

**EFEKTIVITAS ADSORBEN LIMBAH LUMPUR  
IPA PDAM UNTUK PENURUNAN KADAR  
LOGAM TEMBAGA (Cu)**

**TUGAS AKHIR**



**ARISANTI MONICA ZEUSICA SIHOMBING**

**(1800825201074)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI  
2023**

**EFEKTIVITAS ADSORBEN LIMBAH LUMPUR  
IPA PDAM UNTUK PENURUNAN KADAR  
LOGAM TEMBAGA (Cu)**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat  
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ARISANTI MONICA ZEUSICA SIHOMBING  
(1800825201074)**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS BATANGHARI JAMBI  
2023**

## HALAMAN PERSETUJUAN

### EFEKTIVITAS ADSORBEN LIMBAH LUMPUR IPA PDAM UNTUK PENURUNAN KADAR LOGAM TEMBAGA (Cu)

### TUGAS AKHIR

Oleh

**ARISANTI MONICA ZEUSICA SIHOMBING**  
**1800825201074**

Dengan ini Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi, menyatakan bahwa Tugas Akhir dengan Judul dan Penyusun sebagaimana tersebut diatas telah disetujui sesuai dengan prosedur, ketentuan, kelaziman yang berlaku pada Program Strata Satu (S1) Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Jambi, Februari 2023

Pembimbing I

Pembimbing II



Anggrika Riyanti, ST, M. Si  
NIDN. 1010028704



Hadrah, ST, MT  
NIDN. 1020088802

## HALAMAN PENGESAHAN

### EFEKTIVITAS ADSORBEN LIMBAH LUMPUR IPA PDAM UNTUK PENURUNAN KADAR LOGAM TEMBAGA (Cu)

Tugas akhir ini telah dipertahankan pada Sidang Tugas Akhir Komprehensif Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari.

Nama : Arisanti Monica Zeusica Sihombing  
NPM : 1800825201074  
Hari/Tanggal : Jumat / 17 Februari 2023  
Tempat : Ruang Sidang Fakultas Teknik

#### TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Ketua :

1. Monik Kasman, ST, M.Eng.Sc  
NIDN. 0003088001

Anggota :

2. Hadrah, ST, MT  
NIDN. 1020088802
3. Siti Umi Kalsum, ST, M.Eng  
NIDN. 1027067401
4. Marhadi, ST, M.Si  
NIDN. 1008038002
5. Anggrika Riyanti, ST, M. Si  
NIDN. 1010028704

()  
()  
()  
()  
()

Disahkan Oleh

Dekan Fakultas Teknik

  
Dr. Ir. H. Fakhru'l Rozi Yamali, ME  
NIDN. 1015126501

Ketua Program Studi Teknik  
Lingkungan

  
Marhadi, ST, M. Si  
NIDN. 1008038002

## HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN



Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arisanti Monica Zeusica Sihombing

NPM : 1800825201074

Judul : Efektivitas Adsorben Limbah Lumpur IPA

PDAM untuk Penurunan Kadar Logam

Tembaga (Cu)

Menyatakan bahwa Laporan Tugas Akhir saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/*plagiat*. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/*plagiat* dalam Laporan Tugas Akhir ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Batanghari sesuai aturan yang berlaku. Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, 23 Februari 2023

Arisanti Monica Zeusica Sihombing

## ABSTRAK

### EFEKTIVITAS ADSORBEN LIMBAH LUMPUR IPA PDAM UNTUK PENURUNAN KADAR LOGAM Cu

Arisanti Monica Zeusica Sihombing; Dibimbing oleh Anggrika Riyanti ST., M. Si<sup>\*)</sup> dan Hadrah ST, M.T<sup>\*)</sup>

xv + 62 halaman, 11 tabel, 7 gambar, 4 lampiran

Limbah lumpur yang berasal dari instalasi pengolahan air bersih IPA PDAM mengandung logam Aluminium dari pemakaian senyawa aluminium sulfat didalam lumpur yang tergolong sebagai limbah bahan berbahaya dan beracun (B3). Beberapa penelitian memanfaatkan limbah lumpur sebagai adsorben karena aktif dalam mereduksi warna, logam, dan bahan organik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis penurunan logam berat Cu dengan memanfaatkan limbah lumpur PDAM. Penelitian ini menggunakan limbah Cu artifisial dengan variasi massa dan variasi waktu kontak yaitu 0,5 gr; 1 gr; 2,5 gr; 3 gr; 3,5 gr dan 60, 75, 90, 105, dan 120 menit. Adsorben limbah lumpur IPA diaktivasi menggunakan NaOH. Hasil penelitian menunjukkan kapasitas penyerapan Cu terbaik untuk adsorben murni dengan massa 0,5 gr dan waktu kontak 75 menit, sementara pada adsorben aktivasi kapasitas penyerapan Cu terbaik yaitu 0,5 gr dan waktu kontak 60 menit. Efisiensi penyisihan maksimum pada adsorben lumpur murni dan aktivasi adalah 99,9%. Berdasarkan data yang telah didapat, model isotherm terbaik yaitu pada isotherm freundlich dengan  $R^2 = 0,895$  pada adsorben lumpur aktivasi dan  $R^2 = 0,796$  pada adsorben lumpur murni. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat lebih dari satu lapisan (multilayer) dan sisi bersifat heterogen.

***Kata kunci:*** Adsorpsi, adsorben lumpur, Cu, kapasitas penyerapan, efisiensi penyisihan.

## **EFFECTIVENESS OF IPA PDAM MUD WASTE ADSORBENT FOR REDUCING COPPER (CU) METAL LEVELS**

### **ABSTRACT**

*Sludge waste originating from the PDAM IPA clean water treatment plant contains aluminum metal from the use of aluminum sulfate compounds in sludge which is classified as a hazardous and toxic waste (B3). Several studies have used sewage sludge as an adsorbent because it is active in reducing color, metals and organic matter. This study aims to analyze the reduction of Cu heavy metal by utilizing PDAM sludge waste. This study used artificial Cu waste with mass variations and contact time variations, namely 0.5 gr; 1 gr; 2.5 gr; 3 grams; 3.5 gr and 60, 75, 90, 105, and 120 minutes. IPA sludge adsorbent was activated using NaOH. The results showed that the best Cu absorption capacity for pure adsorbents with a mass of 0.5 g and a contact time of 75 minutes, while in the activated adsorbent the best Cu absorption capacity was 0.5 gr and the contact time was 60 minutes. The maximum removal efficiency of pure sludge adsorbent and activation is 99.9%. Based on the data that has been obtained, the best isotherm model is the Freundlich isotherm with  $R^2 = 0.895$  in the activated sludge adsorbent and  $R^2 = 0.796$  in the pure sludge adsorbent. This shows that there is more than one layer (multilayer) and the sides are heterogeneous.*

**Keywords:** Adsorption, sludge adsorbent, Cu, adsorption capacity, removal efficiency.

## **PRAKATA**

Puji dan syukur saya ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan berkat dan rahmatnya sehingga penulis dapat menyusun Tugas Akhir dengan judul **“EFEKTIVITAS ADSORBEN LIMBAH LUMPUR IPA PDAM UNTUK PENURUNAN KADAR LOGAM TEMBAGA (Cu)”**. Ditujukan untuk memenuhi persyaratan kurikulum program pendidikan Strata Satu (S-1) pada Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Universitas Batanghari Jambi.

Selama melaksanakan penelitian dan penyusunan tugas akhir ini, penulis mendapatkan banyak bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, oleh karena itu penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Dr. Ir. H. Fakhru Rozi Yamali, ME selaku Dekan Fakultas Teknik, Universitas Batanghari;
2. Bapak Marhadi S.T, M.Si selaku Ketua Prodi Teknik Lingkungan, Universitas Batanghari;
3. Ibu Anggrika Riyanti, ST, M. Si selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan dan arahnya membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir;
4. Ibu Hadrah S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing II atas bimbingan dan arahnya membimbing penulis dalam menyelesaikan tugas akhir;
5. Orang tua saya, Drs. Henri Lando Sihombing dan Elisa Aguslina Sianipar yang telah memberikan dorongan moral maupun materil yang sudah sabar

menunggu saya dan menemani saya ke Jambi dalam segala urusan perkuliahan dan banyak memberi dukungan kepada saya;

6. Opung saya Lenny Siregar yang telah mendoakan saya dan selalu membimbing saya;
7. Paktua saya St. Ir. Sermin Saragih Napitu selaku orang tua dan guru saya yang telah sangat banyak membantu saya dalam persekolahan hingga perkuliahan baik moral dan materil dan banyak membimbing saya dan mengajarkan saya dan juga banyak memberi ilmu dan buku untuk saya;
8. Maktua saya Ester Yuliana Sianipar selaku orangtua yang banyak membantu dukungan moral dan juga materi kepada saya hingga sekarang dan juga banyak memberikan ilmu dan banyak pengalaman;
9. Paktua saya Robinson Ismail Pakpahan dan Emmilia Sianipar yang banyak mendukung saya dan membimbinga saya hingga;
10. Tulang Elson Lion Sianipar, Erlans Boy Sianipar, Ervin Johaness Sianipar dan Nantulang saya Erpi Nahampun, Netty Tioman Hutabarat dan Morna Anastasya Tamba yang selalu senantiasa mendoakan saya ;
11. Adik saya tersayang Andhika Vandia Xella Sihombing yang selalu mendoakan saya dan mendukung saya;
12. Kakak saya tercinta Kumarudin (Thersia Silvia Saragih Napitu) yang telah mendukung saya, mendoakan saya dan selalu ada untuk saya;
13. Adik saya tersayang, calon pendeta Felix Fernando Saragih Napitu yang selalu mendoakan saya dan mendukung saya;

14. Adik saya tersayang Martua Salomo Valentino Pakpahan yang selalu mendoakan saya dan mendukung saya;
15. Keponakan saya tersayang Katrin Apriayu Saragih Napitu yang selalu ada membantu, menemani saya dalam menyusun dan menyelesaikan tugas akhir ini;
16. Evans Libra Sianipar, Mikhael Sianipar, Agnes Gabriella Sianipar, Chrisitan Nehemia Sianipar, dan Yosepin Tesalonika Sianipar yang selalu mendoakan saya;
17. Amelia Febby Valency dan Fitriisia Nora yang selalu bersama dan saling mendukung untuk terus semangat menyelesaikan perkuliahan;
18. Abner E. Pinem yang membantu saya dalam menyusun abstrak;
19. Bapak Setiawan selaku pembimbing selama pelaksanaan penelitian di UPT Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Utara;
20. Celine Dion lagu dan karyanya yang selalu menemani saya dalam menyusun tugas akhir ini;
21. Girls Generation (SNSD) Kim Taeyeon, Jessica Jung, Tiffany Young, Choi Soo-young, Kim Hyo-yeon, Sunny, Kwon Yuri, Im Yoon Ah, Seohyun lewat karya nya yang selalu menemani saya dalam menyusun tugas akhir;
22. BTS Kim Nam Joon, Kim Seok Jin, Min Yoon Gi, Jung Ho Seok, Park Jimin, Kim Tae Hyung dan Jeon Jungkook atas lagunya dan reality shownya yang selalu membuat saya semangat dan menemani saya dalam menyusun tugas akhir ini;

23. Park Bo Gum, Song Hye Kyo, Kim Yoo Jung karyanya yang selalu menemani saya dalam menyusun tugas akhir ini;
24. Pihak lain yang telah membantu pelaksanaan dan pembuatan tugas akhir ini.

Terlepas dari semua itu, saya menyadari sepenuhnya bahwa masih ada kekurangan baik dari segi susunan kalimat maupun tata bahasanya. Oleh karena itu dengan tangan terbuka kami menerima segala saran dan kritik dari pembaca agar kami dapat memperbaiki tugas akhir ini. Akhir kata saya berharap semoga tugas akhir ini dapat bermanfaat bagi pembaca.

Jambi, 23 Februari 2023

Penulis,



Arisanti Monica Zeusica Sihombing

NPM. 1800825201074

## HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Arisanti Monica Zeusica Sihombing

NPM : 1800825201074

Judul : Efektivitas Adsorben Limbah Lumpur Ipa Pdam untuk Penurunan Kadar Logam Tembaga (Cu).

Memberikan izin kepada pembimbing dan Universitas Batanghari untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan pembimbing sebagai penulis korespondensi (*Coresponding Author*).

