam labu takar 250 ml dan ditambahkan aquades hingga tanda batas.

3. Larutan NaOH 0,05 N dalam 500 mL

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= N \times V \times \text{Mr} \\ &= 0,05 \text{ N} \times 0,5 \text{ L} \times 40 \text{ gr/mol} \\ &= 1 \text{ gram} \end{aligned}$$

Melarutkan 1 gr padatan NaOH ke dalam 500 mL aquades untuk membuat larutan 0,05 N NaOH.

4. Larutan NaHCO₃ 0,05 N dalam 500 mL

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= N \times V \times \text{Mr} \\ &= 0,05 \text{ N} \times 0,5 \text{ L} \times 84 \text{ gr/mol} \\ &= 2,1 \text{ gram} \end{aligned}$$

Melarutkan 2,1 gr padatan NaOH ke dalam 500 mL aquades untuk membuat larutan 0,05 N NaHCO₃.

5. Larutan Na₂CO₃ 0,05 N dalam 500 mL

$$\begin{aligned} \text{Massa} &= N \times V \times \text{Mr} \\ &= 0,05 \text{ N} \times 0,5 \text{ L} \times 106 \text{ gr/mol} \\ &= 2,65 \text{ gram} \end{aligned}$$

Melarutkan 2,65 gr padatan NaOH ke dalam 500 mL aquades untuk membuat larutan 0,05 N Na₂CO₃.

6. Pembuatan Larutan Standart Tembaga (Cu)

Membuat larutan standar 10 mg/L, dari larutan stok 1000 mg/L

$$\begin{aligned} M_1 \times V_1 &= M_2 \times V_2 \\ 1000 \text{ mg/L} \times V_1 &= 10 \text{ mg/L} \times 100 \text{ mL} \end{aligned}$$

$$V_1 = \frac{1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{ mL}}{1000 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 1 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 10 mg/L dibuat dari 1 mL larutan stok 1000 mg/L yang diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M dalam labu ukur 100 mL. 10 g/L menjadi beberapa sederetan larutan standar sebagai berikut:

a. Pembuatan larutan standar 1 mg/L dalam 50 mL

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 1 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 1 mg/L dibuat dari 5 mL larutan 10 mg/L yang diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M dalam labu ukur 50 mL.

- b. Pembuatan larutan standart 2 mg/L dalam 50 mL

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 2 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 2 mg/L dibuat dari 10 mL larutan 10 mg/L yang diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M dalam labu ukur 50 mL.

- c. Pembuatan larutan standart 3 mg/L dalam 50 mL

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 3 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 15 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 3 mg/L dibuat dari 15 mL larutan 10 mg/L yang diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M dalam labu ukur 50 mL.

- d. Pembuatan larutan standart 4 mg/L dalam 50 mL

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 4 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$$V_1 = 20 \text{ mL}$$

Jadi larutan standar 4 mg/L dibuat dari 20 mL larutan 10 mg/L yang diencerkan dengan HNO₃ 0,5 M dalam labu ukur 50 mL.

- e. Pembuatan larutan standart 5 mg/L dalam 50 mL

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

$$10 \text{ mg/L} \times V_1 = 5 \text{ mg/L} \times 50 \text{ mL}$$

$$V_1 = \frac{50 \text{ mg/L}}{10 \text{ mg/L}}$$

$V_1 = 25 \text{ mL}$

Jadi larutan standar 5 mg/L dibuat dari 25 mL larutan 10 mg/L yang diencerkan dengan HNO_3 0,5 M dalam labu ukur 50 mL

7. Perhitungan Konsentrasi Gugus Aktif

Tabel 1. Data Titrasi NaHCO_3

Variasi Eceng Gondok	V. Titrasi I (ml)	V. Titrasi II (ml)	V. Titrasi III (ml)	V. Rata-Rata (ml)	Std. Deviasi
0,5 M	13,5	13,5	13,3	13,43	0,115
1 M	13,1	12,3	11,5	12,30	0,800
1,5 M	13,8	13,6	13,6	13,67	0,115
2 M	15,1	15,1	14,7	14,97	0,231
2,5 M	15,6	14,5	14,5	14,87	0,635

