

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK  
PENURUNAN TOTAL KESADAHAN DALAM AIR DENGAN SISTEM BATCH**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan untuk melengkapi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik (S.T)  
Pada Program Studi Teknik Lingkungan



**UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A**

**Disusun Oleh**

**RENI REGITA WAHYUNI**

**NIM : H75219029**

**Dosen Pembimbing**

**ABDUL HAKIM, M.T.**

**TEGUH TARUNA UTAMA, S.T., M.T.**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL  
SURABAYA**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Nama : Reni Regita Wahyuni  
Nim : H75219029  
Program Studi : Teknik Lingkungan  
Angkatan : 2019

Menyatakan bahwa saya tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya yang berjudul **“PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN TOTAL KESADAHAN DALAM AIR DENGAN SISTEM BATCH”**. Apabila suatu saat nanti saya terbukti melakukan Tindakan plagiat maka saya bersedia menerima saksi yang ditetapkan

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, 02 Mei 2023

Yang Menyatakan

  
**(RENI REGITA WAHYUNI)**

Nim. H75219029



UIN SUNAN AMPEL  
SURABAYA

KEMENTERIAN AGAMA  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031 - 8410298 Fax. 031 - 8413300  
E-Mail : [saintek@uinsby.ac.id](mailto:saintek@uinsby.ac.id) Website : [www.uinsby.ac.id](http://www.uinsby.ac.id)

---

**LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING  
SIDANG TUGAS AKHIR**


Nama : Reni Regita Wahyuni  
NIM : H75219029  
Judul Tugas Akhir : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Bioadsorben untuk  
Penurunan Total Kesadahan dalam Air dengan Sistem Batch

Telah disetujui untuk pendaftaran Sidang Tugas Akhir

Surabaya, 10 April 2023

Dosen Pembimbing 1

Dosen Pembimbing 2

  
Abdul Hakim, M.T.

NIP.1980080620140311002

  
Teguh Taruna Utama, S.T., M.T.

NUP.201603319

## PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Nama : Reni Regita Wahyuni  
NIM : H75219029  
Judul : Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Bioadsorben Untuk Penurunan Total Kesadahan dalam Air dengan Sistem Batch

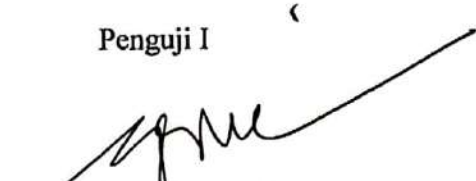
Telah dipertahankan di depan tim penguji Skripsi

Di Surabaya, 14 April 2023


Mengesahkan,

Dewan Penguji,

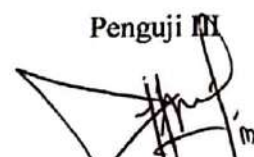
Penguji I

  
Abdul Hakim, M.T.  
NIP.1980080620140311002

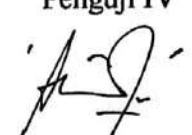
Penguji II

  
Teguh Taruna Utama, S.T., M.T.  
NUP.201603319

Penguji III

  
Ida Munfarida, M.Si., M.T.  
NIP.198411302015032001

Penguji IV

  
Rr. Diah Nugraheni Setyowati., M.T  
NIP.198205012014032001

Mengetahui,

Dekan Fakultas Sains dan Teknologi  
Sunan Ampel Surabaya



  
Saepul Hamdani, M.Pd.  
NIP. 196507312000031002



**KEMENTERIAN AGAMA**  
**UNIVERSITAS ISLAM NEGERI SUNAN AMPEL SURABAYA**  
**PERPUSTAKAAN**

Jl. Jend. A. Yani 117 Surabaya 60237 Telp. 031-8431972 Fax.031-8413300  
E-Mail: [perpus@uinsby.ac.id](mailto:perpus@uinsby.ac.id)

---

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI  
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai sivitas akademika UIN Sunan Ampel Surabaya, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : RENI REGITA WAHYUNI  
NIM : H75219029  
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI / TEKNIK LINGKUNGAN  
E-mail address : [reniregita21@gmail.com](mailto:reniregita21@gmail.com)

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah :

Sekripsi    Tesis    Desertasi    Lain-lain (.....)  
yang berjudul :

**PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN**

---

**UNTUK PENURUNAN TOTAL KESADAHAN DALAM AIR**

---

**DENGAN SISTEM BATCH**

---

beserta perangkat yang diperlukan (bila ada). Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya berhak menyimpan, mengalih-media/format-kan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (database), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di Internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan UIN Sunan Ampel Surabaya, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini yang saya buat dengan sebenarnya.

Surabaya, 02 Mei 2023

Penulis

(RENI REGITA WAHYUNI)

## ABSTRAK

### PEMANFAATAN LIMBAH KULIT SINGKONG SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN TOTAL KESADAHAN DALAM AIR DENGAN SISTEM BATCH

Penyebab utama dari kesadahan dalam air adalah terdapatnya ion kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ). Upaya untuk penyisihan ion tersebut dapat dilakukan dengan proses adsorpsi. Mekanisme kerja dari proses adsorpsi ini yaitu ion yang ada pada air diserap oleh adsorban pada permukaannya. Pada adsorpsi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan ion  $\text{Mg}^{2+}$  digunakan adsorben alami yang terbuat dari limbah kulit singkong. Pembuatan bioadsorben ini merupakan salah satu upaya untuk memanfaatkan limbah kulit singkong. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan dari bioadsorben kulit singkong dalam mengadsorpsi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam air menggunakan sistem batch. Dalam penelitian eksperimental ini menggunakan variasi massa bioadsorben sebesar 10 gr, 15 gr, dan 20 gr, sedangkan variasi waktu kontak yang digunakan sebesar 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Dengan melakukan perlakuan menggunakan sistem batch. Hasil penelitian menunjukkan bioadsorben kulit singkong yang digunakan memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  pada air masing-masing sebesar 59,0% - 72,2% dan 59,1% - 73,6%. Hasil ini menunjukkan persentase efisiensi  $\text{Ca}^{2+}$  tertinggi menggunakan bioadsorben variasi 20 gr dengan waktu kontak 90 menit sebesar 72,2%. Sedangkan persentase efisiensi  $\text{Mg}^{2+}$  tertinggi menggunakan bioadsorben 20 gr dan waktu kontak 60 menit sebesar 73,6%. Dari hasil isotherm, nilai regresi ( $R^2$ ) yang cocok untuk adsorpsi diambil isotherm Langmuir diperoleh sebesar 0,9728 untuk  $\text{Ca}^{2+}$  dan 0,9664 untuk  $\text{Mg}^{2+}$ . Hasil akhir ini menjelaskan bahwa kulit singkong dapat dijadikan sebagai alternatif bahan alami dalam pengolahan air.

**Kata Kunci :** Bioadsorben,  $\text{Ca}^{2+}$ , isotherm adsorpsi, kulit Singkong,  $\text{Mg}^{2+}$

## ABSTRACT

### UTILIZATION OF CASSAVA SKIN WASTE AS A BIOADSORBENT TO REDUCE TOTAL HARDNESS IN WATER USING A BATCH SYSTEM

The main cause of hardness in water is the presence of calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) and magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) ions. Efforts to remove these ions can be done by adsorption process. The working mechanism of this adsorption process is that the ions present in the water are absorbed by the adsorbent on its surface. In the adsorption of  $\text{Ca}^{2+}$  ions and  $\text{Mg}^{2+}$  ions, a natural adsorbent made from cassava peel waste was used. This bioadsorbent is one of the efforts to utilize cassava peel waste. The purpose of this study was to determine the ability of cassava peel bio-adsorbents to adsorb  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  ions in water using a batch system. In this experimental study, the mass variation of the bioadsorbent used was 10 gr, 15 gr and 20 gr, while the contact time variations used were 30 minutes, 60 minutes and 90 minutes. By the treatment using a batch system. The results showed that the cassava peel bio-adsorbent used had the ability to adsorb  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{Mg}^{2+}$  ions in water by 59.0% - 72.2% and 59.1% - 73.6%, respectively. These results show the highest percentage of  $\text{Ca}^{2+}$  efficiency using a 20 gram variation of the bioadsorbent with a contact time of 90 minutes of 72.2%. Meanwhile, the highest percentage of  $\text{Mg}^{2+}$  efficiency was using 20 gr bioadsorbent and 60 minutes contact time of 73.6%. From the isotherm results, the regression value ( $R^2$ ) which is suitable for adsorption is taken by Langmuir isotherm which is 0.9728 for  $\text{Ca}^{2+}$  and 0.9664 for  $\text{Mg}^{2+}$ . This final result explains that cassava peel can be used as an alternative natural ingredient in water treatment.

**Keywords :** Adsorption isotherm, Bioadsorbent, Cassava Peel,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$

## DAFTAR ISI

PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	i
PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
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 Masalah.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Air Tanah.....	6
2.1.1 Kualitas Air Tanah .....	7
2.1.2 Pencemaran Air Tanah.....	8
2.2 Zat Kapur .....	12
2.2.1 Dampak Bagi Kesehatan .....	12
2.2.2 Kepadatan .....	13
2.3 Adsorpsi.....	14
2.3.1 Mekanisme Adsorpsi.....	16
2.3.2 Proses aktivasi.....	17
2.4 Kulit Singkong.....	18
2.5 Sistem Batch.....	20
2.6 SEM.....	21
2.7 FTIR .....	23



2.8	Isoterm.....	25
2.8.1	Isotem Freundlich.....	26
2.8.2	Isoterm Langmuir.....	27
2.9	Integrasi Keislaman.....	28
2.10	Penelitian Terdahulu.....	30
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>		<b>36</b>
3.1	Lokasi Penelitian.....	36
3.2	Waktu Penelitian.....	36
3.3	Tahapan Penelitian.....	36
3.3.1	Kerangka Pikir.....	36
3.3.2	Tahapan Penelitian.....	38
3.3.3	Rancangan Percobaan.....	40
3.4	Variabel Penelitian.....	41
3.5	Alat dan Bahan.....	41
3.6	Langkah Kerja Penelitian.....	41
3.6.1	Pembuatan Air sadah artifisial ( $\text{Ca}^{2+}$ dan $\text{Mg}^{2+}$ ).....	41
3.6.2	Pembuatan BIODSORBAN Limbah Kulit Singkong.....	43
3.6.3	Karakteristik Adsorben Kulit Singkong.....	44
3.7	Analisis Data.....	44
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>		<b>47</b>
4.1	Preparasi Kulit Singkong.....	47
4.2	Pembuatan Air Sampel Artifisial.....	56
4.3	Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Kontak dalam Adsorpsi Kandungan Total Kerasahan.....	59
4.4	Model Isoterm Adsorpsi.....	67
4.4.1	Model Isoterm Langmuir.....	68
4.4.2	Model Isoterm Freundlich.....	72
4.5	Penentuan Model Adsorpsi.....	76
4.6	Analisis SEM ( <i>Scanning Electron Microscope</i> ).....	78
4.7	Mekanisme Adsorpsi $\text{Ca}^{2+}$ dan $\text{Mg}^{2+}$ .....	82
<b>BAB V PENUTUP.....</b>		<b>86</b>
5.1	Kesimpulan.....	86

5.2	Saran.....	86
	DAFTAR PUSTAKA .....	88
	LAMPIRAN.....	92



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2.1</b> Tahapan Proses Adsorpsi.....	17
<b>Gambar 2.2</b> Kulit Singkong.....	19
<b>Gambar 2.3</b> Struktur Selulosa.....	20
<b>Gambar 2.4</b> Proses Batch dengan Magnetic Stirrer.....	21
<b>Gambar 2.5</b> Mekanisme Kerja SEM.....	22
<b>Gambar 2.6</b> SEM CaCO <sub>3</sub> membentuk (A) Amorphous Calcite, (B) layered and Rhombohedral calcite, (C) Spherical Vaterite, dan (D) Needle aragonite.....	22
<b>Gambar 2.7</b> Alat Uji FTIR.....	25
<b>Gambar 2.8</b> Isoterm Freundlich.....	27
<b>Gambar 3.1</b> Kerangka Pikir Penelitian.....	37
<b>Gambar 3.2</b> Tahapan Penelitian.....	39
<b>Gambar 4.1</b> Proses Pencucian Kulit Singkong.....	48
<b>Gambar 4.2</b> Pengeringan Kulit Singkong.....	48
<b>Gambar 4.3</b> Konsentrasi Kristal NaOH yang Digunakan.....	53
<b>Gambar 4.4</b> Perbedaan Warna Kulit Singkong Setelah Aktivasi dan Belum Aktivasi.....	55
<b>Gambar 4.5</b> Bubuk CaCO <sub>3</sub> yang Digunakan.....	57
<b>Gambar 4.6</b> Bubuk Mg yang digunakan.....	57
<b>Gambar 4.7</b> Proses uji kualitas Air Setelah Kontak dengan Bioadsorben.....	62
<b>Gambar 4.8</b> Grafik Penurunan Kandungan Ca <sup>2+</sup> .....	65
<b>Gambar 4.9</b> Grafik Penurunan Kandungan Mg <sup>2+</sup> .....	66
<b>Gambar 4.10</b> Isoterm Langmuir untuk Penyisihan Kandungan Ca <sup>2+</sup> .....	70
<b>Gambar 4.11</b> Isoterm Langmuir untuk Penyisihan Kandungan Mg <sup>2+</sup> .....	70
<b>Gambar 4.12</b> Isoterm Freundlich untuk Penyisihan Kandungan Ca <sup>2+</sup> .....	74
<b>Gambar 4.13</b> Isoterm Freundlich untuk Penyisihan Kandungan Mg <sup>2+</sup> .....	74
<b>Gambar 4.14</b> Uji Analisis SEM Bioadsorben Aktivasi.....	79
<b>Gambar 4.15</b> Uji Analisis SEM Ion Ca <sup>2+</sup> .....	79
<b>Gambar 4.16</b> Hasil FTIR ion Ca <sup>2+</sup> .....	80
<b>Gambar 4.17</b> Hasil FTIR ion Mg <sup>2+</sup> .....	80
<b>Gambar 4.18</b> Proses Pengkatan Ion Ca <sup>2+</sup> dalam Air.....	82

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 2.1</b> Sifat Air Tanah .....	7
<b>Tabel 2.2</b> Baku Mutu Air Minum PERMENKES No.32 Thn 2017.....	8
<b>Tabel 2.3</b> Klasifikasi Tingkat Kesadahan.....	14
<b>Tabel 2.4</b> Karakteristik Gugus-gugus Fungsional .....	16
<b>Tabel 2.5</b> Kandungan gizi singkong dan kulit singkong per 100 g .....	19
<b>Tabel 2.6</b> Klasifikasi Ukuran Partikel CaCO <sub>3</sub> .....	23
<b>Tabel 2.7</b> Penelitian Terdahulu.....	30
<b>Tabel 3.1</b> Rancangan Penelitian .....	40
<b>Tabel 4.1</b> Preparasi Kulit Singkong.....	49
<b>Tabel 4.2</b> Pengukuran Kadar Air.....	51
<b>Tabel 4.3</b> Proses Aktivasi Kulit Singkong .....	54
<b>Tabel 4.4</b> Pembuatan Air Artifisial .....	58
<b>Tabel 4.5</b> Konsentrasi Total Kesadahan dalam Sampel Setelah Adsorpsi .....	60
<b>Tabel 4.6</b> Efisiensi Penurunan Kadar Ca <sup>2+</sup> dalam air sampel artifisial .....	64
<b>Tabel 4.7</b> Efisiensi Penurunan Kadar Mg <sup>2+</sup> .....	65
<b>Tabel 4.8</b> Hasil Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Kontak Bioadsorben Berdasarkan Model Isoterm Langmuir .....	69
<b>Tabel 4.9</b> Hasil Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Kontak Bioadsorben Berdasarkan Model Isoterm Freundlich.....	73
<b>Tabel 4.10</b> Perbandingan Hasil Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich .....	77
<b>Tabel 4.11</b> Gugus Fungsi Bioadsorben .....	81

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Air menjadi kebutuhan pokok bagi makhluk hidup, khususnya manusia untuk kehidupan berkelanjutan. Untuk kebutuhan sehari-hari, manusia sangat bergantung pada air bersih. Manusia menggunakan air bersih untuk keperluan mandi, cuci, kakus, serta digunakan untuk memasak dan minum. Salah satu sumber air bersih yang ada di muka bumi ini yaitu air tanah. Air tanah merupakan air dari dalam tanah yang berada pada lapisan bumi dan di sela-sela butiran tanah. Air akan menuju ke lapisan tanah yang keras, kemudian air keluar dari batuan dan menjadi mata air. Jika air tanah terlihat bersih, maka air tanah akan memberikan manfaatnya kepada makhluk hidup (Verayana dkk., 2018).

