

**PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR HCl TERHADAP
PENYERAPAN LOGAM TEMBAGA (Cu) MENGGUNAKAN
ADSORBEN BIJI ALPUKAT (*Persea americana mill*)**

SKRIPSI

Diajukan Oleh:

**MAULIA RIZKI ANANDA
NIM. 180702030**

**Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan**



**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI AR-RANIRY
BANDA ACEH
2023 M/ 1445 H**

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR

PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR HCl TERHADAP PENYERAPAN LOGAM TEMBAGA (Cu) MENGGUNAKAN ADSORBEN BIJI ALPUKAT (*Persea americana mill*)

TUGAS AKHIR

Diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Ar-Raniry Banda Aceh
Sebagai Salah Satu Beban Studi Memperoleh Gelar Sarjana (S1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Oleh:

MAULIA RIZKI ANANDA
NIM. 180702030

Mahasiswa Fakultas Sains dan Teknologi
Program Studi Teknik Lingkungan

Banda Aceh, 08 Desember 2023
Telah diperiksa dan disetujui Oleh:

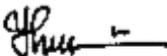
Pembimbing I,

Pembimbing II,


Ir. Vera Yiena, M.T.
NIDN. 0123067802


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Mengetahui,
Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Ar-Raniry Banda Aceh


Husnawati Yahya, M.Sc.
NIP. 198311092014032002

LEMBAR PENGESAHAN

PENGARUH KONSENTRASI AKTIVATOR HCI TERHADAP PENYERAPAN LOGAM TEMBAGA (Cu) MENGGUNAKAN ADSORBEN BIJI ALPUKAT (*Persea americana mill*)

TUGAS AKHIR

Telah Diuji oleh Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh
serta Diterima Sebagai Persyaratan Kelulusan Program Sarjana Teknik (S-1)
dalam Ilmu Teknik Lingkungan

Pada Hari/Tanggal: Jum'at, 08 Desember 2023
25 Jumadil Awal 1445 H

Panitia Ujian Munaqasyah Tugas Akhir

Ketua,


Ir. Vera Yiena, M. T.
NIDN. 0123067802

Sekretaris,


Arief Rahman, M.T.
NIDN. 2010038901

Penguji I,


Dr. Khairat Nisab, S. T., M.Si
NIDN. 2016027902

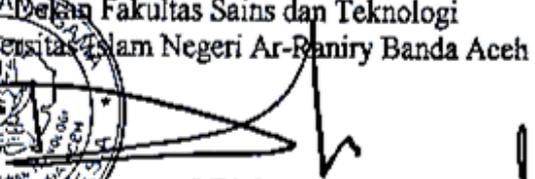
Penguji II,


Suardi Nur, S. T., M. Sc., Ph.D
NIDN. 2010108103

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh




Dr. Muhammad Dirhamsyah, MT., IPU.
NIP. 19210021988111001

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Maulia Rizki Ananda
NIM : 180702030
Program Studi : Teknik Lingkungan
Fakultas : Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh
Judul : Pengaruh Konsentrasi Aktivator HCl Terhadap
Penyerapan Logam Tembaga (Cu) Menggunakan
Adsorben Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*)

Dengan ini menyatakan bahwa dalam penulisan tugas akhir ini, saya:

1. Tidak menggunakan ide orang lain tanpa mampu mengembangkan dan mempertanggungjawabkan;
2. Tidak melakukan plagiasi terhadap naskah karya orang lain;
3. Tidak menggunakan karya orang lain tanpa menyebutkan sumber asli atau tanpa izin pemilik karya;
4. Tidak memanipulasi dan memalsukan data;
5. Mengerjakan sendiri karya ini dan mampu bertanggungjawab atas karya ini.

Bila kemudian hari ada tuntutan dari pihak lain atas karya saya, dan telah melalui pembuktian yang dapat dipertanggungjawabkan dan ternyata memang ditemukan bukti bahwa saya melanggar pernyataan ini, maka saya siap dikenai sanksi berdasarkan aturan yang berlaku di Fakultas Sains dan Teknologi UIN Ar-Raniry Banda Aceh.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.

Banda Aceh, 20 November 2023



METERAI
TEMPEL

17BAKX690055922

Yang Menyatakan


Maulia Rizki Ananda

NIM.180702030

ABSTRAK

Nama : Maulia Rizki Ananda
NIM : 180702030
Program Studi : Teknik Lingkungan
Judul : Pengaruh Konsentrasi Aktivator HCl Terhadap Penyerapan Logam Tembaga (Cu) Menggunakan Adsorben Biji Alpukat (*Persea americana mill*)
Tanggal Sidang : 08 Desember 2023
Jumlah Halaman : 70
Pembimbing I : Ir. Vera Viena, M.T.
Pembimbing II : Arief Rahman, M.T.
Kata Kunci : Adsorben, adsorpsi, biji alpukat, dan tembaga (Cu)

Limbah buangan industri memberikan kontribusi yang besar dalam pelepasan logam berat, salah satu logam berat yang dapat merusak lingkungan yaitu tembaga (Cu). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator HCl biji alpukat terhadap adsorpsi Cu dengan harapan mampu menjadi salah satu solusi pada pencemaran lingkungan. Metode yang digunakan pada penelitian ini yaitu metode eksperimen. Massa adsorben yang digunakan dalam penelitian ini yaitu 0,5, 1, 1,5 dan 2 gram, dengan waktu pengadukan 30 menit dan kecepatan pengadukan 30 rpm. Hasil eksperimen menunjukkan efektivitas penyerapan dari adsorben biji alpukat yang diaktivasi dengan HCl 0,5N adalah pada massa 0,5 gram dengan tingkat efektivitas 87,31% dengan kapasitas penyerapan 17,46 mg/g. Sedangkan biji alpukat yang diaktivasi dengan HCl 1N yaitu pada massa adsorben 1 gram dengan tingkat efektivitas 45,98% dengan kapasitas penyerapan 4,60 mg/g. HCl 0,5 N lebih efektif dibandingkan dengan HCL 1 N. Hasil ini menunjukkan bahwa arang aktif biji alpukat dapat digunakan untuk penyerapan logam Cu dalam larutan.

ABSTRACT

Name : Maulia Rizki Ananda
Number ID Student : 180702030
Departement : Environmental Engineering
Title : Effect of HCl Activator Concentration on the Absorption of Copper Metal (Cu) Using Avocado Seed Adsorbent (*Persea americana* mill)
Date of Session : 08 December 2023
Number of Page : 70
Advisor I : Ir. Vera Viena, M.T.
Advisor II : Arief Rahman, M.T.
Keywords : Adsorbent, adsorption, avocado seeds, dan copper (Cu)

Industrial waste makes a big contribution to the release of heavy metals, one of the heavy metals that can damage the environment is copper (Cu). This research aims to determine the effect of avocado seed HCl activator concentration on Cu adsorption with the hope of being a solution to environmental pollution. The method used in this research is the experimental method. The adsorbent masses used in this research were 0.5, 1, 1.5 and 2 grams, with a stirring time of 30 minutes and a stirring speed of 30 rpm. The experimental results showed that the absorption effectiveness of the avocado seed adsorbent activated with 0.5N HCl was at a mass of 0.5 grams with an effectiveness level of 87.31% with an absorption capacity of 17.46 mg/g. Meanwhile, avocado seeds were activated with 1N HCl with an adsorbent mass of 1 gram with an effectiveness level of 45.98% with an absorption capacity of 4.60 mg/g. 0.5 N HCl is more effective than 1 N HCl. These results indicate that avocado seed activated charcoal can be used for the absorption of Cu metal in solution.

جامعة الراتريك
A R - R A N I R Y

KATA PENGANTAR



Puji syukur kehadirat Allah Swt. Sang Maha Pencipta yang menciptakan bintang dan bulan sebagai penerang malam serta matahari sebagai penerang siang dan yang memberikan taufik, hidayah, serta rahmat kepada manusia setiap waktunya. *Shalawat* serta salam kepada Baginda Nabi Muhammad saw yang merupakan utusan yang diutus pertama kali untuk memperbaiki akhlak dan pikiran manusia dengan berkat dan karunia yang Allah berikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir dengan judul **“Pengaruh Konsentrasi Aktivator HCl Terhadap Penyerapan Logam Tembaga (Cu) Menggunakan adsorben Biji Alpukat (*Persea americana mill*)”**. Tugas akhir ini disusun untuk menyelesaikan studi pada Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.

Tugas akhir ini telah disusun dengan maksimal mungkin yang melibatkan bantuan dari berbagai pihak sehingga dapat memperlancar pembuatan tugas akhir dari awal sampai dengan selesai. Penulis juga mengucapkan banyak terimakasih kepada Ayahanda Alm. Asnawi, serta Ibunda Dahniar selaku orang tua dari penulis yang telah senantiasa mendukung, memfasilitasi dan memberikan semangat dalam pembuatan tugas akhir. Dan tidak lupa pula penulis mengucapkan kepada Irfan Efendi., Desi Yanti., Akhyar Helmi, Amd., Ulfa Fitria, S.Pd dan Ikhsan Kurniawan selaku Abang dan Kakak Penulis yang senantiasa mendukung, memfasilitasi, dan memberikan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Kemudian penulis tak lupa mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. M. Dirhamsyah, M.T. Selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
2. Ibu Husnawati Yahya, M.Sc. Selaku Ketua Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry.
3. Bapak Aulia Rohendi, S.T., M.Sc. Selaku Sekretaris Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-

Raniry dan sekaligus Dosen Penasehat Akademik yang telah mengarahkan dan membimbing Peneliti.

4. Ibu Ir. Vera Viena, S.T., M.T. Selaku Dosen Pembimbing I yang telah membimbing dan memberikan masukan serta dukungan kepada Penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
5. Bapak Arief Rahman, M.T. Selaku Dosen Pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan masukan serta dukungan kepada Penulis, sehingga Penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Lingkungan UIN Ar-Raniry yang telah memberikan pengetahuan yang sangat bermanfaat selama perkuliahan.
7. Seluruh staf/karyawan Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry yang telah memberikan banyak bantuan.
8. Zulkaidar yang telah memberikan semangat dan motivasi penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman seperjuangan di Teknik Lingkungan angkatan 2018, atas dukungan kalian penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Penulis berharap tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi berbagai pihak, khususnya bagi perkembangan ilmu pengetahuan di Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun tetap penulis harapkan untuk lebih menyempurnakan tugas akhir ini. جامعة الرانيري

Banda Aceh, 08 Desember 2023
Penulis,

Maulia Rizki Ananda

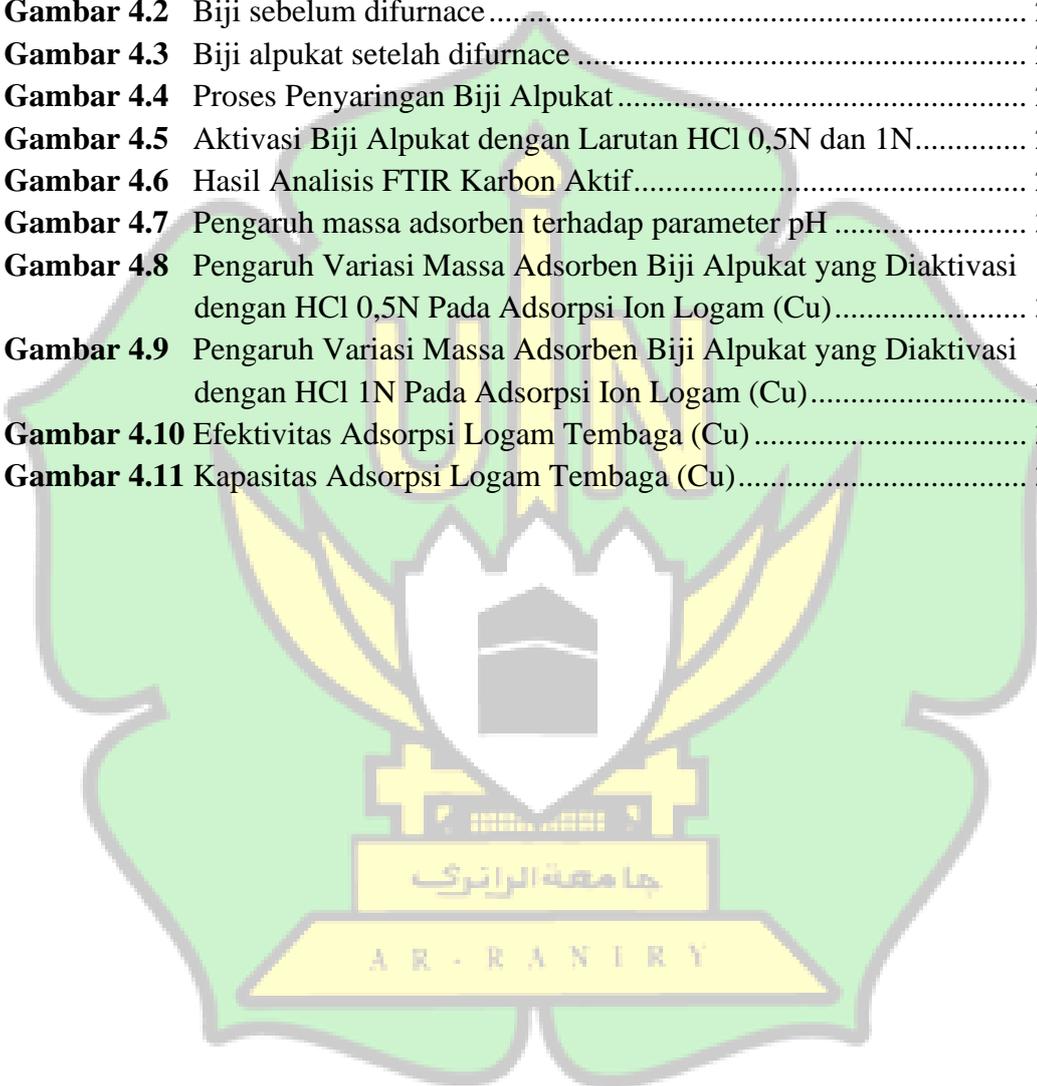
DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN TUGAS AKHIR.....	i
LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR.....	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR.....	v
DAFTAR ISI.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
1.5 Batasan Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Logam Tembaga (Cu)	5
2.2 Adsorpsi	5
2.3 Adsorben	7
2.4 Arang aktif.....	8
2.4.1 Syarat Mutu Arang Aktif.....	8
2.4.2 Pembuatan Arang Aktif.....	9
2.5 Zat Aktivator	10
2.6 Kapasitas Adsorpsi.....	10
2.7 Biji Alpukat (<i>Persea americana mill</i>).....	11
2.8 <i>Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)</i>	12
2.9 Penelitian Terdahulu	13
BAB III ETODOLOGI PENELITIAN	15
3.1 Tahapan Umum Penelitian	15
3.2 Lokasi Penelitian	17
3.3 Alat dan Bahan	17
3.3.1 Alat	17

3.3.2 Bahan	17
3.4 Jenis dan Variabel Penelitian	18
3.5 Proses Penelitian	18
3.5.1 Pembuatan Arang Aktif Biji Alpukat.....	18
3.5.2 Analisis Karakteristik Arang Aktif	19
3.5.3 Proses Aktivasi Kimia dengan HCl.....	20
3.5.4 Pembuatan Larutan Cu	21
3.5.5 Proses Adsorpsi dengan Adsorben Biji Alpukat.....	21
3.6 Analisis Data	22
3.6.1 Pengukuran Derajat Keasaman (pH).....	22
3.6.2 Pengukuran Suhu.....	22
3.6.3 Menentukan Efektivitas Adsorpsi	22
3.6.4 Menentukan Kapasitas Adsorpsi	23
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Persiapan Adsorben	24
4.2 Hasil Analisis Permukaan Adsorben Menggunakan <i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	27
4.3 Pengujian Daya Adsorpsi	29
4.4 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Parameter pH	29
4.5 Pengaruh Variasi Massa Adsorben yang telah diaktivasi dengan HCl 0,5 N dan 1 N Terhadap Larutan Tembaga (Cu)	31
4.6 Efektivitas Penyerapan Adsorben yang Telah Diaktivasi Dengan HCl 0,5 N dan 1 N Terhadap Ion Logam Tembaga (Cu)	34
4.7 Kapasitas Penyerapan Adsorben yang Telah Diaktivasi Dengan HCl 0,5 N dan 1 N Terhadap Ion Logam Tembaga (Cu)	36
BAB V PENUTUP	39
5.1 Kesimpulan.....	39
5.2 Saran.....	39
DAFTAR PUSTAKA	41