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Jambi, 23 Februari 2023



Arisanti Monica Zeusica Sihombing

## DAFTAR ISI

<b>PRAKATA</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISTILAH</b> .....	<b>xvi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Batasan Masalah.....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>7</b>
2.1 Lumpur PDAM.....	7
2.2 Pemanfaatan Lumpur PDAM.....	8
2.3 Logamberat .....	9
2.4 Tembaga (Cu).....	10
2.5 Adsorpsi .....	12
2.5.1 Mekanisme Adsorpsi .....	13
2.5.2 Jenis Adsorpsi .....	14
2.5.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi.....	14
2.5.4 Metode Adsorpsi .....	16
2.5.5 <i>Adsorption Isotherm</i> .....	17
2.5.6 Penelitian Terdahulu .....	18
<b>BAB III METODE PENELITIAN</b> .....	<b>20</b>
3.1 Jenis Penelitian .....	20
3.2 Waktu dan Lokasi Penelitian .....	20
3.3 Pengumpulan Data dan Variabel Penelitian.....	20
3.4 Alur Penelitian.....	22
3.5 Alat dan Bahan .....	23
3.6 Tahap Penelitian .....	24
3.6.1 Preparasi Adsorben.....	24
3.6.2 Proses Aktivasi .....	24
3.6.3 Pembuatan Larutan CuSO <sub>4</sub> .....	24
3.7 Karakteristik Adsorben Lumpur .....	25
3.8 <i>Batch Experimen</i> .....	26
3.9 Analisis Data .....	28
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>32</b>
4.1. Karakterisasi Adsorben.....	32
4.2. Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi .....	33
4.2.1 Pengaruh Variasi Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cu Pada Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi .....	33

4.2.2. Pengaruh Variasi Waktu Adsorben Terhadap Penyisihan Cu Pada Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi .....	37
4.3. Mekanisme Adsorpsi Menggunakan Metode Langmuir dan Freundlich .	41
4.3.1 Isotherm Freundlich .....	43
4.3.2 Isotherm Langmuir .....	47
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>51</b>
5.1 Kesimpulan .....	51
5.2 Saran .....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Pemanfaatan dan penggunaan lumpur IPA PDAM.....	8
Tabel 2.2	Pemanfaatan lumpur IPA PDAM sebagai adsorben untuk Menyerap logam.....	18
Tabel 3.1	Variabel bebas eksperimen .....	26
Tabel 3.2	Variabel eksperimen .....	27
Tabel 4.1	Hasil uji kadar adsorben lumpur .....	32
Tabel 4.2	Hasil uji penyisihan Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Massa .....	34
Tabel 4.3	Hasil uji penyisihan Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu.....	39
Tabel 4.4	Perhitungan Isotherm Freundlich Cu Adsorben Lumpur Murni Dan Aktivasi Variasi Waktu .....	43
Tabel 4.5	Nilai Persamaan Isotherm Freundlich Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu .....	45
Tabel 4.6	Perhitungan Isotherm Langmuir Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu .....	47
Tabel 4.7	Nilai Persamaan Isotherm Langmuir Cu Adsorben Lumpur Murni Dan Aktivasi Variasi Waktu .....	49

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3.1	Alur Penelitian.....	22
Gambar 4.1	Grafik Efisiensi Parameter Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Massa Adsorben.....	35
Gambar 4.2	Grafik Kapasitas Penyerapan Parameter Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Massa Adsorben.....	36
Gambar 4.3	Grafik Efisiensi Parameter Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Waktu Adsorben .....	39
Gambar 4.4	Grafik Kapasitas Penyerapan Parameter Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Waktu Adsorben .....	40
Gambar 4.5	Isotherm Freundlich Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu .....	44
Gambar 4.6	Isotherm Langmuir Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Perhitungan Pembuatan Larutan CuSO <sub>4</sub> .....	57
Lampiran 2 Perhitungan Karakterisasi Adsorben.....	57
Lampiran 3 Perhitungan Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi .....	59
Lampiran 4 Dokumentasi Penelitian.....	61

## DAFTAR ISTILAH

0.19976	
IPA	: Instalasi Pengolahan Air
pH	: Derajat Keasaman
Cu	: Cuprum / Tembaga
PDAM	: Perusahaan Daerah Air Minum
Adsorben	: Zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi.
Arang Aktif	: Suatu karbon yang mempunyai kemampuan daya serap yang baik terhadap anion, kation, dan molekul dalam bentuk senyawa organik dan anorganik, baik berupa larutan maupun gas.
B3	: Bahan Berbahaya dan Beracun.

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Peningkatan konsumsi air bersih oleh masyarakat menyebabkan terjadinya peningkatan pengolahan air di Indonesia. Proses pengolahan air bersih salah satunya dilakukan oleh PDAM yang menghasilkan air bersih, namun juga menghasilkan residu. Residu yang dihasilkan berupa lumpur dari unit proses koagulasi dan flokulasi, filtrasi serta sedimentasi. IPA Sunggal PDAM Tirtanadi menggunakan Poly Aluminium Chloride (PAC) dalam mengolah air bersih. Menurut Indah (2020) Poly Aluminium Chloride (PAC) merupakan koagulan dari garam dari aluminium klorida yang sering diaplikasikan dalam pengolahan air limbah maupun air bersih karena mempunyai daya koagulasi dan flokulasi lebih kuat jika dibandingkan dengan tawas. Menurut artikel Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan yang berjudul Mengenal Bahan Berbahaya dan Beracun (B3) Dalam Industri Pembangkit Listrik, PAC termasuk dalam B3.

Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Nomor 06 tahun 2021 tentang Tata Cara dan Persyaratan Pengelolaan Limbah Bahan Berbahaya dan Beracun, maka terdapat perubahan dalam melakukan Pengelolaan Limbah B3 yang semula dilakukan melalui sistem perizinan berubah menjadi permohonan persetujuan teknis, kelayakan operasi dan rekomendasi. Dalam Persetujuan Teknis limbah B3 ini memiliki beberapa rekomendasi seperti persetujuan teknis pengelolaan limbah B3, rekomendasi pengangkutan limbah B3 dan masih banyak lagi. Limbah lumpur memiliki potensi yaitu dapat dijadikan

sebagai kompos, batu bata, arang aktif, sebagai adsorben. Adsorben adalah zat padat yang dapat menyerap partikel fluida dalam suatu proses adsorpsi.

Lumpur yang dihasilkan dari proses pengolahan air IPA PDAM ini hanya ditumpuk saja sebagai timbunan padahal kandungan pencemar di dalam lumpur ini serta pemakaian koagulan berpotensi menjadi limbah sehingga perlu dilakukan pengelolaan agar tidak mencemari lingkungan dan dimanfaatkan.

Beberapa penelitian memanfaatkan limbah lumpur sebagai adsorben karena aktif dalam mereduksi warna, logam, dan bahan organik (Khair, 2021). Selain itu, konversi lumpur sebagai adsorben tidak memerlukan biaya yang mahal dan mampu untuk menyerap ion logam dalam air (Amaliasani, 2016; Hadi dkk, 2016).

Menurut Santosa *et al* (2006), pemanfaatan limbah lumpur dari Instalasi Pengolahan Air (IPA) sebagai adsorben berpotensi menghilangkan logam berat di dalam air. Limbah lumpur IPA mengandung aluminium, silika, besi dan asam humat. Asam humat ini dapat meningkatkan kemampuan adsorben untuk menyerap ion logam seperti tembaga dan cadmium dalam air. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa terjadi penyerapan logam Cu(II) dengan presentase 4,15% sampai dengan 13,29% (Natanael, 2016). Kemampuan lumpur sebagai adsorben dapat dilihat dari penelitian Selvianata, dkk (2019), dimana kapasitas adsorpsi zeolit hasil sintesis terhadap besi terlarut yaitu 10,69 mg/g dan efisiensi 94,31 %.

Tembaga (Cu) adalah logam berat yang penting karena dibutuhkan oleh manusia, mamalia lain, dan ikan untuk metabolisme, pembentukan hemoglobin, haemosianin, dan pigmen dalam proses pengangkutan oksigen (Solomon, 2009).

Namun, tembaga dapat bersifat racun bagi makhluk hidup apabila melebihi ambang batas. Tersebar nya logam Cu diatas ambang batas yang diizinkan akan menimbulkan keracunan pada manusia seperti pusing, mual, keram perut serta dampak kronis terjadinya kerusakan organ jaringan seperti gangguan ginjal dan liver (Sekarwati, 2015).

Pencemaran yang terjadi akibat dari logam Cu dapat berasal dari berbagai sumber. Sumber logam Cu yang banyak masuk ke pencemaran lingkungan yang umum dan diduga paling banyak adalah dari limbah perindustrian, limbah rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 1994). Tembaga dapat masuk ke dalam air karena aktivitas manusia seperti emisi udara, industri pelapisan logam, dan galangan kapal (Sires, 2017). Tahun 2003, terdapat 57 industri yang berlokasi di sepanjang sungai Deli dan 22 di sepanjang sungai Belawan. Jenis-jenis industri tersebut antara lain pengolahan minyak goreng, pengolahan metal, pabrik plastik, pengeleman kayu lapis, tekstil, cat, baterai kering, pupuk dolomit, pelapis logam dan lain-lain (Surbakti, 2014)

Menurut penelitian Paulus Surbakti (2014), hasil pengukuran kandungan logam berat Cu pada Sungai Deli Kota Medan sebesar 0,19-0,589 mg/l dimana nilai ini melampaui baku mutu air permukaan PP 22 Tahun 2021 pada lampiran 6 sebesar 0,02 mg/l.

Menurut Setiawan (2021) pemanfaatan limbah lumpur sebagai adsorben untuk adsorpsi logam Cu(II) menunjukkan bahwa peningkatan waktu kontak adsorpsi akan meningkatkan efisiensi penyisihan Cu(II). Peningkatan konsentrasi awal Cu(II) menyebabkan kecenderungan penurunan efisiensi penyisihan Cu(II).

Efisiensi penyisihan maksimum Cu(II) diperoleh pada kondisi waktu kontak 40 menit dan konsentrasi awal Cu(II) 12,5 mg/L dengan nilai sebesar 86,32%. Karbonasi lumpur menjadi adsorben memperluas permukaan adsorben dan menambah pori-pori, sehingga sangat efektif dalam menyerap pencemaran termasuk logam.

Oleh karena itu, pada penelitian ini akan dilakukan analisis reduksi logam berat Cu dengan memanfaatkan limbah lumpur IPA PDAM.

### **1.2. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana pengaruh variasi massa adsorben terhadap penyerapan logam Cu dalam proses adsorpsi?
2. Bagaimana pengaruh variasi waktu kontak terhadap penyerapan logam Cu dalam proses adsorpsi?
3. Bagaimana efektivitas limbah lumpur IPA PDAM sebagai adsorben dalam mereduksi logam Cu?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

1. Mengetahui pengaruh variasi massa adsorben terhadap penyerapan logam Cu dalam proses adsorpsi
2. Mengetahui pengaruh variasi waktu kontak adsorben terhadap penyerapan logam Cu dalam proses adsorpsi
3. Mengetahui efektivitas limbah lumpur IPA PDAM sebagai adsorben dalam mereduksi logam Cu pada air.

#### **1.4. Batasan Masalah**

1. Limbah lumpur yang akan digunakan sebagai adsorben adalah lumpur dari proses pengolahan di IPA Sunggal PDAM Tirtanadi;
2. Parameter logam yang akan diuji yaitu Cu;
3. Larutan Tembaga yang digunakan adalah Cu (II) dalam bentuk  $\text{CuSO}_4$  dengan konsentrasi 1 mg/l.
4. Variasi massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gr/ml; 1 gr/ml; 2,5 gr/ml; 3 gr/ml dan 3,5 gr/ml, variasi waktu kontak yang digunakan adalah 60 menit; 75 menit; 90 menit; 105 menit; 120 menit, serta kecepatan pengadukan yang digunakan adalah 100 rpm.

#### **1.5. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut :

#### **BAB I PENDAHULUAN**

Bab I dari tugas akhir meliputi latar belakang, rumusan masalah penelitian, tujuan penelitian, batasan masalah penelitian, manfaat penelitian, dan sistematika penulisan laporan. Pendahuluan difokuskan pada latar belakang penelitian yang dilaksanakan yaitu adanya kandungan logam berat Cu yang terdapat di perairan Kota Medan dan potensi pemanfaatan lumpur PDAM IPA Sunggal sebagai adsorben limbah yang mengandung Cu (Tembaga).

#### **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

Bab II merupakan tinjauan pustaka yang memuat hasil-hasil penelitian yang berhubungan dengan topik laporan tugas akhir dan teori yang melandasi penelitian tugas akhir serta peraturan-peraturan yang berhubungan dengan penelitian.

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini menjelaskan jenis penelitian, lokasi penelitian, kerangka pikir, persiapan alat dan bahan, tahap penelitian di lapangan dan analisis yang digunakan untuk menjelaskan hasil laporan penelitian tugas akhir.

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

Bab ini berisikan hasil dan pembahasan dari penelitian yang menjelaskan mengenai penyisihan dan kapasitas adsorpsi Cu dengan menggunakan arang aktif dari lumpur IPA PDAM.

### **BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

Bab ini berisi kesimpulan dan saran dari hasil dan pembahasan.

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Lumpur PDAM

Instalasi Pengolahan Air (IPA) PDAM menghasilkan produk samping berupa limbah lumpur endapan dari proses sedimentasi. Jika limbah lumpur tidak diolah dapat mengakibatkan dampak terhadap lingkungan seperti pendangkalan, meningkatkan kekeruhan, dan terjadinya kontaminasi oleh zat-zat kimia pada badan air.

Lumpur PDAM merupakan merupakan endapan yang dihasilkan dari proses pengolahan air. Lumpur PDAM tersebut memiliki kandungan  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  yang cukup tinggi yaitu 49,11% dan 29,45% (Hajar *et al.*, 2014).

Pada umumnya lumpur masih memiliki kadar air yang cukup tinggi. Lumpur yang banyak mengandung padatan diperoleh dari hasil proses pemisahan padat-cair dari limbah yang sering disebut dengan *sludge* atau lumpur encer. Di dalam *sludge* tersebut sebagian besar mengandung air dan hanya beberapa persen berupa zat padat. Umumnya persentase kandungan air tersebut dapat mencapai 95-99% (Muhammad, 2010).

Pada dasarnya, lumpur merupakan bagian dari tanah yang terbawa hanyut oleh aliran air sungai. Tanah tersusun dari empat bahan utama, yaitu: bahan mineral, bahan organik, air, dan udara. Bahan-bahan penyusun tersebut jumlahnya masing-masing berbeda untuk setiap jenis tanah ataupun setiap lapisan tanah. Tanah lapisan atas yang baik untuk pertumbuhan tanaman lahan kering (bukan

sawah), umumnya mengandung volume 45% bahan mineral, 5% bahan organik, 20-30% udara, 30-30% air. Bahan organik dalam tanah pada umumnya ditemukan di permukaan tanah. Jumlahnya tidak besar, hanya sekitar 3-5% tetapi pengaruhnya terhadap sifat-sifat tanah besar (Achmad, 2004).

## 2.2. Pemanfaatan Lumpur IPA PDAM

Pada umumnya upaya pengelolaan terhadap lumpur meliputi tahap-tahap berikut (Muhammad, 2010) :

1. Pengentalan atau pemekatan lumpur (*sludge thickening*);
2. Stabilisasi lumpur (*sludge stabilization*);
3. Pengeluaran air (*sludge dewatering*); dan
4. Pengeringan lumpur (*sludge drying*).