Persyaratan bagi sebuah air untuk layak konsumsi yaitu harus memenuhi syarat fisik, kimia, serta biologi. Kualitas air harus memenuhi unsur  $Mg^{2+}$  dan  $Ca^{2+}$  yang harus sesuai dengan persyaratannya. Jika air tanah/sumur telah melebihi kandungan logam ( $Ca^{2+}$ ) kalsium dan ( $Mg^{2+}$ ) magnesium cukup besar, maka air tanah di lingkungan tersebut dapat dikatakan dengan air sadah (Rahayuningsih & Lestari, 2018). Air kapur dapat menjadi penyebab beberapa masalah, seperti penggunaan dalam rumah tangga yang mengakibatkan konsumsi sabun lebih banyak. Hal ini disebabkan terdapat salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca. Selain itu, kerugian yang dijelaskan oleh (Sari, 2018), air yang kesadahnya tinggi dapat menimbulkan dampak terhadap kesehatan. Dampak kesehatannya antara lain menyebabkan penyumbatan pembuluh darah jantung (*cardiovascular disease*) dan batu ginjal (*urolithiasis*). Oleh karena itu, perlu adanya pengolahan air dalam hal perbaikan kualitas. Pengolahan air merupakan salah satu bentuk untuk menghasilkan air yang lebih baik dengan prinsip mengolah air dengan beban pencemaran yang

tinggi kemudian hasil produksi air harus sesuai dengan baku mutu menurut standar peraturan yang berlaku.

Pengolahan air untuk kesadahan bergantung dengan jenis kesadahannya. Kesadahan pada air dapat digolongkan menjadi kesadahan tetap dan tidak tetap (sementara). Pengolahan kesadahan tidak tetap, cukup dengan melakukan pemanasan dengan suhu tinggi, maka akan terjadinya endapan. Sedangkan untuk kesadahan tetap, harus ada pengolahan lain seperti dengan menambahkan soda (Tua, 2015). Namun, penambahan bahan kimia dalam mengolah air minum untuk kesadahan cukup dibatasi, hal ini dikarenakan bahan yang digunakan nantinya akan mengendap. Oleh karena itu, terdapat alternatif untuk pengolahannya yaitu adsorpsi dengan bahan alami. Adsorben ini disebut bioadsorben dan mempunyai potensi untuk menyerap ion maupun logam berat yang memiliki sifat ramah lingkungan dengan biaya yang murah.

Bioadsorben memiliki bahan pokok dari bahan organik yang diperoleh dari proses fotosintesis maupun dapat berupa produk maupun limbah, contohnya yaitu akar, daun, batang pohon, kulit buah, limbah pertanian, kotoran hewan, dan sebagainya (Parinduri & Parinduri, 2020). Bahan dari pembuatan bioadsorben adalah bahan yang termasuk ke dalam energi terbarukan dikarenakan dapat dihasilkan relatif cepat sehingga menjadi alternatif pengganti energi fosil yaitu batubara dan minyak bumi. Dampak positif dari penggunaan bioadsorben antara lain yaitu mengurangi efek rumah kaca, mengurangi limbah organik, melindungi kebersihan air dan tanah, mengurangi polusi udara, dan dapat mengurangi hujan dan kabut asam. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai adsorben alami adalah kulit.

Masyarakat pada umumnya mengenal singkong hanya dapat diolah umbinya saja, namun hal ini ternyata menimbulkan sebuah permasalahan. Beberapa limbah ini dimanfaatkan warga untuk pakan ternak, namun ada juga yang belum bisa memanfaatkannya. Kandungan limbah kulit singkong sendiri yaitu protein, selulosa, serat kasar yang tinggi. Oleh karena itu, dapat

dimanfaatkan sebagai adsorben. Kandungan karbon (C) pada kulit singkong sekitar 59,3% sehingga dapat digunakan sebagai adsorben (Lailil Lutfia & Nurhayati, 2022). Berdasarkan uraian tersebut, dilakukan upaya pengurangan limbah kulit singkong dengan memanfaatkannya menjadi bioadsorben.

Pada hubungan ini, dapat diambil memanfaatkan limbah dari singkong yaitu kulitnya untuk adsorben sebagai upaya menurunkan kandungan kesadahan dalam air tanah. Hal ini dapat dijelaskan dalam surat Al-An'am ayat 95:

إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَمُخْرِجُ الْمَيِّتِ مِنَ الْحَيِّ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَى تُؤَفِّكُونَ

“Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah-buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang memiliki sifat-sifat) demikian ialah Allah, Maka mengapa kamu masih berpaling?”

Ayat tersebut menjelaskan bagaimana memanfaatkan kembali tumbuhan yang telah mati. Sehingga dalam hal ini dapat digunakan kulit singkong menjadi bioadsorben. Pemanfaatan limbah ini selain dapat mengurangi timbulan yang terus terjadi, juga dapat menjadi alternatif untuk upaya peningkatan kualitas air tanah yang mengandung zat kapur menjadi air bersih.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana kemampuan bioadsorben dari limbah kulit singkong terhadap penurunan kandungan kesadahan pada air tanah menggunakan sistem batch?
2. Bagaimana optimasi parameter adsorpsi kandungan kesadahan oleh limbah kulit singkong pada reaktor batch (waktu kontak, massa adsorben)?

3. Apakah pemanfaatan kulit singkong sebagai bioadsorben dapat menurunkan kadar kesadahan dengan variasi massa dan waktu kontak kulit singkong?

### **1.3 Tujuan Penelitian**

Dari rumusan masalah tersebut, tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mengetahui kemampuan bioadsorben dari limbah kulit singkong terhadap penurunan kandungan kesadahan pada air tanah menggunakan sistem batch
2. Menganalisis optimasi parameter adsorpsi kandungan kesadahan oleh limbah kulit singkong pada reaktor batch (waktu kontak, massa adsorben)
3. Mengembangkan pemanfaatan kulit singkong sebagai bioadsorben yang dapat menurunkan kadar kesadahan dengan variasi massa dan waktu kontak kulit singkong

### **1.4 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat penelitian ini adalah :

1. Bagi Akademisi

Penelitian ini dapat dijadikan referensi serta ilmu pengembangan bagi orang, serta dapat menjadi bahan pembelajaran.

2. Bagi Instansi

Pemerintah ataupun perangkat desa dapat mengetahui permasalahan lingkungan sekitar, serta dapat mengatasi dan menjadikan solusi untuk pengolahan air kedepannya.

3. Bagi Masyarakat Sekitar

Memberikan wawasan terhadap masyarakat sekitar bahwa limbah kulit singkong dapat dimanfaatkan untuk media dalam biofilter, selain itu dapat juga mengurangi limbah kulit singkong yang dihasilkan dari industri-industri



## 1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini memiliki batasan-batasan tertentu dalam menentukan permasalahannya, diantaranya adalah:

1. Penelitian ini hanya berskala laboratorium.
2. Bahan yang digunakan untuk membuat bioadsorben adalah Kulit Singkong yang telah diaktivasi menggunakan NaOH 2%.
3. Penelitian membahas mengenai pengaruh kulit singkong sebagai bioadsorben untuk menurunkan kadar zat kapur.
4. Penelitian menggunakan sistem batch
5. Peneliti menggunakan kesadahan artifisial Mg dengan serbuk Mg yang dibuat dengan konsentrasi 1000 mg/L (1000 ppm) dan artifisial Ca dengan serbuk  $\text{CaCO}_3$  dengan konsentrasi 1000 mg/L (1000 ppm)
6. Beberapa variasi yang digunakan dalam penelitian yaitu meliputi :
  - a. Air yang digunakan sebanyak 1000 ml
  - b. Variasi massa kulit singkong : 10 gram, 15 gram, 20 gram
  - c. Waktu kontak : 30 menit, 60 menit, 90 menit.

UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB II

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1 Air Tanah

Air tanah memiliki segudang fungsi di dalam kehidupan makhluk hidup maupun manusia lainnya. Salah satu sumber air yang digunakan manusia untuk menunjang kebutuhan sehari-hari adalah sumber air sumur / air tanah. Berdasarkan Undang-Undang Republik Indonesia No. 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, air tanah didefinisikan sebagai air yang berada di dalam lapisan tanah atau batuan di bawah muka bumi. Air tanah adalah air yang mengalir di dalam tanah yang berada diantara sela-sela antara butiran-butiran tanah atau retakan bebatuan di dalam tanah (Hastuti & Nuraeni, 2017). Aliran air tanah dapat diartikan juga sebagai air sungai yang mengalir dan merembes masuk ke dalam tanah. Air tersebut meresap ke dalam tanah atau dikenal dengan sebutan infiltrasi kemudian masuk ke dalam zona jenuh. Berdasarkan ilmu tentang hidrogeologi aliran air yang demikian dianalisis dan dipelajari menggunakan persamaan aliran air tanah *groundwater flow equation* (Kodoatie, 2012).

Air tanah yaitu komponen dari air di bawah permukaan yang benar-benar memasuki pori-pori tanah kemudian mengalir dengan tekanan yang melebihi tekanan atmosfer (Karamouz, dkk., 2020). Perbedaan antara tekanan air tanah dengan tekanan atmosfer disebut tekanan gage. Kedalaman air tanah ini bervariasi tergantung dengan lokasinya. Air tanah sebenarnya hanya menyumbang sekitar 0,62% dari seluruh jumlah air yang tersebar di dunia. Meskipun itu hanya menjadi bagian kecil dari total sumber daya air dunia, namun tetap dianggap sebagai sumber daya yang penting untuk dapat memenuhi kebutuhan air. Hal ini dikarenakan seiring bertambahnya jumlah penduduk dunia dan yang mengakibatkan meningkatnya kebutuhan pasokan air secara terus menerus. Proses terisinya kembali air tanah tergantung dari berbagai faktor, baik faktor rekayasa maupun faktor alami. Beberapa hal di bawah ini dapat menjadi

pengaruh dalam proses pengisian secara alami, yaitu seperti : kondisi dari permukaan, ketersediaan air, intensitas hujan, konduktivitas hidraulik, litologi, topografi keadaan air tanah, serta kondisi zona tak jenuh air.

#### 2.1.1 Kualitas Air Tanah

Menurut Sanropie, 1984 dalam Jayanti 2018, secara umum air tanah mempunyai sifat-sifat yang menguntungkan, khususnya dari segi bakteriologi, namun demikian dari segi kimiawi mempunyai beberapa karakteristik yang tertentu, tergantung pada lapisan.

**Tabel 2.1** Sifat Air Tanah

No	Parameter	Nilai
1.	Kesadahan	201 mg/L
2.	Magnesium	59 mg/L
3.	Sulfat	59 mg/L
4.	Nitrat	0,06 mg/L
5.	Besi	0,18 mg/L
6.	Silica	12 mg/L
7.	Ph	7,4

Sumber : (Jayanti, 2018)

Air minum di Indonesia memiliki tingkat baku mutu yang dimana telah diatur dalam Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan *Higiene Sanitasi*, Kolam Renang, Solus Per Aqua, Dan Pemandian Umum yang membahas tentang syarat-syarat serta pengawasan kualitas air. Berdasarkan definisinya, air minum merupakan air yang melalui proses pengolahan maupun tidak namun telah memenuhi syarat kesehatan dan sudah dapat langsung diminum. Sebagaimana fungsinya, air tanah juga dapat digunakan sebagai air yang dapat dimanfaatkan untuk konsumsi dan kebutuhan sehari-hari. Parameter kualitas air yang ada pada Indonesia lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 2.2** Baku Mutu Air Minum PERMENKES No.32 Thn 2017

No	Parameter	Unit	Standar Baku Mutu (kadar Maksimum)
<b>Wajib</b>			
1	Ph	mg/l	6,5-8,5
2	Besi	mg/l	1
3	Flourida	mg/l	1,5
4	Kesadahan (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	500
5	Nitrat	mg/l	10
6	Sianida	mg/l	0,1
7	Nitrit	mg/l	1
8	Pestisida Toral	mg/l	0,1
9	Deterjen	mg/l	0,05
10	Mangan	mg/l	0,5
<b>Tambahan</b>			
1	Kadmium	mg/l	0,005
2	Arsen	mg/l	0,05
3	Selenium	mg/l	0,01
4	Kromium (Valensi 6)	mg/l	0,05
5	Sulfat	mg/l	400
6	Seng	mg/l	15
7	Benzene	mg/l	0,01
8	Timbal	mg/l	0,05
9	Zat organik (KMNO <sub>4</sub> )	mg/l	10
10	Air Raksa	mg/l	0,001

Sumber: Republik Peraturan Menteri Kesehatan Indonesia Nomor 32 Tahun 2017

### 2.1.2 Pencemaran Air Tanah

Dibandingkan dengan sumber air lainnya, air tanah memiliki kelebihan yang dapat memberikan keuntungan. Kelebihan yang terlihat pertama yaitu air tanah biasanya terbebas dari kuman penyakit dan tidak perlu mengalami proses penjernihan. Selain itu, air tanah juga tersedia sepanjang tahun, karena dapat terus beregenerasi. Namun, selain beberapa keuntungan di atas, air tanah juga memiliki kelemahan jika dibandingkan dengan air lain karena air tanah mengandung mineral dalam konsentrasi tinggi. Karakteristik utama yang menjadi pembeda

antara air tanah dengan sumber lain yaitu air permukaan yang mobilitasnya sangat lambat dengan waktu tinggalnya sangat lama, bisa puluhan bahkan ratusan tahun. Karena pergerakannya yang sangat lambat dan waktu tinggal yang lama, air tanah sulit untuk dapat melakukan pemulihan dengan sendirinya jika sudah terkontaminasi dengan bahan pencemar.

Pencemaran tanah yakni masuknya zat asing ke dalam tanah dengan jumlah yang banyak dan akan merusak dan/atau merubah kualitas air tanah serta juga dapat menjadi potensi yang berbahaya bagi makhluk hidup serta organisme lain yang berkaitan dengan tanah. Beberapa jenis polutan berbahaya dapat masuk ke dalam tanah yaitu: mikroorganisme, bahan kimia, zat radioaktif dan masih banyak lagi (Akhmaddhian & Hanipah, 2021). Air sumur yang digunakan pemerintah kota sebagai air minum dan air baku juga bisa tercemar. Padahal, pencemaran air dari sumur gali tidak hanya dipengaruhi oleh faktor keberadaan dan banyaknya sumber pencemaran, tetapi juga dapat disebabkan oleh kondisi fisik sumur gali. Faktor fisik yang dimaksud adalah ketinggian tepian lubang, dinding lubang, lantai lubang, ketinggian saluran air, jarak lubang ke sumber pencemar dan pemeliharaan lubang (Atminingtyas dkk., 2016) dalam Apriyani and Lesmana, (2020). Pencemaran air pada sumur gali juga dapat disebabkan oleh berbagai limbah dapur yang dibuang langsung ke tanah.