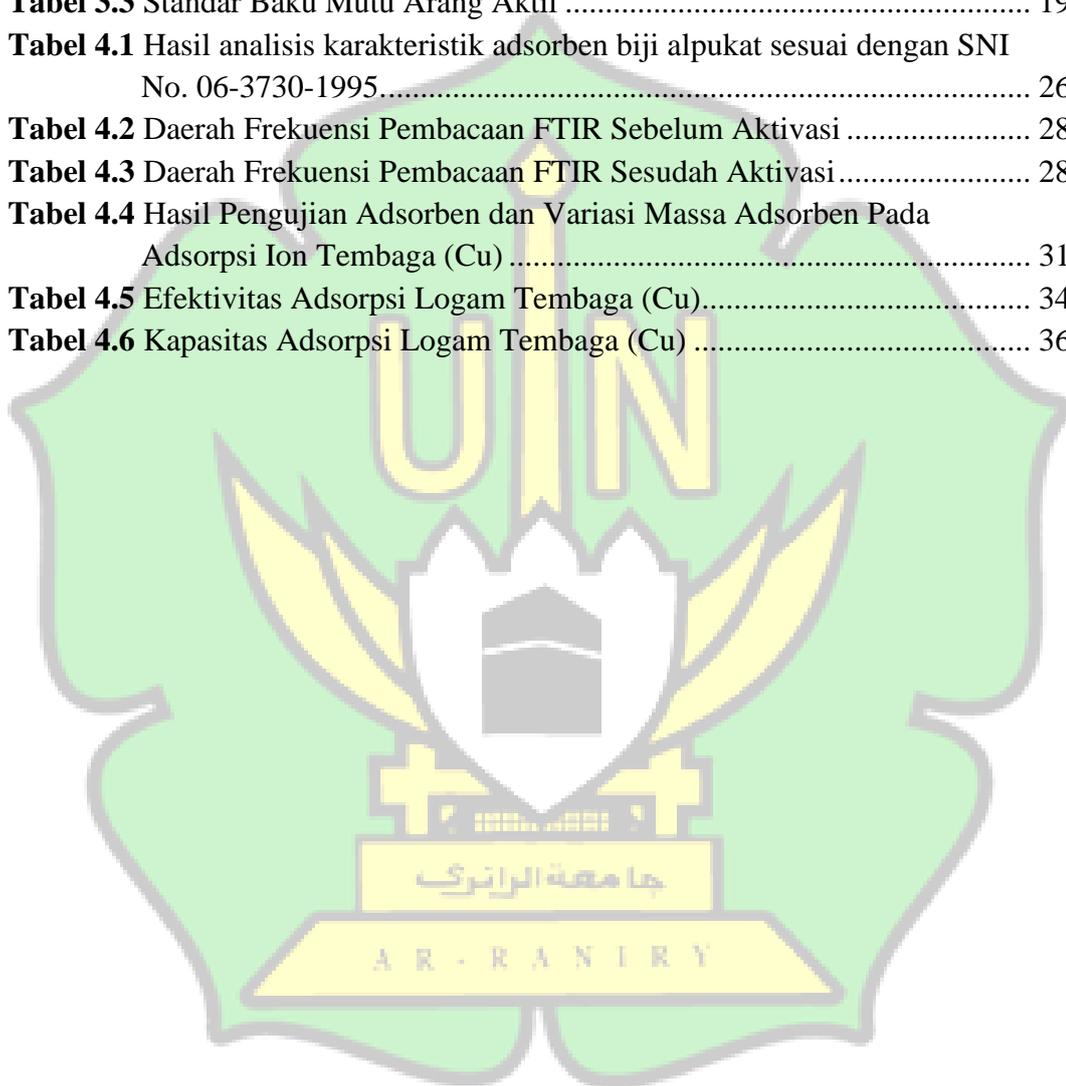
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Proses Adsorpsi	6
Gambar 2.2	Biji Alpukat	11
Gambar 3.1	Tahapan Umum Penelitian	16
Gambar 4.1	Biji Alpukat	24
Gambar 4.2	Biji sebelum difurnace	25
Gambar 4.3	Biji alpukat setelah difurnace	25
Gambar 4.4	Proses Penyaringan Biji Alpukat	25
Gambar 4.5	Aktivasi Biji Alpukat dengan Larutan HCl 0,5N dan 1N	26
Gambar 4.6	Hasil Analisis FTIR Karbon Aktif	28
Gambar 4.7	Pengaruh massa adsorben terhadap parameter pH	30
Gambar 4.8	Pengaruh Variasi Massa Adsorben Biji Alpukat yang Diaktivasi dengan HCl 0,5N Pada Adsorpsi Ion Logam (Cu)	32
Gambar 4.9	Pengaruh Variasi Massa Adsorben Biji Alpukat yang Diaktivasi dengan HCl 1N Pada Adsorpsi Ion Logam (Cu)	33
Gambar 4.10	Efektivitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)	35
Gambar 4.11	Kapasitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)	37



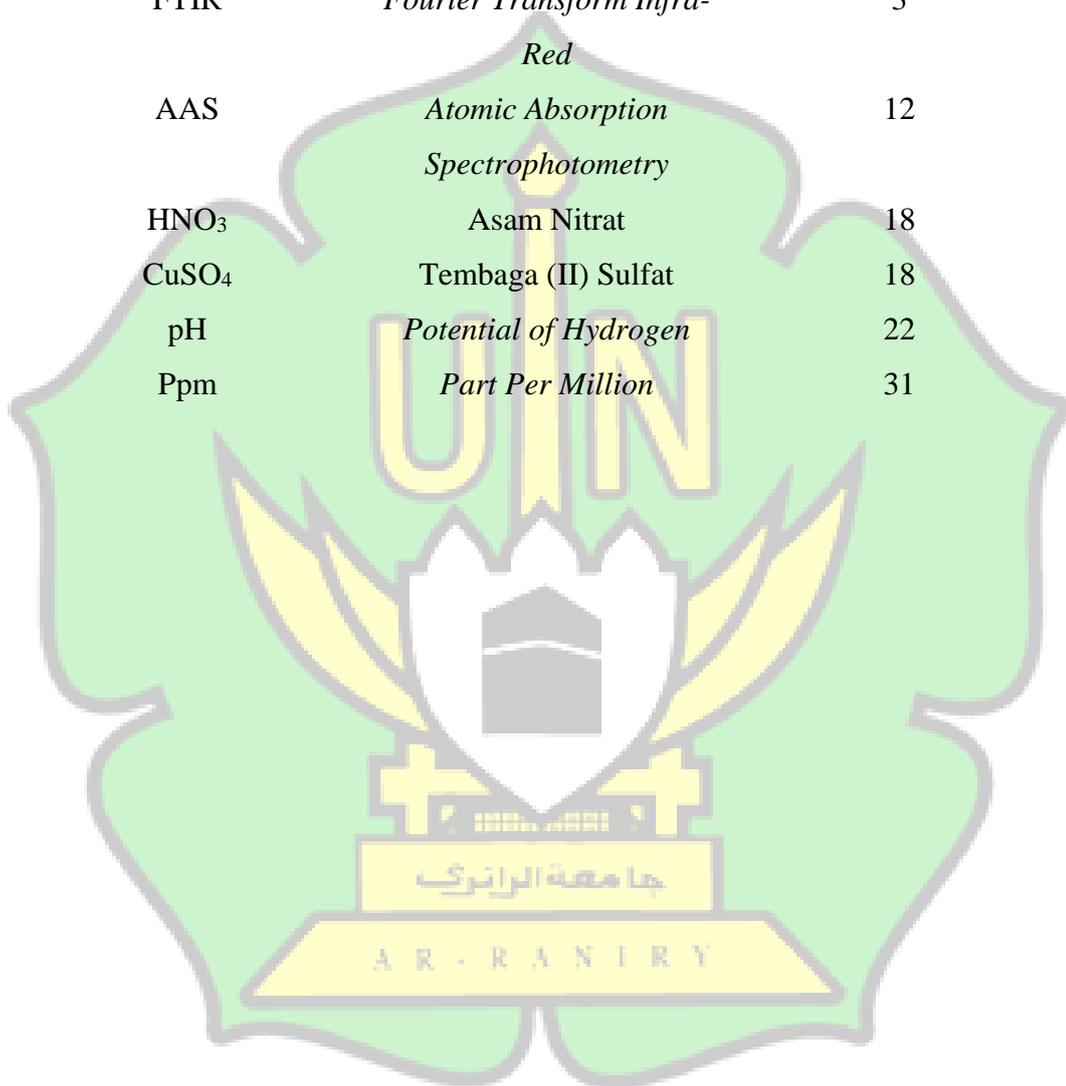
DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Mutu Arang Aktif.....	9
Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu.....	13
Tabel 3.1 Peralatan Penelitian	17
Tabel 3.2 Bahan Penelitian.....	17
Tabel 3.3 Standar Baku Mutu Arang Aktif	19
Tabel 4.1 Hasil analisis karakteristik adsorben biji alpukat sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995.....	26
Tabel 4.2 Daerah Frekuensi Pembacaan FTIR Sebelum Aktivasi	28
Tabel 4.3 Daerah Frekuensi Pembacaan FTIR Sesudah Aktivasi.....	28
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Tembaga (Cu)	31
Tabel 4.5 Efektivitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu).....	34
Tabel 4.6 Kapasitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)	36



DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

Singkatan/Lambang	Keanjangan/Makna	Halaman Pertama Digunakan
Cu	Tembaga	1
HCl	Asam Klorida	2
FTIR	<i>Fourier Transform Infra-Red</i>	3
AAS	<i>Atomic Absorption Spectrophotometry</i>	12
HNO ₃	Asam Nitrat	18
CuSO ₄	Tembaga (II) Sulfat	18
pH	<i>Potential of Hydrogen</i>	22
Ppm	<i>Part Per Million</i>	31



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pencemaran logam berat dalam air menjadi sebuah permasalahan lingkungan yang harus diatasi karena hal tersebut dapat mempengaruhi kesehatan, keselamatan, dan kehidupan manusia. Menurut Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup menyatakan bahwa pencemaran lingkungan hidup adalah masuk atau dimasukkannya makhluk hidup, zat, energi, dan/atau komponen lain ke dalam lingkungan hidup oleh kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan.

Sumber pencemaran logam berat salah satunya berasal dari limbah buangan industri. Limbah buangan industri memberikan kontribusi yang besar dalam pelepasan logam berat, limbah logam berat yaitu limbah yang paling berbahaya karena dapat menimbulkan efek toksik bagi manusia (Wibowo dkk., 2017). Menurut Permata dkk. (2018) Logam berat dalam suatu perairan dibutuhkan oleh makhluk hidup untuk berbagai proses metabolisme tetapi jika logam berat tersebut berlebihan akan menyebabkan keracunan. Logam berat dikatakan sebagai bahan pencemar apabila keberadaannya melewati batas baku mutu.

Salah satu logam berat yang dapat merusak lingkungan yaitu tembaga (Cu). Logam Cu memiliki warna kemerah-merahan. Kadar Cu yang tinggi dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan (Khairuddin dkk., 2021). Bahaya logam berat Cu dapat menyebabkan gangguan ginjal, kerusakan hati, muntaber, pusing, anemia, konvulsi maupun kematian (Azizah dkk., 2022).

Beberapa metode dapat digunakan untuk menurunkan kandungan logam berat dalam limbah cair diantaranya pengendapan, penukaran ion menggunakan resin, filtrasi dan adsorpsi (Nurohmah dkk. 2019). Adsorpsi merupakan salah satu upaya efektif dalam menyerap kadar logam yang terlarut di limbah cair, metode ini

sering digunakan dalam proses pengolahan pada limbah cair industri (Haura dkk., 2017).

Metode adsorpsi bekerja dengan cara menyerap logam-logam kedalam adsorbennya. Beberapa adsorben yang digunakan dalam metode adsorpsi antara lain zeolite, arang aktif dan bentonit (Wibowo dkk., 2017). Arang aktif atau karbon aktif adalah karbon yang telah diaktivasi melalui proses fisika dan kimia untuk membuka pori-pori karbon sehingga kapasitas adsorpsinya lebih tinggi (Saputra dkk., 2020). Karbon aktif terdiri dari 87-97% karbon tetapi juga mengandung beberapa senyawa lain tergantung metode dan bahan baku yang digunakan (Wirani, 2017). Arang aktif yang digunakan dalam penelitian ini adalah biji alpukat.

Buah alpukat merupakan salah satu jenis buah yang digemari masyarakat Indonesia, bagian alpukat yang bisa dikonsumsi adalah dagingnya, biji dan kulit alpukat biasanya terbuang begitu saja. Limbah biji alpukat sering kita jumpai di tempat industri pengolahan buah seperti penjual jus, pasar buah, dan cafe. Selama ini masyarakat pada umumnya memanfaatkan alpukat pada daging buahnya saja, sedangkan pada bagian biji kurang dimanfaatkan dan dianggap sebagai limbah bagi masyarakat. Menurut Fitriani dan Nurulhuda (2018) biji alpukat memiliki kandungan air sebesar 12,67%, kadar abu sebesar 2,78% dan kandungan mineral sebesar 0,54%, lebih tinggi dari biji buah lainnya. Selain itu, kadar pati yang cukup tinggi dari biji alpukat, yaitu sekitar 23%, serta kadar selulosa yang jumlahnya relatif lebih sedikit dari pada pati. Hal ini limbah biji alpukat dapat dijadikan sebagai adsorben alternatif dengan biaya yang murah sehingga dapat dimanfaatkan untuk menyerap logam berat dalam larutan.

Berdasarkan hasil penelitian terdahulu yang dilakukan (Kartika dkk., 2017) efisiensi penyerapan bubuk biji alpukat yang diaktivasi menggunakan HCl dan H₂SO₄ masing-masing sebesar 96,81 dan 83,56% terhadap larutan Pb dengan konsentrasi 10 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa aktivator HCl bersifat lebih efisien dibandingkan H₂SO₄ dalam menyerap ion Pb dalam larutan. Penggunaan aktivator bertujuan untuk membuka pori-pori aktif permukaan bubuk biji alpukat sehingga luas permukaan akan semakin besar dan meningkatkan kemampuan adsorpsi bubuk biji alpukat tersebut.

Pada penelitian Putra dkk. (2016) menyatakan bahwa arang aktif biji alpukat sebagai adsorben ion logam kadmium memiliki efisiensi adsorpsi sebesar 77,83% dan kapasitas adsorpsi 0,26 mg/g. Hasil penelitian Munawarah dkk. (2016) menyatakan bahwa potensi arang aktif biji alpukat terhadap ion kadmium optimum pada konsentrasi 0,38 ppm dengan efisiensi adsorpsi 97,11% dan ion Pb pada 4,83 ppm dengan efisiensi sebesar 97,92%.

Berdasarkan penelitian Absus dkk. (2015) hasil karakterisasi menunjukkan bahwa bubuk biji alpukat terbaik yaitu bubuk yang diaktivasi dengan larutan HCl 5,0%, daya adsorpsi terhadap iodium, dan luas permukaan berturut-turut 12,28%; 0,02%; 823,71 mg/g dan 86,93 m²/g. Efisiensi adsorpsi bubuk biji alpukat yang diaktivasi terhadap ion Kadmium (II) dan Timbal (II) berturut turut 89,05 dan 96,81%. Hasil ini dipengaruhi oleh adanya gugus fungsi yang dianalisis menggunakan FTIR.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka perlu dilakukan penelitian tentang pemanfaatan biji alpukat sebagai arang aktif pada proses adsorpsi logam tembaga (Cu) menggunakan aktivator kimia HCl sebagai upaya mengatasi pencemaran limbah yang mengandung logam-logam berat. Aplikasi dari penelitian ini dengan proses adsorpsi menggunakan adsorben biji alpukat dapat digunakan sebagai solusi penanganan masalah lingkungan.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun berdasarkan uraian diatas maka rumusan masalah yang diperoleh adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh efektivitas adsorben biji alpukat terhadap adsorpsi tembaga (Cu) dalam larutan?
2. Berapa kapasitas adsorpsi terhadap penjerapan tembaga (Cu) dalam larutan?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah dapat diketahui bahwa tujuan pelaksanaan penelitian ini untuk:

1. Untuk mengetahui pengaruh efektivitas adsorben biji alpukat terhadap adsorpsi tembaga (Cu) dalam larutan.
2. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi terhadap penjerapan tembaga (Cu) dalam larutan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat dari pelaksanaan penelitian ini adalah:

1. Bagi universitas, penelitian ini diharapkan dapat digunakan untuk menambah referensi sebagai bahan peneliti lanjutan pada masa yang akan datang.
2. Bagi peneliti, pelaksanaan penelitian ini dapat memberikan manfaat dalam penambahan pemahaman serta pengetahuan tentang adsorpsi logam berat menggunakan arang aktif, dengan menggunakan biji alpukat (*Persea Americana mill*) sehingga dapat menurunkan kadar logam berat yang terdapat dalam limbah cair.
3. Bagi masyarakat, penelitian ini bermanfaat untuk mengetahui bahwa logam berat dapat di adsorpsi menggunakan arang aktif sehingga dapat mengatasi pencemaran lingkungan.

1.5 Batasan Penelitian

Adapun batasan dalam penelitian adalah:

1. Dalam pemilihan biji alpukat, tidak ada kriteria tertentu. Biji alpukat yang dipilih dipastikan dalam kondisi utuh dan bersih.
2. Larutan kimia untuk aktivasi yang digunakan yaitu HCl 0,5 N dan 1 N
3. Larutan yang digunakan untuk membuat limbah Cu artifisial adalah larutan CuSO_4 .

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Tembaga (Cu)

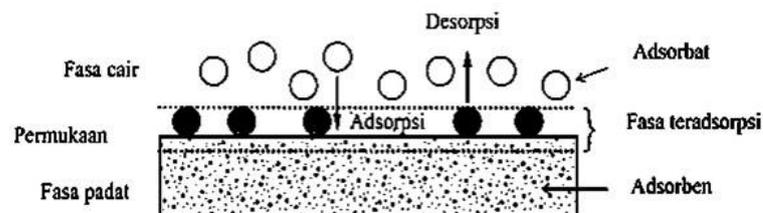
Logam berat merupakan unsur logam yang mempunyai massa jenis lebih besar dari 5 g/cm^3 (Pasaribu dkk., 2017). Salah satu logam yang termasuk kedalam logam berat yaitu Tembaga (Cu). Tembaga (Cu) merupakan salah satu jenis logam berat yang dapat ditemui di alam. Logam Cu berwarna kuning kemerahan (orange). Logam Cu merupakan salah satu logam dari golongan transisi IB, dengan nomor atom 29 (Pambudi dkk., 2018). Menurut Adhani dkk. (2017) tembaga Cu terdapat di lingkungan secara alami, namun demikian logam tembaga ini juga dapat merupakan hasil dari aktivitas manusia (non alamiah). Sumber tembaga non alamiah sebagian besar diakibatkan dari aktivitas manusia seperti, hasil limbah industri dan di lingkungan perairan.