Lumpur IPA PDAM dapat dijadikan sebagai adsorben yang berpotensi karena tidak memerlukan biaya yang mahal dan mampu untuk menyerap ion logam dalam air (Amaliasani, 2016). Lumpur dari IPA PDAM telah dipelajari sebagai adsorben yang berpotensi untuk menghilangkan logam berat di dalam air limbah. Selain itu, lumpur IPA PDAM juga dapat dimanfaatkan untuk beberapa hal seperti berikut :

Tabel 2.1 Pemanfaatan dan penggunaan lumpur IPA PDAM	
Pemanfaatan Lumpur PDAM	Tujuan Penggunaan Lumpur PDAM
Tawas Cair	Menjernihkan Air Mengurangi Biaya Operasional
Batu Bata	Ekonomis

	Ramah Lingkungan
Sintesis Zeolit Sodalit	Menurunkan kadar besi terlarut
Arang Aktif	Menurunkan kadar logam
	Ekonomis

### 2.3. Logam Berat

Logam adalah zat dengan konduktivitas tinggi listrik, kelenturan, dan kilau, yang secara sukarela kehilangan 'trons pemilu' mereka untuk membentuk kation. Distribusi logam di atmosfer dipantau oleh sifat dari logam yang diberikan dan oleh berbagai faktor lingkungan (Khlif & Hamza- Chaffai, 2010).

Logam berat tergolong kriteria yang sama dengan logam lainnya. Hal yang membedakan adalah pengaruh yang dihasilkan saat logam berat berikatan dan atau masuk kedalam organisme hidup. Contoh ketika unsur logam besi atau Fe masuk ke dalam tubuh, walaupun dengan kadar berlebihan, sering kali tidak menimbulkan dampak negatif bagi tubuh.

Karena, unsur besi (Fe) diperlukan dalam darah untuk mengikat oksigen. Lain hal dengan unsur logam berat, baik itu logam berat beracun yang dipentingkan seperti tembaga atau Cu, bila masuk ke dalam tubuh dengan kadar yang berlebih akan menimbulkan dampak negatif terhadap fungsi fisiologi tubuh. Ketika unsur logam berat beracun seperti hidrargyrum (Hg) atau disebut air raksa, masuk ke dalam tubuh organisme hidup maka dapat dipastikan organisme tersebut akan langsung keracunan (Palar, 1994).

#### 2.4. Tembaga (Cu)

Tembaga (Cu) adalah logam dengan nomor atom 29, massa atom 63,546, titik lebur 1083°C, titik didih 2310°C, jari-jari atom 1,173 Å dan jari-jari ion  $\text{Cu}^{2+}$  0,96 Å. Tembaga adalah logam transisi (golongan I B) yang berwarna kemerahan, mudah regang dan mudah ditempa. Tembaga bersifat racun bagi makhluk hidup. Isoterm adsorpsi merupakan suatu keadaan kesetimbangan yaitu tidak ada lagi perubahan konsentrasi adsorbat baik di fase terserap maupun pada fase gas atau cair. Isoterm adsorpsi biasanya digambarkan dalam bentuk kurva berupa plot distribusi kesetimbangan adsorbat antara fase padat dengan fase gas atau cair pada suhu konstan. Isoterm adsorpsi merupakan hal yang mendasar dalam penentuan kapasitas dan afinitas adsorpsi suatu adsorbat pada permukaan adsorben (Kundari, dkk, 2008).

Pencemaran logam berat meningkat sejalan dengan perkembangan industri. Pencemaran logam berat di lingkungan dikarenakan tingkat keracunannya yang sangat tinggi dalam seluruh aspek kehidupan makhluk hidup. Pada konsentrasi yang sedemikian rendah saja efek ion logam berat dapat berpengaruh langsung hingga terakumulasi pada rantai makanan. Logam berat dapat mengganggu kehidupan biota dalam lingkungan dan akhirnya berpengaruh terhadap kesehatan manusia (Suhendrayatna, 2001).

Logam Cu dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, apakah itu pada strata perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer). Tembaga yang masuk ke dalam strata lingkungan dapat datang dari bermacam macam sumber. Tetapi sumber-sumber masukan logam Cu kedalam strata lingkungan yang umum

dan diduga paling banyak adalah dari kegiatan-kegiatan perindustrian, kegiatan rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Palar, 1994).

Logam Cu yang masuk ke dalam tatanan lingkungan perairan dapat terjadi secara alamiah maupun sebagai efek samping dari kegiatan manusia. Secara alamiah Cu masuk ke dalam perairan dari peristiwa erosi, pengikisan batuan ataupun dari atmosfer yang dibawa turun oleh air hujan. Sedangkan dari aktifitas manusia seperti kegiatan industri, pertambangan Cu, maupun industry galangan kapal beserta kegiatan di pelabuhan merupakan salah satu jalur yang mempercepat terjadinya peningkatan kelarutan Cu dalam perairan (Palar, 1994).

Logam Cu termasuk logam berat essential, jadi meskipun beracun tetapi sangat dibutuhkan manusia dalam jumlah yang kecil. Toksisitas yang dimiliki Cu baru akan bekerja bila telah masuk ke dalam tubuh organisme dalam jumlah yang besar atau melebihi nilai toleransi organisme terkait (Palar, 1994).

Connel dan Miller (1995) menyatakan bahwa Cu merupakan logam essential yang jika berada dalam konsentrasi rendah dapat merangsang pertumbuhan organisme sedangkan dalam konsentrasi yang tinggi dapat menjadi penghambat. Selanjutnya oleh Palar (1994) dinyatakan bahwa biota perairan sangat peka terhadap kelebihan Cu dalam perairan sebagai tempat hidupnya. Konsentrasi Cu terlarut yang mencapai 0,01 ppm akan menyebabkan kematian bagi fitoplankton. Dalam tenggang waktu 96 jam biota yang tergolong dalam Mollusca akan mengalami kematian bila Cu yang terlarut dalam badan air berada pada kisaran 0,16 sampai 0,5 ppm.

Tembaga adalah logam yang secara jelas mengalami proses akumulasi dalam tubuh hewan seiring dengan pertambahan umurnya, dan ginjal merupakan bagian tubuh ikan yang paling banyak terdapat akumulasi Tembaga. Paparan Tembaga dalam waktu yang lama pada manusia akan menyebabkan terjadinya akumulasi bahan-bahan kimia dalam tubuh manusia yang dalam periode waktu tertentu akan menyebabkan munculnya efek yang merugikan kesehatan penduduk (Widowati, 2008).

Gejala yang timbul pada manusia yang keracunan Cu akut adalah : mual, muntah, sakit perut, hemolisis, nefrosis, kejang, dan akhirnya mati. Pada keracunan kronis, Cu tertimbun dalam hati dan menyebabkan hemolisis. Hemolisis terjadi karena tertimbunnya  $H_2O_2$  dalam sel darah merah sehingga terjadi oksidasi dari lapisan sel yang mengakibatkan sel menjadi pecah. Defisiensi suhu dapat menyebabkan anemia dan pertumbuhan terhambat (Darmono, 2005).

## **2.5. Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu substansi pada permukaan zat padat. Pada fenomena adsorpsi, terjadi gaya tarik menarik antara substansi terserap dan penyerapannya. Dalam sistem adsorpsi, fasa teradsorpsi dalam *solid* disebut adsorbat sedangkan *solid* tersebut adalah adsorben. Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan ke dalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut

dalam larutan. Proses adsorpsi hanya terjadi pada permukaan, tidak masuk dalam fasa bulk/ruah.

### 2.5.1. Mekanisme Adsorpsi

Adsorpsi terjadi apabila suatu molekul gas, padatan atau cairan dikumpulkan dengan molekul-molekul adsorbat dimana dalam proses ini terjadi gaya *hidrostatik*, gaya *kohesif* dan gaya ikatan hidrogen yang saling bekerja diantara molekul suatu material. Ketidak-seimbangan gaya antar molekul menyebabkan perubahan konsentrasi molekul *interface* solid/fluida. Adapun molekul fluida yang diserap namun tidak melekat pada permukaan adsorben disebut *adsorptif* sementara molekul yang melekat disebut dengan adsorbat (Ginting, 2008).

Pada proses adsorpsi, terdapat 2 metode yakni metode *batch* (perendaman) dan metode kolom (*fixed bed*). Metode perendaman atau metode batch dilakukan dengan cara mencampurkan larutan dengan bahan penyerap lalu dikocok hingga dicapai kesetimbangan. Untuk mencapai kesetimbangan adsorben dijenuhkan oleh adsorbat, lalu zat yang tak terserap dipisahkan dari campuran kemudian disaring. Apabila telah mencapai kesetimbangan, konsentrasi zat dalam filtrat diukur untuk menentukan keadaan kesetimbangan. Sedangkan metode *fixed bed* atau kolom ditandai dengan adsorben yang diletakkan kedalam kolom untuk mengadsorpsi lalu adsorbat dialirkan kedalam kolom. Dari proses ini, larutan yang meninggalkan kolom merupakan larutan yang tidak teradsorpsi, kemudian adsorbat dialirkan ke dalam kolom hingga padatan adsorben menjadi jenuh sehingga pemisahan yang diinginkan tidak lagi tercapai. Kemudian aliran tersebut

dilewatkan pada kolom berikutnya hingga adsorben diganti dan dibuat Kembali (Astuti dkk, 2006).

### **2.5.2. Jenis Adsorpsi**

Menurut Hadi (2016), jenis adsorpsi dapat dibedakan menjadi 2, yakni :

#### **1. Adsorpsi Fisika**

Adsorpsi fisika terjadi karena adanya *gaya van der waals* yang merupakan gaya tarik-menarik yang *relative* lemah, antara adsorbat dengan permukaan adsorben. Adsorpsi secara fisika ditandai dengan adsorbat yang tidak terikat kuat pada adsorben sehingga adsorbat dapat bergerak dari suatu bagian permukaan adsorben ke bagian permukaan adsorben lainnya.

#### **2. Adsorpsi Kimia**

Adsorpsi secara kimia ditandai dengan terjadinya pertukaran elektron atau bagian antar molekul adsorbat dengan permukaan adsorben sehingga memungkinkan timbulnya reaksi kimia. Ikatan kimia yang terbentuk lebih kuat sehingga lapisan terbentuk adalah lapisan monolayer. Adsorpsi secara kimia tidak bersifat *reversible* dan umumnya terjadi pada suhu tinggi sehingga proses adsorpsi dibutuhkan energi yang lebih tinggi untuk memutuskan ikatan antar permukaan adsorben dengan adsorbat.

### **2.5.3. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Daya Adsorpsi**

Menurut Saragih (2008), pada proses adsorpsi terdapat beberapa faktor-faktor yang mempengaruhi daya adsorpsi dapat dilihat sebagai berikut :

## 1. Karakteristik Adsorben

- a. Luas permukaan dan volume pori adsorben, dimana jumlah molekul dari adsorbat yang telah terserap akan meningkat seiring bertambahnya luas permukaan dan volume pori dari permukaan adsorben. Semakin luas permukaan maka akan semakin luas pula daya adsorpsi karena proses adsorpsi terjadi pada permukaan adsorben.
- b. Kemurnian adsorben, dimana adsorben yang memiliki tingkat kemurnian yang tinggi maka kemampuan adsorpsinya cenderung lebih baik.

## 2. Jenis Adsorbat

- a. Kepolaran zat, molekul-molekul polar lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar apabila memiliki diameter yang sama;
- b. Ukuran molekul adsorbat dapat mempengaruhi ukuran pori dari adsorben yang dipakai, dimana molekul-molekul adsorbat akan dapat diadsorpsi apabila diameter lebih kecil dari diameter permukaan pori adsorben yang digunakan.

## 3. Tekanan Adsorbat

Tekanan adsorbat dalam adsorpsi fisika ditandai dengan apabila menaikkan tekanan adsorbat maka jumlah zat yang diadsorpsi akan bertambah, sebaliknya pada adsorpsi kimia apabila menaikkan tekanan adsorbat maka jumlah zat yang diadsorpsi akan berkurang;

## 4. Jenis Adsorben

- a. Adsorben polar, seperti *zeolite* dan *silica gel*;

- b. Adsorben non polar, jenis adsorben yang termasuk kelompok karbon aktif dan polimer adsorben.

#### 5. pH

Adsorpsi terhadap basa organik akan lebih efektif pada pH tinggi sedangkan asam organik akan lebih mudah teradsorpsi pada pH rendah;

#### 6. Daya Larut Terhadap Adsorben

Apabila daya larut tinggi, maka proses adsorpsi akan terhambat hal ini dikarenakan untuk melarutkan adsorbat dibutuhkan gaya yang berlawanan dengan gaya tarik adsorben terhadap adsorbat.

### **2.5.4. Metode Adsorpsi**

Metode adsorpsi dapat dilakukan dengan dua cara yaitu statis (*batch*) dan dinamis (*kolom*).

1. Cara statis (*batch*) yaitu memasukkan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah yang terdapat adsorben, selanjutnya diaduk dalam waktu tertentu. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan. Komponen yang telah terikat pada adsorben dilepaskan kembali dengan melarutkan adsorban dalam pelarut tertentu dan volume lebih kecil dari volume larutan mula-mula;
2. Cara dinamis (*kolom*) yaitu memasukkan larutan dengan komponen yang diinginkan ke dalam wadah terhadap adsorben, selanjutnya komponen yang telah diserap dilepaskan kembali dengan mengalirkan pelarut (*efluen*) sesuai yang volumenya lebih kecil (Apriliani, 2010).

### 2.5.5. Adsorption Isotherm

Adsorption isotherm adalah berfungsi sebagai konsentrasi zat terlarut yang terserap pada zat padat terhadap konsentrasi larutan. Persamaan yang didapatkan untuk menjelaskan data percobaan *isotherm* yaitu Freundlich, Langmuir, dan Brunauer, Emmet dan Teller (BET). Tipe isotherm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi fase cair maupun padat yang pada umumnya menganut tipe Isotherm Freundlich dan Langmuir. Adsorben yang baik memiliki kapasitas adsorpsi dan persentase penyerapan yang tinggi (Aprliani, 2010).