Selain faktor-faktor di atas, proses pertanian dapat mencemari air tanah. *Evapotranspirasi* dari kegiatan pertanian menghabiskan sekitar setengah atau dua pertiga air yang digunakan untuk irigasi, dan sisanya digunakan untuk aliran balik pengaliran, aliran sisa, atau tanah terikat. Pestisida ini juga berpeluang menjadi sumber pencemaran air tanah yang bisa menyebar luas. Tindakan kimia dari pestisida ini dapat menyebabkan perubahan kualitas air tanah. Selain pestisida, penyebab menurunnya kualitas air tanah yaitu kontaminasi air tanah dari kotoran hewan. Pencemaran jenis ini biasanya disebabkan oleh peternakan, dengan sejumlah besar limbah yang dihasilkan oleh hewan di ruang tertutup

(terkurung) seperti yang digunakan untuk produksi daging sapi atau susu. Jika polutan tersebut bersentuhan langsung dengan tanah maka disebut dengan limpasan permukaan.

Pencemaran air tanah akan menyebabkan munculnya beberapa dampak buruk bagi manusia, yakni dapat menimbulkan terbatasnya ketersediaan air bersih. Dengan tercemarnya air bersih ini mengakibatkan beberapa bakteri yang tersebar di dalamnya memiliki resiko akan berkembang biak dengan lebih cepat. Bakteri air tanah dapat mengurangi oksigen di dalam air, dan ketika masuk ke dalam tubuh manusia, dapat melemahkan sistem kekebalan tubuh seseorang. Jika kekebalan tubuh menurun, maka mudahnya penyakit menyerang tubuh manusia. Beberapa penyakit yang bisa ditimbulkan yaitu diare serta muntah, penyakit kulit, dan penyakit lainnya. Selain itu, pencemaran air tanah akibat masuknya bahan pencemar asing (organik atau anorganik) juga dapat mengakibatkan gangguan dan ketidakstabilan kualitas air tanah, yang berarti air tanah tidak dapat dimanfaatkan sesuai kegunaan dan peruntukannya (Amin, 2021).

Sebagian besar kontaminan dan sumber pencemar, baik yang berada pada air permukaan maupun air tanah ini pada dasarnya memiliki asal dan permulaan yang sama. Dapat diambil contoh, ada beberapa sumber polutan dan pencemaran yang dapat berasal dari pestisida, maupun logam berat yang dapat berasal dari kegiatan pertanian maupun pembuangan limbah perkotaan dan industri (Wali & Alias, 2020). Bahan pencemar yang berpotensi menjadi sumber pencemaran air tanah antara lain sebagai berikut (Groundwater Foundation, 2017 dalam (Darwis, 2018))

1. *Storage tank* (Tangki penyimpan)

Tangki penyimpan berguna untuk menyimpan beberapa macam jenis cairan seperti cairan bahan kimia serta bahan bakar, dan juga bisa diletakkan pada *underground tank* atau *tank above ground* dimana tank ini jika mengalami korosi, kebocoran, maupun

pecah/retak maka bahan yang ada dalam tangki mengalir keluar dan masuk dalam air tanah yang menjadikan air tanah mengalami pencemaran.

2. *Septic tank* (Tangki septik)

Merupakan tempat yang digunakan untuk membuang air limbah yang berasal dari kotoran manusia. Pencemaran dapat terjadi karena tidak dirancangnya sistem septik dengan baik sehingga virus, bakteri, maupun bahan kimia yang berada dalam *tangki septic* dapat keluar dan meresap ke dalam tanah.

3. *Hazardous Waste* (Limbah berbahaya)

Limbah yang berbahaya jika jumlahnya tidak dapat dikontrol dan membuat tempat pembuangan limbahnya terus menumpuk setiap harinya dan kemudian ditinggalkan atau dibiarkan begitu saja jika terjadi kebocoran pada tempat tersebut, maka akan menjadi pencemar bagi air tanah dan kemudian terkontaminasi dengan bahan beracun tersebut sehingga terjadi pencemaran.

4. *Landfills* (Tempat Pembuangan Sampah)

Dalam menimbun sisa-sisa kegiatan manusia yang sudah tidak bisa dimanfaatkan kembali, maka tempat penimbunan perlu adanya lapisan pelindung. Lapisan pelindung yang terletak di bagian bawah jika mengalami kerusakan, maka akan mencemari tanah disekitarnya. Jika tanah tercemar, maka akan menimbulkan pencemaran juga terhadap air tanah. Hal ini disebabkan karena kontaminan tempat pembuangan sampah masuk dan meresap ke dalam akuifer tanah.

5. *Chemicals and Road Salts* (Bahan Kimia dan Garam Jalan)

*Chemicals and Road Sats* merupakan salah satu polutan air sumur/tanah yang sangat berpotensi dikarenakan pada musim penghujan datang, hasil dari kegiatan pertanian yang berupa bahan kimia masuk ke tanah kemudian diserap hingga ke lapisan air tanah.

## 2.2 Zat Kapur

Kapur menjadi salah satu zat yang dapat mencemari lingkungan. Salah satu dampak yang diberikan adalah dapat mencemari air. Ketika air sudah mengandung sebanyak kapur, biasanya air tersebut akan disebut dengan air sadah. Air disebut sadah jika air tersebut memiliki kandungan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) sebesar 500 mg/liter. Kandungan dari kapur yang berlebih dalam air tidak disarankan untuk dikonsumsi. Kandungan kapur ( $\text{CaCO}_3$ ) yang tinggi dalam air dapat berpengaruh dan memberikan kerugian pada makhluk hidup, khususnya manusia. Jika digunakan untuk konsumsi kegiatan sehari-hari dengan jumlah yang banyak, maka akan menimbulkan beberapa penyakit seperti batu ginjal. Selain merugikan untuk kesehatan, air sadah juga membuat kerugian pada sebuah industri, karena air sadah dapat menimbulkan endapan pada kran air (Utami, 2017).

Air sumur yang memiliki kandungan kapur tinggi dapat terdeteksi dengan melihat beberapa ciri-ciri seperti, ketika mencuci dengan air tersebut tidak menghasilkan busa yang banyak, air dirasa tidak segar jika dibandingkan dengan air lain, air terasa lebih licin dibanding dengan air pada umumnya, dan juga jika dididihkan atau dipanaskan (dipergunakan untuk air minum) akan meninggalkan lapisan kerak berwarna putih di dasar wadah.

### 2.2.1 Dampak Bagi Kesehatan

Air yang kita minum secara teoritis juga mengandung zat kapur. Hal ini disebabkan karena zat kapur terbentuk secara alami, dimana air mengandung mineral yang secara alami diproses. Zat mineral ini berasal dari bebatuan dan tanah. Kandungan mineral yang berada dalam air tanah tersebut disebut dengan zat padat terlarut atau *Total Dissolve Solid (TDS)*. Zat Kapur yaitu zat yang penting dibutuhkan oleh tubuh manusia. Kekurangan zat kapur juga dapat menimbulkan terganggunya beberapa fungsi tubuh. Hal ini dikarenakan zat kapur sangat dibutuhkan sebagai pembangun struktur gigi dan tulang. Disisi lain, zat kapur bagi tubuh



manusia juga berperan sebagai penggerak otot dan ada juga sebagai penghubung jaringan saraf atau neurotransmitter.

Zat kapur memang dibutuhkan oleh tubuh manusia, namun harus dalam kadar yang sesuai. Jika menggunakan sumur dengan kandungan zat kapur tinggi untuk kehidupan sehari-hari dalam jangka panjang akan memberikan dampak yang tidak baik bagi tubuh manusia. Air sumur dengan kadar kapur tinggi akan menjadi masalah dan mengancam kesehatan tubuh manusia. Salah satu masalah yang timbul akibat konsumsi zat kapur berlebih diare yang akan menyebabkan lemas bahkan dehidrasi hingga dapat menurunkan kesadaran. Untuk jangka waktu lama, dapat menyebabkan gangguan ginjal, gangguan kulit, dan kandung kemih.

### 2.2.2 Kesadahan

Salah satu parameter kimia dalam persyaratan kualitas air adalah jumlah kandungan unsur  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam air yang keberadaannya biasa disebut kesadahan air. Kesadahan dalam air sangat tidak dikehendaki baik untuk penggunaan rumah tangga maupun untuk penggunaan industri. Bagi air rumah tangga tingkat kesadahan yang tinggi mengakibatkan konsumsi sabun lebih banyak karena sabun jadi kurang efektif akibat salah satu bagian dari molekul sabun diikat oleh unsur Ca atau Mg. Bagi air industri unsur Ca dapat menyebabkan kerak pada dinding peralatan sistem pemanasan sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada peralatan industri, disamping itu dapat menghambat proses pemanasan. Akibat adanya masalah ini, persyaratan kesadahan pada air industri sangat diperhatikan. Pada umumnya jumlah kesadahan dalam air industri harus nol, berarti unsur Ca dan Mg dihilangkan sama sekali. Masalah air sadah banyak ditemukan di daerah yang mengandung kapur.

Kesadahan adalah istilah yang digunakan pada air yang mengandung kation penyebab kesadahan. Pada umumnya kesadahan disebabkan oleh adanya logam-logam atau kation-kation yang bervalensi 2, seperti Fe, Sr, Mn, Ca dan Mg, tetapi penyebab utama dari kesadahan

adalah kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Kalsium dalam air mempunyai kemungkinan bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat, khlorida dan nitrat, sementara itu magnesium terdapat dalam air kemungkinan bersenyawa dengan bikarbonat, sulfat dan khlorida.

Tingkat kesadahan di berbagai tempat perairan berbeda-beda, pada umumnya air tanah mempunyai tingkat kesadahan yang tinggi, hal ini terjadi, karena air tanah mengalami kontak dengan batuan kapur yang ada pada lapisan tanah yang dilalui air. Air permukaan tingkat kesadahannya rendah (air lunak), kesadahan non karbonat dalam air permukaan bersumber dari kalsium sulfat yang terdapat dalam tanah liat dan endapan lainnya. Menurut WHO, 2022 nilai ambang batas ion Calcium terletak pada nilai 100 – 300 mg/l, sedangkan untuk nilai kandungan magnesium memiliki nilai <300 mg/L. Tingkat kesadahan air biasanya digolongkan seperti ditunjukkan pada tabel berikut ini.

**Tabel 2.3** Klasifikasi Tingkat Kesadahan.

Mg/l CaCO <sub>3</sub>	Tingkat Kesadahan
0 – 75	Lunak ( <i>soft</i> )
75 – 150	Sedang ( <i>moderately hard</i> )
150 – 300	Tinggi ( <i>hard</i> )
>300	Tinggi sekali ( <i>very hard</i> )

Sumber : (Maulinda dkk., 2015)

### 2.3 Adsorpsi

Adsorpsi yaitu peristiwa menempelnya suatu molekul, ion, maupun atom pada permukaan suatu adsorben. Dapat juga diartikan sebagai adanya gaya tarik menarik antara molekul padatan dengan material terserap sebagai proses penyerapan zat yang berada pada permukaan adsorben (Astuti dan Kurniawan, 2015). Adsorpsi adalah sekumpulan proses yang terdiri dari reaksi permukaan padatan (adsorben) dengan kontaminan (adsorbat) baik dalam fase cair maupun gas. Proses adsorpsi bergantung pada daya tarik antara adsorbat dan permukaan adsorpsi menggunakan media yang sulit larut untuk menghilangkan ion positif atau negatif dari larutan elektrolit dan

juga melepaskan ion bermuatan dalam larutan. *Adsorbate* atau *solute* adalah bahan yang akan diserap sedangkan adsorbent adalah penyerapnya.

Proses adsorpsi dipengaruhi oleh luas permukaan adsorben, semakin poros adsorben maka hasil adsorpsi semakin besar. Adsorben padat yang baik ialah yang memiliki porositas tinggi dan permukaan yang sangat luas sehingga adsorpsi terjadi pada banyak tempat. Pengaruh konsentrasi dan luas permukaan juga berpengaruh dalam proses adsorpsi, semakin besar konsentrasi adsorbat maka semakin banyak adsorbat yang teradsorpsi dan semakin besar luas permukaan adsorben, maka adsorpsinya juga semakin besar. Berikut faktor yang dapat mempengaruhi laju dari proses adsorpsi :

1. Pengadukan
2. Karakteristik zat penyerap
3. Ukuran molekul adsorbat
4. Temperatur
5. Daya larut dari zat yang diserap
6. pH

Macam-macam gaya yang dapat terjadi dalam pengikatan ion maupun molekul pencemar pada saat proses adsorpsi menurut (Notodarmojo, 2005), yaitu:

#### 1. Gaya Fisik

Adsorpsi fisik didasarkan pada gaya *van der Waals* dan dapat terjadi pada permukaan polar dan non-polar. Adsorpsi juga terjadi sebagai akibat dari mekanisme pertukaran ion. Gaya antar adsorbat dengan adsorbennya ini dipengaruhi oleh jarak yang pendek. *Gaya van der Waals* merupakan ikatan lemah namun penting dalam proses analisis adsorpsi senyawa organik dan zat yang bersifat aditif. Gaya ini akan menjadi kuat bila terjadinya secara bersama pada sebuah kelompok molekul ataupun kelompok ion. Energi yang dilepaskan pada saat proses adsorpsi ini berkisar antara 5 – 20 kJ/mol.

## 2. Gaya dan Proses Kimia

Adsorpsi kimia terjadi apabila adanya ikatan kovalen dan ikatan hidrogen. Ikatan kimia yang terjadi apabila adanya pasangan elektron secara bersama-sama oleh atom yang berikatan disebut dengan ikatan kovalen. Besarnya energi adsorpsi kimia sekitar kurang lebih 100-400 kJ/mol. Pembentukan senyawa kompleks pada adsorpsi ini akan membentuk reaksi kimia, maka adsorpsi ini akan menghasilkan produksi berupa senyawa yang baru.