Menurut Pratiwi, (2020) tembaga (Cu) dapat masuk ke dalam air karena aktivitas manusia seperti emisi udara, industri pelapisan logam, galangan kapal, dan pertambangan. Tembaga (Cu) juga digunakan sebagai algasida untuk membasmi alga yang tumbuh berlebihan di perairan. Nilai ambang batas tembaga di perairan untuk biota air berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 51 Tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut yaitu sebesar 0,008 mg/L.

2.2 Adsorpsi

Menurut Diba dkk. (2017) untuk mengurangi kadar logam berat yang dihasilkan dari suatu industri maka perlu adanya penanganan terhadap limbah cair yang akan dibuang, baik itu penanganan secara fisik maupun biologi ataupun secara kimia, salah satu metode yang digunakan yaitu adsorpsi. Menurut (Anggriawan dkk., 2019) adsorpsi merupakan suatu proses pemisahan bahan dari campuran gas atau cair, bahan yang harus dipisahkan ditarik oleh permukaan adsorben padat dan diikat oleh gaya-gaya yang bekerja pada permukaan tersebut. Menurut (Nurdila dkk., 2015) adsorpsi merupakan salah satu metode yang efektif dalam mengatasi masalah pencemaran lingkungan. Metode adsorpsi bergantung pada kemampuan

permukaan adsorben untuk menarik molekul-molekul gas, uap atau cairan, semakin luas permukaan adsorben maka semakin kuat daya adsorpsi. Berikut proses adsorpsi dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Proses Adsorpsi

Sumber : Botahala, 2022

Menurut Botahala, (2022) adsorpsi pada dasarnya merupakan suatu fenomena yang terjadi pada permukaan suatu bahan padatan. Fenomena tersebut adalah peristiwa terjadinya penempelan suatu partikel pada permukaan suatu bahan padatan. Materi atau partikel yang menempel atau terakumulasi pada bahan padatan ini disebut adsorbat, sedangkan bahan padatan di mana terjadi atau berlangsungnya peristiwa penempelan materi atau partikel disebut sebagai adsorben. Bahan padatan, terutama dalam keadaan telah dihaluskan, memiliki luas permukaan tertentu, tergantung ukuran kehalusannya.

Menurut Syauqiah dkk. (2011) faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses adsorpsi yaitu:

1. Luas Permukaan

Semakin luas permukaan adsorben, maka semakin banyak zat yang teradsorpsi. Luas permukaan adsorben ditentukan oleh ukuran partikel dan jumlah dari adsorben.

2. Jenis adsorbat

Peningkatan berat molekul adsorbat dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi. Adsorbat dengan rantai yang bercabang biasanya lebih mudah diadsorpsi dibandingkan rantai yang lurus.

3. Struktur molekul adsorbat

Hidroksil dan amino mengakibatkan mengurangi kemampuan penyisihan sedangkan nitrogen meningkatkan kemampuan penyisihan.

4. Konsentrasi adsorbat

Semakin besar konsentrasi adsorbat dalam larutan maka semakin banyak jumlah substansi yang terkumpul pada permukaan adsorben.

5. Temperatur

Pemanasan atau pengaktifan adsorben akan meningkatkan daya serap adsorben terhadap adsorbat menyebabkan pori-pori adsorben lebih terbuka pemanasan yang terlalu tinggi menyebabkan rusaknya adsorben sehingga kemampuan penyerapannya menurun.

6. pH

pH larutan mempengaruhi kelarutan ion logam, aktivitas gugus fungsi pada biosorben dan kompetisi ion logam dalam proses adsorpsi.

7. Kecepatan pengadukan

Menentukan kecepatan waktu kontak adsorben dan adsorbat. Bila pengadukan terlalu lambat maka proses adsorpsi berlangsung lambat pula, tetapi bila pengadukan terlalu cepat kemungkinan struktur adsorben cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

8. Waktu kontak

Penentuan waktu kontak yang menghasilkan kapasitas adsorpsi maksimum terjadi pada waktu kesetimbangan.

9. Waktu kesetimbangan dipengaruhi oleh:

- Tipe biomassa (jumlah dan jenis ruang pengikat)
- Ukuran dan fisiologi biomassa (aktif atau tidak aktif)
- Ion yang terlibat dalam sistem biosorpsi
- Konsentrasi ion logam.

2.3 Adsorben

Adsorben yang paling banyak digunakan dalam proses penyerapan ialah karbon aktif. Berbagai polutan dapat diserap oleh adsorben dalam bentuk senyawa organik (pewarna) ataupun senyawa anorganik (logam berat) dapat diserap oleh

adsorben. Adsorben diperoleh dari aktivasi bahan-bahan yang digunakan memiliki kandungan karbon (Nurhasni dkk., 2018).

Syarat adsorben yang bagus digunakan dalam proses adsorpsi yaitu (Ayu, 2016):

1. Memiliki daya adsorpsi yang kuat
2. Zat padat yang memiliki permukaan yang besar
3. Dapat diperbarui dengan mudah
4. Tidak dapat terlarut di dalam zat yang akan di adsorpsi
5. Tidak terjadi reaksi kimia saat campuran akan dibersihkan
6. Tidak memiliki kandungan yang bersifat toksik
7. Tidak menghasilkan endapan
8. Mudah didapat dan relatif lebih murah

2.4 Arang aktif

Arang aktif sering dikenal dengan karbon aktif yang dapat menyerap beberapa jenis zat di dalam cairan. Arang aktif merupakan padatan berpori yang mengandung 85-95% karbon (Syauqiah dkk., 2011). Struktur arang aktif adalah arang halus yang berwarna hitam, tidak berbau dan tidak berasa. Arang aktif berbentuk amorf yang tersusun dari unsur-unsur karbon. Luas permukaan karbon aktif berkisar antara 300-3500 m²/gram. Arang aktif dapat dibuat dengan dua tahap, yaitu tahap karbonisasi dan aktivasi (Herlandien, 2013).

2.4.1 Syarat Mutu Arang Aktif

Kualitas arang aktif perlu diperhatikan kelayakan sesuai dengan SNI. Beberapa persyaratan arang aktif sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 dapat dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Syarat Mutu Arang Aktif

Karakteristik	Nilai Butiran	Serbuk
Bagian yang hilang pada pemanasan 950 °C (%)	Maks 15	Maks 25
Kadar Abu (%)	Maks 2.5	Maks 10
Kadar Air (%)	Maks 4.5	Maks 15
Bagian tidak mengarang	-	-
Daya serap terhadap I (mg/g)	Min 750	Min 750
Karbon aktif murni (%)	Min 80	Min 65
Daya serap terhadap Benzena (%)	Min 25	-
Daya serap terhadap terhadap biru metilen (mg/g)	Min 60	Min 120
Berat jenis curah (gr/ml) 0,3-0,35	0,45-0,55	0,3-0,35
Lolos mesh 325 (%)	-	Min 90
Jarak mesh (%)	90	-
Kekerasan (%)	80	-

Sumber: SNI 06-3730-1995

2.4.2 Pembuatan Arang Aktif

Menurut Pangestu (2018) tahapan pembuatan arang aktif sebagai berikut:

1. Proses Dehidrasi

Proses ini bertujuan untuk menghilangkan air yang terkandung didalam bahan baku. Caranya dengan menjemur di bawah sinar matahari atau dipanaskan di dalam oven sampai diperoleh bobot konstan. Dari proses dehidrasi ini, diperoleh bahan baku yang kering. Hal ini disebabkan oleh kandungan air dalam bahan baku semakin sedikit.

2. Proses Karbonisasi

Karbonisasi yaitu suatu proses pemecahan/peruraian selulosa menjadi karbon pada suhu berkisar 275 °C. proses ini terdiri dari empat tahapan yaitu :

- Pada suhu 100-120 °C terjadi penguapan air, sampai suhu 270 °C mulai terjadi peruraian selulosa.
- Pada suhu 270-310 °C reaksi eksoterm berlangsung dimana terjadi peruraian selulosa secara intensif menjadi larutan pirolignat, gas kayu dan sedikit tar.
- Pada suhu 310-500 °C terjadi penurunan lignin, dihasilkan lebih banyak tar.
- Pada suhu 500-1000 °C merupakan tahap dari pemurnian arang atau kadar karbon.

3. Proses Aktivasi

Proses aktivasi adalah perubahan secara fisik dimana luas permukaan dari karbon meningkat dengan tajam dikarenakan terjadinya penghilangan senyawa tar dan senyawa sisa-sisa pengarangan. Daya serap arang aktif semakin kuat bersamaan dengan meningkatnya konsentrasi dari aktivator yang ditambahkan. Hal ini memberikan pengaruh yang kuat untuk mengikat senyawa-senyawa tar keluar melewati mikro pori-pori arang aktif sehingga permukaan dari arang aktif tersebut semakin luas yang dapat mengakibatkan besar daya serap arang aktif tersebut.

Menurut Hartini (2014) Proses aktivasi terbagi menjadi 2 (dua), yaitu:

a) Aktivasi secara kimia

Aktivasi secara kimia merupakan aktivasi dengan menggunakan bahan kimia. Aktivasi secara kimia mempunyai beberapa keunggulan yaitu memerlukan temperatur yang rendah, menghasilkan hasil (*yield*) yang lebih tinggi dan mikropori dapat dikontrol.

b) Aktivasi secara fisika

Aktivasi secara fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan CO_2 . Aktivasi secara kimia bertujuan untuk mempertinggi volume, memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan pori yang baru.

2.5 Zat Aktivator

Aktivator merupakan suatu zat yang mampu mengurangi pencemar dari suatu bahan. Salah satu zat aktivator yaitu asam klorida (HCl). HCl dapat menghilangkan oksida-oksida logam pada arang yang menutupi pori, dikarenakan asam dari HCl dapat merusak jaringan pada tumbuhan sehingga mampu memperbesar pori pada saat terjadinya adsorpsi antara adsorbat dan adsorben (Arung dkk., 2014).

2.6 Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi adalah kemampuan sebuah adsorben dalam menyerap adsorbat (Nurchabibah, 2018). Ada beberapa kondisi yang mempengaruhi besarnya kapasitas suatu adsorben dalam menyerap adsorbat yaitu pH larutan, waktu kontak,

berat adsorben dan suhu. pH larutan akan mempengaruhi aktivitas gugus fungsi adsorben. Variasi waktu kontak perlu dilakukan untuk melihat banyaknya arang aktif yang dibutuhkan untuk menyerap zat warna secara optimal. Berat adsorben akan mempengaruhi gugus fungsi dari adsorben itu sendiri sedangkan suhu akan mempengaruhi daya serap adsorben terhadap adsorbat. Kapasitas adsorpsi menyatakan banyaknya adsorbat yang mampu terakumulasi pada permukaan adsorben sehingga ketika proses adsorpsi berlangsung pada kondisi optimum maka akan diperoleh arang aktif dengan kapasitas adsorpsi yang maksimum (Aisyahlika dkk., 2018).

2.7 Biji Alpukat (*Persea americana mill*)

Tanaman alpukat berasal dari Amerika Tengah, buah alpukat merupakan salah satu jenis buah yang digemari oleh masyarakat Indonesia, bagian alpukat yang bisa dikonsumsi adalah dagingnya, biji dan kulit alpukat biasanya terbuang. Limbah biji alpukat sering kita jumpai di tempat industri pengolahan buah seperti penjual jus. selama ini masyarakat pada umumnya memanfaatkan alpukat pada daging buahnya saja, seperti digunakan dalam pembuatan aneka minuman dan makanan, masker perawatan kulit, masker perawatan rambut, pembuatan minyak alpukat serta dapat digunakan dalam pengobatan. Sedangkan pada bagian biji kurang dimanfaatkan dan dianggap sebagai limbah bagi masyarakat. Salah satu usaha yang dapat dilakukan untuk meningkatkan manfaat biji alpukat dengan pengolahannya menjadi arang aktif yang selanjutnya diaplikasikan sebagai adsorben. Berikut gambar biji alpukat dapat dilihat Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Biji Alpukat

Menurut Maulidayanti (2015) klasifikasi tanaman alpukat (*Persea americana mill*) yaitu:

Divisi : Spermatophyta
Sub division : Angiospermae
Kelas : Dicotyledoneae
Ordo : Ranales
Famili : Lauraceae
Genus : Persea
Spesies : Persea Americana mill

Biji alpukat memiliki kandungan air 12,67%, kandungan abu 2,78%, kandungan mineral 0,54% lebih tinggi dari biji buah lainnya. Biji alpukat memiliki kandungan organik yang tinggi yaitu amilopektin 37,7% dan amilosa 43,3%. Menurut Putra dkk. (2016) Kandungan dari alpukat inilah yang mendukung biji alpukat memiliki potensi sebagai adsorben. Biji alpukat dapat diaplikasikan sebagai arang aktif yang teraktivasi dengan menggunakan asam klorida. Untuk memperoleh arang aktif biji alpukat yang bermutu baik, maka dilakukan karakterisasi arang aktif biji alpukat berdasarkan adsorpsi arang aktif sesuai dengan SNI-06-3730-1995 tentang Arang Aktif Teknis.

2.8 Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)

Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) merupakan suatu metode analisis yang didasarkan pada proses penyerapan energi radiasi oleh atom-atom yang berbeda pada tingkat energi dasar (*ground state*). Penyerapan tersebut mengakibatkan elektron dalam kulit atom tereksitasi ke tingkat energi yang lebih tinggi. Namun, elektron tersebut akan kembali ke tingkat energi dasar dan mengeluarkan energi yang berbentuk radiasi. Atom bebas berinteraksi dengan berbagai bentuk energi seperti energi panas, energi elektromagnetik, energi kimia, dan energi listrik. Interaksi ini menimbulkan proses-proses dalam atom bebas yang menghasilkan adsorpsi dan emisi (pancaran) radiasi dan panas. Radiasi yang dipancarkan bersifat khas karena mempunyai karakteristik panjang gelombang untuk setiap atom bebas Cara kerja AAS ini berdasarkan atas penguapan larutan

sampel, kemudian logam yang terkandung didalamnya diubah menjadi atom bebas. Atom tersebut mengadsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan dari lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya penyerapan radiasi kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu menurut jenis logamnya (Yusniyyah, 2017).

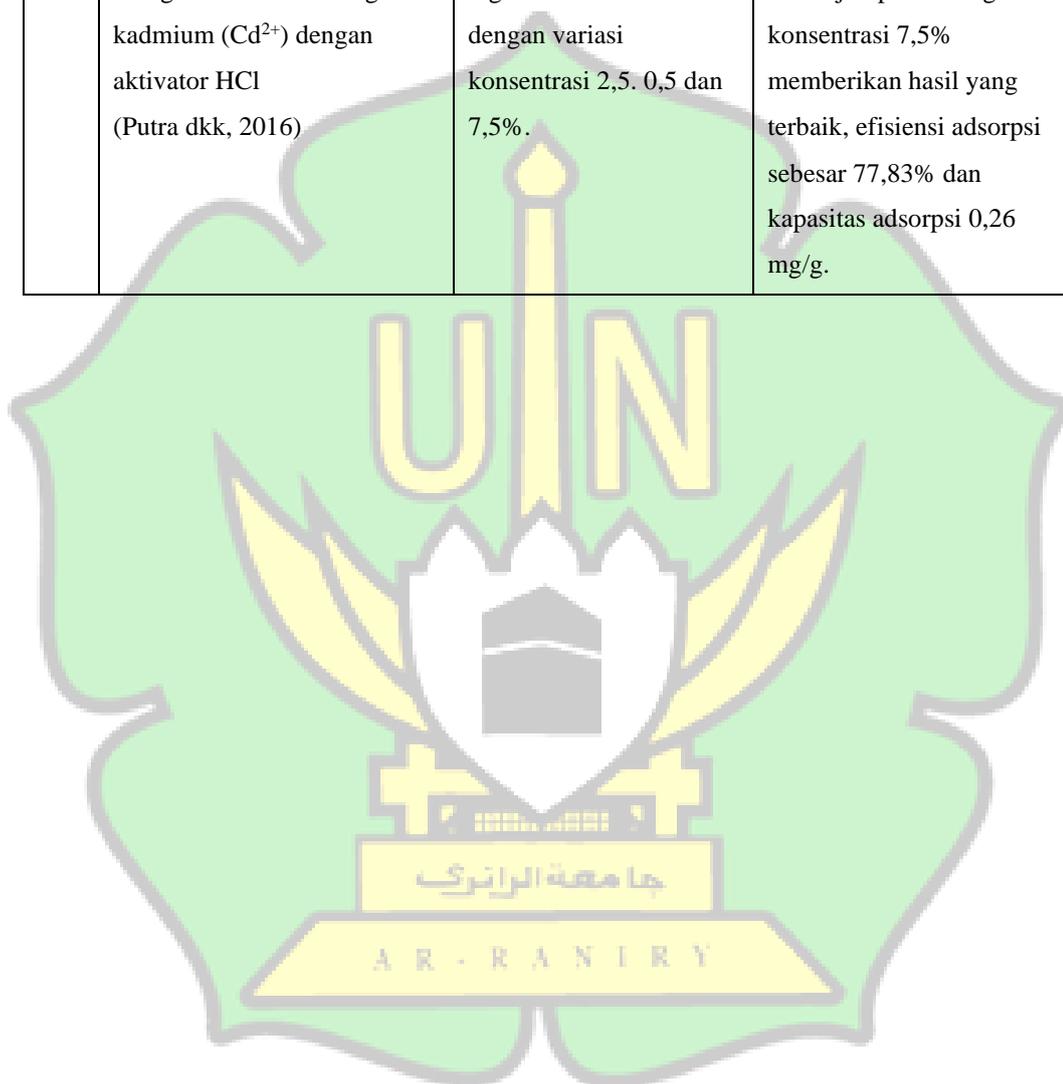
2.9 Penelitian Terdahulu

Berikut beberapa penelitian terdahulu yang berkaitan dengan penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2.2:

Tabel 2.2 Penelitian Terdahulu

No	Sumber Penelitian	Variabel	Hasil
1	Pengaruh aktivator terhadap kemampuan bubuk biji alpukat (<i>Persea americana mill</i>) dalam menyerap ion timbal (II) (Kartika dkk., 2017)	Jenis aktivator HCl dan H ₂ SO ₄ . Variasi konsentrasi aktivator (2,5; 5; dan 7,5%).	Penyerapan bubuk biji alpukat yang diaktivasi menggunakan HCl dan H ₂ SO ₄ masing-masing sebesar 96,81% dan 83,56% terhadap larutan Pb dengan konsentrasi 10 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa aktivator HCl bersifat lebih baik dibandingkan H ₂ SO ₄ .
2	Proses aktivasi kimia menggunakan asam klorida (HCl) dengan variasi waktu aktivasi pada pembuatan arang aktif dari biji alpukat. (Pangestu, D. N. A, 2018)	Konsentrasi HCl 7,5%, variasi waktu aktivasi 15, 18, 21, 24 dan 27 jam.	Karakterisasi kadar air 6,75%, kadar abu 1,19%, kadar zat terbang 24,12%, kadar karbon terikat 74,69% dan daya serap ion 837,24 mg/g, hasil ini ditunjukkan pada waktu aktivasi 27 jam.
3	Potensi bubuk biji alpukat (<i>Persea americana Mill</i>) sebagai adsorben ion Kadmium (II) dan Timbal (II) dengan aktivator HCl.	Aktivasi bubuk biji alpukat menggunakan HCl, variasi konsentrasi yang digunakan 2,5; 5,0 dan 7,5%.	Efisiensi adsorpsi optimum bubuk biji alpukat terhadap ion Kadmium (II) dan Timbal (II) sebesar 89,05% dan

	(Absus dkk, 2015)		96,81%, sedangkan kapasitas adsorpsi yang dihasilkan adalah 1,12 dan 2,34 mg/g.
4	Potensi arang aktif limbah biji alpukat (<i>persea Americana</i>) sebagai adsorben ion logam kadmium (Cd^{2+}) dengan aktivator HCl (Putra dkk, 2016)	Dalam penelitian ini aktivator yang digunakan adalah HCl dengan variasi konsentrasi 2,5. 0,5 dan 7,5%.	Hasil dari karakterisasi menunjukkan bahwa arang dari biji alpukat dengan konsentrasi 7,5% memberikan hasil yang terbaik, efisiensi adsorpsi sebesar 77,83% dan kapasitas adsorpsi 0,26 mg/g.



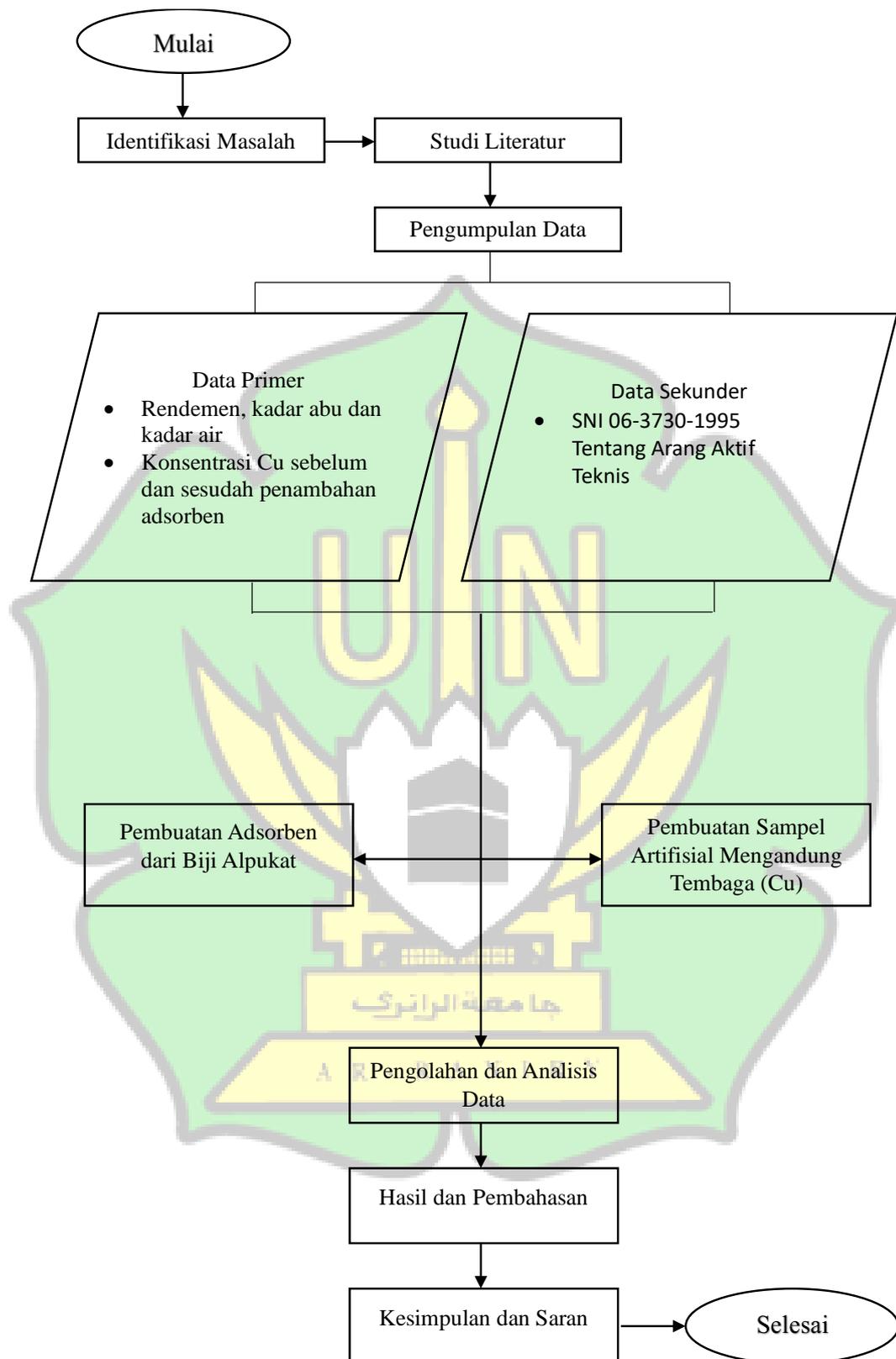
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Tahapan Umum Penelitian

Adapun beberapa tahapan yang akan dilakukan yaitu sebagai berikut:

1. Secara umum, tahapan penelitian ini dimulai dengan tahap identifikasi masalah yaitu merupakan langkah awal yang akan diteliti dari suatu masalah.
2. Tahap studi literatur bertujuan untuk mengetahui informasi mengenai penelitian yang akan dilakukan, sumber literatur yang digunakan pada penelitian ini berasal dari skripsi terdahulu, jurnal dan buku.
3. Tahap pengumpulan data, merupakan tahapan untuk mengumpulkan data-data dan informasi yang dibutuhkan untuk mencapai tujuan penelitian. Tahapan pengumpulan data terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer berupa analisis kualitas arang aktif (kadar abu dan kadar air) dan penurunan konsentrasi Cu sebelum dan sesudah penambahan adsorben. Sedangkan data sekunder berupa artikel jurnal, SNI, dan buku.
4. Tahap analisis data merupakan tahapan mengumpulkan data yang diperoleh dari penelitian.
5. Tahap pembahasan merupakan menjelaskan hasil dari rumusan masalah.
6. Tahap kesimpulan dan saran, yaitu menarik kesimpulan dan saran atas apa yang telah dilakukan selama penelitian. Dasar pengambilan kesimpulan dan saran diantaranya adalah dari hasil analisis dan pembahasan. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Tahapan Umum Penelitian

3.2 Lokasi Penelitian

Semua proses penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Lingkungan Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh, antara lain:

1. Pembuatan larutan Cu
2. Pembuatan arang aktif dari biji alpukat
3. Uji efektivitas arang aktif dari biji alpukat terhadap larutan tembaga (Cu)
4. Uji kapasitas arang aktif dari biji alpukat terhadap larutan tembaga (Cu)

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Peralatan Penelitian

Alat	Merk
<i>Atomic Absorption Spectrophotometer</i> (AAS)	Hach/Toshiba 2100/Biobase
Erlenmeyer	Pyrex
Ayakan 100 mesh	ABM Test sieve analysis
Timbangan analitik	KREN & SOHN GmbH EMB 200-3 German
Desikator	Duran
<i>Muffle furnace</i>	Thermolyne
Gelas beaker	Duran-German
Kertas saring	Whatman 42
Labu ukur	Pyrex-German
Batang pengaduk	
<i>Jar test</i> (flokulator)	Velp Scientifica
Oven	Memmert, German
pH meter	Hanna

3.3.2 Bahan

Adapun bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu ditunjukkan pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Bahan Penelitian

Bahan	Fungsi
Biji Alpukat	Adsorben
Aquadest	Membersihkan peralatan penelitian

Larutan HCl 0,5N dan 1N	Untuk mengaktifkan adsorben dalam menyerap larutan Cu
Asam Nitrat (HNO ₃)	Untuk menetralkan asam yang terkandung pada larutan Cu
Serbuk CuSO ₄	Bahan pembuatan larutan Cu

3.4 Jenis dan Variabel Penelitian

Penelitian ini menggunakan jenis penelitian kuantitatif. Jenis penelitian kuantitatif dengan menggunakan metode adsorpsi dari biji alpukat. Adapun analisis yang dilakukan pada penelitian ini yaitu menganalisis efektivitas dan kapasitas adsorpsi dari biji alpukat.

Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas

Variabel bebas merupakan variabel yang mempengaruhi atau yang menjadi sebab perubahannya atau timbulnya variabel terikat (Ridha, 2017). Variabel bebas dalam penelitian ini adalah konsentrasi aktivator HCl, variasi massa.

2. Variabel Terikat

Variabel terikat merupakan variabel yang dipengaruhi atau yang menjadi akibat, karena adanya variabel bebas (Ridha, 2017). Adapun variabel terikat dalam penelitian ini adalah Tembaga (Cu).

3. Variabel Tetap

Adapun variabel tetap yang digunakan pada penelitian ini adalah waktu kontak.

3.5 Proses Penelitian

3.5.1 Pembuatan Arang Aktif Biji Alpukat

Biji alpukat dibersihkan, kemudian dipotong-potong dan dicuci dengan air serta dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari. Selanjutnya biji alpukat dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam. Kemudian biji alpukat yang sudah dikeringkan dalam oven dimasukkan ke dalam *furnace* dengan suhu 400°C selama 2 jam, dihaluskan sampai berbentuk bubuk dengan ukuran 100 mesh. Adsorben diaktivasi dengan larutan HCl 0,5 N dan HCl 1 N, kemudian dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan residu asam hingga pH netral. Adsorben

dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam dan didinginkan dalam desikator selama 30 menit (Munawarah dkk., 2016).

3.5.2 Analisis Karakteristik Arang Aktif

Pengujian kualitas arang aktif mengacu pada SNI No. 06-3730-1995 tentang standar mutu arang aktif yang ditunjukkan pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Standar Baku Mutu Arang Aktif

Parameter	Standar Baku Mutu Arang Aktif (SNI No. 06-3730-1995)
Rendemen	-
Kadar Air	Maksimum 15%
Kadar Abu	Maksimum 10%

Sumber: SNI No. 06-3730-1995

1. Rendemen

Rendemen arang aktif dihitung dengan membandingkan berat bahan baku dengan berat arang aktif setelah karbonisasi (sari, 2019).

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{b}{a} \times 100\% \quad (3.1)$$

Dengan a adalah berat bahan baku yang dikarbonisasi (g) dan b adalah berat arang yang dihasilkan (g).

2. Kadar Air

Sebanyak 1 gram arang aktif diletakkan ke dalam cawan porselin yang telah ditimbang terlebih dahulu dan diketahui bobotnya. Cawan porselin yang berisi arang aktif yang dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama 3 jam, didinginkan dalam desikator kemudian ditimbang (SNI No. 06-3730-1995).

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3.2)$$

Keterangan:

a = bobot karbon aktif sebelum pemanasan (g)

b = bobot karbon aktif setelah pemanasan (g)

3. Kadar Abu

Masukkan 2 gram arang aktif ke dalam cawan porselin yang telah ditimbang terlebih dahulu dan diketahui bobotnya. Cawan porselin yang berisi arang aktif ditempatkan ke dalam *furnace* selama 2 jam pada suhu 400°C selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang (SNI No. 06-3730-1995).

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{a}{b} \times 100\% \quad (3.3)$$

Keterangan:

a = massa abu (g)

b = massa awal sampel (g)

4. Analisis Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

Fourier Transform Infrared (FTIR) merupakan suatu teknik yang digunakan untuk menganalisa gugus fungsi dari senyawa-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material, semikonduktor, senyawa-senyawa anorganik, dan mineral. FTIR mampu menganalisa suatu material baik secara keseluruhan, lapisan tipis, cairan, padatan, pasta, seruk, serat, dan bentuk yang lainnya dari suatu material. Spektroskopi FTIR tidak hanya mempunyai kemampuan untuk analisa kualitatif, namun juga bisa untuk analisa kuantitatif (Rizky, 2016).

3.5.3 Proses Aktivasi Kimia dengan HCl

Proses aktivasi kimia yang dilakukan adalah dengan larutan asam klorida (HCl). Proses aktivasi kimia adalah proses pengaktifan arang yang bersumber dari biji alpukat dengan menambahkan zat kimia HCl pada sampel agar pori-porinya lebih terbuka dan dapat meningkatkan daya serap (Verayana dkk, 2018). Adapun proses aktivasi kimia yang dilakukan pada penelitian ini yaitu hasil ayakan biji alpukat diaktivasi secara kimia dengan perendaman dalam larutan pengaktif HCl di dalam *beaker glass* dengan variasi konsentrasi 0,5N dan 1N, sebanyak 1000 mL lalu diaduk kemudian didiamkan selama 24 jam. Selanjutnya biji alpukat disaring menggunakan kertas saring, biji alpukat yang telah halus dicuci dengan aquadest untuk menghilangkan sisa larutan HCl 0,5N dan 1N yang terkandung pada adsorben

biji alpukat sampai pH netral, dan biji alpukat dikeringkan dalam oven pada suhu 105°C selama 2 jam dan didinginkan didalam desikator selama 30 menit (Kartika dkk., 2017).

3.5.4 Pembuatan Larutan Cu

Pada tahap pembuatan larutan Cu 1000 ppm yaitu ditimbang serbuk CuSO_4 sebanyak 3,9 gram kemudian dimasukkan ke dalam gelas kimia 1000 ml, kemudian ditambah 10 ml asam nitrat (HNO_3) pekat lalu diencerkan dengan aquades hingga tanda batas dan dihomogenkan. Selanjutnya 100 ml larutan Cu 1000 ppm dimasukkan dalam gelas kimia 1000 ml dan diencerkan dengan aquades sampai tanda batas sehingga diperoleh larutan Cu 100 ppm, kemudian larutan Cu 100 ppm diambil sebanyak 100 ml dimasukkan ke dalam gelas kimia 1000 ml dan ditambahkan aquades sampai tanda batas sehingga didapatkan larutan standar 10 ppm.

3.5.5 Proses Adsorpsi dengan Adsorben Biji Alpukat

Disiapkan 4 sampel logam Cu dengan konsentrasi 10 ppm dalam gelas beaker 1000 mL. Arang aktif biji alpukat dimasukkan ke dalam sampel logam Cu dengan variasi massa 0,5, 1, 1,5 dan 2 gram. Selanjutnya masing-masing sampel diaduk menggunakan jar test dengan kecepatan pengadukan 30 rpm dan waktu pengadukan selama 30 menit. Setelah pengadukan, sampel didiamkan selama 30 menit dan sampel kemudian diambil sebanyak 10 mL dengan menggunakan pipet atau siphon sebagai contoh uji yang akan dianalisis menggunakan AAS untuk menentukan kadar Cu (Kartika dkk., 2017).

3.6 Analisis Data

3.6.1 Pengukuran Derajat Keasaman (pH)

Pengukuran pH dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan setelah penambahan adsorben pada larutan Cu. Prosedur pengukuran pH sesuai SNI 06-6989.11-2004. Sebagai berikut:

- 1 Dilakukan kalibrasi alat pH – meter dengan larutan penyangga sesuai instruksi kerja alat setiap melakukan pengukuran.
- 2 Dikeringkan dengan kertas tisu dan dibilas elektroda dengan air suling.
- 3 Dibilas elektroda dengan contoh uji.
- 4 Dichelupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai pH meter menunjukkan pembacaan yang tetap.
- 5 Dicatat hasil pembacaan skala atau angka pada tampilan dari pH meter.