#### 1. Adsorpsi Isotherm Langmuir

*Adsorpsi Isotherm Langmuir* menurut Kasman (2011) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} \times C_e + \frac{1}{KL \times q_m} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.1})$$

Dimana :

$q_e$  = jumlah kadar yang teradsorpsi per g pada konsentrasi C

KL = konstanta kesetimbangan

$C_e$  = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

$q_m$  = kapasitas adsorpsi maksimum

#### 2. Adsorption Isotherm Freundlich

*Adsorption Isotherm Freundlich* menurut Kasman (2011) dinyatakan bahwa persamaan yang teradsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan (yang tidak teradsorpsi) yang dirumuskan seperti sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = K C^{1/n} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 2.2})$$

$$\text{Log } q_e = \log KF + 1/n \cdot \log CF \dots \dots \dots (\text{Persamaan 2.3})$$

Dimana :

$q_e$  = jumlah g teradsorpsi per g adsorben

$n, KF$  = tetapan

$CF$  = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

## 2.6. Penelitian Terdahulu

Adapun beberapa penelitian yang memanfaatkan lumpur IPA PDAM untuk mengurangi kadar logam dapat dilihat di Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Pemanfaatan lumpur IPA PDAM sebagai adsorben untuk menyerap logam

Penelitian	Bahan yang digunakan	Logam yang direduksi	Hasil
Rizqi Amaliasani, 2016	Lumpur Hasil Pengolahan Air Di PDAM Tirta Binangun Kulonprogo, DIY, Indonesia	Ion Logam Kadmium	Adsorben Pas, Pas-Ag, Rsp Dan Pas-Ar Mempunyai Kapasitas Penyerapan Berturut-Turut Sebesar 40,3 Mg/G, 31,6 Mg/G, 24,9 Mg/G, Dan 21,1 Mg/G.
Della Gita Sari, 2016	Lumpur PDAM Tirta Binangun Kulon Progo	Logam Timbal	Berdasarkan hasil model adsorpsi isoterm Langmuir, kapasitas adsorpsi RSP, PAS, PAS-AR, dan PAS-AG berturut-turut adalah 84,75 mg/g, 181,81 mg/g, 147, 1 mg/g dan 192,3 mg/g.
Ihsanul Arief, Berlian Sitorus, Yeni Juliawati, Nurhadini, 2015	Limbah Lumpur Pdam Kota Pontianak Dan Tandan KosongSawit	Logam Merkuri	Adsorpsi logam Hg oleh karbon aktif terjadi secara fisik dengan kapasitas adsorpsi yang baik, ditunjukkan oleh nilai $k$ dan $n$ karbon aktif dari masing-masing untuk karbon dari lumpur $k = 1,25 \times 10^{-4}$ dan $n = 1,3387$ ; TKS $k = 1,25 \times 10^{-4}$ dan $n = 0,9978$ dan campuran $k = 1,24 \times 10^{-4}$ dan $n = 1,3457$

Vini Selvianata, Titin Anita Zaharah, Winda Rahmalia, 2019	Sintesis Zeolit Sodalit Dari Lumpur PDAM Kota Pontianak	Besi (Fe)	Kapasitas adsorpsi zeolit hasil sintesis terhadap besi terlarut yaitu 10,69 mg/g dan efisiensi 94,31 % dengan konsentrasi optimum besi terlarut yaitu 22,67 ppm.
Muhammad Rafiqy, 2021	Limbah Lumpur Pdam Tirta Musi Palembang	Ion Pb(II).	Kapasitas penyerapan terbesar adsorben lumpur aktif tersebut terjadi pH 4 dengan nilai $Q_e$ 23,22 mg/g dan waktu kontak selama 50 menit dengan nilai $Q_e$ 75,12 mg/g.
Intan Lestari, Mahra Mahraja, Faizar Farid, Diah Riski Gusti, Edwin Permana, 2020	Limbah Padat Lumpur Aktif Yang Di Ambil Dari Sisa Pengolahan Air Minum Pdam Tirta Mayang Jambi	Ion Pb(II).	Parameter penyerapan yang dipelajari adalah pH diperoleh pada pH 5, massa adsorben 0,2 g, waktu kontak 45 menit dan konsentrasi ion Pb(II) adalah 300 mg/L dengan kapasitas adsorbs 25,42 mg/g.

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1. Jenis Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan eksperimen berupa pengamatan proses adsorpsi terhadap logam Cu artifisial menggunakan adsorben lumpur IPA Sunggal PDAM Tirtanadi.

#### **3.2. Waktu dan Lokasi Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2022 sampai Februari 2023. Pembuatan adsorben dan Tahap eksperimen proses adsorpsi dengan metode statis (*batch*) dilakukan di UPT Laboratorium Dinas Lingkungan Hidup Provinsi Sumatera Utara. Untuk pengujian parameter Cu dilaksanakan di UPT Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Utara.

#### **3.3. Pengumpulan Data dan Variabel Penelitian**

Pada penelitian ini dilakukan pengumpulan data yang dibutuhkan untuk mencapai hasil penelitian yakni :

##### **1. Data Primer**

Data primer yang diperoleh melalui pengamatan secara langsung dan hasil eksperimen yang dilakukan di Laboratorium terkait objek penelitian ini, diantaranya :

- a. Kadar air pada adsorben lumpur;

- b. Kadar abu pada adsorben lumpur;
- c. Kadar *volatile* pada adsorben lumpur;
- d. Konsentrasi parameter Cu.

## 2. Data Sekunder

Data sekunder yang digunakan pada penelitian ini berupa data yang diperoleh dari literatur seperti jurnal, buku dan kajian teori yang sesuai dengan topik permasalahan pada penelitian yang dilakukan. Teori yang diambil dari literatur berupa :

- a. Adsorpsi
- b. Adsorben lumpur
- c. Aktivator NaOH
- d. Limbah lumpur IPA Sunggal PDAM Tirtanadi
- e. Baku mutu logam Cu

## 3. Variabel Penelitian

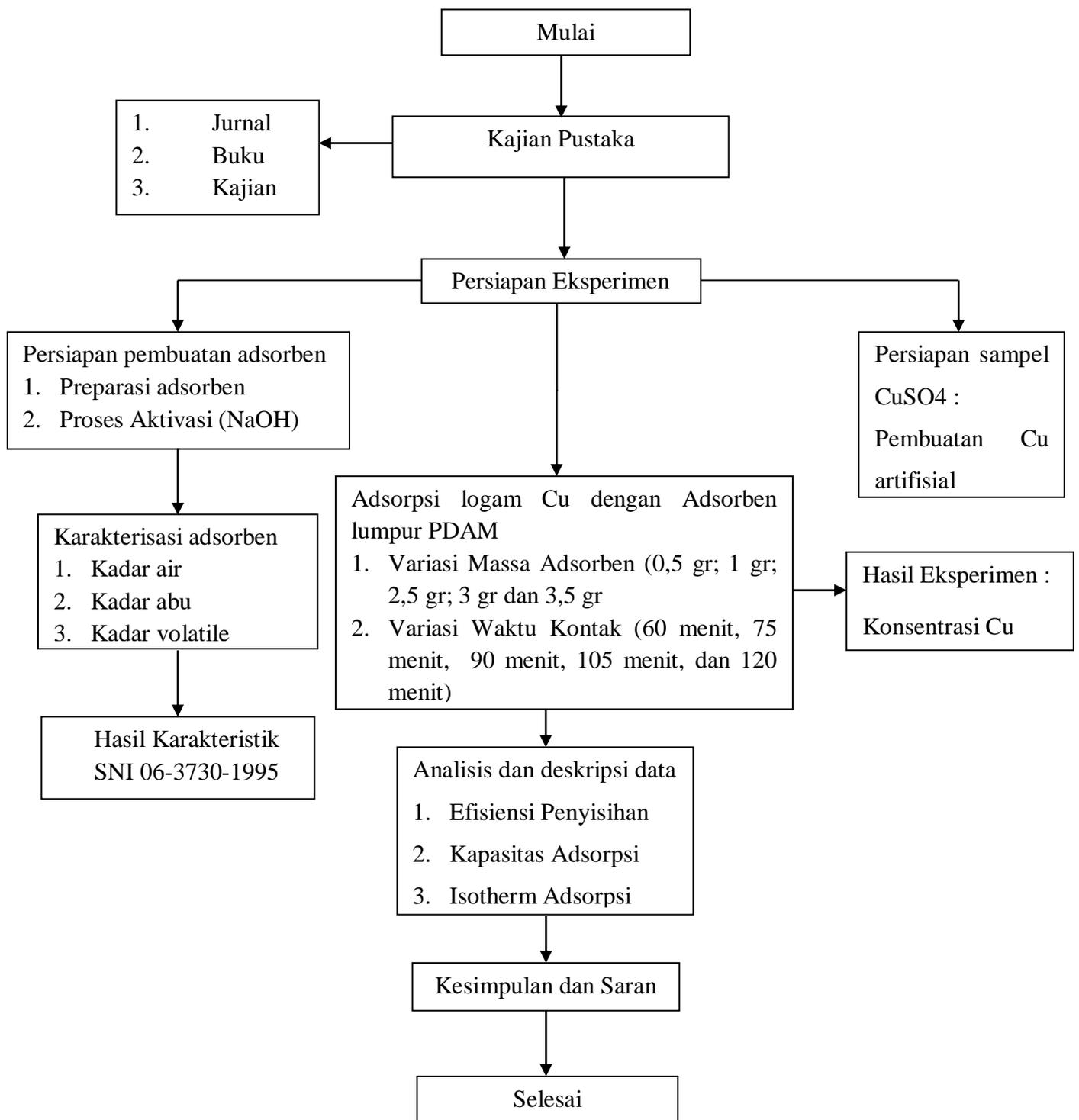
Variabel penelitian terbagi menjadi 2 (dua) yaitu variabel bebas dan variabel terikat. Pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat diamati pada adsorben limbah lumpur IPA Sunggal PDAM Tirtanadi. Uraian variabel penelitian sebagai berikut :

- a. Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :
  - 1). Waktu kontak 60, 75, 90, 105, dan 120 menit;
  - 2). Dosis adsorben 0,5 gr; 1 gr; 2,5 gr; 3 gr dan 3,5 gr.
- b. Variabel terikat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu :
  - 1). Efisiensi adsorpsi;

2). *Isotherm* adsorpsi;

3). Kapasitas adsorpsi.

### 3.4. Alur Penelitian



Gambar 3.1. Alur Penelitian

### 3.5. Alat dan Bahan

Persiapan yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu alat dan bahan seperti berikut :

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yakni :

- a. Ayakan 60 *mesh*;
- b. Desikator;
- c. Oven;
- d. Neraca Analitik;
- e. Gelas beaker;
- f. *Furnace*;
- g. Gelas Ukur;
- h. Kertas saring *Whatman 42*;
- i. *Flocculator Jarrest*;
- j. Erlenmeyer;
- k. Shaker.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi :

1. Lumpur IPA Sunggal sebagai adsorben;
2. NaOH sebagai bahan untuk mengaktifasi adsorben;
3. Limbah Cu artifisial.

### **3.6. Tahap Penelitian**

Pada penelitian ini ada beberapa tahapan yang dilakukan yaitu :

#### **3.6.1. Preparasi Adsorben**

Lumpur yang telah dikumpulkan di jemur di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya hingga lumpur benar-benar kering. Setelah itu, dikarbonisasi dengan menggunakan Furnace. Sampel dimasukkan ke dalam furnace dengan suhu  $600^{\circ}\text{C}$  selama 2 jam, kemudian diayak dengan ayakan 60 mesh. Adsorben yang sudah dikarbonisasi disimpan dalam container tertutup pada suhu ruangan. (Sirajuddin dkk, 2019).

#### **3.6.2. Proses Aktivasi**

Arang yang sudah diayak kemudian diaktivasi dengan cara direndam menggunakan NaOH 5% dan disaring dengan kertas saring whattman 42. Setelah itu di filter menggunakan aquades hingga pH netral lalu dipanaskan dengan oven pada suhu  $100^{\circ}\text{C}$  sampai berat konstan kemudian didinginkan di dalam desikator dan disimpan di dalam box. ( Sirajuddin dkk, 2019).

#### **3.6.3. Pembuatan Larutan $\text{CuSO}_4$**

Pembuatan limbah artifisial  $\text{CuSO}_4$  dilakukan dengan melarutkan bubuk  $\text{CuSO}_4$  sebanyak 1 mg ke dalam 1 liter aquades pada labu ukur 1000 ml.

### 3.7. Karakterisasi Adsorben Lumpur

Karakterisasi yang dapat dilakukan terhadap adsorben dari limbah lumpur sebelum dilakukannya proses adsorpsi mengacu pada penelitian Laos dan Selan (2016) dan Vinsiah dkk (2013), yakni :

#### 1. Kadar air

Digunakan sebanyak 1 gram arang aktif kemudian dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya, lalu dimasukkan kedalam oven dengan suhu 105°C. Kemudian diletakkan didalam desikator selama 15 menit lalu ditimbang beratnya (Laos dan Selan, 2016).

#### 2. Kadar Abu

Digunakan sebanyak 1 gram arang aktif lalu dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya, kemudian di *furnace* dengan suhu 600°C hingga seluruh sampel menjadi abu. Setelah selesai dimasukkan deikator untuk didinginkan hingga suhu konstan dan kemudian ditimbang beratnya (Laos dan Selan, 2016).

#### 3. Kadar *Volatile*

Digunakan sebanyak 1 gram aktif kemudian dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui beratnya, lalu dimasukkan kedalam oven dengan suhu 900°C selama 7 menit. Lalu dikeluarkan cawan dari oven dan didinginkan di desikator selama 1 jam dan ditimbang beratnya (Vinsiah dkk, 2013).

### 3.8. *Batch Experimen*

Experimen dilakukan secara *batch*, dimana terdapat 1 variabel terikat yaitu efisiensi adsorpsi dan 2 variabel bebas yaitu waktu kontak dan massa adsorben. Tiap variabel bebas mempunyai 5 variasi seperti tabel 3.1.