## 3. Gaya Elektrostatis

Gaya yang dihasilkan oleh muatan elektrostatis pada permukaan partikel atau molekul. Gaya elektrostatis dapat digolongkan ke dalam gaya fisik, karena gaya tarik tersebut akan menimbulkan gaya elektrostatis. Perbedaan energi yang terjadi akibat proses ini cukup besar, dapat mencapai 200 KJ/mol

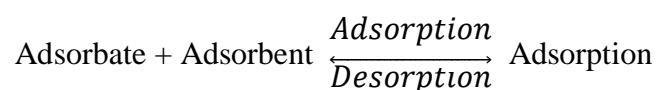
**Tabel 2.4** Karakteristik Gugus-gugus Fungsional

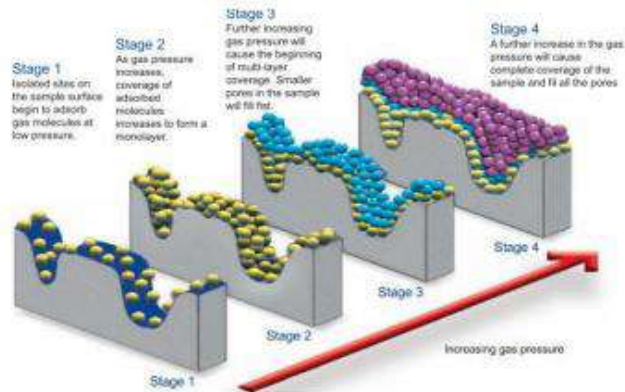
Gugus Fungsional	Bentuk	Jenis Molekul	Ditemukan di	Keterangan
Hidroksil	-OH	Alkohol	Gula	Polar, molekul dapat larut dalam air
Karbonil	$\begin{array}{c} \text{-C=O} \\ \diagdown \\ \text{H} \end{array}$ $\begin{array}{c}   \\ \text{C=O} \\   \end{array}$	Aldehyde Ketone	Gula Gula	terdapat pada rantai paling belakang
Karboksil	-COOH	Asam Karboksilat	Gula, Lemak, Asam amino	karbonil di tengah rantai
Amino	-NH <sub>2</sub>	Amina	Asam amino, Protein	dapat mengikat H <sup>+</sup> menjadi NH <sub>3</sub> <sup>+</sup>

Sumber : (Muhamad, 2008)

### 2.3.1 Mekanisme Adsorpsi

Mekanisme reaksi antara adsorbat dan adsorben menurut (Zhang, 2016) dapat dilihat berikut ini





**Gambar 2.1** Tahapan Proses Adsorpsi

Sumber : (La Ifa, dkk 2021)

Beberapa tahapan dari proses adsorpsi, dapat dijelaskan pada penjelasan berikut :

1. Pada kondisi tekanan gas rendah, situs terisolasi pada permukaan sampel akan mulai menyerap molekul-molekul gas. Kemudian sebaliknya, pada tekanan meningkat, molekul yang telah teradsorpsi meningkat dan kemudian membentuk lapisan tunggal.
2. Jika tekanan gas meningkat lebih lanjut, maka akan terbentuk multi lapisan. Kepala yang berada pada adsorpsi akan diisi oleh pori-pori yang lebih kecil.
3. Tekanan gas yang meningkat secara terus menerus, akan menyebabkan cakupan sampel yang lebih kompleks serta lengkap sehingga dapat mengisi semua pori-pori

### 2.3.2 Proses aktifasi

Kegiatan aktifasi digunakan dengan cara memanaskan pada suhu 750- 950° C dengan menghomogenkan CO<sub>2</sub> udara dengan uap pada tekanan yang terkontrol atau juga dapat menambahkan bahan kimia. “*Chemical impregnating agent*” atau Aktifasi secara kimia dilakukan menggunakan bahan kimia atau dapat juga menggunakan bahan pengaktif seperti magnesium klorida (MgCl<sub>2</sub>), seng klorida (ZnCl<sub>2</sub>), kalsium klorida (CaCl<sub>2</sub>), natrium karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>), natrium hidroksida (NaOH), natrium klorida (NaCl), asam sulfat (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), potassium sulfida (K<sub>2</sub>S),

potassium hidroksida (KOH). Bahan-bahan kimia tersebut ditambahkan pada bahan baku sesaat sebelum proses karbonisasi dilakukan.

Akibat dari adanya reaksi kimia antara bahan kimia yang digunakan dengan bahan kimia menyebabkan terjadinya pengembangan struktur pori. Zat kimia yang dipilih untuk ditambahkan tersebut akan bereaksi dan mengikat karbon yang dimana karbon tersebut baru terbentuk karena adanya gaya adhesi, sehingga jika bahan baku tersebut dilakukan pencucian baik menggunakan air ataupun asam, tetap saja akan menghasilkan sebuah karbon dengan jenis struktur permukaan lebih besar jika dibanding dengan struktur yang sebelumnya.

#### **2.4 Kulit Singkong**

Singkong merupakan tanaman yang memiliki manfaat dan kegunaan sebagai salah satu sumber kalori yang mudah ditemukan serta murah. Kandungan zat gizi pada singkong yaitu lemak, karbohidrat, serat makanan, protein, mineral (Fe, F, Ca), vitamin (B1, C), dan zat non gizi, seperti air. Selain itu, umbi singkong juga mengandung senyawa non gizi yang disebut dengan tanin. Tanaman singkong ini terdiri dari batang, daun dan umbi.

Singkong memiliki berbagai macam jenis varietas, salah satunya adalah varietas mentega. Singkong varietas Mentega ini memiliki retensi daun lebih baik daripada retensi rata-rata. Bentuk selebaran tengah elips-lanceolate / lanceolate, warna patiole hijau kemerahan dan warna daun hijau tua. Setiap jari daun memiliki 7 ruas daun, panjang ruas daun 20,5 cm, lebar daun 5 cm dan rasio panjang dan lebar daun 20,5:5 cm. Warna ibu tulang daun yaitu hijau. Patiole memiliki panjang 29,8 cm dan arah patiole horizontal. Jumlah singkong sekitar 14 dengan panjang 40 cm dan diameter 2,8 cm. Warna daging singkong Mentega ini paling beda yaitu warna kuning.

Masih ada bagian singkong yang belum dioptimalkan yaitu bagian kulit singkong. Setelah kulit luar, kulit singkong menjadi pelindung dan/atau pembalut umbi bagian dalam, kulit singkong bagian luar berwarna

agak merah muda dan bagian dalam singkong berwarna putih.



**Gambar 2.2** Kulit Singkong

*Sumber : (Dokumentasi, 2022)*

Kulit dari umbi singkong ini sering dianggap sebagai limbah yang tidak memiliki nilai ekonomis, hanya dimanfaatkan untuk pakan ternak. Kulit singkong sendiri dapat dimanfaatkan dengan cara diolah untuk menjadi sebuah produk yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Untuk presentase kulit singkong terhadap umbinya kurang lebih sebesar 20% sehingga per kg umbi singkong kurang lebih menghasilkan 0,2 kg kulit singkong. Kandungan yang terdapat pada kulit singkong yaitu C (Karbon) sebesar 59,31% yang berarti terdapat karbon yang tinggi, H (Hidrogen) sebesar 9,78%, O (Oksigen) sebesar 28,74% , 35 N (Nitrogen) sebesar 2,06 %, S (Sulfur) sebesar 0,11% dan H<sub>2</sub>O (Air) sebesar 11,4% (Hasrianti, 2021). Berikut daftar kandungan dari zat gizi singkong dan kulit singkong.

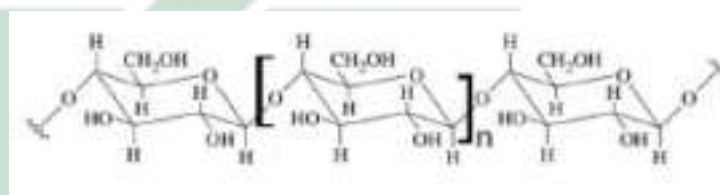
**Tabel 2.5** Kandungan gizi singkong dan kulit singkong per 100 g

Kandungan Gizi	Singkong	Kulit Singkong
Lemak (g)	0,3	1,29
Protein (g)	1,0	8,11
Serat (g)	0,9	15,20
Karbohidrat (g)	36,8	74,73
Air (g)	61,4	17
Kalori (kkal)	154	157

*Sumber : (Maulinda dkk., 2015)*

Di dalam kulit singkong memiliki kandungan HCN yang cukup tinggi yaitu sekitar 18,0 hingga 309,4 ppm per 100 gram kulit singkong. Namun, kandungan HCN pada kulit singkong ini mudah untuk

menghilangkannya. Hanya dengan melakukan pengolahan, perendaman, dikeringkan, direbus, dan kemudian difermentasi. Pada saat dilakukannya perendaman, kandungan HCN dalam kulit singkong mudah larut di dalam air, terlebih jika air tersebut mengalir. Proses pengolahan, Kandungan HCN mudah menguap jika terkena panas seperti pada saat pengukusan, perebusan, penyaringan, serta penggorengan. Saat fermentasi singkong akan berubah menjadi tape. Dan saat pengeringan HCN menguap misalnya pada proses pembuatan gaplek, tepung tapioka dan tepung kasava.



**Gambar 2.3** Struktur Selulosa

*Sumber : (D. E. Sari, 2020)*

## 2.5 Sistem Batch

Proses adsorpsi pada sistem statis/batch adalah proses adsorpsi di mana adsorben dicampurkan dengan larutan dengan jumlah yang tetap dan perubahan kualitasnya diamati dalam selang waktu tertentu (Putri & Indiarti 2019). Metode adsorpsi pada sistem batch adalah metode yang paling umum dilakukan. Metode ini bertujuan untuk mempelajari kondisi optimal adsorben yang digunakan untuk proses penyerapan kapur, baik itu pH, konsentrasi, maupun kekuatan. Adsorbat adalah substansi yang terserap atau substansi yang akan dipisahkan dari pelarutnya, sedangkan adsorben merupakan suatu media penyerap yang pada umumnya adalah senyawa karbon. Dengan proses batch ini, hasilnya dapat disajikan menggunakan kurva adsorpsi isothermal. Proses batch ini dilakukan dengan mencampurkan adsorben ke dalam larutan dan mengaduk secara merata hingga terbentuknya kontak dan menjadi seimbang (Hutauruk, 2018).





**Gambar 2.4** Proses Batch dengan Magnetic Stirrer

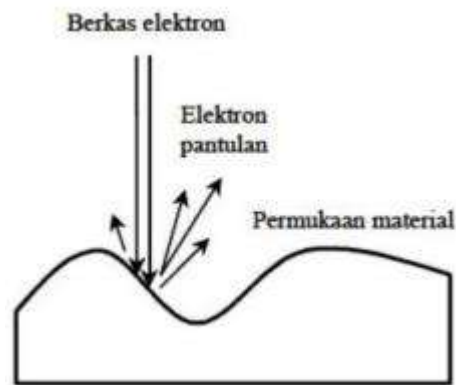
*Sumber: (Karim dkk, 2017)*

Reaktor Batch di dalamnya terjadi proses yang disebut dengan reaksi pengadukan sempurna dan memiliki sifat tidak kontinu. Sistem pada reaktor batch ini hanyalah berupa sebuah tangki yang dimana didalamnya terjadi reaksi, namun tanpa adanya aliran keluar maupun masuk dari reaktor tersebut.

## 2.6 SEM

*Scanning Electron Microscope (SEM)* adalah jenis mikroskop elektron yang menghasilkan gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron yang terfokus dengan perbesaran hingga skala tertentu. Elektron berinteraksi dengan atom dalam sampel, menghasilkan berbagai sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan dan komposisi sampel. SEM merupakan metode uji karakterisasi adsorben yang dilakukan untuk mengetahui struktur, ukuran pori, dan kandungan unsur kimia.

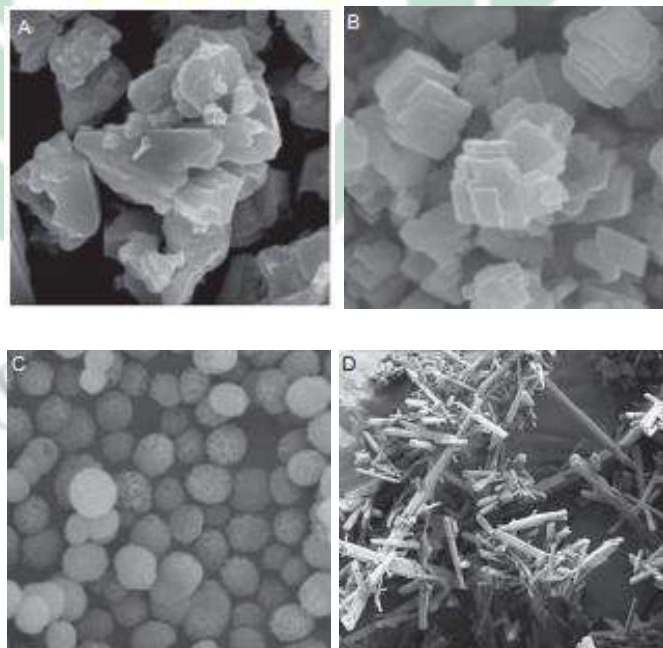
SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron yang menggunakan berkas elektron untuk menggambar profil permukaan benda. Prinsip kerja SEM adalah menembakkan permukaan benda dengan berkas elektron berenergi tinggi seperti diilustrasikan pada Gambar 2.5. Dalam SEM berkas elektron berenergi tinggi mengenai permukaan material. Elektron pantulan dan elektron sekunder dipancarkan kembali dengan sudut bergantung pada profil permukaan material.



**Gambar 2.5** Mekanisme Kerja SEM

*Sumber : (Masta, 2020)*

Kristal-kristal yang terbentuk dari hasil SEM ini bergantung dengan treatment pada sebuah bahan. Pada  $\text{CaCO}_3$  terdapat banyak jenis kristal yang terbentuk, sehingga dapat digolongkan berdasarkan ukuran partikel tersebut.



**Gambar 2.6** SEM  $\text{CaCO}_3$  membentuk (A) Amorphous Calcite, (B) layered and Rhombohedral calcite, (C) Spherical Vaterite, dan (D) Needle aragonite

*Sumber : (Al Omari dkk., 2016)*

Menurut Al Omari dkk (2016),  $\text{CaCO}_3$  memiliki ukuran partikel, luas permukaan, dan ukuran pori yang dirangkum pada tabel berikut :

**Tabel 2.6** Klasifikasi Ukuran Partikel  $\text{CaCO}_3$

Bentuk	Ukuran Partikel ( $\mu\text{m}$ )	Luas Permukaan Spesifik ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	Ukuran Pori ( $\text{cm}^3/\text{g}$ )
Calcite	-	0,99	0.068
	0.1	30	-
Aragonite	-	3.6	0.16 – 3.8 nm
Vaterite	5	77	0.068
	3-5	9-15	10 nm
Amorphous	0.04	65	-
	0.086 – 0.31	12 – 42	-
	0.19 – 0.41	9 - 19	-
Natural	1 -3	4 - 10	-
Precipitated	0.07	17 - 25	2.5

Sumber : (Al Omari dkk., 2016)

## 2.7 FTIR

Fourier Transformed Infrared (FTIR) merupakan salah satu alat atau instrumen yang dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi, mengidentifikasi senyawa dan menganalisis campuran dari sampel yang dianalisis tanpa merusak sampel. Spektrofotometer FTIR merupakan alat yang dapat digunakan untuk identifikasi senyawa, khususnya senyawa organik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif.

- a. Analisis kualitatif Analisis kualitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk identifikasi gugus-gugus fungsional yang terdapat dalam suatu senyawa yang dianalisis (Silverstein dan Bassler, 1998).

- b. Analisis kuantitatif Analisis kuantitatif dengan spektroskopi FTIR secara umum digunakan untuk menentukan konsentrasi analit dalam sampel.

Metode fourier transform infrared (FTIR) yang merupakan metode bebas reagen, tanpa penggunaan radioaktif dan dapat mengukur kadar hormon secara kualitatif dan kuantitatif. Analisis gugus fungsi suatu sampel dilakukan dengan membandingkan pita absorpsi yang terbentuk pada spektrum infra merah menggunakan spektrum senyawa pembanding (yang sudah diketahui).

Daerah inframerah pada spektrum gelombang elektromagnetik dimulai dari panjang gelombang  $14000\text{ cm}^{-1}$  hingga  $10\text{ cm}^{-1}$ . Berdasarkan panjang gelombang tersebut daerah inframerah dibagi menjadi tiga daerah, yaitu IR dekat ( $14000\text{-}4000\text{ cm}^{-1}$ ) yang peka terhadap vibrasi overtone, IR sedang ( $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ ) berkaitan dengan transisi energi vibrasi dari molekul yang memberikan informasi mengenai gugus-gugus fungsi dalam molekul tersebut, dan IR jauh ( $400\text{-}10\text{ cm}^{-1}$ ) untuk menganalisis molekul yang mengandung atom-atom berat seperti senyawa anorganik tapi butuh teknik khusus (Schechter, 1997; Griffiths dan Chalmers, 1999). Biasanya analisis senyawa dilakukan pada daerah IR sedang (Tanaka dkk, 2008). Prinsip kerja FTIR adalah interaksi antara energi dan materi. Infrared yang melewati celah ke sampel, dimana celah tersebut berfungsi mengontrol jumlah energi yang disampaikan kepada sampel. Kemudian beberapa infrared diserap oleh sampel dan yang lainnya ditransmisikan melalui permukaan sampel sehingga sinar infrared lolos ke detektor dan sinyal yang terukur kemudian dikirim ke komputer dan direkam dalam bentuk puncak-puncak (Thermo, 2001).