Tabel 2. Data Titrasi Na_2CO_3

Variasi Eceng Gondok	V. Titrasi I (ml)	V. Titrasi II (ml)	V. Titrasi III (ml)	V. Rata-Rata (ml)	Std. Deviasi
0,5 M	7,1	7,3	7,3	7,23	0,115
1 M	6,8	5,9	6,5	6,40	0,458
1,5 M	7,9	7,8	7,1	7,60	0,436
2 M	9,5	9,2	6,3	8,33	1,767
2,5 M	9	8,2	7,9	8,37	0,569

Tabel 3. Data Titration NaOH

Variasi Eceng Gondok	V. Titration I (ml)	V. Titration II (ml)	V. Titration III (ml)	V. Rata-Rata (ml)	Std. Deviasi
0,5 M	16	16,4	15,8	16,06	0,306
1 M	15,7	16	15,5	15,73	0,252
1,5 M	17	16,9	16,9	16,93	0,058
2 M	17,2	17,3	16,7	17,06	0,321
2,5 M	17,9	18,1	17,7	17,90	0,200

Penentuan jumlah gugus karboksil (Persamaan 1)

$$n_{csf} = \frac{[VNaHCO_3 - (CHClVHCl - CNaOHVt)] \frac{Vp}{Vs}}{w}$$

1. Eceng gondok termodifikasi 0,5 M

$$n_{csf} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 13,47 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 1,74 \text{ meq/gr}$$

2. Eceng gondok termodifikasi 1 M

$$n_{csf} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 12,3 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 1,15 \text{ meq/gr}$$

3. Eceng gondok termodifikasi 1,5 M

$$n_{csf} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 13,67 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 1,84 \text{ meq/gr}$$

4. Eceng gondok termodifikasi 2 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 14,97 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 2,49 \text{ meq/gr}$$

5. Eceng gondok termodifikasi 2,5 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 13,67 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 2,44 \text{ meq/gr}$$

Penentuan jumlah gugus karboksil dan lakton (Persamaan 2)

$$n_{\text{csf}} = \frac{[VNa_2CO_3 - (CHCl_3 - CNaOHVt)] \frac{V_p}{V_s}}{w}$$

Penentuan jumlah gugus lakton (Persamaan 3)

Jumlah gugus lakton = Persamaan 2 - Persamaan 1

1. Eceng gondok termodifikasi 0,5 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 7,23 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= -1,39 \text{ meq/gr}$$

Gugus lakton = -1,39 - 1,74 = -3,13 meq/gr

2. Eceng gondok termodifikasi 1 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 6,4 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= -1,8 \text{ meq/gr}$$

Gugus lakton = -1,8 - 1,15 = -2,95 meq/gr

3. Eceng gondok termodifikasi 1,5 M

$$n_{csf} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 7,6 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= -1,2 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus lakton} = -1,2 - 1,84 = -3,04 \text{ meq/gr}$$

4. Eceng gondok termodifikasi 2 M

$$n_{csf} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 8,3 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= -0,85 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus lakton} = -0,85 - 2,49 = -3,34 \text{ meq/gr}$$

5. Eceng gondok termodifikasi 2,5 M

$$n_{csf} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 8,37 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= -0,82 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus lakton} = -0,82 - 2,44 = -3,26 \text{ meq/gr}$$

Penentuan jumlah gugus hidroksil (Persamaan 4)

$$n_{csf} = \frac{[VNaOH - (CHClVHCl - CNaOHVt)] \frac{Vp}{Vs}}{w}$$

Gugus hidroksil = Persamaan 4 - Persamaan 1 - Persamaan 3

1. Eceng gondok termodifikasi 0,5 M

$$n_{csf} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 16,07 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 3,04 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus hidroksil} = 3,04 - 1,74 - (-3,13) = 4,43 \text{ meq/gr}$$

2. Eceng gondok termodifikasi 1 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 15,73 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 2,87 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus hidroksil} = 2,87 - 1,15 - (-2,95) = 4,67 \text{ meq/gr}$$