Tabel 3.1 Variabel Bebas Eksperimen (Rika, 2021)

Variabel Bebas	Kode	Variasi Eksperimen				
		1	2	3	4	5
Massa Adsorben (gr)	A	0,5	1	1,5	3	3,5
Waktu Kontak (menit)	B	60	75	90	105	120

Berdasarkan tabel 3.1 terlihat ada 2 variabel bebas yang digunakan dalam eksperimen. Adapun prosedur eksperimen adalah sebagai berikut:

1. Sebanyak 100 ml CuSO<sub>4</sub> dimasukkan ke dalam *beaker glass* ukuran 250 ml;
2. Kemudian massa adsorben yang digunakan adalah 0,5 gram; 1 gram; 1,5 gram; 3 gram; 3,5 gram murni dan aktivasi;
3. Dilakukan pengadukan menggunakan *floculator jartest* dengan kecepatan yang digunakan yaitu 100 rpm;
4. Dilakukan penyaringan dengan menggunakan kertas saring *whatman* 42 hingga filtrate;
5. Diberikan label pada masing-masing *beaker glass* dan dilanjutkan uji laboratorium di UPT Laboratorium Kesehatan Provinsi Sumatera Utara;
6. Data dianalisis mengikuti persamaan yang telah ditetapkan untuk memperoleh hasil penyerapan pencemar.

Pada eksperimen ini digunakan varian massa lumpur dan varian waktu pengadukan untuk melihat keefektivan penyerapan Cu pada adsorben lumpur pada waktu dan massa lumpur yang sudah ditentukan variasinya. Adapun jumlah eksperimen yang dilakukan di tampilkan di tabel 3.2.

Tabel 3.2 Variabel Eksperimen (Rika. 2021)

Eksperimen	Massa Adsorben		Waktu (menit)
		(gr/500 ml)	
Adsorben LM	1	0,5	90
		1	90
		2,5	90
		3	90
		3,5	90
	2	2,5	60
		2,5	75
		2,5	90
		2,5	105
		2,5	120
Adsorben LA	1	0,5	90
		1	90
		2,5	90
		3	90

	3,5	90
2	2,5	60
	2,5	75
	2,5	90
	2,5	105
	2,5	120
Blanko		

### 3.9. Analisis Data

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini yaitu penentuan uji kualitas adsorben dengan menghitung kadar abu, kadar air dan kadar *volatile*. Kemudian dilanjutkan dengan analisa penyerapan pencemar parameter Cu artifisial dan menganalisa pengaruh dari massa adsorben dan waktu kontak. Pengaruh variabel bebas terhadap konsentrasi Cu

#### 1. Kadar Air

Prosedur penetapan pada kadar air mengacu pada Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 mengenai syarat mutu dan pengujian terhadap arang aktif. Pengujian dilakukan dengan mempersiapkan arang sebanyak 1 gram lalu dikeringkan dalam oven dengan suhu 105°C hingga beratnya konstan. Lalu dimasukkan ke dalam desikator selama 15 menit hingga bobotnya tetap dan dilanjutkan dengan penentuan kadar air dalam (%). Berikut persamaannya :

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100\% \dots\dots\dots (\text{Persamaan 3.1})$$

Keterangan :

W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massacawan + sampel akhir (gr)

## 2. Kadar Abu

Adapun prosedur penetapan pada kadar abu ini mengacu pada SNI 06-3730-1995 mengenai syarat mutu dan pengujian arang aktif. Kadar contoh uji sebanyak 1 gram dimasukkan kedalam cawan yang telah diketahui bobot sebelumnya, kemudian di *furnace* pada suhu 600°C selama 5 menit hingga seluruh sampel menjadi abu. Kemudian didinginkan dalam desikator hingga suhu konstan lalu ditimbang. Kadar abu biochar dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Kadar Abu} = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100\% \dots\dots\dots \text{(Persamaan 3.2)}$$

Keterangan :

W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massacawan + sampel akhir (gr)

## 3. Kadar *Volatile*

Sebanyak 1 gram sampel arang aktif ditimbang dan dimasukkan kedalam cawan porselen yang diketahui bobot sebelumnya. Selanjutnya sampel dipanaskan dalam oven dengan suhu 900°C selama 7 menit. Kemudian cawan dikeluarkan dan didinginkan didalam desikator selama 1 jam kemudian ditimbang untuk

mendapatkan berat akhir dari arang aktif. Dilakukan perhitungan kadar zat dengan persamaan sebagai berikut :

$$\% \text{ Kadar Volatile} = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100\% \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.2})$$

Keterangan :

W1 = Massa cawan kosong (gr)

W2 = Massa cawan + sampel awal (gr)

W3 = Massacawan + sampel akhir (gr)

#### 4. Mekanisme Adsorpsi

##### a. Adsorpsi Isotherm Langmuir

*Adsorpsi Isotherm Langmuir* menurut Kasman (2011) dinyatakan dalam persamaan sebagai berikut :

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} \times C_e + \frac{1}{KL \times q_m} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.4})$$

Dimana :

$q_e$  = jumlah kadar yang teradsorpsi per g pada konsentrasi C

KL = konstanta kesetimbangan

$C_e$  = konsentrasi adsorbat pada kesetimbangan

$q_m$  = kapasitas adsorpsi maksimum

##### b. Adsorption Isotherm Freundlich

*Adsorption Isotherm Freundlich* menurut Kasman (2011) dinyatakan bahwa persamaan yang teradsorpsi dengan konsentrasi adsorbat dalam larutan (yang tidak teradsorpsi) yang dirumuskan seperti sebagai berikut :

$$\frac{x}{m} = K C^{1/n} \dots\dots\dots(\text{Persamaan 3.5})$$

$$\text{Log } q_e = \log K_F + 1/n \cdot \log C_F \dots \dots \dots (\text{Persamaan 3.6})$$

Dimana :

$q_e$  = jumlah g teradsorpsi per g adsorben

$n, K_F$  = tetapan

$C_F$  = konsnetrasi adsorbat pada kesetimbangan

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi adsorben dari lumpur dilakukan untuk mengetahui kualitas adsorben terbaik sebelum dilakukan pengujian pada larutan CuSO<sub>4</sub> dalam penyerapan Cu. Karakterisasi adsorben lumpur setelah diaktivasi mencakup uji kadar air, kadar abu dan kadar volatile berdasarkan SNI 06-3730-1995 yang dapat dilihat pada tabel dibawah ini.

Tabel 4.1 Hasil uji Kadar Adsorben Lumpur IPA

<b>Parameter (%)</b>	<b>Hasil Uji (%)</b>	<b>SNI-06-3730-1995</b>
Kadar Air	1,96	Maks 15%
Kadar Abu	5,94	Maks 10%
Kadar Volatil	5,85	Maks 25%

Sumber : Data Primer 2023

Berdasarkan Tabel 4.1 menunjukkan bahwa kadar air yang dihasilkan dalam penelitian ini diperoleh sebesar 1,96%, dimana hasil tersebut memenuhi baku mutu menurut SNI-06-3730-1995 yaitu maksimum sebesar 15%. Rendahnya kadar air yang dihasilkan memperlihatkan bahwa kandungan air terikat pada bahan baku yang telah di preparasi dahulu sebelum diaktivasi. Kemudian pada pengujian kadar abu diperoleh sebesar 5,84%, dimana hasil

tersebut telah memenuhi baku mutu arang karena tidak melampaui 10% menurut SNI-06-3730-1995. Rendahnya nilai kadar abu yang dihasilkan menunjukkan bahwa luas permukaan adsorben lumpur lebih besar.

Dari pengujian yang telah dilakukan, kadar volatile yang diperoleh pada adsorben yang diaktivasi yaitu sebesar 5,85%. Nilai kadar volatile yang diperoleh dari adsorben lumpur yang diaktivasi ini telah memenuhi syarat berdasarkan SNI-06-3730-1995 dengan kadar maksimal 25%.

#### **4.2. Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi**

Efisiensi adsorpsi menyatakan tingkat seberapa besar adsorben mampu menyerap adsorben. 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 pula. Dalam penelitian ini dihitung nilai efisiensi dan kapasitas adsorpsi penyisihan parameter Cu yang telah dilakukan adsorpsi menggunakan adsorben lumpur.

##### **4.2.1. Pengaruh Variasi Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cu pada Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi**

Massa adsorben merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyisihan parameter Cu, maka dari itu digunakan variasi untuk melihat pengaruh

dari penambahan massa adsorben terhadap penyisihan parameter Cu dengan adsorben lumpur. Hasil uji penyisihan Cu pada variasi massa dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil uji Penyisihan Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Massa

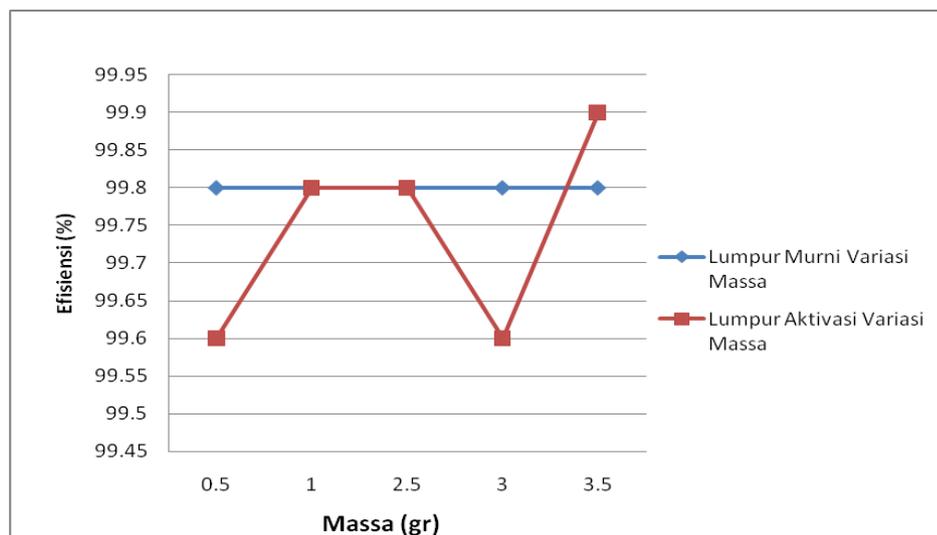
<b>Massa (gram)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi Awal Ci (mg/l)</b>	<b>Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)</b>	<b>Efisiensi Penyisihan (%)</b>	<b>x/m (mg/g)</b>
<b>Adsorben Lumpur Murni</b>					
0,5	90	1	0,0012	99,88	0,199
1	90	1	0,0012	99,88	0,099
2,5	90	1	0,0012	99,88	0,039
3	90	1	0,0012	99,88	0,033
3,5	90	1	0,0012	99,88	0,029
<b>Adsorben Lumpur Aktivasi</b>					
<b>Massa (gram)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi Awal Ci (mg/l)</b>	<b>Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)</b>	<b>Efisiensi Penyisihan (%)</b>	<b>x/m (mg/g)</b>
0,5	90	1	0,014	98,6	0,197
1	90	1	0,0012	99,88	0,099
2,5	90	1	0,0012	99,88	0,039
3	90	1	0,004	99,6	0,033
3,5	90	1	0,001	99,9	0,029

Sumber : Data Primer 2023

Dari hasil data diatas dapat dilihat bahwa, efisiensi penyisihan pada adsorben lumpur murni memiliki nilai yang sama. Artinya meskipun terjadi penambahan massa pada proses adsorpsi tidak meningkatkan efisiensi penyisihan. Pada adsorben lumpur aktivasi nilai terbaik yaitu pada massa 3,5 gram yaitu mencapai 99,9%.

Namun apabila melihat kapasitas penyerapan pada adsorben lumpur murni variasi massa yang terbaik yaitu pada massa 0,5 gr, sedangkan pada adsorben lumpur aktivasi variasi massa yang terbaik juga pada massa 0,5 gr. Dari hal ini dapat dilihat bahwa penambahan massa tidak meningkatkan penyerapan. Dengan massa yang lebih sedikit sudah memberikan hasil yang efisien.

Berikut merupakan grafik efisiensi adsorben lumpur murni dan aktivasi pada variasi massa.

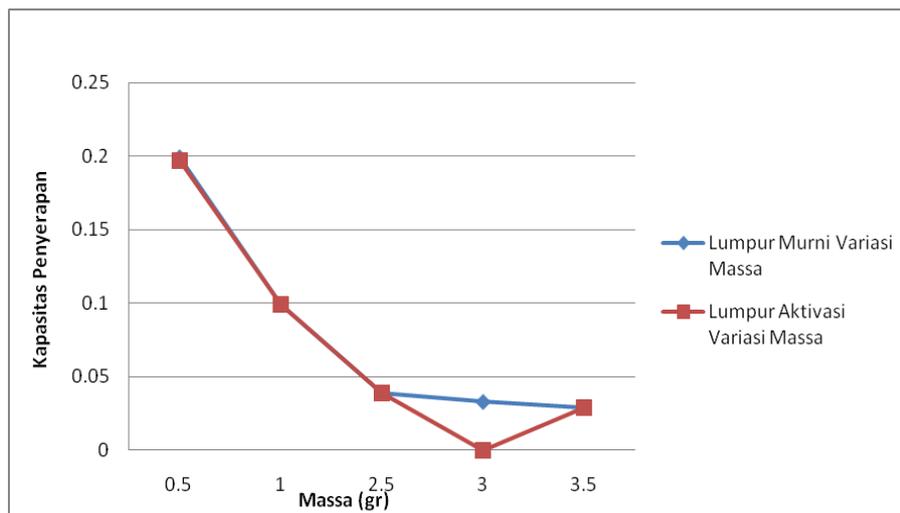


Gambar 4.1. Grafik Efisiensi Parameter Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Massa Adsorben

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa lumpur murni memiliki efisiensi konstan pada 99,8%. Salah satu faktor yang mempengaruhi proses penyerapan adalah waktu kontak adsorpsi, dan pada variasi ini tidak dilakukannya variasi waktu kontak yang memungkinkan adanya pengaruh terhadap efisiensi penyerapan. Penelitian adsorben lumpur murni pada variasi massa adsorben 0,5 gr

dengan waktu pengadukan 90 menit telah mampu menurunkan 99,88%. Namun pada berat 3,5 gr juga memiliki hasil yang sama dan tidak terjadinya peningkatan.