Pengujian FTIR dilakukan untuk mengetahui informasi terkait ikatan kimia yang ada pada adsorben. Ikatan kimia tersebut diindikasikan dengan puncak-puncak yang berbeda. Pengujian ini dilakukan pertama kali karena untuk mengetahui ikatan dari serat bambu betung (*Dendrocalamus asper*). Gambar mesin uji FTIR dapat dilihat pada Gambar 1. Adapun cara kerja

FTIR seperti berikut ini: Mula mula zat yang akan diukur diidentifikasi, berupa atom atau molekul. Sinar infra merah yang berperan sebagai sumber sinar dibagi menjadi dua berkas, satu dilewatkan melalui sampel dan yang lain melalui pembanding. Kemudian secara berturut-turut melewati chopper. Setelah melalui prisma atau grating, berkas akan jatuh pada detektor dan diubah menjadi sinyal listrik yang kemudian direkam oleh recorder. Selanjutnya diperlukan amplifier bila sinyal yang dihasilkan sangat lemah. Sampel, yang dapat dengan mudah diuji oleh FTIR, termasuk pellet polimer, bagian, sampel buram, serat, bubuk, pelapis kawat, dan cairan. Scan inframerah yang khas dihasilkan di wilayah pertengahan inframerah dari spektrum cahaya. Daerah pertengahan inframerah adalah  $400-4000\text{ cm}^{-1}$  wavenumbers, yang sama dengan panjang gelombang 2,5 sampai 25 mikron ( $10^{-3}\text{ mm}$ ).



**Gambar 2.7** Alat Uji FTIR

*Sumber : (Pambudi, dkk.2017)*

## 2.8 Isoterm

Salah satu metode untuk penentuan mekanisme suatu adsorpsi yaitu dengan menggunakan isoterm. Isoterm dapat dilihat dengan persamaan yang dipilih saat penentuan jenis isoterm yang akan digunakan nantinya. Isoterm adalah simulasi terbentuknya suatu proses pendistribusian adsorbat yang terjadi pada fasa padat dan cair dan dijelaskan dengan persamaan dan rumus. Isoterm adsorpsi berguna dalam hal, diantaranya (Rusmaya, 2006):

- Menentukan kelayakan adsorpsi dan adsorben tertentu
- Menentukan afinitas relatif adsorben

- Menentukan sensitivitas perubahan konsentrasi adsorbat pada garis isoterm
- Menentukan efek pH, temperatur, ion kompetitif dan lain-lain pada kapasitas adsorpsi

Secara umum isoterm dapat dibagi menjadi beberapa, namun untuk jenis Langmuir dan Freundlich merupakan jenis yang sering digunakan (Nwabanne & P.K.Igbokwe, 2008).

### 2.8.1 Isotem Freundlich

Isoterm adsorpsi Freundlich menggambarkan adsorpsi berlapis-lapis, dimana adsorpsi terjadi pada banyak lapisan dan pengikatannya tidak kuat. Model adsorpsi ini dapat dilihat bahwa adsorben memiliki permukaan yang homogen sehingga dapat disebut dengan adsorpsi fisik. Persamaan matematis isoterm Freundlich ditunjukkan oleh Persamaan (Sawyer, C.N; McCarty, 1978) berikut :

$$q = K C^{1/n}$$

Atau

$$\log q = \log K + \frac{1}{n} \log C$$

Keterangan :

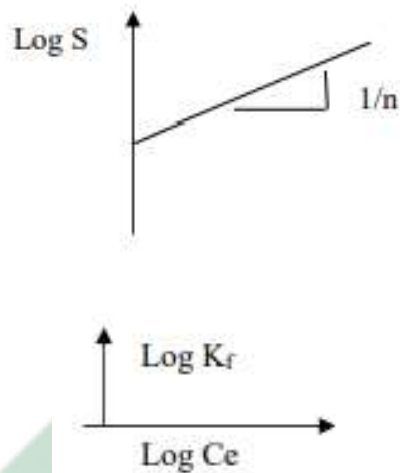
q = Konsentrasi terserap (mg/g)

K = Ukuran kapasitas adsorben (mg/g)

C = Konsentrasi air dari adsorbat (mg/L)

n = Ukuran afinitas adsorbat terhadap adsorben dengan perubahan densitas adsorpsi.

Jika data suatu percobaan log q diplotkan dengan log C maka dapat membentuk sebuah garis lurus. Garis yang berpotongan dengan sumbu y dinyatakan dengan nilai K serta kemiringan dari garis lurus ini menyatakan nilai 1/n. Karena proses adsorpsi berlangsung dalam beberapa lapisan pada permukaan adsorben dan adsorpsi meningkat dengan meningkatnya konsentrasi, isoterm Freundlich selalu memberikan korelasi yang memuaskan..



**Gambar 2.8** Isoterm Freundlich

*Sumber : (Ratnaningrum, 2011)*

### 2.8.2 Isoterm Langmuir

Proses isoterm adsorpsi ini terjadi saat terbentuk lapisan tunggal didasarkan pada asumsi bahwa kemampuan partikel tidak tergantung pada tempatnya atau tempat yang berdekatan. Persamaan isotermal ini dapat diturunkan secara teoritis dengan mengasumsikan bahwa ada kesetimbangan antara molekul zat yang teradsorpsi dan molekul zat yang tidak teradsorpsi (Sawyer, C.N; McCarty, 1978):

$$q = q_m \frac{K_{ads}C}{1+K_{ads}C}$$

Atau

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m K_{ads}} \left( \frac{1}{C} \right) + \frac{1}{q_m}$$

Keterangan

q = Konsentrasi terserap (mg/g)

qm = Kapasitas maksimum dari adsorben untuk adsorbat (mg/g)

C = Konsentrasi air dari adsorbat (mg/L)

K<sub>ads</sub> = Ukuran afinitas adsorbat terhadap adsorben

## 2.9 Integrasi Keislaman

Al-Qur'an merupakan pedoman bagi umat Islam, yang membahas mengenai segala hal yang berhubungan dengan kepentingan serta tujuan hidup manusia. Tidak hanya membahas tentang manusia, namun Al-Qur'an juga membahas tentang tata ruang ekosistem yang telah Allah ciptakan dan telah ada aturan hukum keseimbangan alam. Salah satu komponen dalam tatanan ekosistem adalah air. Air tidak hanya dibutuhkan oleh manusia, namun semua makhluk hidup (tumbuhan, manusia, serta hewan). Oleh karena itu, karena pentingnya air bagi kehidupan makhluk hidup khususnya manusia, maka dalam penggunaan dan pemanfaatan air harus bijak dan sesuai untuk peruntukannya. Air dimanfaatkan untuk kebutuhan pokok bagi manusia seperti memasak, mencuci, hingga membersihkan kotoran, serta mandi. Selain sebagai kebutuhan sehari-hari, air juga digunakan untuk kegiatan pertanian, transportasi pemadam kebakaran, dan masih banyak fungsi air yang lainnya. (Mubarak dan Chayatin, 2008 dalam Fadhillah, 2016).

### Q.S Nahl Ayat 10-11

هُوَ الَّذِي أَنْزَلَ مِنَ السَّمَاءِ مَاءً لَكُمْ مِنْهُ شَرَابٌ وَمِنْهُ شَجَرٌ فِيهِ تُسِيمُونَ ۙ  
يُنْبِتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ ۗ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِقَوْمٍ  
يَتَفَكَّرُونَ ۙ ۙ

Artinya: (10) Dialah, Yang telah menurunkan air hujan dari langit untuk kamu, sebahagiannya menjadi minuman dan sebahagiannya (menyuburkan) tumbuh-tumbuhan, yang pada (tempat tumbuhnya) kamu menggembalakan ternakmu. (11) Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, korma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan.

فَفَتَحْنَا أَبْوَابَ السَّمَاءِ بِمَاءٍ مُنْهَمِرٍ ۖ وَفَجَّرْنَا الْأَرْضَ عُيُونًا فَالْتَقَى الْمَاءُ عَلَى أَمْرٍ قَدْ قُدِرَ

*“Lalu Kami bukakan pintu-pintu langit dengan (menurunkan) air yang tercurah. dan Kami jadikan bumi menyemburkan mata-mata air maka*



*bertemulah (air-air) itu sehingga (meluap menimbulkan) keadaan (bencana) yang telah ditetapkan” (QS. al-Qamar: 11-12)*

Ayat di atas menjelaskan bagaimana musibah yang diberikan kepada kaum Nuh. Air dari langit terus menghujani kaum tersebut, dan kemudian air tanah menyembur dari tanah hingga menyebabkan air langit dan air tanah bertemu dan menjadikan petaka bagi suatu kaum. Hal itu merupakan sebuah gambaran sederhana bagaimana tidak berdayanya manusia jika Allah telah berkehendak. Seperti bencana yang sekarang terjadi, bagaimana banjir yang tersebar dimana-mana, namun baru kemarin dia mengalami kekeringan.

Dengan hal ini, bukankan kita lebih terbuka untuk melapangkan diri kepada Allah. Allah tidak akan salah memperhitungkan dalam menurunkan jumlah air, Ia telah memperhitungkan dengan teliti dan tidak ada kekurangan.

وَأِنْ مِنْ شَيْءٍ إِلَّا عِنْدَنَا خَزَائِنُهُ وَمَا نُنزِّلُهُ إِلَّا بِقَدَرٍ مَّعْلُومٍ

*“Dan tidak ada sesuatu pun, melainkan pada sisi Kami lah khazanahnya; Kami tidak menurunkannya melainkan dengan ukuran tertentu.” (QS. al-Hijr: 21)*

Oleh karena itu, Allah SWT sebenarnya telah mengatur kandungan zat dalam air sebagaimana sesuai dengan proporsinya. Jika terdapat ketidak tepatan, ini menandakan bahwa adanya ketidak seimbangan alam maupun sikap manusia di alam bumi ini. Selain itu, terdapat juga hadist yang menjelaskan bahwa Allah SWT memerintahkan untuk membersihkan lingkungan sekitar, yaitu

عَنْ سَعْدِ بْنِ أَبِي وَقَّاصٍ عَنْ أَبِيهِ عَنِ النَّبِيِّ صَلَّى اللَّهُ عَلَيْهِ وَسَلَّمَ أَنَّ اللَّهَ طَيِّبٌ يُحِبُّ الطَّيِّبَ نَظِيفٌ يُحِبُّ النَّظَافَةَ كَرِيمٌ يُحِبُّ الْكَرَمَ جَوَادٌ يُحِبُّ الْجَوَادَ فَتَطَهَّرُوا أَفْتَنَتَكُمْ

*Artinya: ”Sesungguhnya Allah Ta’ala itu baik (dan) menyukai kebaikan, bersih (dan) menyukai kebersihan, mulia (dan) menyukai kemuliaan, bagus (dan) menyukai kebagusan. Oleh sebab itu, bersihkanlah lingkunganmu.” (HR. Tirmidzi).*

Pada hadits di atas dapat ditarik kesimpulan bahwasannya kita harus selalu membersihkan lingkungan sekitar, baik dari barang ataupun benda yang sudah tidak dapat dimanfaatkan kembali. Hal ini dapat menjadi dasar, kita dapat membersihkan lingkungan dengan pemanfaatan kembali barang-barang yang sudah tidak terpakai dengan mengolahnya hingga memiliki nilai ekonomi. Salah satu pemanfaatan yang dapat dilakukan yaitu kulit singkong diolah untuk dijadikan sebuah produk dimana untuk pengolahan air.

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Sebagai acuan dan dasar perbandingan dalam penelitian ini, maka digunakannya penelitian terdahulu. Penelitian terdahulu bermanfaat juga sebagai dasar-dasar acuan dalam melakukan percobaan serta menjadi penguat untuk melakukan penelitian. Beberapa sumber yang digunakan dalam penelitian ini sebagai acuan adalah sebagai berikut :

**Tabel 2.7** Penelitian Terdahulu

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
1.	Sari, Diah Eloka	2020	Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Adsorben Alami Untuk Mengurangi Kadar Besi (Fe) dalam Air Limbah dengan Sistem Batch	Tujuan penelitian ini untuk mengetahui kapasitas dan optimalisasi adsorben kulit singkong terhadap penurunan kadar besi menggunakan sistem batch dengan pembeda aktivasi dan non aktivasi. Dari hasil penelitian didapatkan bahwa limbah kulit singkong ini memiliki kemampuan dapat melakukan penurunan sebanyak 29,38 – 54,66 % pada non aktivasi, dan kemampuan penyerapan logamnya paling optimal pada masa

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				5 gram dan waktu kontak 90 menit. Hasil akhirnya adalah 54,66 %
2.	Changjia Jiang., dkk	2019	Studi Penerapan Karbon Aktif dalam Pengolahan Air	penelitian membahas mengenai karbon aktif sebagai adsorben nonpolar yang bagus dan baik. Karbon aktif dapat juga digunakan bersamaan dengan bermacam jenis zat sebagai penyerap berbagai jenis dan sifat dari air limbah karena adanya luas permukaan yang spesifik serta mikropori yang cukup besar dengan kinerja adsorpsi yang baik. Penelitian ini membahas tentang mekanisme, struktur adsorpsi, karbon aktif yang terkait mikroba, karbon aktif termodifikasi, karbon aktif terikat gelombang mikro serta arah dari penelitian dari karbon aktif.
3.	Amanda, Dea	2019	Uji Persamaan Langmuir Dan Freundlich Pada Penyerapan Ion Logam Kobalt (Ii) Oleh Kitosan Dari Kulit Udang Windu (Penaeus Monodon)	Penelitian ini menggunakan kulit udang sebagai kitosan untuk menurunkan kandungan Logam Kobalt (II). Hasil yang diperoleh dianalisis menggunakan isotherm Langmuir dan Freundlich. Proses analisis menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom). Hasil akhir didapatkan nilai efektivitas adsorpsi massa kitosan pada adsorpsi ion

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				logam kobalt (II) sebesar 0,1164 mg/g, 0,1343 mg/g, 0,1464 mg/g, 0,1655 mg/g dan 0,1871 mg/g. Dan nilai efektivitas adsorpsi pada variasi waktu kontak kitosan sebesar 0,1871 mg/g 0,2027 mg/g 0,2138 mg/g dan 0,2083 mg/g
4.	Edwin, dkk.	2018	Removal of Fluoride From Treated Effluent Using Coco Fibre Ash	Kesimpulan pada penelitian ini yaitu bioadsorben dari sabut kelapa layak dan sesuai untuk menurunkan kandungan fluoride dalam air. Terbukti pada larutan 50 ml dengan waktu kontak 60 menit Ph 9, dan bioadsorben yang dibutuhkan 50 gr/L dan kecepatan pengadukan berada pada pengadukan 150 rpm.
5.	Bajayi	2017	Biosorbent Derived from Coconut Husk in Heavy Metal Sorption	Penelitian ini membahas tentang batok kelapa yang dijadikan bubuk dan dimanfaatkan sebagai media adsorben untuk menurunkan logam berat $Cd^{2+}$ , $Cr^{6+}$ , dan $Cr^{3+}$ . Dianalisis menggunakan isotherm Langmuir dan Freundlic. Hasil yang didapatkan yaitu isotherm Langmuir cocok untuk adsorpsi $Cd^{2+}$ sedangkan isotherm Freundlich sejalan dengan adsorpsi $Cr^{3+}$ .
6.	Schwantes dkk	2016	Chemical Modification of Cassava Peel as Adsorbent Material	Peneliti telah membuat perubahan dalam bahan kimia yang diperuntukkan dalam pengujian. Dalam

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
			for Metal Ion from Wastewater	pengaktifasian karbon aktif dilakukan menggunakan beberapa bahan kimia seperti H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , serta NaOH sebagai penyerap polutan Pb (II), Cd (II), dan Cr (II) di dalam air. Sistem batch dipilih untuk metode pengujiannya, kemudian ada analisis menggunakan isotherm model Langmuir dan menghasilkan aktivasi NaOH merupakan bahan yang terbagus untuk aktivasi.
7.	Has, Nur Fakhri	2016	Pemanfaatan Limbah Batang Kedelai Sebagai Adsorben Dalam Penurunan Kesadahan Air	Penelitian menggunakan variasi massa limbah batang kedelai dan variasi kecepatan pengadukan (rpm). Uji kualitas air di akhir yaitu menentukan konsentrasi kesadahan yang terkandung yaitu ion Ca. kesimpulan hasil akhir dari uji penelitian ini adalah Semakin banyak massa batang kedelai dan semakin tinggi kecepatan pengadukan maka koefisien transfer massa yang diperoleh semakin besar yakni pada massa batang kedelai 40 gr dengan N = 300 rpm, nilai $\alpha = 2,53055 \times 10^{-11}$ dan nilai $\beta = 3,669$ .