3. Eceng gondok termodifikasi 1,5 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 16,93 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 3,47 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus hidroksil} = 3,47 - 1,84 - (-3,04) = 4,67 \text{ meq/gr}$$

4. Eceng gondok termodifikasi 2 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 17,07 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 3,54 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus hidroksil} = 3,54 - 2,49 - (-3,34) = 4,39 \text{ meq/gr}$$

5. Eceng gondok termodifikasi 2,5 M

$$n_{\text{csf}} = \frac{[10 \text{ ml} \cdot 0,05 \text{ N} - (0,05 \text{ N} \cdot 20 \text{ ml} - 0,05 \text{ N} \cdot 17,9 \text{ ml})] \frac{25 \text{ ml}}{10 \text{ ml}}}{0,25 \text{ gr}}$$

$$= 3,95 \text{ meq/gr}$$

$$\text{Gugus hidroksil} = 3,95 - 2,44 - (-3,25) = 4,76 \text{ meq/gr}$$

Variasi Eceng Gondok	Total Gugus Asam (meq/g)	Karbonil (meq/g)	Hidroksil (meq/g)	Lakton (meq/g)
0,5 M	3,04	1,74	4,43	-3,13
1 M	2,87	1,15	4,67	-2,95
1,5 M	3,47	1,84	4,67	-3,04
2 M	3,54	2,49	4,39	-3,34
2,5 M	3,94	2,44	4,76	-3,26

8. Perhitungan Konsentrasi Logam

Adsorben Eceng Gondok	Konsentrasi Logam Cu (mg/L)					
	0 gram	0,25 gram	0,5 gram	1 gram	1,5 gram	2 gram
EG murni I	8,740	2,369	1,990	2,036	1,752	1,257
EG murni II	7,896	2,358	2,139	1,959	1,788	1,566
EG murni III	7,686	2,417	2,047	1,966	1,812	1,229
EG modif I	8,740	2,048	1,458	1,333	0,995	1,201
EG modif II	7,896	1,985	1,352	1,326	0,973	1,158
EG modif III	7,686	1,999	1,531	1,234	0,994	1,196

a. Konsentrasi Logam Cu

Konsentrasi Cu = Konsentrasi Cu dari AAS x FP

FP (Faktor Pengencer) = 100

- 0 gram (limbah tanpa adsorben)

EG murni I = $8,740 \times 100$
= 874,0 mg/L

EG murni II = $7,896 \times 100$
= 789,6 mg/L

EG murni III = $7,686 \times 100$
= 768,6 mg/L

EG modif I = $8,740 \times 100$
= 874,0 mg/L

EG modif II = $7,896 \times 100$
= 789,6 mg/L

EG modif III = $7,686 \times 100$
= 768,6 mg/L

● 0,25 gram

EG murni I = $2,369 \times 100$
= 236,9 mg/L

EG murni II = $2,358 \times 100$
= 235,8 mg/L

EG murni III = $2,417 \times 100$
= 241,7 mg/L

EG modif I = $2,048 \times 100$
= 204,8 mg/L

EG modif II = $1,985 \times 100$
= 198,5 mg/L

EG modif III = $1,999 \times 100$
= 199,9 mg/L

● 0,5 gram

EG murni I = $1,990 \times 100$
= 199,0 mg/L

EG murni II = $2,139 \times 100$
= 213,9 mg/L

EG murni III = $2,047 \times 100$
= 204,7 mg/L

$$\text{EG modif I} = 1,458 \times 100$$

$$= 145,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif II} = 1,352 \times 100$$

$$= 135,2 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif III} = 1,531 \times 100$$

$$= 153,1 \text{ mg/L}$$

● 1 gram

$$\text{EG murni I} = 2,036 \times 100$$

$$= 203,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG murni II} = 1,959 \times 100$$

$$= 195,9 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG murni III} = 1,966 \times 100$$

$$= 196,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif I} = 1,333 \times 100$$

$$= 133,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif II} = 1,326 \times 100$$