Penyisihan Cu adsorben lumpur aktivasi variasi massa memiliki perbedaan dari lumpur murni, dimana nilai efisiensi penyisihan mengalami naik turun namun masih pada range nilai 98-99%. Efisiensi penyisihan tertinggi dicapai pada massa adsorben 3,5 gr sebesar 99,9%. Menurut Al-Anber (2011), penyisihan semakin efektif jika adsorben yang digunakan semakin banyak. Kelarutan adsorbat dalam air atau limbah, adsorbat yang kurang larut dalam limbah akan semakin mudah untuk diserap oleh adsorben (Al-Anber, 2011).



Gambar 4.2. Grafik Kapasitas Penyerapan Parameter Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Massa Adsorben

Dilihat dari grafik diatas, kapasitas penyerapan pada adsorben lumpur murni dan aktivasi tidak berbeda jauh dan lebih efektif lumpur murni daripada aktivasi. Untuk adsorben lumpur murni yang terbaik yaitu pada massa 0,5 gr begitu juga dengan adsorben lumpur aktivasi. Nilai yang optimum yaitu pada

massa 0,5 gr dengan kapasitas penyisihan maksimum yaitu 0,199 dan 0,197. Dan penambahan massa tidak meningkatkan kapasitas penyerapan.

Hal ini dimungkinkan dengan semakin banyak bertambahnya massa adsorben justru akan menyebabkan interaksi yang tidak sempurna pada proses pengadukan dilakukan karena kemungkinan adsorben tertutup oleh padatan lainnya yang tumpang tindih sehingga banyak pori-pori adsorben yang tidak bekerja dengan baik dalam menyerap zat organik (Swastha, 2010).

#### **4.2.2. Pengaruh Variasi Waktu Pengadukan Massa Adsorben Terhadap Penyisihan Cu pada Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi**

Selain massa adsorben, waktu pengadukan juga merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi penyisihan parameter Cu, maka dari itu digunakan variasi untuk melihat pengaruh dari variasi waktu kontak adsorben terhadap penyisihan parameter Cu pada massa adsorben 2,5 gr dengan adsorben lumpur yang tidak diaktivasi. Hasil uji penyisihan Cu pada variasi waktu dan massa dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil uji Penyisihan Cu Adsorben Lumpur Murni Variasi Waktu

<b>Adsorben Lumpur Murni</b>					
<b>Massa (gram)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi Awal Ci (mg/l)</b>	<b>Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)</b>	<b>Efisiensi Penyisihan (%)</b>	<b>x/m (mg/g)</b>
2,5	60	1	0,004	99,6	0,0398
2,5	75	1	0,001	99,9	0,0399
2,5	90	1	0,0012	99,88	0,0399
2,5	105	1	0,0012	99,88	0,0399
2,5	120	1	0,0012	99,88	0,0399
<b>Adsorben Lumpur Aktivasi</b>					
<b>Massa (gram)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi Awal Ci (mg/l)</b>	<b>Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)</b>	<b>Efisiensi Penyisihan (%)</b>	<b>x/m (mg/g)</b>
2,5	60	1	0,0012	99,88	0,0399
2,5	75	1	0,0012	99,88	0,0399
2,5	90	1	0,0012	99,88	0,0399
2,5	105	1	0,009	99,1	0,0396
2,5	120	1	0,01	99	0,0396

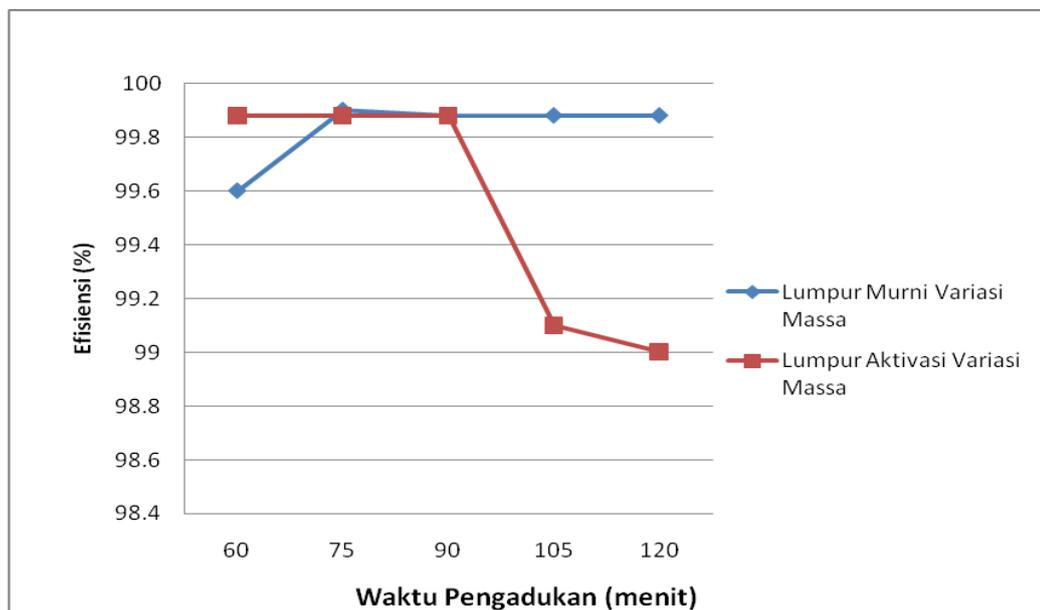
Sumber : Data Primer 2023

Dari hasil data diatas, dapat dilihat bahwa, konsentrasi awal dari parameter Cu yaitu 1 mg/L yang berarti melampaui baku mutu air permukaan PP 22 Tahun 2021 sebesar 0,02 mg/l. Dan setelah dilakukan variasi waktu kontak pada adsorben lumpur murni, konsentrasi Cu mengalami penurunan antara 0,001-0,004 mg/L yang berarti adsorben lumpur yang telah murni dapat menurunkan konsentrasi Cu. Dari tabel diatas yang memiliki nilai efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang tinggi, yakni pada waktu 75 menit dengan nilai 99,9%. Sedangkan

pada adsorben lumpur aktivasi, nilai efisiensi terbaik yaitu pada waktu 60 menit dengan efisiensi penyisihan 99,8%.

Jika melihat kapasitas penyerapan, waktu pengadukan 75 menit pada adsorben lumpur murni dan 60 menit pada adsorben lumpur aktivasi sudah menghasilkan nilai yang optimum, dan dapat diketahui bahwa semakin lama waktu pengadukan tidak memberikan nilai yang semakin baik atau tidak memberikan peningkatan.

Berikut merupakan grafik efisiensi adsorben lumpur murni dan aktivasi pada variasi waktu.

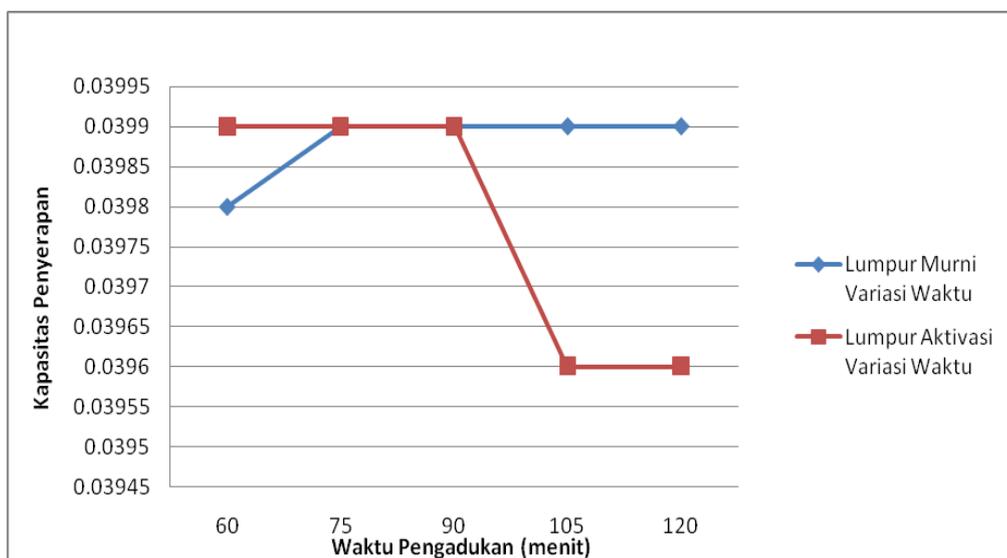


Gambar 4.3. Grafik Efisiensi Parameter Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Waktu

Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat, efisiensi penyisihan pada adsorben lumpur murni lebih baik dari pada adsorben lumpur aktivasi. Nilai

efisiensi penyisihan pada adsorben lumpur murni lebih stabil dan adanya peningkatan pada waktu pengadukan 75 menit. Sedangkan pada adsorben lumpur aktivasi efisiensi penyisihan terjadi penurunan di waktu pengadukan 105 menit.

Menurut Safitri (2016) Adsorben murni sebagai zat yang digunakan untuk mengadsorpsi, maka adsorben yang lebih murni lebih diinginkan karena memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik.



Gambar 4.4. Grafik Kapasitas Penyerapan Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Terhadap Variasi Waktu

Tidak jauh berbeda dengan grafik efisiensi penyisihan, pada grafik kapasitas penyerapan juga memiliki hasil yang sama. Adsorben lumpur murni jauh lebih baik dari pada adsorben lumpur aktivasi. Kapasitas penyerapan terbaik juga terjadi di waktu pengadukan 60 menit dan 75 menit.

. Penambahan waktu pengadukan hingga 120 menit ternyata menurunkan kapasitas penyerapan. Penurunan kapasitas penyerapan pada adsorpsi logam Cu terjadi pada waktu kontak 105 menit dan 120 menit karena pada konsentrasi ini logam Cu yang terserap pada permukaan arang aktif lebih besar daripada konsentrasi logam Cu yang tetap berada dalam larutan, sehingga pada waktu kontak tersebut menyebabkan logam Cu yang sudah terserap pada arang aktif akan lepas kembali dalam larutan (Erni 2020).

#### **4.3. Mekanisme Adsorpsi Menggunakan Metode Langmuir dan Freundlich**

Penentuan isotherm adsorpsi ini bertujuan untuk mengetahui mekanisme adsorpsi yang terjadi selama proses adsorpsi. Persamaan isotherm ini juga menjelaskan terjadinya kesetimbangan konsentrasi antara adsorben dan adsorbat yang sebanding pada kecepatan penyerapannya. Pada persamaan isotherm ini, terdapat dua persamaan yang akan digunakan dibandingkan yaitu isotherm Langmuir yang menggambarkan terbentuk single layer pada permukaan adsorben dari proses adsorpsi dan isotherm Freundlich menggambarkan terbentuknya lapisan multi layer dari proses adsorpsi pada permukaan yang heterogen. Penetapan isotherm adsorpsi yang sesuai dengan percobaan ini bisa dibuktikan dengan koefisien kolerasi ( $R^2$ ) yang ditunjukkan pada grafik linearisasi pada kedua model yang tertera.

Pembuatan plot grafik dilakukan dengan menggunakan program Microsoft Excel yang dihitung berdasarkan dua persamaan ini. Dari kedua persamaan tersebut kemudian dilakukan perhitungan sehingga dapat dilakukan perhitungan sehingga dapat diketahui kapasitas adsorben lumpur. Proses adsorpsi oleh suatu adsorben dipengaruhi beberapa faktor serta mempunyai pola isotherm adsorpsi tertentu yang khas. Jenis adsorben, jenis zat yang diserap, luas permukaan adsorben, konsentrasi zat yang diadsorpsi dan suhu merupakan beberapa faktor yang mempengaruhi dalam proses adsorpsi. Dengan adanya faktor-faktor tersebut, setiap adsorben yang menyerap zat satu dengan zat lain tidak akan mempunyai pola adsorpsi yang sama.

Data yang dievaluasi pada isotherm adsorpsi diambil dari hasil percobaan yang menentukan konsentrasi Cu. Masing-masing adsorben dimasukkan dalam larutan CuSO<sub>4</sub> 100 ml. Dan variasi waktu 60 menit, 75 menit, 90 menit, 105 menit, dan 120 menit dengan kecepatan pengadukan 100 rpm.

Dari hasil penelitian yang telah dianalisa, selanjutnya, akan ditampilkan dibawah ini Isotherm Freundlich yang terbaik dan Isotherm Langmuir yang terbaik.

#### 4.3.1. Isotherm Freundlich

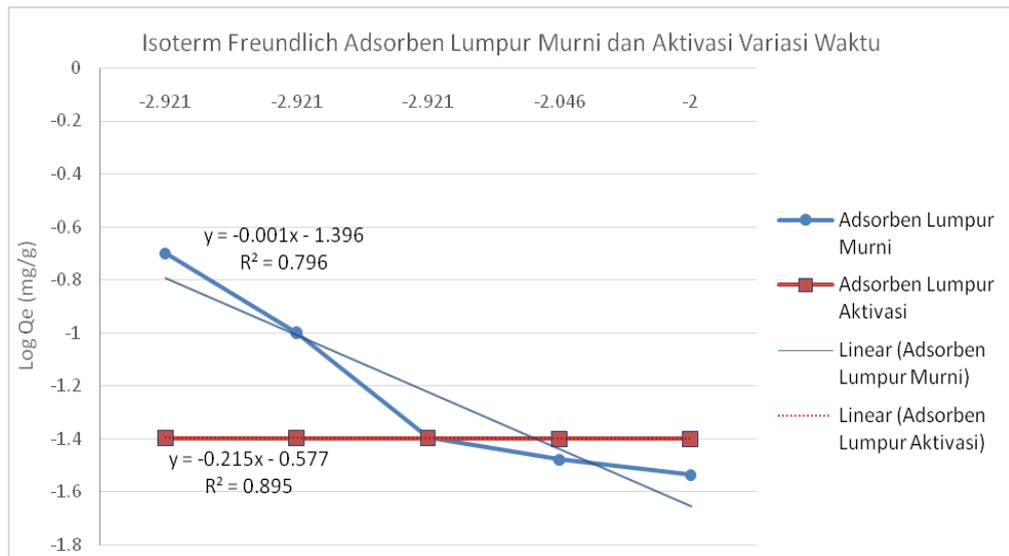
Pada tabel 4.4 dibawah ini, akan menunjukkan data hasil perhitungan isotherm freundlich pada lumpur murni dan aktivasi dengan adanya variasi waktu.