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
8.	Rocha dkk.	2015	Batch and Coloumn Studies of Phenol Adsorpstion by an Activated Carbon Based on Acid Treatment of Corn Cobs	Dapat menyisihkan kadar fenol dalam larutan air sampel yang memanfaatkan karbon aktif dari limbah jagung, yaitu bagian tongkolnya dengan sistem kolom dan batch merupakan tujuan dari penelitian ini. Hasil akhir penelitian ini menunjukkan bahwa kinetika adsorpsi dan keseimbangan yang memuaskan dijelaskan oleh Pseudo orde kedua serta, juga menggunakan model isotherm Freundlich. Hasil akhir penelitian adalah kapasitas adsorpsi pada adsorben lebih tinggi dari karbon aktif
9.	Nurhayati I, dkk	2015	arang Aktif Ampas Tebu Sebagai Media Adsorpsi Untuk Meningkatkan Kualitas Air Sumur Gali	penelitian ini menjelaskan pemanfaatan ampas tebu menjadi adsorben sebagai media untuk menurunkan kesadahan dan zat besi. Dengan telah ditentukannya konsentrasi $\text{CaCO}_3$ dimana penelitian mengacu pada SNI 06-3730-199 untuk menentukan waktu optimum sebagai dasar suhu saat karbonisasi dan konsentrasi $\text{CaCO}_3$ . Kemudian menentukan tinggi dari media dalam menggunakan karbon aktif serta mengukur konsentrasi $\text{Fe}^{3+}$

No	Nama Peneliti	Tahun Penelitian	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
				<p>menggunakan alat spektro, sedangkan kesadahan menggunakan titrimetri EDTA. Waktu optimum untuk serapan terjadi pada waktu operasi 2 jam dengan media adsorben setinggi 60 cm dapat menghasilkan penurunan sebesar 88% dengan kesadahan 60%. Penelitian ini mendapatkan hasil bahwa suhu karbonasi 3500 C dan <math>\text{CaCO}_3</math> <math>5,5 \cdot 10^{-5}</math> M paling optimum dalam menghasilkan karbon aktif sesuai dengan SNI 06-3730-1995</p>
10.	Ilaboya dkk	2013	Performance of Activated Carbon from Cassava Peels for the Treatment of Effluent Wastewater	<p>penelitiannya membahas tentang performa dari karbon aktif yang terbuat dari kulit singkong. Kemudian dianalisis menggunakan isotherm langmuir dan freundlich dan dilakukan proses dengan menggunakan adsorpsi sistem batch. Kemudian dianalisis dan dilakukan running. Setelah di akhir proses dan dianalisis data mendapatkan hasil bahwa kulit singkong mampu menyerap Cu dan Pb sebesar 74-77%</p>

Sumber : Diolah dari berbagai sumber (2022)

## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Lokasi Penelitian**

Penelitian dilakukan pada Laboratorium water Quality and Processing UIN Sunan Ampel Surabaya (kampus 2) yang terletak di Gn. Anyar Kec. Gn. Anyar, Kota Surabaya untuk perlakuan dan pengujian bioadsorben. Untuk pengujian SEM dilakukan di laboratorium Departemen Teknik Mesin ITS lantai 2 ruang D.200 yang beralamat di Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111.

#### **3.2 Waktu Penelitian**

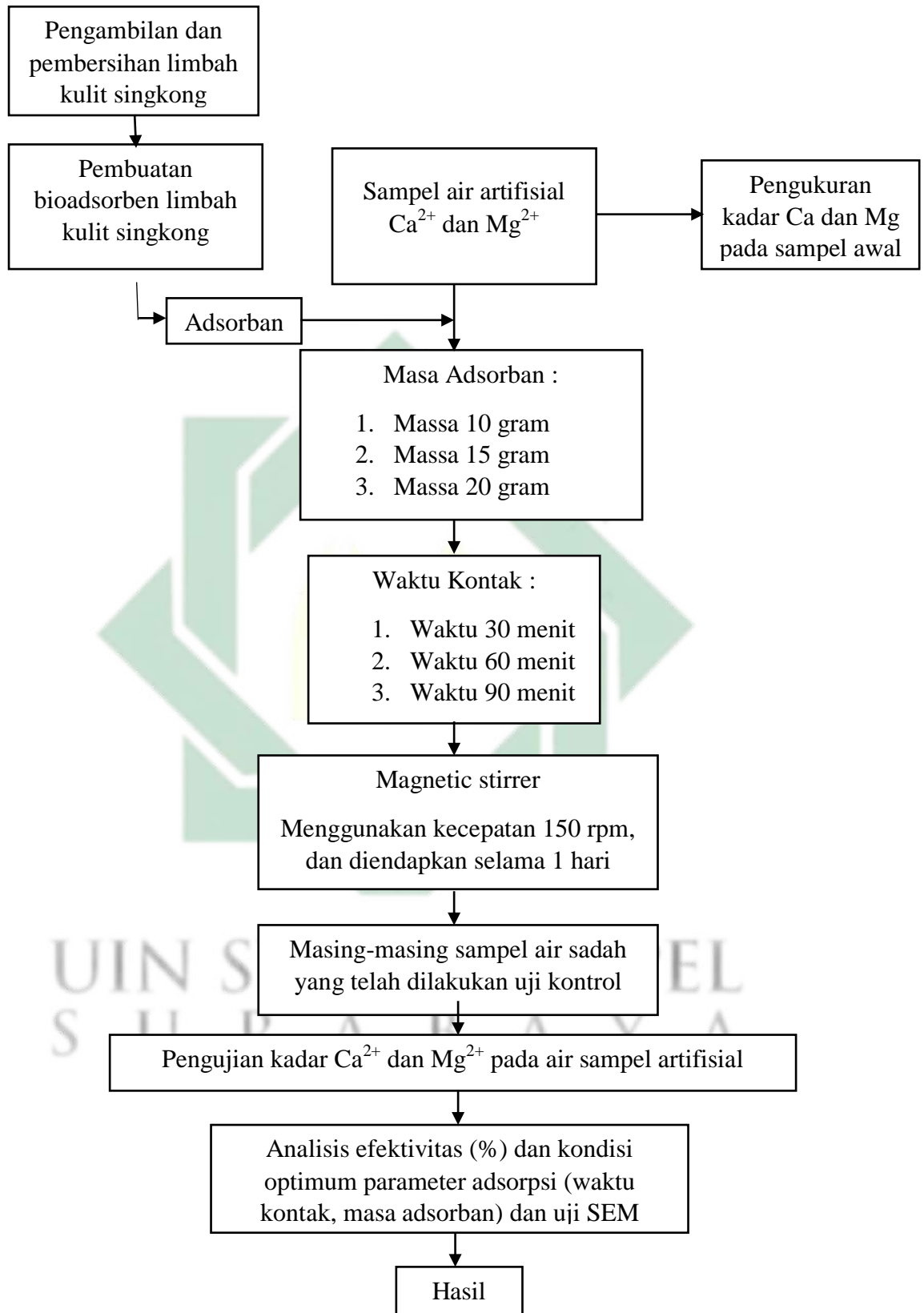
Waktu pelaksanaan dan analisis hasil penelitian dimulai bulan November 2022 hingga April 2023. Dengan rincian waktu yang dimulai pada bulan November sampai Desember 2022 dilakukan tahap menyusun proposal. Kemudian bulan Januari sampai Februari 2023 dilakukan proses ambil sampel, running, hingga uji sampel. Maret 2023 sampai April 2023 tahap penyusunan laporan hasil peneliti.

#### **3.3 Tahapan Penelitian**

##### **3.3.1 Kerangka Pikir**

Kerangka pikir dalam penelitian ini bertujuan untuk menjadi uraian tahap dimana bagaimana hasil penelitian diperoleh dengan optimal serta sesuai dan sinkron dengan apa tujuan serta ruang lingkup yang telah peneliti susun



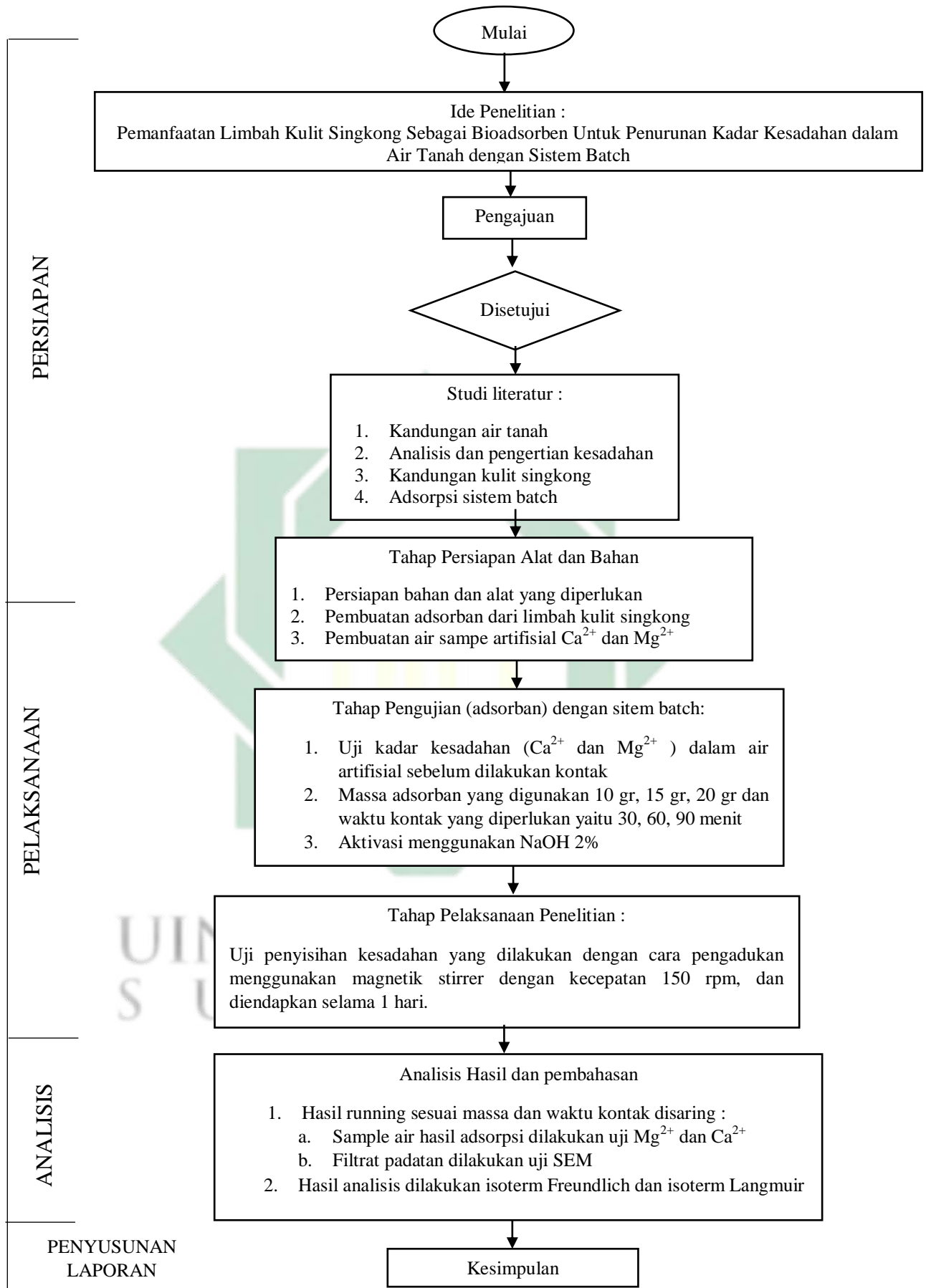


**Gambar 3.1** Kerangka Pikir Penelitian

### 3.3.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian berfungsi untuk dapat memahami bagaimana kemampuan dari bioadsorben dari kulit singkong terhadap adsorpsi zat kesadahan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dengan menggunakan sistem batch. Dengan melakukan penelitian ini, hasil akhir akan diketahui besar penyisihan dalam air sampel artifisial. Alur tahapan penelitian ini ditunjukkan pada gambar berikut :





### 3.3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini dilakukan dengan pengujian secara eksperimental di laboratorium. Sampel air artifisial yang telah dibuat memiliki konsentrasi dan volume yang sama tiap percobaan. Pada penelitian ini menggunakan beaker glass yang berfungsi sebagai wadah atau reaktor yang nantinya akan diisi sampel, selain itu digunakannya alat magnetik stirrer sebagai pengaduk sampel ketika sudah proses running. Rancangan penelitian dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 3.1** Rancangan Penelitian

Massa	Waktu Kontak (menit)		
	1	2	3
$A_x^*$	$A_x1^*$	$A_x2^*$	$A_x3^*$
$A_y^*$	$A_y1^*$	$A_y2^*$	$A_y3^*$
$B_x^*$	$B_x1^*$	$B_x2^*$	$B_x3^*$
$B_y^*$	$B_y1^*$	$B_y2^*$	$B_y3^*$
$C_x^*$	$A_x1^*$	$A_x2^*$	$A_x3^*$
$C_y^*$	$A_y1^*$	$A_y2^*$	$A_y3^*$
$A_x^{**}$	$A_x1^{**}$	$A_x2^{**}$	$A_x3^{**}$
$A_y^{**}$	$A_y1^{**}$	$A_y2^{**}$	$A_y3^{**}$
$B_x^{**}$	$B_x1^{**}$	$B_x2^{**}$	$B_x3^{**}$
$B_y^{**}$	$B_y1^{**}$	$B_y2^{**}$	$B_y3^{**}$
$C_x^{**}$	$A_x1^{**}$	$A_x2^{**}$	$A_x3^{**}$
$C_y^{**}$	$A_y1^{**}$	$A_y2^{**}$	$A_y3^{**}$

Sumber : Hasil Analisa (2022)

- A = Massa adsorben 10 gram
- B = Massa adsorben 15 gram
- C = Massa adsorben 20 gram
- 1 = Waktu kontak 30 menit
- 2 = Waktu kontak 60 menit
- 3 = Waktu kontak 90 menit

- (x,y) = Duplo (Pengulangan sampel 2 kali)  
\* =  $\text{Ca}^{2+}$   
\*\* =  $\text{Mg}^{2+}$

### 3.4 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat variabel sebagai berikut :

#### 1. Variabel bebas

Variabel bebas yaitu variabel dimana nilainya dapat mempengaruhi variabel terkait pada sebuah penelitian yang dilakukan. Pemilihan variabel bebas pada penelitian ini adalah

- X1 = Massa adsorben  
X2 = Waktu kontak

#### 2. Variabel terikat

Merupakan variabel dengan nilainya terikat dengan hasil dari pengaruh variabel bebas. Pada penelitian ini, variabel terikatnya adalah nilai kandungan kesadahan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  pada air artifisial yang telah dibuat dan diasumsikan dengan nilai Y.