$$= 132,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif III} = 1,234 \times 100$$

$$= 123,4 \text{ mg/L}$$

● 1,5 gram

$$\text{EG murni I} = 1,752 \times 100$$

$$= 175,2 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG murni II} = 1,788 \times 100$$

$$= 178,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG murni III} = 1,812 \times 100$$

$$= 181,2 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif I} = 0,995 \times 100$$

$$= 99,5 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif II} = 0,973 \times 100$$

$$= 97,3 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif III} = 0,994 \times 100$$

$$= 99,4 \text{ mg/L}$$

- 2 gram

$$\text{EG murni I} = 1,257 \times 100$$

$$= 125,7 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG murni II} = 1,566 \times 100$$

$$= 156,6 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG murni III} = 1,229 \times 100$$

$$= 122,9 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif I} = 1,201 \times 100$$

$$= 120,1 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif II} = 1,158 \times 100$$

$$= 115,8 \text{ mg/L}$$

$$\text{EG modif III} = 1,196 \times 100$$

$$= 119,6 \text{ mg/L}$$

Adsorben	Konsentrasi Logam Cu (mg/L)					
	0 gram	0,25 gram	0,5 gram	1 gram	1,5 gram	2 gram
EG murni I	300,2	236,9	199,0	203,6	175,2	125,7
EG murni II	253,7	235,8	213,9	195,9	178,8	156,6
EG murni III	253,8	241,7	204,7	196,6	181,2	122,9
Rata-rata	269,2	238,1	223,9	198,7	178,4	135,1
EG modif I	300,2	204,8	145,8	133,3	99,5	120,1
EG modif II	253,7	198,5	135,2	132,6	97,3	115,8
EG modif III	253,8	199,9	153,1	123,4	99,4	119,6
Rata-rata	269,2	201,1	144,7	129,8	98,7	118,5

% Teradsorpsi

$$= \left(\frac{\text{kons.limbah awal} - \text{kons.limbah akhir}}{\text{kons.limbah awal}} \right) \times 100\%$$

% teradsorpsi logam Cu (EG murni)

- **0,25 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 238,1}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 11,56\%$$

- **0,5 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 205,9}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 23,54\%$$

- **1 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 198,7}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 26,21\%$$

- **1,5 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 178,1}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 33,86\%$$

- **2 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 135,1}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 49,83\%$$

% teradsorpsi logam Cu (EG modif)

- **0,25 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 238,1}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 25,32\%$$

- **0,5 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 223,9}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 48,70\%$$

- **1 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 129,7}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 51,81\%$$

- **1,5 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 98,7}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 63,34\%$$

● **2 gram**

$$= \left(\frac{269,2 - 118,5}{269,2} \right) \times 100\%$$

$$= 55,99\%$$

Lampiran 4. Data Hasil Penelitian

1. Kurva Standar Logam Cu

Tabel 1.1 Hasil Pengukuran Kurva Standar Logam Cu dengan AAS

Konsentrasi Dibuat (mg/L)	Absorbansi
0	0,0001
1	0,1054
2	0,2193
3	0,3364
4	0,4339
5	0,56

$$y = 0,1115x - 0,0029$$

$$R^2 = 0,9993$$

2. Konsentrasi Logam Cu pada Limbah Laboratorium

Tabel 2.1 Hasil Pengukuran Cu pada Limbah Laboratorium dengan AAS

Jenis Limbah	Absorbansi	Konsentrasi (mg/L)	FP	Konsentrasi Sebenarnya (mg/L)	Rata-Rata
Limbah murni 1	0,9716	8,740	100	874,0	
Limbah murni 2	0,8775	7,896	100	789,6	810,7
Limbah murni 3	0,8541	7,686	100	768,6	
Limbah NaOH 1	0,3318	3,002	100	300,2	
Limbah NaOH 2	0,28	2,537	100	253,7	269,2
Limbah NaOH 3	0,2801	2,538	100	253,8	

3. Hasil Adsorpsi Logam Cu pada Limbah Laboratorium dengan Variasi Dosis

Tabel 3.1 Hasil Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Adsorben Murni