3.6.2 Pengukuran Suhu

Pengukuran suhu dilakukan dua kali, yaitu sebelum dan setelah penambahan adsorben pada larutan Cu. Prosedur pengukuran suhu sesuai SNI 06-6989.23-2005, sebagai berikut:

1. Termometer langsung dicelupkan ke dalam contoh uji
2. Biarkan 2 menit sampai dengan 5 menit sampai termometer menunjukkan nilai yang stabil.
3. Catat pembacaan skala termometer tanpa mengangkat lebih dahulu termometer dari air.

3.6.3 Menentukan Efektivitas Adsorpsi

Efektivitas adsorpsi dihitung menggunakan rumus efektivitas penurunan yaitu: Hajar dkk. (2018)

$$E_f (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100$$

Dengan E_f adalah efektivitas penurunan, Y_i adalah kandungan awal logam berat dan Y_f adalah kandungan akhir logam berat.

3.6.4 Menentukan Kapasitas Adsorpsi

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung menggunakan persamaan dari Nurfriyanti dkk. (2017)

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e) \times V}{W}$$

Dengan Q_e adalah kapasitas adsorpsi (mg/g), C_0 adalah konsentrasi awal (mg/l), C_e adalah konsentrasi akhir (mg/l), V adalah volume larutan yang digunakan (L) dan W adalah massa adsorben (g).



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini terdiri dari karakterisasi adsorben berdasarkan rendemen, kadar air, kadar abu, kadar Cu, pH dan uji permukaan dengan FTIR. Analisis data dilakukan oleh pengujian penurunan pH dan adsorpsi Logam Cu dalam larutan oleh karbon aktif biji alpukat yang telah diaktivasi dengan larutan HCl 0,5 N dan 1 N. Pengujian kemampuan daya adsorpsi dan pengaruh massa adsorben biji alpukat dalam menyerap Logam Cu dilakukan dengan menggunakan efektivitas adsorpsi dengan persamaan efektivitas dan kapasitas adsorpsi.

4.1 Persiapan Adsorben

Limbah biji alpukat diambil dari limbah hasil pengolahan jus di beberapa lokasi. Biji alpukat dipisahkan terlebih dahulu dari kulit arinya lalu biji alpukat dicuci dengan air hal ini dilakukan untuk menghilangkan kotoran yang tersisa pada biji alpukat. Setelah itu biji alpukat dipotong kecil-kecil untuk memudahkan proses pengeringan. Gambar biji alpukat dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Biji Alpukat

Biji alpukat yang sudah dilakukan pengeringan akan menyusut. Penyusutan dan penurunan berat kering disebabkan oleh panas matahari sehingga terlepasnya kandungan air yang terdapat pada biji alpukat. Setelah itu biji alpukat di oven pada suhu 105 °C selama 2 jam untuk menghilangkan air yang masih tersisa pada biji

alpukat. Biji alpukat selanjutnya diarangkan di dalam *muffle furnace* dengan suhu 400 °C selama 2 jam. Berikut gambar biji alpukat sebelum dan setelah di-*furnace* dapat dilihat pada Gambar 4.2 dan Gambar 4.3.



Gambar 4.2 Biji alpukat sebelum di-*furnace*



Gambar 4.3 Biji alpukat setelah di-*furnace*

Setelah proses karbonisasi selesai, Tahap selanjutnya biji alpukat dihaluskan dan dilakukan penyaringan dengan ukuran 100 mesh untuk menyeragamkan ukuran adsorben yang akan digunakan. Proses penyaringan biji alpukat dapat dilihat pada Gambar 4.4. Menurut Setiayoningsih (2018) semakin kecil ukuran adsorben maka semakin luas permukaannya dan semakin luas permukaan adsorben maka semakin banyak pula zat yang dapat diadsorpsi.



Gambar 4.4 Proses Penyaringan Biji Alpukat

Tahap selanjutnya yaitu aktivasi adsorben. Aktivasi merupakan proses yang paling penting dalam proses pembuatan karbon aktif, proses aktivasi ini dilakukan

bertujuan agar memperluas diameter pori-pori karbon dan mengembangkan volume yang terserap dalam pori karbon serta membuka pori-pori baru melalui metode aktivasi fisika atau aktivasi kimia (Erawati & Ardiansyah, 2018). Pada penelitian ini aktivasi yang digunakan adalah aktivasi kimia menggunakan larutan HCl 0,5N dan 1N sebagai aktivator. Biji alpukat yang telah dihaluskan kemudian direndam menggunakan larutan HCl 0,5N dan 1N selama 24 jam agar biji alpukat terendam secara sempurna dan permukaan pori menjadi terbuka dapat dilihat pada Gambar 4.5. setelah adsorben biji alpukat terendam sempurna, selanjutnya adsorben biji alpukat disaring dan dicuci dengan aquades untuk menghilangkan sisa larutan HCl yang masih tersisa pada biji alpukat. Setelah proses perendaman dan pencucian selesai, karbon aktif dikeringkan kembali dengan cara di oven pada suhu 105°C selama 2 jam.



Gambar 4.5 Aktivasi Biji Alpukat dengan Larutan HCl 0,5N dan 1N

Setelah proses pengarangan selesai, selanjutnya dilakukan pengujian kualitas adsorben biji alpukat yang meliputi rendemen, kadar air dan kadar abu. Hasil dari pengujian pada adsorben tersebut dapat dilihat pada Tabel 4.1 berikut ini.

Tabel 4.1 Hasil analisis karakteristik adsorben biji alpukat sesuai dengan SNI No. 06-3730-1995.

Parameter	Hasil Analisis (%)	SNI No. 06-3730-1995
Randemen	60,45%	-
Kadar Air	11,92%	Maksimum 15%
Kadar Abu	8,6%	Maksimum 10%

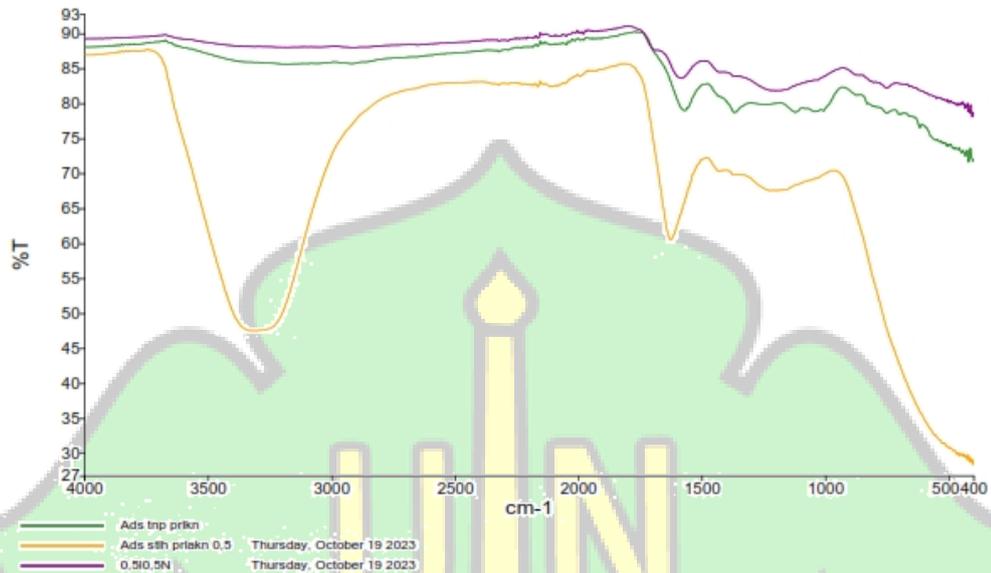
Perhitungan rendemen dilakukan untuk mengetahui persentase dari jumlah arang aktif yang dihasilkan dari bahan awal biji alpukat setelah melalui proses aktivasi dan karbonisasi. Menurut Alimah (2011) suhu aktivasi, waktu aktivasi berpengaruh terhadap rendemen yang dihasilkan. Dari hasil analisis tersebut didapatkan bahwa nilai rendemen 60,45%, Pemanasan dengan suhu yang tinggi dapat menurunkan hasil persentase rendemen karena zat volatil dalam bahan banyak hilang.

Hasil analisa kadar air menunjukkan bahwa kadar air arang aktif biji alpukat pada penelitian ini yaitu 11,92% dan sudah layak digunakan sebagai adsorben. Menurut Mu'jizah (2010), semakin rendah kadar air maka semakin banyak tempat dalam pori-pori yang dapat ditempati oleh adsorbat, sehingga kapasitas adsorpsi semakin tinggi. Selanjutnya kadar abu pada adsorben biji alpukat yaitu 8,6%. Pengujian kadar abu pada adsorben dilakukan untuk mengetahui oksida logam dan mineral-mineral yang terdapat di dalam abu yang tidak terbang saat pembakaran dan aktivasi (Telaumbanua, 2017). Dari hasil pengujian kadar air dan kadar abu yang dilakukan menandakan bahwa adsorben biji alpukat dapat digunakan sebagai adsorben dan telah sesuai dengan ketentuan SNI No. 06-3730-1995 tentang baku mutu arang aktif.

4.2 Hasil Analisis Permukaan Adsorben Menggunakan *Fourier Transform Infrared* (FTIR)

Sebelum digunakan karbon aktif, diuji terlebih dahulu karakteristiknya dengan menggunakan analisis spektroskopi FTIR untuk mengetahui perubahan struktur senyawa yang diamati dari gugus fungsi yang terdapat dalam adsorben. FTIR merupakan teknik analisis yang penting untuk mendeteksi karakteristik getaran gugus fungsi yang terdapat pada permukaan adsorben (Salsabila dkk., 2023). Prinsip spektrofotometri FTIR adalah sampel dipindai, yang berarti sinar infra merah akan dilewatkan ke sampel. Gelombang yang diteruskan oleh sampel akan ditangkap oleh detektor yang terhubung ke komputer yang akan memberikan gambaran spektrum sampel yang diuji. Struktur kimia dan bentuk ikatan molekul serta gugus fungsional tertentu sampel yang diuji menjadi dasar bentuk spektrum

yang akan diperoleh dari hasil analisa (Haryani, 2020). Hasil analisis FTIR karbon aktif dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Hasil Analisis FTIR Karbon Aktif

Tabel 4.2 Daerah Frekuensi Pembacaan FTIR Sebelum Aktivasi

Daerah Frekuensi	Ikatan	Tipe Senyawa	Intensitas
1500	C-C	Cincin Aromatik	Berubah-ubah

Tabel 4.3 Daerah Frekuensi Pembacaan FTIR Sesudah Aktivasi

Daerah Frekuensi	Ikatan	Tipe Senyawa	Intensitas
3300	O-H	Alkana	Kuat
1600	C-O	Aldehid, Keton, Asam Karboksilat, Ester	Kuat

Dilihat pada Gambar 4.6 dan Tabel 4.2 hasil uji analisis FTIR sebelum perlakuan aktivasi terdapat gugus fungsi C-C dengan daerah frekuensi 1500 dengan puncak serapan tertinggi 80%. Berdasarkan Tabel 4.3 perlakuan aktivasi karbon aktif menggunakan HCl 0,5 N menunjukkan adanya gugus O-H dengan puncak serapan pada bilangan gelombang 3300 dengan puncak serapan tertinggi 87%, sedangkan pada bilangan gelombang 1600 menunjukkan terdapat gugus C-O dengan puncak serapan tertinggi yaitu 73%. Berdasarkan hasil uji FTIR diatas dapat

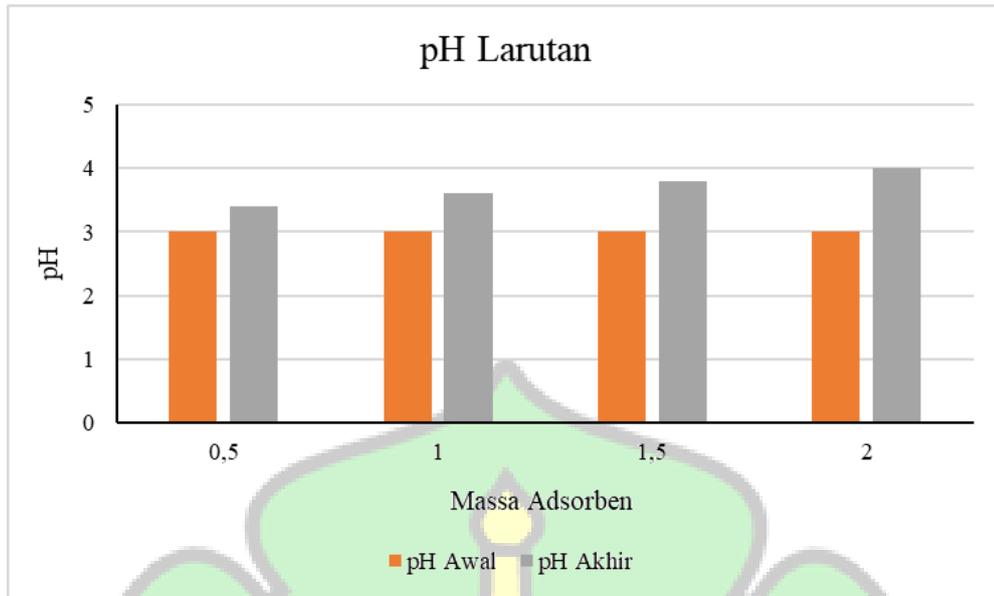
disimpulkan memiliki gugus fungsi dengan struktur karbon aktif yang bisa dijadikan sebagai adsorben.

4.3 Pengujian Daya Adsorpsi

Pengujian daya adsorpsi karbon aktif biji alpukat terhadap larutan Cu dengan menggunakan *Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)* dilakukan di Laboratorium Multifungsi Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh. Sampel larutan Cu dicampurkan dengan adsorben yang telah diaktivasi dengan HCl 0,5N dan 1N serta dilakukan pengadukan agar terjadi kontak secara merata. Variasi yang digunakan yaitu dosis adsorben untuk bisa mengetahui dosis yang optimum yang bisa digunakan dalam penurunan kadar Cu pada larutan. Karbon aktif biji alpukat dimasukkan ke dalam *beaker glass* dengan massa adsorben sebanyak 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram. Kemudian masing-masing adsorben ditambahkan sampel larutan Cu dengan konsentrasi 10 ppm, lalu diaduk menggunakan *jar test* selama 30 menit dengan kecepatan 30 rpm. Setelah itu didiamkan selama 30 menit agar residunya mengendap, kemudian disaring menggunakan kertas saring dan diambil sebanyak 10 ml untuk diukur menggunakan AAS.

4.4 Pengaruh Massa Adsorben Terhadap Parameter pH

Menurut Apriliani (2010) nilai pH merupakan salah satu parameter penting pada proses adsorpsi dan juga dapat memberikan pengaruh kesetimbangan kimia pada adsorbat. Pada pengujian pH ini konsentrasi larutan sama yaitu 10 ppm, dan waktu pengadukan 30 menit. Pada proses adsorpsi, pengecekan pH dilakukan untuk menghindari perubahan pH yang dikhawatirkan dapat mempengaruhi kemampuan penyerapan adsorben. Pengaruh massa adsorben terhadap parameter pH dapat dilihat pada Gambar 4.7



Gambar 4.7 Pengaruh massa adsorben terhadap parameter pH

Dari Gambar 4.7 terlihat bahwa dengan penambahan adsorben biji alpukat dapat meningkatkan parameter pH dalam larutan Cu. Serbuk CuSO_4 membentuk larutan sedikit asam. Nilai pH dari larutan Tembaga (CuSO_4) yang diperoleh dalam penelitian ini yaitu 3, pH dengan nilai tersebut bersifat asam. pH menjadi faktor yang perlu diperhatikan karena menjadi salah satu faktor yang penting dalam proses adsorpsi. Penambahan massa adsorben menyebabkan kenaikan pH, kenaikan pH ini dikarenakan terjadinya ikatan kimia antara adsorben dengan adsorbat. Hal ini berhubungan dengan protonasi dan deprotonasi permukaan sisi aktif dari adsorben. pH akan mempengaruhi muatan permukaan adsorben, dan derajat ionisasi yang dapat terserap dalam adsorpsi tersebut. Nilai pH juga dapat mempengaruhi kesetimbangan kimia, baik pada adsorbat maupun pada adsorben.

Peningkatan pH ini dipengaruhi oleh adanya reaksi pertukaran ion-ion logam dengan gugus fungsi yang terkandung dalam adsorben. Semakin banyak adsorben maka reaksi pertukaran ion-ion logam dengan gugus fungsi adsorben juga akan semakin banyak. Menurut Apriliani (2010) molekul yang teradsorpsi secara kimia diduga memiliki sisi aktif atau gugus fungsi yang dapat berinteraksi dengan logam. Pada proses adsorpsi dengan pertukaran ion, adsorpsi dipengaruhi oleh jumlah proton dalam larutan dan bersaing dengan ion logam pada permukaan adsorben, sehingga mempengaruhi jumlah proton pada pH rendah atau asam, yaitu

di bawah pH 5, dan jumlah proton (H^+) melimpah. Karena itu, kesempatan terjadinya pengikatan logam oleh adsorben relatif kecil (efisiensi penyerapannya turun). Pada kondisi asam permukaan adsorben bermuatan positif, sehingga terjadi tolakan antara permukaan adsorben dengan ion logam, dan adsorpsi pun menjadi rendah (Nurhasni dkk., 2014).

Berdasarkan Gambar 4.7 menunjukkan bahwa setelah penambahan adsorben biji alpukat mengalami kenaikan pH dalam kategori asam, sehingga dapat dilihat bahwa keefektifan adsorben baik dalam meningkatkan nilai pH. Dari data tersebut dapat diambil kesimpulan bahwa massa adsorben biji alpukat yang dapat meningkatkan pH hingga batas optimum adalah 2 gram dengan nilai pH 4.