Tabel 4.4 Perhitungan Isotherm Freundlich Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu

<b>Adsorben Lumpur Murni</b>						
<b>Massa (gram)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi Awal Ci (mg/l)</b>	<b>Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)</b>	<b>Log Ce</b>	<b>Qe (mg/l)</b>	<b>Log Qe</b>
2,5	60	1	0,004	-2,398	0,2	-0,701
2,5	75	1	0,001	-3	0,1	-1
2,5	90	1	0,0012	-2,921	0,04	-1,398
2,5	105	1	0,0012	-2,921	0,033	-1,481
2,5	120	1	0,0012	-2,921	0,029	-1,538
<b>Adsorben Lumpur Aktivasi</b>						
<b>Massa (gram)</b>	<b>Waktu (menit)</b>	<b>Konsentrasi Awal Ci (mg/l)</b>	<b>Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)</b>	<b>Log Ce</b>	<b>Qe (mg/l)</b>	<b>Log Qe</b>
2,5	60	1	0,0012	-2,921	0,0399	-1,398
2,5	75	1	0,0012	-2,921	0,0399	-1,398
2,5	90	1	0,0012	-2,921	0,0399	-1,398
2,5	105	1	0,009	-2,046	0,0396	-1,401
2,5	120	1	0,01	-2	0,0396	-1,402

Sumber : Data Primer 2023

Dari tabel 4.4 diatas kemudian dilakukan perbandingan antara Log Ce dan Log Qe untuk mendapatkan grafik dan nilai koefisien. Grafik tersebut dapat dilihat pada gambar 4.5 dibawah ini.



Gambar 4.5. Isotherm Freundlich Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu

Dari gambar 4.5 dapat dilihat koefisien kolerasi isotherm freundlich pada adsorben lumpur murni dengan variasi waktu yaitu  $y = -0,001x - 1,396$  dengan nilai  $R^2 = 0,796$  yang menunjukkan hubungan kolerasi yang kuat. Sedangkan pada adsorben lumpur aktivasi, isotherm freundlich dengan variasi waktu yaitu  $y = -0,215x - 0,577 = 0,895$  yang menunjukkan hubungan kolerasi yang sangat kuat. Pada isotherm freundlich variasi massa ini hubungan kolerasi nilai yang tinggi didapat pada adsorben lumpur aktivasi.

Penentuan isothermal adsorpsi ini, dilakukan dengan melihat nilai regresi yang diperoleh masing-masing grafik yang telah dibuat. Berdasarkan gambar 4.5 dapat dijelaskan bahwa proses adsorpsi dengan menggunakan adsorben lumpur murni dengan adanya perbedaan massa adsorben dalam mekanisme adsorpsinya digambarkan membentuk lapisan multilayer (isothermal freundlich) karena nilai regresi yang lebih mendekati angka 1, yakni  $R^2 = 0,796$  pada adsorben murni dan

0,895 pada adsorben aktivasi. Pada grafik isothermal freundlich ini, sumbu x berupa Log Ce dan sumbu y berupa Log Qe.

Dari persamaan yang diperoleh grafik diatas, perbandingan nilai yang diperoleh dalam proses adsorpsi adsorben lumpur murni pada variasi massa yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.5 Nilai Persamaan Isotherm Freundlich Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu

<b>Adsorben Lumpur Murni</b>	
KF	24,88
1/n	0,001
N	1
R <sup>2</sup>	0,796
<b>Adsorben Lumpur Aktivasi</b>	
KF	3,78
1/n	0,215
N	4,65
R <sup>2</sup>	0,895

Sumber : Data Primer 2023

Dari tabel 4.5 diatas, dalam pengujian persamaan adsorpsi freundlich dibuktikan dengan grafik linierisasi yang baik dan mempunyai harga koefisien R<sup>2</sup> R<sup>2</sup> = 0,796 pada adsorben murni dan 0,895 pada adsorben aktivasi (mendekati angka 1). Model persamaan freundlich menyatakan bahwa ada lebih dari satu lapisan permukaan dan sisi bersifat heterogen, sehingga terjadi perbedaan energi ikatan pada tiap-tiap sisi.

Nilai konstanta freundlich pada isotherm freundlich untuk penyisihan Cu dengan adsorben lumpur yang telah diaktivasi oleh NaOH 5% yaitu sebanyak 12,5 gr. Menurut Ringo (2019), nilai  $K_f$  dan  $n$ , semakin tinggi nilai  $K_f$  dan  $n$  mengindikasikan bahwa semakin besar intensitas adsorpsi. Nilai  $1/n$  pada isotherm freundlich merupakan faktor heterogen yang menunjukkan intensitas adsorpsi dari adsorben. Untuk mengetahui kekuatan interaksi antara adsorben dan adsorbat dapat dilihat dari nilai  $1/n$ , semakin kecil nilai  $1/n$  maka semakin kuat interaksi antara adsorben dan adsorbat. Nilai  $1/n$  antara 0 sampai 1 untuk menyatakan bahwa proses adsorpsi terjadi secara heterogen dan semakin mendekati angka 0 maka menyatakan proses adsorpsi sangat cocok. Untuk proses adsorpsi Cu dengan menggunakan adsorben dari lumpur murni dengan variasi waktu, nilai  $1/n$  yaitu 0,001 yang berada di antara nilai 0 dan 1. Hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi Cu dengan lumpur murni yang memiliki perlakuan adanya variasi waktu pada permukaan adsorben terjadi secara heterogen.

Untuk proses adsorpsi Cu dengan menggunakan adsorben dari lumpur aktivasi dengan variasi waktu, nilai  $1/n$  yaitu 0,215 yang berada di antara nilai 0 dan 1. Hal ini mengindikasikan bahwa proses adsorpsi Cu dengan lumpur murni

yang memiliki perlakuan adanya variasi waktu pada permukaan adsorben terjadi secara heterogen.

#### 4.3.2. Isotherm Langmuir

Pada tabel 4.6 dibawah ini, akan menunjukkan data hasil perhitungan isotherm freundlich pada lumpur murni dan aktivasi dengan adanya variasi waktu.

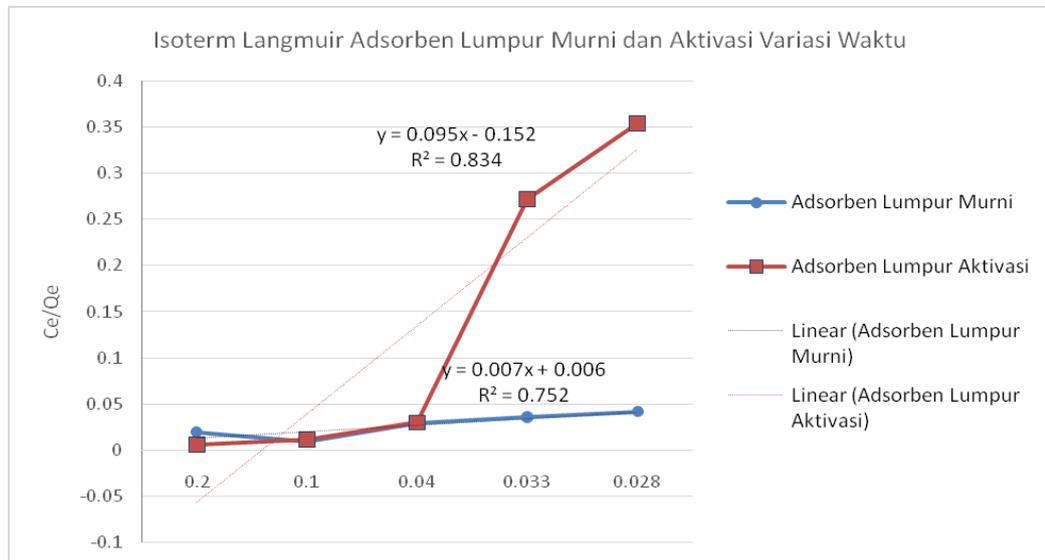
Tabel 4.6 Perhitungan Isotherm Langmuir Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu

<b>Adsorben Lumpur Murni</b>							
Massa (gram)	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal Ci (mg/l)	Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)	Qe (mg/l)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
2,5	60	1	0,004	0,199	0,02	2,510	250
2,5	75	1	0,001	0,1	0,01	10,010	1000
2,5	90	1	0,0012	0,04	0,03	62,575	833,33
2,5	105	1	0,0012	0,033	0,036	90,109	833,33
2,5	120	1	0,0012	0,029	0,042	122,648	833,33
<b>Adsorben Lumpur Aktivasi</b>							
Massa (gram)	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal Ci (mg/l)	Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)	Qe (mg/l)	Ce/Qe	m/x	1/Ce
2,5	60	1	0,0012	0,2	0,006	2,503	833,33
2,5	75	1	0,0012	0,1	0,012	10,012	833,33
2,5	90	1	0,0012	0,04	0,030	65,575	833,33
2,5	105	1	0,009	0,033	0,272	90,818	111,11
2,5	120	1	0,01	0,028	0,354	123,736	100

Sumber : Data Primer 2023

Dari hasil perhitungan pada tabel 4.4 diatas, dapat dibuat grafik untuk mengetahui nilai regresi dari hasil perhitungan tersebut. Pada persamaan isothermal Langmuir, grafik dibuat dengan memplotkan nilai Qe sebagai sumbu X

dan nilai  $C_e/Q_e$  sebagai sumbu Y. Berikut merupakan grafik isotherm Langmuir untuk adsorben lumpur murni pada variasi massa.



Gambar 4.6. Isotherm Langmuir Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu

Berdasarkan grafik pada gambar 4.6 diatas, dapat dilihat bahwa model isotherm Langmuir pada adsorben lumpur aktivasi didapatkan koefisien determinasi yang sangat kuat yaitu ( $R^2$ ) sebesar 0,752 pada adsorben lumpur murni dan 0,834 pada adsorben lumpur aktivasi (mendekati 1).

Penentuan isothermal adsorpsi ini, dilakukan dengan melihat nilai regresi yang diperoleh masing-masing grafik yang telah dibuat. Pada isotherm Langmuir diperoleh persamaan linearnya pada adsorben lumpur murni yaitu  $y = 0,007x - 0,006$  dan pada adsorben lumpur aktivasi yaitu  $y = 0,095x - 0,152$ . Dari persamaan yang diperoleh grafik diatas, perbandingan nilai yang diperoleh dalam

proses adsorpsi adsorben lumpur murni dan aktivasi pada variasi waktu yaitu sebagai berikut :

Tabel 4.7 Nilai Persamaan Isotherm Langmuir Cu Adsorben Lumpur Murni dan Aktivasi Variasi Waktu

<b>Adsorben Lumpur Murni</b>	
Qm	142,86
KL	1,17
RL	0,46
R <sup>2</sup>	0,752
<b>Adsorben Lumpur Aktivasi</b>	
Qm	10,53
KL	0,63
RL	0,62
R <sup>2</sup>	0,834

Sumber : Data Primer 2023

Dari tabel 4.7 diatas, pada isotherm Langmuir dapat dilihat ciri pentingnya yakni RL (dimensi kuantitas adsorpsi). Nilai RL adalah  $0 < RL < 1$  merupakan indikasi adsorpsi baik (*favourable*). Nilai RL untuk adsorpsi Cu pada adsorben lumpur murni dengan variasi waktu yaitu 0,46 dan adsorben lumpur aktivasi yaitu 0,62 maka adsorpsi adalah baik.

Hal ini menunjukkan bahwa proses penyerapan Cu ke permukaan adsorben lumpur terjadi dalam bentuk monolayer (Fatimah, 2021). Model persamaan Langmuir mengasumsikan bahwa Isotherm Langmuir dapat diturunkan secara teoritis dengan menganggap bahwa hanya sebuah adsorpsi tunggal (monolayer) yang terjadi. Adsorpsi tersebut disebut adsorpsi terlokalisasi, artinya molekul-

molekul zat hanya dapat diserap pada tempat-tempat tertentu dan panas adsorpsi tidak tergantung pada permukaan yang tertutup oleh adsorben.

## BAB V

### KESIMPULAN DAN SARAN

#### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan :

1. Pemanfaatan adsorben limbah lumpur IPA untuk penyisihan logam Cu memiliki tingkat efisiensi yang relatif tinggi yakni pada adsorben lumpur murni dan aktivasi mencapai tingkat efisiensi hingga 99,9%.
2. Variasi massa adsorben menunjukkan bahwa efisiensi terbaik yang dihasilkan yaitu 99,9% pada massa 3,5 gr. Dan kapasitas penyerapan maksimal dihasilkan dari massa yang rendah yaitu 0,5 gr. Pertambahan massa tidak meningkatkan kapasitas adsorpsi.
3. Variasi waktu pengadukan menunjukkan bahwa efisiensi terbaik yang dihasilkan yaitu 99,9% pada waktu kontak 75 menit. Dan kapasitas penyerapan maksimal dihasilkan dari waktu pengadukan yang rendah yaitu 60 menit. Pertambahan waktu pengadukan tidak meningkatkan kapasitas adsorpsi.
4. Isotherm Langmuir yang sesuai untuk variasi waktu adalah adsorben lumpur aktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,895$ . Isotherm Freundlich yang sesuai untuk variasi waktu adalah adsorben lumpur aktivasi dengan nilai  $R^2 = 0,834$ .

## **5.2. Saran**

Penulis sadar akan kekurangan dari penelitian ini, sehingga saran yang dapat diberikan oleh penulis untuk peneliti selanjutnya guna melengkapi kekurangan dari penelitian ini.