Variasi Dosis	Absorbansi	Konsentrasi Awal	FP	Konsentrasi Akhir	Rata-Rata (mg/L)
0.25 gr	0.2612	2.369	100	236.86	
0.25 gr	0.26	2.358	100	235.78	238.12
0.25 gr	0.2666	2.417	100	241.70	
0.5 gr	0.219	1.990	100	199.01	
0.5 gr	0.2356	2.139	100	213.90	205.86
0.5 gr	0.2253	2.047	100	204.66	
1 gr	0.2241	2.036	100	203.59	
1 gr	0.2155	1.959	100	195.87	198.68
1 gr	0.2163	1.966	100	196.59	
1.5 gr	0.1925	1.752	100	175.25	
1.5 gr	0.1954	1.778	100	177.85	178.09
1.5 gr	0.1991	1.812	100	181.17	
2 gr	0.1373	1.257	100	125.74	
2 gr	0.1717	1.566	100	156.59	135.07
2 gr	0.1341	1.229	100	122.87	

Tabel 3.2 Hasil Adsorpsi Logam Cu Menggunakan Adsorben Modifikasi

Variasi Dosis	Absorbansi	Konsentrasi Awal	FP	Konsentrasi Akhir	Rata-Rata (mg/L)
0.25 gr	0.2255	2.048	100	204.84	
0.25 gr	0.2184	1.985	100	198.48	201.08
0.25 gr	0.22	1.999	100	199.91	
0.5 gr	0.1597	1.458	100	145.83	
0.5 gr	0.1479	1.352	100	135.25	144.72
0.5 gr	0.1678	1.531	100	153.09	
1 gr	0.1457	1.333	100	133.27	
1 gr	0.1449	1.326	100	132.56	129.75
1 gr	0.1347	1.234	100	123.41	
1.5 gr	0.108	0.995	100	99.46	
1.5 gr	0.1056	0.973	100	97.31	98.71
1.5 gr	0.1079	0.994	100	99.37	
2 gr	0.131	1.201	100	120.09	
2 gr	0.1262	1.158	100	115.78	118.51
2 gr	0.1305	1.196	100	119.64	

Lampiran 5. Dokumentasi



Eceng gondok sesudah dijemur



Eceng gondok setelah penggilingan



Proses demineralisasi dengan HCl berlebih



Proses modifikasi dengan asam sitrat 1M



Adsorben setelah adsorpsi limbah



Adorben setelah modifikasi



Adsorben setelah demineralisasi



Adsorben eceng gondok murni



Limbah murni sebelum destruksi



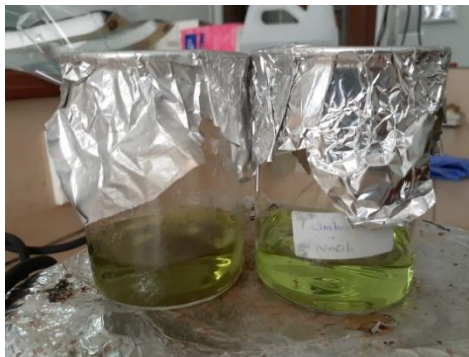
Limbah murni sesudah dektruksi



Proses uji pH limbah



Proses pengendapan limbah + NaOH



Limbah + NaOH sebelum didekstruksi



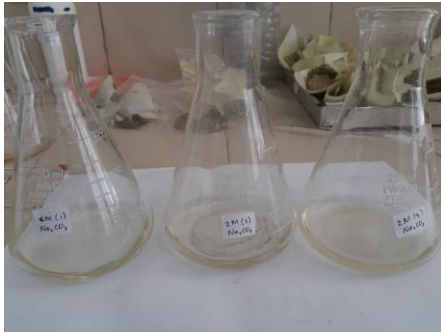
Limbah + NaOH sesudah didekstruksi



Proses adsorpsi limbah logam



Filtrat hasil adsorpsi oleh adsorben



Reagen sebelum titrasi



Reagen sesudah titrasi