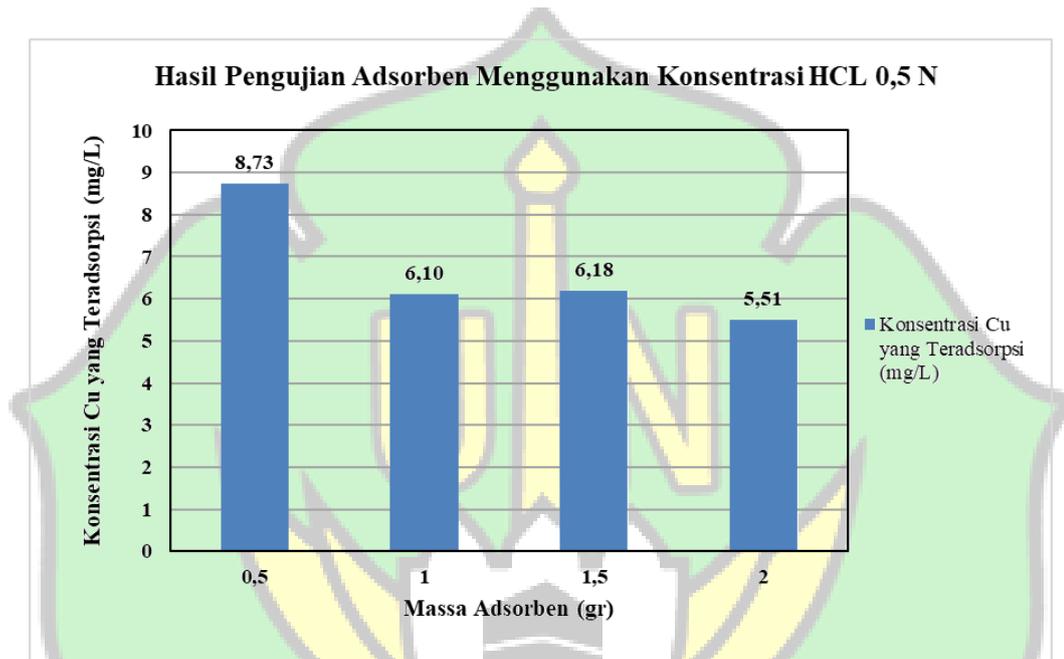
4.5 Pengaruh Variasi Massa Adsorben yang telah diaktivasi dengan HCl 0,5 N dan 1 N Terhadap Larutan Tembaga (Cu)

Massa adsorben sangat mempengaruhi kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi ion Logam Cu. Pada percobaan ini variasi massa adsorben yang telah diaktivasi dengan HCl 0,5N dan 1N masing-masing ditimbang sebesar 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram, 2 gram dengan waktu kontak 30 menit dan kecepatan pengadukan 30 rpm. Data hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.4 berikut.

Tabel 4.4 Hasil Pengujian Adsorben dan Variasi Massa Adsorben Pada Adsorpsi Ion Tembaga (Cu)

Jenis Adsorben	Konsentrasi HCl yang Digunakan	Kecepatan Pengadukan : 30 rpm			
		Waktu Pengadukan : 30 Menit			
		Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi akhir (mg/L)	Konsentrasi Cu yang Teradsorpsi (mg/L)
Biji Alpukat	0,5 N	0,5	10	1,269	8,73
		1	10	3,897	6,10
		1,5	10	3,818	6,18
		2	10	4,486	5,51
Biji alpukat	1 N	0,5	10	6,784	3,22
		1	10	5,402	4,60
		1,5	10	6,787	3,22
		2	10	5,675	4,33

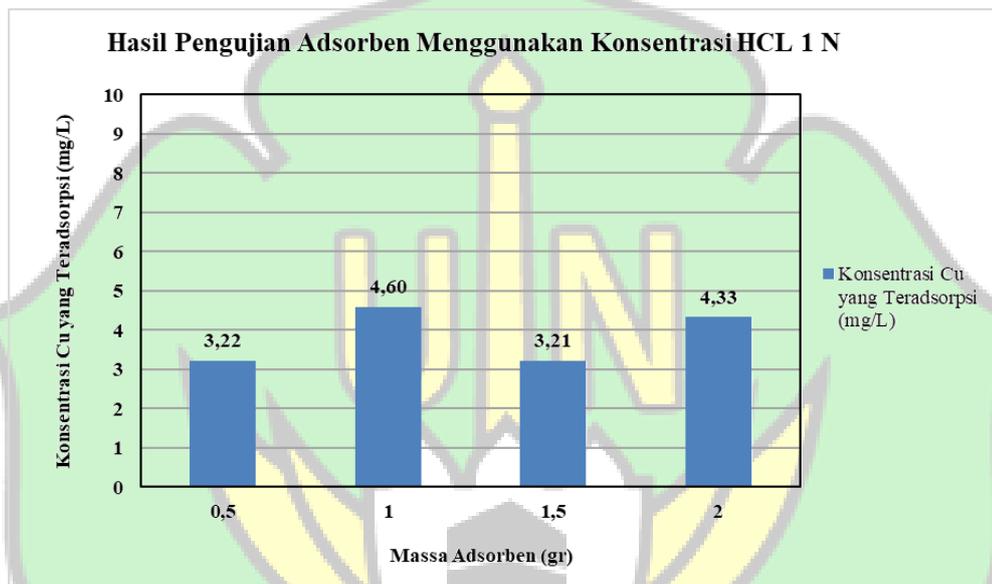
Hasil pengujian daya serap karbon aktif pada variasi massa adsorben menunjukkan adanya pengaruh massa terhadap daya adsorpsi. Dari Tabel 4.4. terlihat bahwa hasil kemampuan penyerapan adsorben yang telah diaktivasi dengan HCl 0,5 N terhadap ion tembaga (Cu) mengalami perubahan seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben.



Gambar 4.8 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Biji Alpukat yang Diaktivasi dengan HCl 0,5N Pada Adsorpsi Ion Logam (Cu)

Menurut Purnamasari (2016) Peningkatan daya serap yang tajam terjadi karena tercapainya keadaan setimbang antara jumlah ion logam dalam larutan dengan jumlah partikel karbon aktif yang tersedia. Berdasarkan Gambar 4.8. dapat dilihat bahwa, adsorpsi mengalami peningkatan dan penurunan di setiap bertambahnya massa adsorben yang sudah diaktivasi dengan HCL 0,5 N. Pada massa adsorben 0,5 gram nilai efektivitas adsorpsi logam Cu relatif lebih besar. Namun kenaikan massa tidak selalu berbanding lurus dengan penyerapan logam seperti pada massa 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram mengalami penurunan hal tersebut dikarenakan Cu yang teradsorpsi telah mendekati kesetimbangan karena jumlah molekul adsorbat yang berikatan dengan adsorben semakin sedikit. Hal tersebut disebabkan jumlah massa adsorben dapat mempengaruhi proses adsorpsi dimana

semakin bertambahnya massa menyebabkan adsorben telah mencapai titik jenuh jika permukaannya telah terisi oleh adsorbat. Sehingga massa adsorben biji alpukat 0,5 gram ditetapkan sebagai massa optimum dalam menurunkan konsentrasi Cu 10 mg/L menjadi 1,269 mg/L dan Cu yang teradsorpsi sebanyak 8,73 mg/L dalam 1 liter larutan. Dari Tabel 4.4 terlihat bahwa hasil kemampuan penyerapan adsorben yang telah diaktivasi dengan HCl 1 N terhadap ion tembaga (Cu) mengalami perubahan seiring dengan bertambahnya jumlah adsorben.



Gambar 4.9 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Biji Alpukat yang Diaktivasi dengan HCl 1N Pada Adsorpsi Ion Logam (Cu)

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa, penyerapan ion yang terjadi bervariasi. Dari data yang disajikan pada Gambar 4.9 terjadinya peningkatan adsorpsi logam pada massa adsorben biji alpukat 1 gram. Namun pada massa adsorben 0,5 gram, 1,5 gram dan 2 gram mengalami penurunan. Menurut Nurafriyanti dkk (2017) semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin banyak gugus aktif yang tersedia sehingga pertukaran H^+ dengan ion logam, namun terjadi penurunan penyerapan oleh adsorben karena adsorben dan ion logam telah mencapai titik jenuh yang menyebabkan adsorben tidak mampu lagi menyerap ion logam.

Berdasarkan hasil uji menunjukkan bahwa massa adsorben biji alpukat 1 gram merupakan massa yang optimum dalam penurunan konsentrasi Cu 10 mg/L menjadi 5,402 mg/L dan Cu yang teradsorpsi sebanyak 4,60 mg/L dalam 1 liter larutan.

4.6 Efektivitas Penyerapan Adsorben yang Telah Diaktivasi Dengan HCl 0,5 N dan 1 N Terhadap Ion Logam Tembaga (Cu)

Massa adsorben sangat mempengaruhi kemampuan adsorben dalam mengadsorpsi logam Cu. Pada percobaan ini massa adsorben sebesar 0,5 gram, 1 gram, 1,5 gram dan 2 gram dengan waktu kontak 30 menit dan kecepatan pengadukan 30 rpm. Data hasilnya dapat dilihat pada Tabel 4.5 berikut.

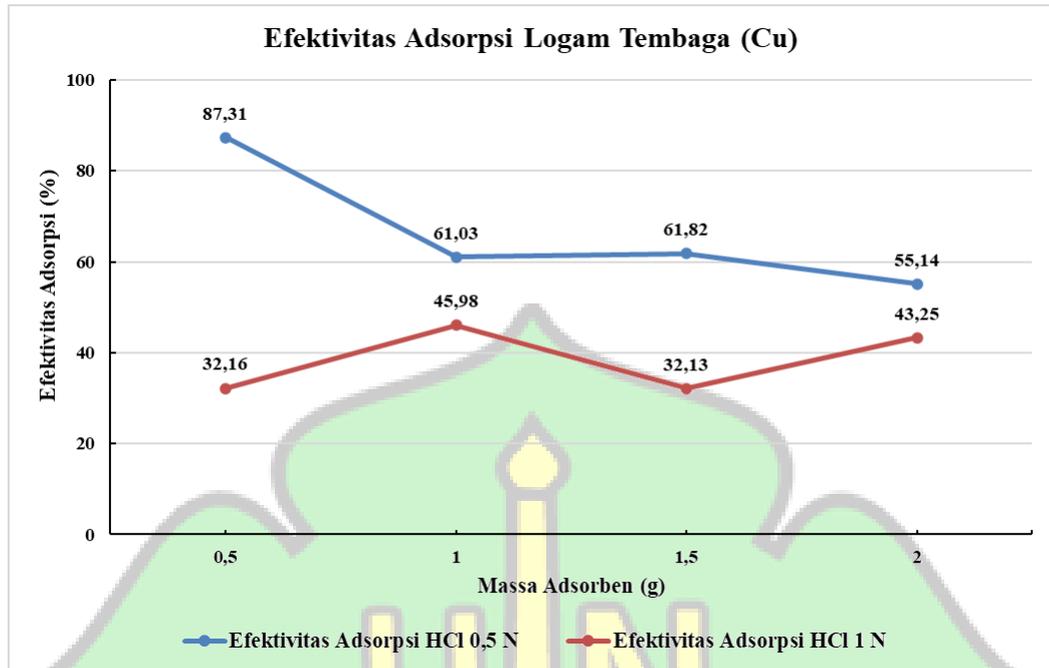
Tabel 4.5 Efektivitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)

Jenis Adsorben	Konsentrasi yang Digunakan	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efektivitas Adsorpsi (%)
Biji Alpukat	0,5 N	0,5	10	1,269	87,31
		1	10	3,897	61,03
		1,5	10	3,818	61,82
		2	10	4,486	55,14
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata					66,33
Biji Alpukat	1 N	0,5	10	6,784	32,16
		1	10	5,402	45,98
		1,5	10	6,787	32,13
		2	10	5,675	43,25
Efektivitas Adsorpsi Rata-rata					38,38

Dilakukan analisis data dengan menggunakan perhitungan efektivitas penyerapan Cu dengan massa adsorben biji alpukat 0,5 gram, konsentrasi awal 10 mg/L sebagai Y_i dan konsentrasi akhir 1,269 mg/L sebagai Y_f , dihitung dengan persamaan berikut:

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 1,269}{10} \times 100\% \\ = 87,31\%$$



Gambar 4.10 Efektivitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)

Efektivitas adsorpsi merupakan banyaknya ion logam yang terserap oleh adsorben dan nilainya ditentukan oleh perubahan dari ion logam setelah mengalami proses adsorpsi oleh adsorben. Semakin banyak adsorben yang digunakan maka semakin banyak ion logam yang teradsorpsi. Besarnya efektivitas adsorpsi berbanding lurus dengan banyaknya jumlah adsorben yang ditambahkan, terlihat bahwa konsentrasi ion logam semakin menurun seiring dengan penambahan massa adsorben (Apriliani, 2010). Berdasarkan Gambar 4.10 dapat dilihat efektivitas adsorpsi optimum pada adsorben biji alpukat yang telah diaktivasi menggunakan HCl 0,5 N, adsorpsi optimum terjadi pada massa adsorben 0,5 gram, dengan tingkat efektivitas 87,31%. Untuk adsorben biji alpukat yang telah diaktivasi menggunakan HCl 1 N adsorpsi optimum terjadi pada massa adsorben 1 gram dengan tingkat efektivitas yaitu 45,98%. Dilihat dari gambar diatas seiring bertambahnya jumlah adsorben terjadinya penurunan nilai efektivitas, hal ini menunjukkan adanya batas kemampuan menyerap dan adsorben akan menjadi jenuh apabila semua pori-porinya telah terisi penuh dalam mengadsorpsi ion logam Cu. Berdasarkan Tabel 4.5 efektivitas adsorpsi rata-rata dari adsorben biji alpukat yang diaktivasikan dengan HCl 0,5 N yaitu 66,33%, efektivitas adsorpsi rata-rata dari adsorben biji alpukat

yang diaktivasi dengan HCl 1 N yaitu 38,38% dalam menurunkan konsentrasi tembaga 10 mg/L dalam 1 liter larutan.

4.7 Kapasitas Penyerapan Adsorben yang Telah Diaktivasi Dengan HCl 0,5 N dan 1 N Terhadap Ion Logam Tembaga (Cu)

Kapasitas adsorpsi merupakan kapasitas dari adsorben dalam menyerap adsorbat. Kapasitas adsorpsi bertujuan untuk mengetahui kemampuan penyerap adsorben terhadap adsorbat. Satuan yang digunakan pada kapasitas adsorpsi yaitu mg/g (Nurafriyanti dkk, 2017). Dengan demikian kapasitas adsorpsi ini dapat berkaitan dengan kemampuan daya serap adsorben terhadap zat yang akan diserap. Kapasitas adsorpsi terhadap penyerapan ion logam Cu dengan menggunakan biji alpukat ini dapat dilihat pada Tabel 4.6 berikut ini:

Tabel 4.6 Kapasitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)

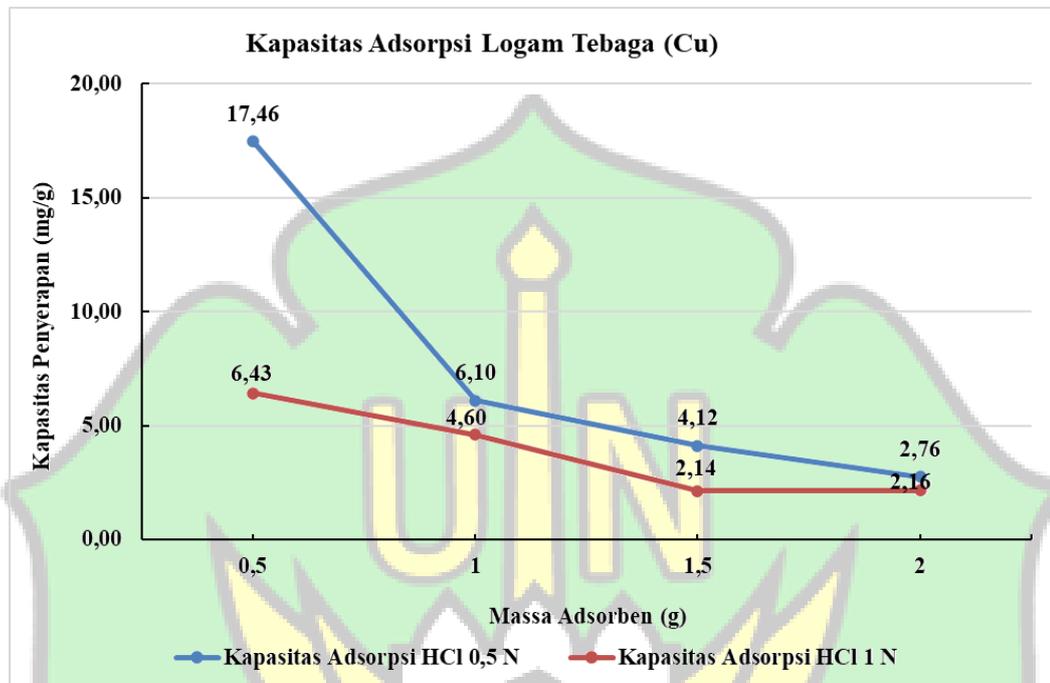
Jenis Adsorben	Konsentrasi yang Digunakan	Massa Adsorben (gr)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Efektivitas Adsorpsi (mg/g)
Biji Alpukat	0,5 N	0,5	10	1,269	17,46
		1	10	3,897	6,10
		1,5	10	3,818	4,12
		2	10	4,486	2,76
Kapasitas Adsorpsi Rata-rata					7,61
Biji Alpukat	1 N	0,5	10	6,784	6,43
		1	10	5,402	4,60
		1,5	10	6,787	2,14
		2	10	5,675	2,16
Kapasitas Adsorpsi Rata-rata					3,83