1. Melakukan penelitian lanjutan untuk menggunakan adsorben lumpur dalam mereduksi zat pencemar lainnya.
2. Menggunakan Cu yang diambil dari industri atau hasil buangan pabrik karena yang digunakan dalam penelitian ini adalah Cu artifisial.
3. Menggunakan variasi kecepatan dalam mereduksi zat pencemar.

## DAFTAR PUSTAKA

- Adhi Setiawan, Muhammad Iqbal Ali Bawafi, Tarikh Azis Ramadani, Indri Santiasih. 2021. Sintesis Karbon Aktif Limbah Lumpur Aktif Industri Gula sebagai Adsorben Limbah Logam Berat Cu(II). Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya.
- Al-Anber. 2011. *Thermodynamics Approach in the Adsorption of Heavy Metals*.
- Astuti, W., Junaedi, A., Suryani, E., & Ismail, R. (2006). Penurunan Kadar Asam Lemak Bebas Minyak Kelapa Sawit (CPO) Menggunakan Zeolit Alam Lampung. *Paper presented at the Prosiding Seminar Nasional Iptek Solusi Kemandirian Bangsa*.
- Dea Amanda. 2019. Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Ion Logam Kobalt (Ii) Oleh Kitosan Dari Kulit Udang Windu (*Penaeus Monodon*). Skripsi. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Banda Aceh
- Erni Mohamad, Intan J. Oputu, Julhim S. Tangio. 2020. Pemanfaatan Gulma Siam (*Chromolaena odorata L.*) Sebagai Adsorben Logam Timbal. Jurnal. Universitas Negeri Gorontalo.
- Fatimah, Sri Rahmadaniati Effendi, Charissa Dini Sofith. 2021. Pengaruh Ukuran Partikel Zeolit Alam yang Diaktivasi dan Diimpregnasi HCl dan  $Mg^{2+}$  pada Penjerapan Ion Fosfat. Jurnal. Teknik Kimia USU.
- Ginting, F.D. 2008. Pengujian Alat Pendingin Sistem Adsorpsi Dua Adsorben dengan Menggunakan Metanol 1000 ml Sebagai Refrigeran. Jurusan *Teknik Mesin Fakultas Teknik*. Universitas Indonesia : Jakarta.F
- Hadi. F. M. 2016. Sosialisasi Teknik Pembuatan Arang Tempurung Kelapa Dengan Pembakaran Sistem Suplai Udara Kendali. Buletin Teknologi Pertanian.
- Hajar, S., Wahyuni N. & Destriarti. L. 2014. Karakteristik Zeolit A Sintetis Dari Lumpur PDAM Kota Pontianak dan Alumina. Jurnal Kimia Khatulistiwa. Pontianak.
- Ihsanul Arief, Berlian Sitorus, Yeni Juliawati, Nurhadini. 2015. Pemanfaatan Limbah Lumpur Pdam Kota Pontianak Dan Tandan Kosong Sawit Sebagai Adsorben Logam Merkuri. Jurnal. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Indah Nurhayati, Sela Vigiani, dan Dian Majid. 2020. Penurunan Kadar Besi (Fe), Kromium (Cr), Cod Dan Bod Limbah Cair Laboratorium Dengan

- Pengenceran, Koagulasi Dan Adsorpsi. Jurnal. Universitas PGRI Adi Buana Surabaya.
- Intan Lestari, Mahra Mahraja, Faizar Farid, Diah Riski Gusti, Edwin Permana. 2020. Penyerapan Ion Pb(II) Menggunakan Adsorben Dari Limbah Padat Lumpur Aktif Pengolahan Air Minum. Universitas Jambi. Jambi.
- Kasman, M. 2011. Use Of Rice Husks And Its Modified Forms As Adsorbent For Leachate Treatment In Batch And Column Operations. Tesis. Faculty Of Engineering University Of Malaya Kuala Lumpur.
- Khilif & Hamza-Chaffai. 2010. *Head and neck cancer due heavy metal exposure via tobacco smoking and professional exposure*. Jurnal.
- Kundari, N. A dan Wiyuniati, S. 2008. Tinjauan Kesetimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencucian PCB dengan zeolit. Seminar Nasional IV. SDM Teknologi Nuklir.
- Laos, L. E dan Selan, A. 2016. Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. Jurnal Ilmu Pendidikan Fisika. Vol 1 (1).
- Muhammad Rafiqy. 2021. Pemanfaatan Limbah Lumpur Pdam Tirta Musi Palembang Sebagai Adsorben Ion Pb(II). Skripsi. Universitas Muhammadiyah. Palembang.
- Muhammad. Y. F. 2010. Unsur Hara Makro dan Mikro. Jurnal. Jakarta.
- Novita Sekarwati, Bardi Murachman, Sunarto. 2015. Dampak Logam Berat Cu (Tembaga) Dan Ag (Perak) Terhadap Kualitas Air Sumur Dan Kesehatan Masyarakat Serta Upaya Pengendaliannya Di Kota Gede Yogyakarta. Jurnal. Universitas Sebelas Maret. Surakarta.
- Paulus Surbakti. 2014. Kandungan Logam Pb dan Cu Pada Daerah Aliran Sungai Deli Provinsi Sumatera Utara. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Palar H. 1994. Pencemaran dan Toksikologi Logam Berat. PT. Rineka Cipta. Jakarta.
- Romadhona Safitri. 2016. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Dan Waktu Aktivasi Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Pelepah Kelapa Sawit. Politeknik Negeri Sriwijaya. Palembang
- Rika Angrayani. 2021. Analisis Reduksi Kadmium Dengan Serbuk Gergaji. Skripsi. Universitas Batanghari. Jambi.

- Riza Miftahul Khair, Nopi Stiyani Prihatini, Apriani dan Vita Pramaningsih. 2021. Penurunan Konsentrasi Warna Limbah Cair Sasirangan Menggunakan Adsorben Limbah Padat Lumpur-Aktif Terkativasi Industri Karet. Jurnal. Universitas Lambung Mangkurat. Universitas Muhammadiyah Kalimantan Timur. Kalimantan.
- Rizqi Amaliasani. 2016. Adsorpsi Kadmium Menggunakan Adsorben Berbasis Lumpur Instalasi Pengolahan Air Minum Yang Dienkapsulasi Dalam Agar Dan Alginate Gel. Jurnal. Universitas Islam Indonesia. Yogyakarta.
- Saragih. 2008. Pembuatan dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Batubara Riau sebagai Adsorben *Tesis Program Pasca Sarjana Bidang Ilmu Teknik*. Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Sires, J. 2017. *A Review of Potential Zinc And Copper Pollution Sources In The Kenai River Watershed. Kenai Watershed Forum*. Alaska, USA: Departement of Environmental Conservation.
- Santosa, S. J. Sundari, S. Sudiono, S. 2006. *A New Type of Adsorbent Based on The Immobilization of Humic Acid on Chitin and It's Application to Adsorb Cu(II)*. Jurnal. *Scienc and Nanotechnology*.
- Sirajuddin, Harjanto dan PipinTrijuniarti. 2019. Karakteristik Arang Aktif Dari Limbah Mahkota Nanas (*Ananas Comosus (L) Merr*) Menggunakan Aktivator Kimia H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Jurnal Teknik Kimia.
- Siringo-ringo, E. P. 2019. Pengaruh Waktu Kontak, ph dan Dosis Adsorben Dalam Penurunan Kadar Pb dan Cd Menggunakan Adsorben dari Kulit Pisang. Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara.
- Sisca Afrilia Silalahi. 2022. Efektivitas Mahkota Nanas Sebagai Adsorben Menggunakan Aktivator KOH Untuk Penyisihan Pencemar Air Limbah Industri Karet. Skripsi. Universitas Batanghari. Jambi
- Solomon, F. 2009. *Impatcs of Copper On Aquatic Ecosystems and human health*. Jurnal. *Environtment & Communities*.
- Suhendrayatna. 2001. Bioremoval Logam Berat Menggunakan Mikroorganisme. Suatu Kajian Kepustakaan. Kogoshima University. Japan
- Widowati, Wahyu. 2008. Efek Toksik Logam Pencegaham dan Penanggulangan Pencemaran. Bandung.
- Vini Selvianata, Titin Anita Zaharah, Winda Rahmalia. 2019. Sintesis Zeolit Sodalit Dari Lumpur Pdam Untuk Menurunkan Konsentrasi Besi Terlarut. Jurnal. Universitas Tanjungpura. Pontianak.

Vinsiah, R. A., Suharman dan Desi. 2013. Pembuatan Karbon Aktif dari Cangkang Kulit Karet (*Hevea brasiliensis*). Skripsi Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Sriwijaya, Palembang.

Yati B Yulianti & Christi Liamita Natanael. 2016. Isolasi Karakterisasi T Asam Humat Dan Penentuan Daya Serap Nya Terhadap Ion Logam Pb(II) Cu(II) Dan Fe(II). Jurnal. Universitas Padjajaran. Sumedang.

## LAMPIRAN

### Lampiran I. Perhitungan Pembuatan Larutan CuSO<sub>4</sub>

NaOH 5% dalam 250 aquades

$$\% = \frac{\text{berat}}{\text{volume}} \times 100 \%$$

$$\% = \frac{\text{gr}}{250 \text{ ml}} \times 100 \%$$

$$\text{gr} = 12,5$$

### Lampiran II. Perhitungan Karakterisasi Adsorben

#### 1. Kadar Air

$$\text{Berat sampel} = 1 \text{ gram}$$

$$\text{Waktu} = 15 \text{ menit}$$

$$\text{Suhu} = 105^{\circ}\text{C}$$

$$\text{Massa Cawan Kosong (W1)} = 51,6711 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Cawan + Sampel Awal (W2)} = 52,6711 \text{ gr}$$

$$\text{Massa Cawan + Sampel Akhir (W3)} = 52,6642 \text{ gr}$$

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W2 - W3}{W2 - W1} \times 100 \%$$

$$= \frac{52,6711 \text{ gr} - 52,6515 \text{ gr}}{52,6711 \text{ gr} - 51,6711 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,0196 \text{ gr}}{1 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 1,96 \%$$

## 2. Kadar Abu

Berat sampel = 1 gram

Waktu = 5 menit

Suhu = 600°C

Massa Cawan Kosong (W1) = 58,4639 gr

Massa Cawan + Sampel Awal (W2) = 59,4639 gr

Massa Cawan + Sampel Akhir (W3) = 59,4054 gr

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100 \%$$

$$= \frac{59,4639 \text{ gr} - 59,4054 \text{ gr}}{59,4639 \text{ gr} - 58,4639 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,0594 \text{ gr}}{1 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 5,94 \%$$

## 3. Kadar Volatil

Berat sampel = 1 gram

Waktu = 7 menit

Suhu = 900°C

Massa Cawan Kosong (W1) = 48,5117 gr

Massa Cawan + Sampel Awal (W2) = 49,5117 gr

Massa Cawan + Sampel Akhir (W3) = 49,4532 gr

$$\% \text{ Kadar Air} = \frac{W2-W3}{W2-W1} \times 100 \%$$

$$= \frac{49,5117 \text{ gr} - 49,4532 \text{ gr}}{49,5117 - 48,5117 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,0585 \text{ gr}}{1 \text{ gr}} \times 100 \%$$

$$= 5,85 \%$$

### Lampiran III. Perhitungan Efisiensi Penyisihan dan Kapasitas Adsorpsi

#### 1. Perhitungan Tabel 4.3

Massa (gram)	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal Ci (mg/l)	Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	90	1	0,014	98,6	0,197
1	90	1	0,0012	99,88	0,1
2,5	90	1	0,0012	99,88	0,04
3	90	1	0,004	99,6	0,033
3,5	90	1	0,001	99,9	0,029

$$\text{Konsentrasi Awal (Co)} = 1 \text{ mg/l}$$

$$\text{Konsentrasi Akhir (Ce)} = 0,0012$$

$$\text{Kapasitas Penyerapan (x/m)} = \frac{(1 - 0,014) \times 0,1}{0,5 \text{ gram}}$$

$$= \frac{0,986 \times 0,1}{0,5 \text{ gram}}$$

$$= 0,197$$

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{1 - 0,014}{1} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,986}{1} \times 100 \%$$

$$= 99,6 \%$$

## 2. Perhitungan Tabel 4.3

Massa (gram)	Waktu (menit)	Konsentrasi Awal Ci (mg/l)	Konsentrasi Akhir Ce (mg/l)	Efisiensi Penyisihan (%)	x/m (mg/g)
0,5	90	1	0,0012	99,88	0,19976
1	90	1	0,0012	99,88	0,09988
2,5	90	1	0,0012	99,88	0,039952
3	90	1	0,0012	99,88	0,033293
3,5	90	1	0,0012	99,88	0,028537

$$\text{Konsentrasi Awal (Co)} = 1 \text{ mg/l}$$

$$\text{Konsentrasi Akhir (Ce)} = 0,004 \text{ mg/l}$$

$$\text{Kapasitas Penyerapan (x/m)} = \frac{(1-0,0012) \times 0,1}{0,5 \text{ gram}}$$

$$= \frac{0,996 \times 0,1}{0,5 \text{ gram}}$$

$$= 0,19976 \text{ mg/g}$$

$$\% \text{ Penyerapan} = \frac{1-0,0012}{1} \times 100 \%$$

$$= \frac{0,9988}{1} \times 100\%$$

$$= 99,88\%$$

#### Lampiran IV. Dokumentasi Penelitian

No	Gambar	Keterangan
1		<p>Proses pengambilan sampel lumpur di lagoon PDAM Tirtanadi IPA Sunggal yang baru dikeruk.</p>
2		<p>Sampel lumpur dijemur dan dikeringkan ±4 hari</p>
3		<p>Lumpur yang telah kering dan dihaluskan.</p>
4		<p>Proses Aktivasi lumpur menggunakan <i>furnace</i></p>
5		<p>Proses penyaringan adsorben menggunakan ayakan 60 mesh</p>

6



Adsorben yang akan di campur ke larutan  $\text{CuSO}_4$ .