### 3.5 Alat dan Bahan

#### 1. Peralatan

Alat-alat yang digunakan meliputi neraca analitik, beaker glass, oven, magnetic stirrer, kertas saring, ayakan ukuran 100 mesh, labu ukur, pipet, batang pengaduk, pH meter.

#### 2. Bahan

Beberapa bahan yang digunakan dalam penelitian adalah limbah kulit singkong, Aquadest, NaOH 2%, bubuk Mg, bubuk  $\text{CaCO}_3$ .

### 3.6 Langkah Kerja Penelitian

#### 3.6.1 Pembuatan Air sadah artifisial ( $\text{Ca}^{2+}$ dan $\text{Mg}^{2+}$ )

Air mengandung kesadahan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dibuat dengan cara melarutkan Aquades dengan masing-masing senyawa dibuat hingga konsentrasi 1000 mg/L (1000 ppm). Pada pembuatan artifisial ini,

dibutuhkan bubuk Mg untuk pembuatan larutan  $Mg^{2+}$  dan bubuk  $CaCO_3$  untuk pembuatan larutan yang mengandung  $Ca^{2+}$

a. Pembuatan  $Ca^{2+}$  dengan konsentrasi 1000 Mg/L

Pembuatan larutan  $Ca^{2+}$  1000 Mg/L dengan bubuk  $CaCO_3$  dengan menghitung larutan induk terlebih dahulu. Berdasarkan Ismiyati (2020), kemurnian Ca dalam  $CaCO_3$  sebesar 99%, sehingga perhitungan larutan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Ar Ca} &= 40 \\ \text{Mr CaCO}_3 &= 100 \\ \text{Kemurnian} &= 99\% \end{aligned}$$

Mencari molaritas larutan apabila Ca 1000 mg/l, 1000 ml

$$\begin{aligned} M &= \frac{n}{v}; n = \frac{gr}{Ar} \\ M &= \frac{gr}{v \cdot Ar \text{ Ca}} \\ M &= \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ l} \cdot 40} \\ &= 0,025 \text{ M} \end{aligned}$$

Membuat larutan Ca 1000 mg/l, dalam air 1000 ml dengan molaritasnya 0,025 M, 1000 ml

$$\begin{aligned} M &= \frac{gr}{Mr \text{ CaCO}_3} \times \frac{1000}{ml} \\ 0,025 &= \frac{gr}{100} \times \frac{1000}{1000 \text{ ml}} \\ gr &= \frac{0,025 \times 100}{1} \\ &= 2,5 \text{ gr} \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa pembuatan larutan Ca konsentrasi 1000 mg/L dibutuhkan bubuk  $CaCO_3$  sebanyak 2,5 gr atau 250 mg

b.  $Mg^{2+}$  1000 Mg/L

$$1000 \text{ mg/L} = \frac{x \text{ (mg/L)}}{1 \text{ L}}$$

$$\begin{aligned} 1000 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} &= x \\ x &= 1000 \text{ mg} \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan air 1 L dibutuhkan bubuk Mg sebanyak 1000 mg.

### 3.6.2 Pembuatan Biosorban Limbah Kulit Singkong

Dalam pembuatan bioadsorben ini membutuhkan beberapa tahapan dan proses yang berlangsung. Berikut penjelasan dari masing-masing proses yang dimaksud :

#### 1. Dehidrasi

Bahan (Kulit singkong) harus dibersihkan terlebih dahulu menggunakan air untuk menghilangkan kotoran yang menempel. Setelah dibersihkan, ambil bagian kulit yang berwarna putih dan buang kulit bagian yang berwarna coklat. Lalu kulit singkong dipotong kecil kecil dan rendam di dalam air selama 1 hari untuk menghilangkan kandungan HCN dari kulit singkong. Kulit Singkong kemudian dijemur di bawah sinar matahari hingga benar-benar mengering, kurang lebih selama 2 hari.

#### 2. Karbonisasi

Setelah proses pengeringan, kulit singkong diletakkan di dalam wadah untuk dilakukannya proses selanjutnya yaitu karbonisasi. Karbonisasi dilakukan pada suhu 105 °C dalam alat oven kurang lebih selama 3 jam. Setelah itu masukkan ke dalam desikator untuk proses pendinginan.

#### 3. Aktivasi

Setelah proses karbonisasi juga pendinginan, kulit singkong digerus dan diayak menggunakan ayakan dengan ukuran 100 mesh dan selanjutnya dilakukan aktivasi dengan menggunakan larutan NaOH. Hasil gerusan ini direndam dengan larutan NaOH 2% selama 1 jam. Setelah itu dioven selama 24 jam dengan suhu 105°C

### 3.6.3 Karakteristik Adsorben Kulit Singkong

Dalam pengujiannya, adsorben kulit singkong perlu dilakukan uji kandungan air di dalamnya. Limbah kulit singkong yang sudah melakukan pengeringan pada oven dengan suhu 105°C, didinginkan dengan desikator selama 15 menit. Pendinginan ini dapat dihentikan ketika kulit singkong telah mencapai suhu ruang. Kemudian kulit singkong ditimbang untuk mendapatkan hasil dan dihitung sesuai rumus berikut :

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

Keterangan : a = berat sampel sebelum pengeringan (g)

b = berat sampel setelah pengeringan (g)

### 3.7 Analisis Data

Digunakan rencana penelitian jenis percobaan eksperimen dalam penelitian ini. Penelitian dengan metode eksperimen yaitu salah satu metode yang bersifat laboratorium. Penelitian Eksperimen adalah penelitian yang membutuhkan treatment/perlakuan tertentu terhadap objek penelitian yang kemudian kita amati atau diukur dampaknya untuk kebutuhan data yang akan datang. Penelitian eksperimen juga dapat digunakan untuk menentukan variabel apa saja dan bagaimana bentuk hubungan dan dampaknya antara satu dengan yang lainnya (Jaedun, 2011). Dalam penelitian ini selanjutnya akan diperoleh beberapa data, sehingga data tersebut akan diolah dengan cara sebagai berikut :

#### 1. Analisis Deskriptif

Pada analisis deskriptif, digunakan untuk menjelaskan bagaimana kemampuan atau efisiensi untuk menurunkan kesadahan total ( $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ ). Penurunan kandungan zat kapur pada sebelum dan sesudah dilakukan pengujiannya akan dilakukan perhitungan persentasenya, yaitu dengan rumus :

$$\% \text{ penurunan Kesadahan } (\text{Ca}^{2+}) = \frac{CO-Ct}{CO} \times 100\%$$

$$\% \text{ penurunan Kesadahan } (\text{Mg}^{2+}) = \frac{CO-Ct}{CO} \times 100\%$$



Dimana :

$C_o$  = Konsentrasi kesadahan awal (mg/L)

$C_t$  = Konsentrasi kesadahan akhir (mg/L)

Setelah mendapatkan hasil uji tersebut, juga dilakukan uji pengukuran SEM pada bioadsorban kulit singkong yang telah dikontakkan. Uji SEM dilakukan dengan mengambil 2 sampel untuk perwakilan pengujian.

## 2. Analisis Statistik

Data yang telah diperoleh dari analisis tersebut kemudian diolah menggunakan Microsoft Excel yang nantinya dapat dipaparkan dalam bentuk tabel dan grafik. Hasil efisiensi penurunan kadar  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  selanjutnya dibentuk grafik hubungan antara penambahan konsentrasi pada adsorben terhadap penurunan zat tersebut, dan waktu kontak. Setelah itu, dilakukan analisis untuk menghitung isoterm Freundlich dan Langmuir. Adsorpsi metode Freundlich menurut (Sawyer, C.N; McCarty, 1978), dijelaskan menggunakan persamaan berikut ini :

$$q = KC^{1/n}$$

Atau

$$\log q = \log K + \frac{1}{n} \log C$$

Keterangan :

$q$  = Konsentrasi terserap (mg/g)

$K$  = Ukuran kapasitas adsorben (mg/g)

$C$  = Konsentrasi air dari adsorbat (mg/L)

$n$  = Ukuran afinitas adsorbat terhadap adsorben dengan perubahan densitas adsorpsi.

Perhitungan yang kedua yaitu menggunakan metode adsorpsi langmuir. Berikut rumus perhitungannya menurut (Sawyer, C.N; McCarty, 1978):

$$q = q_m \frac{K_{ads}C}{1+K_{ads}C}$$

Atau

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m K_{ads}} \left( \frac{1}{C} \right) + \frac{1}{q_m}$$

Keterangan

q = Konsentrasi terserap (mg/g)

q<sub>m</sub> = Kapasitas maksimum dari adsorben untuk adsorbat  
(mg/g)

C = Konsentrasi air dari adsorbat (mg/L)

K<sub>ads</sub> = Ukuran afinitas adsorbat terhadap adsorben



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses adsorpsi sangat dipengaruhi oleh adanya *treatment* awal pada bioadsorben yang dikontakkan. Ada beberapa tahap untuk menjadikan kulit singkong sebagai bioadsorben.

#### 4.1 Preparasi Kulit Singkong

Singkong merupakan sebuah tanaman yang tumbuh dan sangat populer bagi masyarakat Indonesia sebagai tanaman pangan. Singkong memiliki berbagai jenis. Pada penelitian kali ini, singkong didapatkan dari sebuah industri pengolah keripik singkong yang berada di salah satu Desa di Kabupaten Magetan. Singkong yang digunakan pada industri ini adalah jenis singkong mentega. Berdasarkan hasil observasi, singkong jenis mentega ini memiliki ciri fisik seperti daging yang memiliki warna cenderung kuning, tekstur legit, empuk dan kenyal. Namun, industri ini hanya mengolah daging dari singkong saja, sehingga menghasilkan limbah dari kulit singkong tersebut. Industri keripik ini memiliki sebuah masalah karena belum bisa memanfaatkan limbahnya dengan maksimal. Limbah yang dihasilkan biasanya hanya dimanfaatkan untuk pakan ternak warga sekitar dan sisanya hanya dibuang dan menumpuk di pinggir industri. Sehingga, untuk memanfaatkan limbah tersebut, dilakukan sebuah penelitian untuk memanfaatkannya sebagai bioadsorben.

Kulit singkong yang dimanfaatkan pada penelitian kali ini adalah bagian kulit yang berwarna putih atau yang biasa disebut kulit ari. Sebelum dilakukan proses pembuatan bioadsorben, terlebih dahulu dilakukan *pretreatment* untuk mengolahnya. Kulit singkong terlebih dahulu dibersihkan dari kotoran tanah yang menempel, dan dipisahkan antara kulit ari yang berwarna coklat dengan kulit yang berwarna putih. Cara pemisahan kulit tersebut agar mudah yaitu dengan melakukan pencucian dan

perendaman. Kulit singkong dicuci hingga bersih sehingga terpisah dari kotoran maupun kulit arinya.



**Gambar 4.1** Proses Pencucian Kulit Singkong

Setelah dilakukan pencucian, tahap selanjutnya adalah proses dehidrasi atau tahap pengeringan. Kulit singkong yang telah bersih, kemudian dijemur di bawah sinar matahari selama 2 hari sampai kulit tersebut menjadi kering (Deviyanti dkk., 2014). Hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang terkandung di dalamnya, sehingga dapat mengurangi lamanya waktu pengovenan yang nantinya akan dilakukan. Berikut dokumentasi proses dari pengeringan kulit singkong.



**Gambar 4.2** Pengeringan Kulit Singkong

Kulit singkong yang telah dikeringkan akan mengalami perubahan fisik yaitu kondisi berat lebih ringan dan warna berubah menjadi coklat. Hal ini akibat proses penjemuran selama dua hari menyebabkan lepasnya kandungan air yang terdapat di dalamnya. Berikut merupakan tahapan preparasi dari kulit singkong sebelum dijadikan sebagai bioadsorben

**Tabel 4.1** Preparasi Kulit Singkong

No.	Perlakuan	Keterangan
1.		<p>Menyiapkan kulit singkong yang sudah dikeringkan untuk dilakukan proses penghalusan. Kulit singkong yang sudah melalui tahap penjemuran akan memiliki ciri fisik seperti tekstur keras, berwarna coklat, dan mudah patah.</p>
2.		<p>Kulit singkong kemudian dihaluskan menggunakan blender. Proses penghalusan ini berfungsi untuk memperkecil permukaan sehingga pada saat pengovenan dapat kering secara menyeluruh.</p>
3.		<p>Melakukan penimbangan kulit singkong sebelum dioven untuk mengetahui berat awal. Hal ini bertujuan untuk perhitungan pengurangan kandungan air pada kulit singkong. Hasil yang didapat :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 80,0958 gr</li> <li>2. 113,7182 gr</li> </ol>

No.	Perlakuan	Keterangan
4.		<p>Kulit singkong dioven selama 3 jam dengan suhu 105°C. Hal ini bertujuan untuk mengurangi kadar air yang masih terkandung di dalamnya, sehingga dapat berkurang secara maksimal. Semakin kadar air yang terkandung rendah, maka semakin banyak juga tempat di dalam pori yang dapat terisi/ditempati oleh adsorbat. Sehingga proses adsorpsi yang sedang berlangsung dapat berjalan secara optimal (Imawati, 2015).</p>
4.		<p>Kulit singkong yang telah keluar dari oven, kemudian dilakukan penimbangan untuk mengetahui berat akhir dari kulit singkong tersebut. Hasil didapatkan :</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. 71,1866 gr</li> <li>2. 103,1799 gr</li> </ol>
5.		<p>Mengayak serbuk kulit singkong menggunakan ayakan berukuran 100 mesh. Berdasarkan penelitian Laos &amp; Selan (2016) bioadsorben ukuran 100 mesh mampu meningkatkan daya serap, karena semakin kecil porinya daya serap akan semakin meningkat.</p>

Sumber : Hasil Analisis, 2023

### a. Kandungan Air

Pada proses pembuatan bioadsorben, tahap pertama adalah menghitung kandungan air. Setelah kulit singkong dijemur selama dua hari, kemudian dihaluskan dan dioven untuk menghilangkan kandungan air yang masih tersisa di dalamnya. Kulit singkong ditimbang terlebih dahulu menggunakan cawan petri dan neraca analitik kemudian dioven dengan suhu 105°C selama 3 jam. Setelah proses oven selesai, dilakukan pendinginan menggunakan desikator selama 15 menit, kemudian ditimbang. Hasil penimbangan yang didapatkan yaitu berat kulit singkong sebelum dioven sebesar 80,0958 gram dan 113,7182 gram. Kemudian, berat setelah dioven 71,1866 gram dan 103,1799 gram. Dari proses tersebut dapat dihitung kadar air yang terkandung di dalamnya dengan cara :

$$\begin{aligned}\text{Kadar air (\%)} &= \frac{a-b}{a} \times 100\% \\ &= \frac{80,0958-71,1866}{80,0958} \times 100\% \\ &= 11,12\%\end{aligned}$$

Dengan cara yang sama seperti di atas dapat dilakukan perhitungan untuk cawan yang kedua. Dari proses tersebut dapat diketahui kadar air yang terlepas dari proses pengovenan yaitu sebesar 11,12% dan 9,27%. Perbedaan hasil ini dapat dipengaruhi faktor lingkungan dimana pada saat proses penjemuran terdapat ketidak stabilan intensitas cahaya matahari. Hal ini berdampak pada tidak maksimalnya kadar air yang terlepas dari kulit singkong tersebut. Rangkuman hasil perhitungan kadar air dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 4.2** Pengukuran Kadar Air

Percobaan	Berat cawan kosong (g)	Berat sebelum oven (g)	Berat setelah oven (g)	Kadar air (%)
1	99,0581	80,0958	71,1866	11,2
2	100,5233	113,7182	103,1799	9,27

*Sumber : Hasil Analisa, 2023*

Kadar air yang terkandung sesuai persyaratan menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3703-1995 yaitu maksimum 15%.