Sebagai contoh, untuk perhitungan kapasitas penyerapan Cu dengan massa adsorben biji alpukat 0,5 gram dalam volume larutan 1 liter sebagai V , konsentrasi awal 10 ppm sebagai C_i dan konsentrasi akhir 1,269 ppm sebagai C_e , dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$

$$Q_e = \frac{10 - 1,269 \times 1}{0,5 \text{ gram}}$$

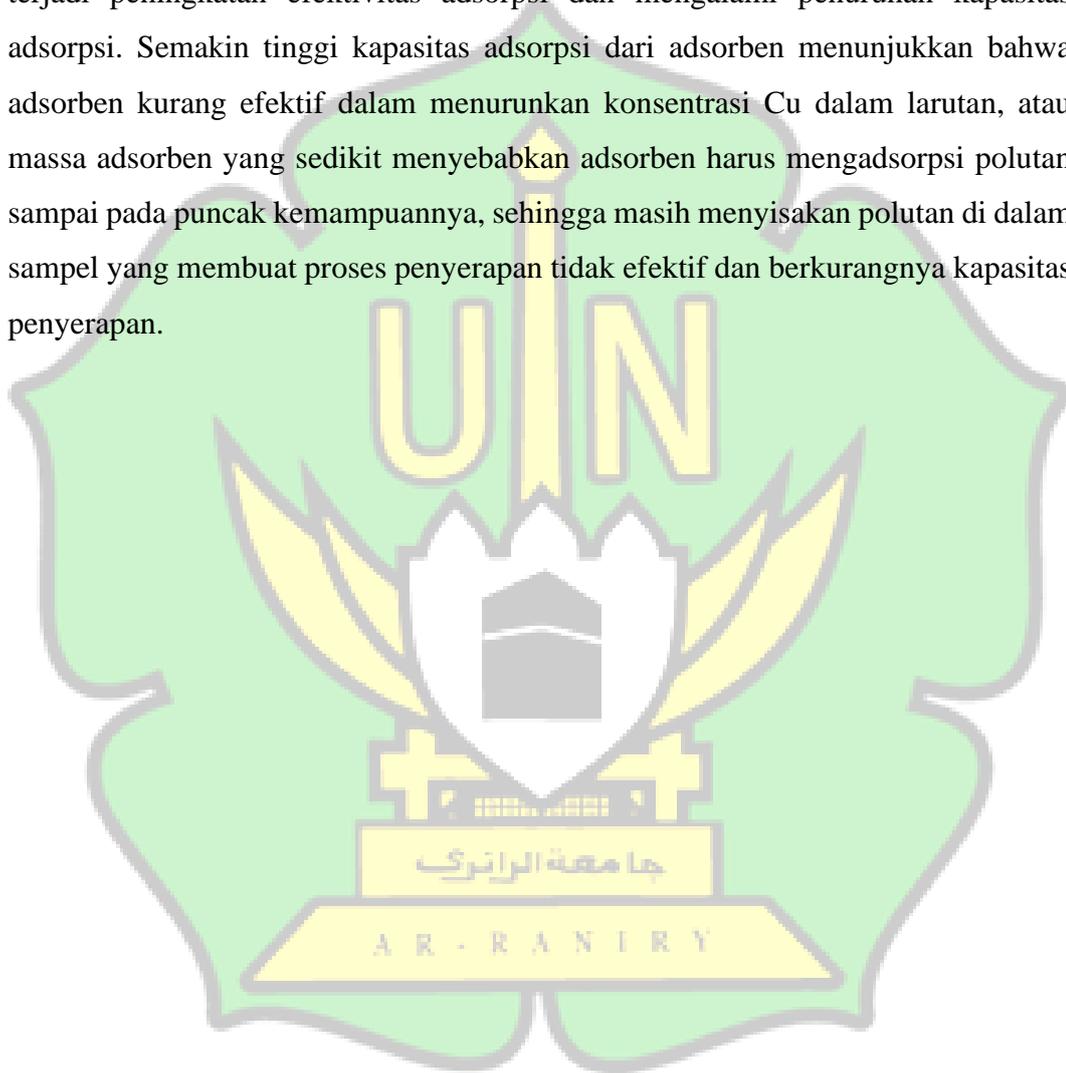
$$= 17,46 \text{ mg/g}$$



Gambar 4.11 Kapabilitas Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)

Berdasar Tabel 4.6 dan Gambar 4.11 diatas dilihat bahwa, besarnya kapasitas dari penyerapan logam Tembaga (Cu) pada masing-masing massa adsorben yang telah diaktivasi dengan larutan HCl dengan konsentrasi 0,5 N dan 1 N. pada adsorben biji alpukat yang telah diaktivasi dengan HCl 0,5 N dengan volume larutan 1 liter, kapasitas penyerapan tertinggi yaitu pada massa adsorben 0,5 gram yaitu dengan kapasitas penyerapan sebesar 17,46 mg/g, sedangkan kapasitas penyerapan terendah yaitu pada massa adsorben 2 gram dengan kapasitas penyerapan yaitu 2,76 mg/g. pada adsorben biji alpukat yang telah diaktivasi dengan HCl 1N kapasitas penyerapan tertinggi yaitu pada massa adsorben 0,5 gram dengan kapasitas penyerapan sebesar 6,43 mg/g, sedangkan kapasitas penyerapan terendah terjadi pada massa adsorben 1,5 gram dengan kapasitas penyerapan yaitu 2,14 mg/g.

Hasil analisis data dapat disimpulkan bahwa semakin banyak massa adsorben yang digunakan maka kapasitas adsorpsi (penyerapan) semakin menurun. Semakin bertambah massa adsorben yang digunakan, dapat menyebabkan permukaan adsorben jenuh karena terjadi penggumpalan adsorben sehingga permukaan adsorben tidak terbuka seluruh dan kapasitas penyerapannya menurun. Diperkuat oleh Barros dkk. (2003) pada saat penambahan massa adsorben maka terjadi peningkatan efektivitas adsorpsi dan mengalami penurunan kapasitas adsorpsi. Semakin tinggi kapasitas adsorpsi dari adsorben menunjukkan bahwa adsorben kurang efektif dalam menurunkan konsentrasi Cu dalam larutan, atau massa adsorben yang sedikit menyebabkan adsorben harus mengadsorpsi polutan sampai pada puncak kemampuannya, sehingga masih menyisakan polutan di dalam sampel yang membuat proses penyerapan tidak efektif dan berkurangnya kapasitas penyerapan.



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang diperoleh, maka kesimpulan pada penelitian ini adalah:

1. Pengaruh Efektivitas adsorpsi paling tinggi dalam menyerap logam tembaga (Cu) pada larutan dengan menggunakan adsorben biji alpukat yang diaktivasi dengan HCl 0,5 N adalah pada massa adsorben 0,5 gram dengan tingkat efektivitas 87,31%. Sedangkan untuk efektivitas adsorpsi paling tinggi dalam menyerap logam tembaga (Cu) pada larutan dengan menggunakan adsorben biji alpukat yang telah diaktivasi dengan HCl 1 N yaitu pada massa adsorben 1 gram dengan tingkat efektivitas yaitu 45,98%.
2. Kapasitas adsorpsi paling tinggi dalam menyerap logam tembaga (Cu) pada larutan dengan menggunakan adsorben biji alpukat yang telah diaktivasi dengan HCl 0,5 N yaitu pada massa adsorben 0,5 gram dengan kemampuan penyerapan kapasitas tertinggi sebesar 17,46 mg/g. sedangkan kapasitas adsorpsi yang paling tinggi pada adsorben biji alpukat yang diaktivasi dengan HCl 1 N yaitu pada massa adsorben 1 gram dengan kapasitas penyerapan sebesar 4,60 mg/g.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian ini, adapun saran untuk penelitian lebih lanjut adalah:

1. Bagi peneliti selanjutnya aktivasi adsorben juga dapat dilakukan dengan aktivator bahan kimia lainnya seperti, NaOH, H₂SO₄, dan lain sebagainya, untuk mendapatkan pori-pori daya serap dari karbon aktif yang lebih maksimal.
2. Bagi peneliti selanjutnya mengenai pemanfaatan adsorben biji alpukat dapat dilakukan dengan menambahkan variabel bebas seperti variasi massa, waktu pengadukan, variasi kecepatan pengadukan, dan variasi konsentrasi larutan.

3. Bagi peneliti selanjutnya mengenai efektivitas adsorpsi dari adsorben biji alpukat dapat dilakukan dengan membandingkan ukuran mesh yang digunakan untuk menyamakan partikel adsorben.



DAFTAR PUSTAKA

- Absus, S., Itnawita, & Kartika, G. F. (2015). Potensi Bubuk Biji Alpukat (*Persea Americana Mill*) Sebagai Adsorben Ion Kadmium (II) dan Timbal (II) dengan Aktivator HCl. *Repository Universitas Riau*.
- Adhani, R., Husaini (2017). *Logam Berat Sekitar Manusia*. Lambung Mangkurat University Press.
- Aisyahlika, S. Z., Firdaus, M. L & Elvia, R. (2018). Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Cangkang Bintaro (*Cerbera odallam*) Terhadap Zat Warna Sintesis *Reactive Red-120* dan *Reactive Blue-198*. *Jurnal Pendidikan dan Ilmu Kimia*. 2(2): 148-155.
- Alsuhendra, Zulhipri, Ridaawati dan Lisanti. (2007). *Ekstraksi dan Karakteristik Senyawa Fenolik dari Biji Alpukat (Persea Americana Mill)*. Prosiding Seminar Nasional PATPI, Bandung.
- Alimah, D. (2011). Sifat dan Mutu Arang Aktif Dari Tempurung Biji Mete (*Anacardium occidentale L*). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 35(2), 123-133.
- Anggriawan, A., Yanggi Atwanda, M., Lubis, N., & Fathoni, R. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*) Adsorption Ability Of Cu Heavy Metal Using Corn Husk Adsorbens (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, 03(2), 27–30.
- Apriliani, A. (2010). *Pemanfaatan Arang Ampas Tebu Sebagai Adsorben Ion Logam Cd, Cr, Cu dan Pb Dalam Air Limbah*. Skripsi. Jakarta. Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah.
- Arung, S., Yudi, M dan Chadijah. (2014). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Asam Klorida (HCl) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Arang Aktif Kulit Buah Kakao (*Theobroma Cacao. L*) Pada Zat Warna *Methanil Yellow*. *Al-Kimia*. 2(1), 52-63.
- Azizah, R. N., Indriani, N. E., Annisa, P. N., Mustopa, B. A. B., Pratam, M. R., Hidayat, M. R., & Sulistiyorini, D. (2022). Analisis Risiko Logam Berat Cr dan Cu Pada DAS Cileungsi. *Jurnal Sanitasi Lingkungan*. 2(1), 1-6.

- Botahala, L. (2022). Adsorpsi Arang Aktif (Kimia Permukaan - Kimia Zat padat - Kimia Katalis). Fanating
- Barros, J. L., Macedo, G. R., Duarte, M. M., Silvia, E. P., & Lobato (2003). Biosorption Cadmium Using The Fungus *Aspergillus Niger*. *Brazilian Journal Of Chemical Engineering*. 20(3), 1-17.
- Diba, R. F., Amalia, V., Hadisantoso, E. P., & Rohmatulloh, Y. (2017). Adsorpsi Ion Logam Tembaga(II) dalam Air Dengan Serbuk Tulang Ikan Gurame (*Osphronemus gourami Lac*). *Al-Kimiya*, 4(2), 105–112.
- Fitriani, & Nurulhuda. (2018). Pemurnian Minyak Goreng Bekas Menggunakan Adsorben Biji Alpukat Teraktivasi. *Jurnal Pendidikan Matematika Dan IPA*, 9(2), 65–75.
- Herlandien, Y, L. (2013). *Pemanfaatan Arang Aktif Sebagai Adsorban Logam Berat Dalam Air Lindi di TPA Pakasuri Jember*. Skripsi. Universitas Jember.
- Hajar, E. W. I., Sitorus, R. S., Mulianingtias, N., & Welan, F. J. (2018). Efektivitas Adsorpsi Logam Pb^{2+} Dan Cd^{2+} Menggunakan Media Adsorben Cangkang Telur Ayam. *Konversi*, 5(1), 1–7.
- Haryani, L. (2020). Analisis Gugus Fungsi Pada Biosorben dari Biji Alpukat (*persea americana mill*) Menggunakan Spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR). *Laporan Praktikum Analisis Instrumen*. Universitas Riau, Pekanbaru.
- Haura, U., Razi, F., & Meilina, H. (2017). Karakterisasi Adsorben dari Kulit Manggis dan Kinerjanya Pada Adsorpsi Logam Pb (II) dan Cr (VI). *Biopropal Industri*, 8(1), 47–54.
- Kartika, G. F., Itnawita, I., Hanifah, T. A., Anita, S., Dewi, N. O. M., & Absus, S. (2017). Pengaruh Aktivator Terhadap Kemampuan Bubuk Biji Alpukat (*Persea americana Mill*) dalam Menyerap Ion Timbal (II). *Chimica et Natura Acta*, 5(1), 9–12.
- Khairuddin., Yamin, M., & Kusmiyati. (2021). Analisis Kandungan Logam Berat Tembaga (Cu) Pada Bandeng (*Chanos Chanos Forsk*) Yang Berasal Dari Kampung Melayu Kota Bima. *J.Pijar MIPA*, 16(1), 97-102.

- Maulidayanti, N (2015). Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Biji Alpukat (Persea Americana Mill) Sebagai Adsorben Logam Besi dan Tembaga Dalam Limbah Cair Sawit. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara Medan.
- Mu'jizah, S. (2010). *Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Biji Kelor (Moringa oleifera Lamk) dengan NaCl Sebagai Bahan Pengaktif*. Skripsi. Malang. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Nurchabibah, V. (2018). Penentuan Kapasitas Adsorpsi Karbon Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Larutan Hipoklorit. *Skripsi*. Malang : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Brawijaya.
- Nurdila, F. A., Asri, N. S., & Suharyadi, E. (2015). Adsorpsi Logam Tembaga (Cu), Besi (Fe), dan Nikel (Ni) dalam Limbah Cair Buatan Menggunakan Nanopartikel Cobalt Ferrite (CoFe₂O₄). *Jurnal Fisika Indonesia*, 19(55), 23–27.
- Nurfriyanti, Prihatini, N. S., & Syaunyah, I. (2017). Pengaruh Variasi pH dan Berat Adsorben Dalam Pengurangan Konsentrasi Cr Total Pada Limbah Artifisial Menggunakan Adsorben Ampas Daun Teh. *Jukung Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 56–65.
- Nurhasni, N., Mar'af, R., & Hendrawati, H. (2018). Pemanfaatan Kulit Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) sebagai Adsorben Zat Warna Metilen Biru. *Jurnal Kimia VALENSI*, 4(2), 156–167.
- Nurohmah, L., Wulandari, P. A., & Fathoni, R. (2019). Kemampuan Adsorpsi Logam Berat Cu Dengan Menggunakan Adsorben Kulit Jagung (*Zea Mays*). *Jurnal Chemurgy*, 3(2), 18–22.
- Pasaribu, M. A., Sarifuddin., & marbun. P. (2017). Kandungan Logam Berat Pb Pada Kol dan Tomat di Beberapa Kecamatan Kabupaten Karo. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 5(2), 355-361.
- Permata, M. A. D., Purwiyanto, A. I. S., & Diansyah, G. (2018). Kandungan Logam Berat Cu (Tembaga) Dan Pb (Timbal) Pada Air Dan Sedimen Di Kawasan Industri Teluk Lampung, Provinsi Lampung. *Journal of Tropical Marine Science*. 1(1), 7-14.

- Pratiwi, D. Y. (2020). Dampak Pencemaran Logam Berat (Timbal, Tembaga, Merkuri, Kadmium, Krom) Terhadap Organisme Perairan Dan Kesehatan Manusia. *Jurnal Akuatek*, 1(1), 59–65.
- Putra, D. K., Anita, S., & Itnawati. (2016). Potensi Arang Aktif Limbah Biji Alpukat (*Perseana Americana*) Sebagai Adsorben Ion Logam Kadmium (Cd^{2+}) Dengan Aktivator HCl. *Repository Universitas Riau*.
- Pangestu., D., N., A. (2018). Proses Aktivasi Kimia Menggunakan Asam Klorida (HCl) dengan Variasi Waktu Aktivasi Pada Pembuatan Arang Aktif dari Biji Alpukat. *Skripsi* .Kementerian Riset Teknologi dan Pendidikan Tinggi Politeknik Negeri Samarinda.
- Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup.
- Ridha, N. (2017). Proses Penelitian, Masalah, Variabel dan Paradigma Penelitian. *Jurnal Hikmah*, 14(1), 63.
- Rizky, T. (2016). Pemanfaatan Daun Matoa (*Pometia Pinnata*) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb) Dalam Air Menggunakan Aktivator Asam Sitrat ($C_6H_8O_7$) *Skripsi*. Yogyakarta : Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.
- Salsabila, B., Nasra, E., Hardeli., Dewata, I., & Kurniawati, D. (2023). Pengaruh pH dan Konsentrasi Pada Penyerapan Ion Logam Cu(II) Menggunakan Kulit Buah Metoa (*Pometia pinnata*). *Chemistry Journal of Universitas Negeri Padang*. 12(2):36-39.
- Saputra, M. R., David, A., & Daermayanti, L. (2020). *Karakterisasi dan Analisis Pengolahan Grey Water Menggunakan Karbon Aktif*. 62(68), 538–549.
- Sari, F. P. (2019). *Pemanfaatan dan Karakterisasi Kitosan-Karbon Aktif dari Ampas Kopi Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Logam Kadmium dan Nikel*. Tesis. Medan. Universitas Sumatera Utara.
- Setiyoningsih, L. A. (2018). *Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Aktivator $ZnCl_2$* . *Skripsi*. Jember. Universitas Jember.
- Syauqiah, I., Amalia, M., & Kartini, H. A. (2011). Analisis Variasi Waktu dan Kecepatan Pengadukan Pada Proses Adsorpsi. *Info Teknik*, 12(1), 11–20.

SNI 06-3730-1995. Arang Aktif Teknis.

SNI 6989.-6-2009. Cara Uji Tembaga (Cu) secara Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)- Nyala.

Telaumbanua, P. J. J. (2017). *Penggunaan Fly Ash dan Bottom Ash Boiler Pabrik Kelapa Sawit Sebagai Adsorben Untuk Mengadsorpsi Limbah Logam Berat Dengan Arang Aktif. Info Teknik*, 12(1), 11-20.

Verayana., Papatungan, M., Iyabu, H. (2018). Pengaruh Aktivator HCl dan H₃PO₄ Terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 13 (1), 67-65.

Wibowo, E. A. P., Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono, D. S., & Rizkita, A. D. (2017). Studi penurunan kadar logam besi (Fe) dan logam tembaga (Cu) pada air embung menggunakan adsorben nanosilika. *Jurnal Ilmiah Sains*, 17(2), 131–134.

Wirani, L. I. (2017). *Aktivasi Karbon Dari Sekam Padi Dengan Aktivator Asam Klorida (HCl) Dan Pengaplikasiannya Pada Limbah Pengolahan Baterai Mobil Untuk Mengurangi Kadar Timbal (Pb). Skripsi*. Medan. Universitas Sumatera Utara.

Yusniyyah, S.I. 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*. Malang: Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

LAMPIRAN A
HASIL UJI LARUTAN TEMBAGA (Cu)



Universitas Islam Negeri Ar-Raniry
Laboratorium Fakultas Sains & Teknologi
Lab Instrumen FST, Lantai 1, Gedung Laboratorium Multifungsi
Jl. Syekh Abdur Rauf, Kopelma Darussalam, Banda Aceh, 23111

LEMBAR KOMPILASI DATA

1. Nama pengguna layanan : Maulia Rizki Ananda
 2. Tanggal pengujian : 04 Oktober 2023
 3. Nama sampel : Air
 4. Jumlah sampel : 8
 5. Parameter uji : Tembaga (Cu)
 6. Metode uji : SNI 6989-84:2019

7. Pengukuran Larutan Standar

No. Std	Kons (mg/L)	Abs
Blank	0,0	0,0000
Std-1	1,0	0,1375
Std-2	2,0	0,2598
Std-3	3,0	0,3906
Std-4	4,0	0,5273

Nilai r^2	0,999833
slope	0,13077
Intercept	0,00150



8. Evaluasi Pengukuran

No	Evaluator	Abs	Kons (mg/L)	fp	Hasil (mg/L)	RSD (%)	Rec (%)
1	Std-7 1 mg/L	0,1345	1,017	1	1,017	0,16	101,65
2	Std-8 1 mg/L	0,1346	1,018	1	1,018	Ok	Ok
3	Std-9 1 mg/L	0,1342	1,015	1	1,015		

MDL = 0,0670 mg/L RSD < 10 % Target Rec = 1 mg/L Batas Rec = 85-115 %

9. Pengukuran Sampel

No	Sampel	Abs	Hasil (mg/L)	Ket
1	0,5 g HCl 0,5	0,1675	1,269	OK
2	1 g HCl 0,5	0,5111	3,897	OK
3	1,5 g HCl 0,5	0,5008	3,818	OK
4	2 g HCl 0,5	0,5881	4,486	OK
5	0,5 g HCl 1	0,8887	6,784	OK
6	1 g HCl 1	0,7080	5,402	OK
7	1,5 g HCl 1	0,8891	6,787	OK
8	2 g HCl 1	0,7436	5,675	OK

Banda Aceh, 5 Oktober 2023
Ka Lab FST



Hadi Kumiawan, S.Si., M.Si.

LAMPIRAN B PERHITUNGAN

Lampiran A.1. Rendemen, Kadar Air dan Kadar Abu

1. Rendemen

$$\begin{aligned}\text{Rendemen} &= \frac{\text{berat sampel akhir}}{\text{berat sampel awal}} \times 100\% \\ &= \frac{604,5 \text{ gram}}{1000 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 60,45\%\end{aligned}$$

2. Kadar Air

$$\begin{aligned}\text{Kadar Air} &= \frac{\text{berat sampel awal} - \text{berat sampel akhir}}{\text{berat sampel akhir}} \times 100\% \\ &= \frac{304,34 \text{ gram} - 271,93 \text{ gram}}{271,93 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 11,92\%\end{aligned}$$

3. Kadar Abu

$$\begin{aligned}\text{Kadar Abu} &= \frac{\text{berat abu akhir}}{\text{berat abu awal}} \times 100\% \\ &= \frac{0,172 \text{ gram}}{2 \text{ gram}} \times 100\% \\ &= 8,6\%\end{aligned}$$

Lampiran A.2. Perhitungan Pembuatan Larutan Tembaga (Cu)

- Ar : Cu = 63,5
S = 32
O = 16
H = 1

$$\begin{aligned}\text{Mr CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O} &= 63,5 + 32 + (4 \times 16) + (5(2 \times 1) + 16) \\ &= 95,5 + 64 + 10 + 80 \\ &= 249,5 \text{ gram / mol}\end{aligned}$$

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

$$1000 \frac{\text{mg}}{\text{L}} = \frac{w \text{ Cu (II)}}{1 \text{ L}}$$

$$W = 1000 \text{ mg} = 1 \text{ gram}$$

$$\begin{aligned}
 W \text{ Cu (II)} &= \frac{Mr \text{ CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}}{Ar \text{ Cu (II)}} \times w \\
 &= \frac{249,5 \text{ gram/mol}}{63,5 \text{ gram/mol}} \times 1 \text{ gram} \\
 &= 3,9 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

- Membuat larutan Cu 100 mg/L

$$\begin{aligned}
 N_1 \times V_1 &= N_2 \times V_2 \\
 &= 1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 100 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ ml} \\
 &= \frac{100.000 \text{ ml}}{1000} \\
 &= 100 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

- Membuat larutan Cu 10 mg/L

$$\begin{aligned}
 N_1 \times V_1 &= N_2 \times V_2 \\
 &= 1000 \text{ mg/L} \times V_1 = 10 \text{ mg/L} \times 1000 \text{ ml} \\
 &= \frac{10.000 \text{ ml}}{1000} \\
 &= 100 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

Lampiran A.3. Perhitungan Konsentrasi HCl 1N dan 0,5N

- Membuat larutan HCl 1N

Diketahui:

- Berat jenis (ρ) = 1,19 g/ml
- % HCl = 37%
- Mr = 36,5 gram/mol

Ditanya: V HCl ?

Penyelesaian:

$$\begin{aligned}
 N_1 &= \frac{\rho \times \% \times 10}{Mr} \\
 &= \frac{1,19 \text{ gram/mol} \times 37 \times 10}{36,5 \text{ gram/mol}} \\
 &= 12,06
 \end{aligned}$$

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$\begin{aligned}
 V_1 &= \frac{1000 \text{ ml} \times 1N}{12,06} \\
 &= 83 \text{ ml}
 \end{aligned}$$

➤ Membuat larutan HCl 0,5N

Diketahui:

- Berat jenis (ρ) = 1,19 g/ml
- % HCl = 37%
- Mr = 36,5 gram/mol

Ditanya: V HCl ?

Penyelesaian:

$$N_1 = \frac{\rho \times \% \times 10}{Mr}$$
$$= \frac{1,19 \text{ gram/mol} \times 37 \times 10}{36,5 \text{ gram/mol}}$$
$$= 12,06$$

$$N_1 \times V_1 = N_2 \times V_2$$

$$V_1 = \frac{1000 \text{ ml} \times 0,5N}{12,06}$$
$$= 41 \text{ ml}$$

Lampiran A.4. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Biji Alpukat Dengan Konsentrasi HCl 0,5 N

1) Massa Adsorben 0,5 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 1,269 mg/L

$$E_f (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f (\%) = \frac{10 - 1,269}{10} \times 100\%$$
$$= 87,31\%$$

2) Massa Adsorben 1 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 3,897 mg/L

$$E_f (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f (\%) = \frac{10 - 3,897}{10} \times 100\% \\ = 61,03\%$$

3) Massa Adsorben 1,5 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 3,818 mg/L

$$E_f (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f (\%) = \frac{10 - 3,818}{10} \times 100 \\ = 61,82\%$$

4) Massa Adsorben 2 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 4,486 mg/L

$$E_f (\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f (\%) = \frac{10 - 4,486}{10} \times 100 \\ = 55,14\%$$

Lampiran A.5. Perhitungan Efektivitas Penyerapan Adsorben Biji Alpukat Dengan Konsentrasi HCl 0,1 N

1) Massa Adsorben 0,5 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 6,784 mg/L

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 6,784}{10} \times 100\% \\ = 32,16\%$$

2) Massa Adsorben 1 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 5,402 mg/L

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 5,402}{10} \times 100\% \\ = 45,98\%$$

3) Massa Adsorben 1,5 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 6,787 mg/L

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 6,787}{10} \times 100\% \\ = 32,13\%$$

4) Massa Adsorben 2 gram

Diketahui:

Y_i = Kandungan awal logam berat = 10 mg/L

Y_f = Kandungan akhir logam berat = 5,675 mg/L

$$E_f(\%) = \frac{Y_i - Y_f}{Y_i} \times 100\%$$

$$E_f(\%) = \frac{10 - 5,675}{10} \times 100\% \\ = 43,25\%$$

**Lampiran A.6. Perhitungan Kapasitas Penyerapan Adsorben Biji Alpukat
(Konsentrasi HCl 0,5 N)**

1) Massa Adsorben 0,5 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 1,269 mg/L

V = 1 L

W = 0,5 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$
$$Q_e = \frac{10 - 1,269 \times 1}{0,5 \text{ gram}}$$
$$= 17,46 \text{ mg/g}$$

2) Massa Adsorben 1 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 3,897 mg/L

V = 1 L

W = 1 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$
$$Q_e = \frac{10 - 3,897 \times 1}{1 \text{ gram}}$$
$$= 6,10 \text{ mg/g}$$

3) Massa Adsorben 1,5 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 3,818 mg/L

V = 1 L

W = 1,5 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$
$$Q_e = \frac{10 - 3,818 \times 1}{1,5 \text{ gram}}$$
$$= 4,12 \text{ mg/g}$$

4) Massa Adsorben 2 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 4,486 mg/L

V = 1 L

W = 2 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$
$$Q_e = \frac{10 - 4,486 \times 1}{2}$$
$$= 2,76 \text{ mg/g}$$

Lampiran A.7. Perhitungan Kapasitas Penyerapan Adsorben Biji Alpukat (Konsentrasi HCl 1 N)

1) Massa Adsorben 0,5 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 6,784 mg/L

V = 1 L

W = 0,5 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$
$$Q_e = \frac{10 - 6,784 \times 1}{0,5 \text{ gram}}$$
$$= 6,43 \text{ mg/g}$$

2) Massa Adsorben 1 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 5,402 mg/L

V = 1 L

W = 1 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$
$$Q_e = \frac{10 - 5,402 \times 1}{1 \text{ gram}}$$
$$= 4,60 \text{ mg/g}$$

3) Massa Adsorben 1,5 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 6,787 mg/L

V = 1 L

W = 1,5 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$

$$Q_e = \frac{10 - 6,787 \times 1}{1,5 \text{ gram}}$$

$$= 2,14 \text{ mg/g}$$

4) Massa Adsorben 2 gram

C_i = kandungan awal logam berat = 10 mg/L

C_e = kandungan akhir logam berat = 5,675 mg/L

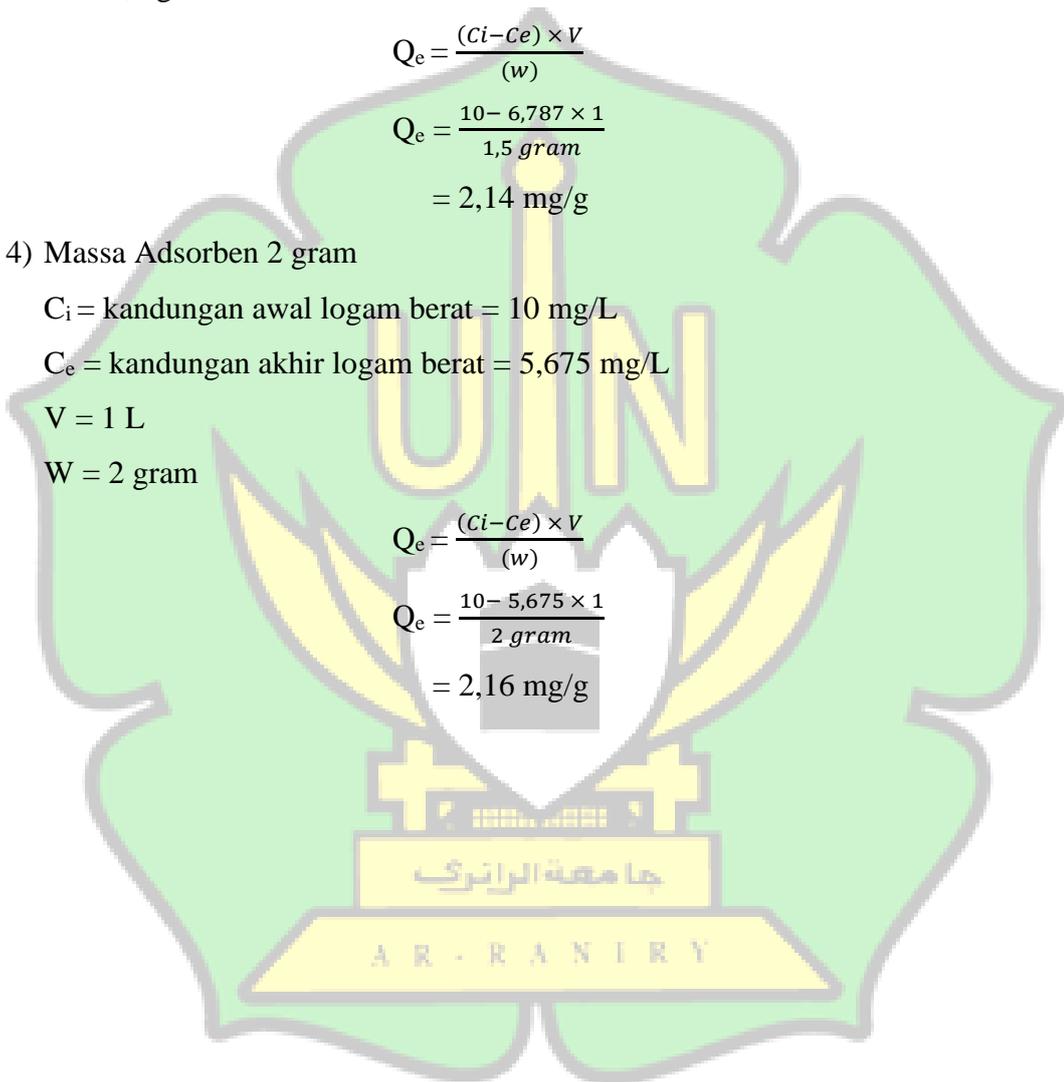
V = 1 L

W = 2 gram

$$Q_e = \frac{(C_i - C_e) \times V}{(w)}$$

$$Q_e = \frac{10 - 5,675 \times 1}{2 \text{ gram}}$$

$$= 2,16 \text{ mg/g}$$



LAMPIRAN C
FOTO DOKUMENTASI PENELITIAN

1. Proses Pembuatan Adsorben



Pengeringan di bawah sinar matahari



Biji alpukat setelah difurnace



Proses penghalusan biji alpukat



Pengayakan biji alpukat



Aktivasi biji alpukat dengan menggunakan larutan HCl 0,5 N dan 1N



Penyaringan dan pencucian hasil perendaman menggunakan aquadest sampai pH netral



Karbon aktif biji alpukat yang telah dihaluskan sesudah proses perendaman

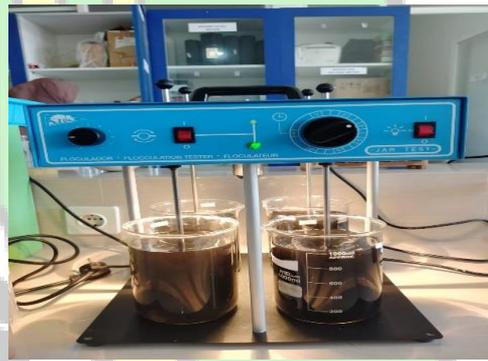


Proses pengeringan karbon aktif teraktivasi HCl dengan oven

2. Tahap Pembuatan dan Pengujian Adsorpsi Logam Tembaga (Cu)



Pembuatan Larutan Cu



Proses pengadukan sampel menggunakan jar test



Proses pengendapan sampel



Pengecekan Ph



Proses penyaringan filtrat untuk pengujian



Sampel Larutan Cu yang akan diuji