#### **b. Proses Aktivasi**

Fungsi aktivasi merupakan untuk membuka pori-pori adsorben yang tertutup antar hidrokarbon dan zat-zat organik lainnya sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi dan melepas zat yang menyumbat pori-pori adsorben sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih optimal (Ismiyati, 2020).

Pada penelitian ini proses aktivasi menggunakan aktivator NaOH 2%. Menurut penelitian Situmorang dan Farma (2013), persentase daya serap adsorben terhadap ion menggunakan aktivator NaOH lebih besar sebesar 58,38% dibandingkan dengan menggunakan aktivator KOH sebesar 56,43%. Hal ini dikarenakan adsorben dengan aktivator KOH makropori terlihat sedikit pada perbesaran 500x dan 1000x, sedangkan pada adsorben yang diaktivasi dengan NaOH pada perbesaran 500x dan 1000x makropori terlihat lebih banyak. Pada adsorben dengan aktivator KOH, adsorben belum terdekomposisi sempurna sehingga bahan dasar adsorben terikat satu sama lain yang menyebabkan morfologi permukaan adsorben membentuk rongga pori yang sedikit. Aktivasi dengan larutan NaOH bertujuan agar terjadi delignifikasi pada adsorben. Fungsi delignifikasi yaitu untuk melarutkan senyawa-senyawa seperti lignin yang dapat menghambat proses adsorpsi. Hal ini terjadi karena keberadaan lignin akan menghalangi proses transfer ion ke sisi aktif adsorben. Larutan NaOH akan memecah selulosa dan lignin (Utomo, 2014). Ion OH<sup>-</sup> dari NaOH akan memutus ikatan-ikatan struktur dasar lignin sehingga lignin mudah larut. Lignin yang terlarut ditandai dengan warna hitam pada larutan yang disebut dengan lindi hitam (Harni dkk, 2015).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zaini dan Sami (2017) menyatakan bahwa adsorben yang diaktivasi dengan larutan NaOH daya serapnya jauh lebih baik dibandingkan dengan yang diaktivasi secara fisik dan dengan asam sulfat. Daya serap larutan NaOH 1 N sebesar 96,57%. Untuk mengetahui berapa gram NaOH yang dibutuhkan, dapat diketahui



dengan cara melakukan perhitungan. Berikut ini cara membuat larutan NaOH 2% dalam 500 ml dengan kemurnian 100% (Femanditya, 2019).

Diketahui :

Volume larutan = 500 mL = 0,5 L

Konsentrasi NaOH = 2% = 0,02

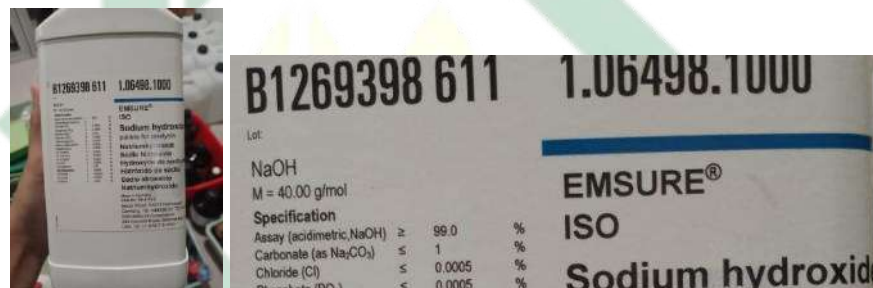
Jika x merupakan gr NaOH, maka :

$$500 \text{ mL} = \frac{x}{0,02}$$

$$x = 500 \times 0,02$$

$$x = 10 \text{ gr}$$

Pada penelitian menggunakan Kristal NaOH dengan kemurnian 99,0%. Berikut jenis Kristal NaOH yang digunakan :




**Gambar 4.3** Konsentrasi Kristal NaOH yang Digunakan

*Sumber : (Dokumentasi Pribadi, 2023)*

Jadi untuk membuat larutan NaOH dengan konsentrasi 2% membutuhkan kristal NaOH sebanyak 10 gr yang kemudian dilarutkan dalam aquades sebanyak 500 ml. untuk lebih jelas mengenai langkah-langkah proses aktivasi dapat dilihat pada tabel berikut :

**Tabel 4.3** Proses Aktivasi Kulit Singkong

No	Perlakuan	Keterangan
1.		<p>Menimbang NaOH sebanyak 10 gr menggunakan neraca analitik, kemudian diletakkan pada erlenmeyer yang berisi aquades sebanyak 500 ml. Kemudian NaOH dihomogenkan dengan aquades tersebut. Pada saat pelarutan kristal NaOH dengan aquades terjadi reaksi eksoterm. Proses ini menyebabkan larutan berwarna putih keruh dan menghasilkan panas selama beberapa menit. Setelah reaksi selesai larutan berubah menjadi bening dan tidak berwarna.</p>
2.		<p>Mencampurkan bubuk kulit singkong ke dalam larutan NaOH yang sudah dibuat. Campuran diaduk hingga kulit singkong menyatu dan larut dengan merata. Sehingga tidak ada gumpalan yang dapat menyebabkan tidak maksimalnya aktivasi tersebut.</p>
3.		<p>Larutan didiamkan selama 60 menit. Pada proses aktivasi ini, serbuk kulit singkong yang telah dikontakkan dengan larutan NaOH akan berubah warna menjadi gelap. Setelah didiamkan selama 60 menit, kemudian disaring untuk memisahkan antara kulit singkong dan air larutan NaOH.</p>

No	Perlakuan	Keterangan
4.		Setelah disaring, serbuk kulit singkong yang telah diaktivasi dicuci hingga bersih. Kemudian dimasukkan ke dalam oven selama 24 jam dengan suhu 105°C. hal ini bertujuan untuk menghilangkan kadar air yang berlebih setelah melalui tahap aktivasi.

Sumber : Hasil Analisis, 2023

Proses aktivasi ini tergolong dalam aktivasi kimia dimana secara umum proses aktivasi kimia dengan menggunakan bahan kimia untuk memutuskan rantai karbon dari senyawa organik (Tanasela, 2014). Berikut perbedaan warna pada bioadsorben yang telah diaktivasi dan belum teraktivasi



**Gambar 4.4** Perbedaan Warna Kulit Singkong Setelah Aktivasi dan Belum Aktivasi

## 4.2 Pembuatan Air Sampel Artifisial

Pada penelitian yang dilakukan, digunakan sampel air artifisial sebagai pengganti dari sampel air sumur yang mengandung kesadahan tinggi. Air artifisial merupakan air buatan yang dibuat dengan menambahkan senyawa tertentu dengan aquades. Pada pembuatan air yang mengandung kesadahan, dilakukan dengan membuat masing-masing parameter memiliki konsentrasi sebesar 1000 mg/L. air yang mengandung  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dibuat berdasarkan perhitungan di bawah ini :

- a. Pembuatan  $\text{Ca}^{2+}$  dengan konsentrasi 1000 Mg/L

Pembuatan larutan  $\text{Ca}^{2+}$  1000 Mg/L dengan bubuk  $\text{CaCO}_3$  dengan menghitung larutan induk terlebih dahulu. Berdasarkan Ismiyati (2020), kemurnian Ca dalam  $\text{CaCO}_3$  sebesar 99%, sehingga perhitungan larutan dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Ar Ca} &= 40 \\ \text{Mr CaCO}_3 &= 100 \\ \text{Kemurnian} &= 99\% \end{aligned}$$

Mencari molaritas larutan apabila Ca 1000 mg/l, 1000 ml

$$\begin{aligned} M &= \frac{n}{v}; n = \frac{gr}{Ar} \\ M &= \frac{gr}{v \cdot Ar Ca} \\ M &= \frac{1 gr}{1 l \cdot 40} \\ &= 0,025 M \end{aligned}$$

Membuat larutan Ca 1000 mg/l, dalam air 1000 ml dengan molaritasnya 0,025 M, 1000 ml

$$\begin{aligned} M &= \frac{gr}{Mr CaCO_3} \times \frac{1000}{ml} \\ 0,025 &= \frac{gr}{100} \times \frac{1000}{1000 ml} \\ gr &= \frac{0,025 \times 100}{1} \\ &= 2,5 gr \end{aligned}$$



**Gambar 4.5** Bubuk CaCO<sub>3</sub> yang Digunakan

*Sumber : Hasil Analisis, 2023*

Dari hasil perhitungan di atas, sehingga dapat disimpulkan bahwa pembuatan air dengan konsentrasi Ca<sup>2+</sup> dengan air 1000 ml dibutuhkan bubuk CaCO<sub>3</sub> sebanyak 2500 mg atau setara dengan 2,5 gram.

b. Mg<sup>2+</sup> 1000 Mg/L

Penelitian ini menggunakan bubuk Mg yang berkonsentrasi 98,5%. Untuk mengetahui berapa bubuk Mg yang dibutuhkan pada penelitian ini dapat menggunakan cara sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 1000 \text{ mg/L} &= \frac{x \text{ (mg/L)}}{1 \text{ L}} \\
 1000 \text{ mg/L} \times 1 \text{ L} &= x \\
 x &= 1000 \text{ mg} \\
 &= 1 \text{ gram}
 \end{aligned}$$

Sehingga dapat disimpulkan bahwa dengan air 1 L dibutuhkan bubuk Mg sebanyak 1000 mg atau 1 gram. Berikut bubuk Mg yang digunakan pada penelitian ini

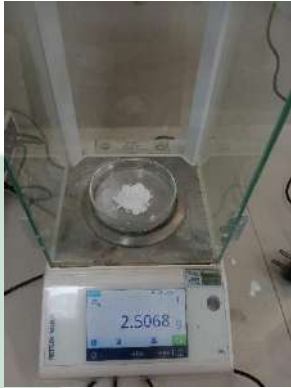






**Gambar 4.6** Bubuk Mg yang digunakan

*Sumber : (Dokumentasi Pribadi 2023)*

Untuk lebih lanjut, tahap pembuatan air artifisial dapat dilihat pada tabel 4.4 berikut

**Tabel 4.4** Pembuatan Air Artifisial

No	Perlakuan	Keterangan
Air Artifisial Ca <sup>2+</sup>		
1.		Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan, kemudian ditimbang bubuk CaCO <sub>3</sub> sebanyak 2,5 gram. Bubuk ditimbang menggunakan neraca analitik. Karakteristik dari bubuk CaCO <sub>3</sub> adalah berwarna putih seperti serbuk tepung dan halus.
2.	 	Menyiapkan aquades sebanyak 1000 ml. Bubuk Ca yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi aquades dan diaduk hingga larutan homogen. Larutan yang terbentuk berwarna putih keruh. Aroma yang ditimbulkan juga tidak menyengat, sehingga dapat dikatakan tidak ada aroma khusus yang ditimbulkan oleh larutan ini.

No	Perlakuan	Keterangan
Air Artifisial Mg <sup>2+</sup>		
1.		Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan, kemudian ditimbang bubuk Mg sebanyak 1 gram. Bubuk ditimbang menggunakan neraca analitik.
2.		Menyiapkan aquades sebanyak 1000 ml. Bubuk Mg yang sudah ditimbang dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi aquades dan diaduk hingga larutan homogen. Larutan yang terbentuk berwarna putih jernih dan terdapat bubuk Mg yang masih terlihat menyebar di air.

Sumber : Hasil Analisa, 2023

#### 4.3 Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Kontak dalam Adsorpsi Kandungan Total Kesadahan

Penelitian ini menggunakan variasi massa bioadsorben dan variasi waktu kontak dalam proses ujinya. Pada air sampel artifisial yang mengandung Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dilakukan proses sistem *Batch* dan didapatkan hasil untuk konsentrasi air sebelum dan sesudah dikontakkan. Variasi massa adsorben yang digunakan yaitu 10 gr, 15 gr, dan 20 gr. Sedangkan untuk

variasi waktu kontak yaitu 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Proses penelitian dilakukan uji secara duplo agar mendapatkan hasil yang sesuai dan valid. Hasil dari proses running dilakukan uji konsentrasi menggunakan sistem titrasi berdasarkan SNI 06-6989.12-2004.

Berikut data hasil konsentrasi ion Kalsium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) setelah perlakuan dengan variasi massa bioadsorben Kulit singkong dan variasi waktu kontak dapat dilihat pada rangkuman tabel di bawah :

**Tabel 4.5** Konsentrasi Total Kesadahan dalam Sampel Setelah Adsorpsi

Sampel	Konsentrasi Ion (mg/L)		
	t1	t2	t3
Konsentrasi Ion $\text{Ca}^{2+}$			
C0	864	864	864
C1	354	304	289
C2	328	270	240
C3	311	244	240
Konsentrasi Ion $\text{Mg}^{2+}$			
C0	1000	1000	1000
C1	409	397	400
C2	399	365	355
C3	311	264	270

Sumber : Hasil Analisa, 2023

Keterangan :

- C0 = Konsentrasi awal ion kandungan sampel
- C1 = Konsentrasi awal bioadsorben massa 10 gr
- C2 = Konsentrasi awal bioadsorben massa 15 gr
- C3 = Konsentrasi awal bioadsorben massa 20 gr
- t1 = Waktu kontak selama 30 menit
- t2 = Waktu kontak selama 60 menit
- t3 = Waktu kontak selama 90 menit



Uji kualitas air ini dilakukan di Laboratorium Pengolahan Air UIN Sunan Ampel Surabaya Kampus 2 Gn. Anyar. Hasil dari pengujian kualitas air artifisial didapatkan sebesar  $\text{Ca}^{2+}$  864 mg/L dan  $\text{Mg}^{2+}$  1000 mg/L. Dengan hasil tersebut, maka dapat diketahui bahwa kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  dalam sampel telah melebihi batas yang dibutuhkan oleh tubuh manusia. Menurut WHO, 2022 nilai ambang batas ion Calcium terletak pada nilai 100 – 300 mg/l, sedangkan magnesium memiliki nilai <300 mg/L. Hasil dari pengujian tersebut dijadikan data awal yaitu C0 (Konsentrasi Awal) atau dapat juga disebut sampel sebelum perlakuan. Namun, berdasarkan perhitungan pembuatan sampel air artifisial yang dapat diketahui bahwa terdapat perbedaan konsentrasi. Konsentrasi yang diinginkan untuk kandungan Calcium adalah 1000 mg/L akan tetapi hasil akhir setelah dilakukan pengujian kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  hanya berkisar menjadi 860 mg/L. Hal ini dikarenakan terjadi perbedaan antara perhitungan secara teori dengan pembacaan sebenarnya. Permasalahan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah terjadinya kesalahan pada saat pengenceran atau human error sehingga memungkinkan hasilnya tidak sesuai dengan perhitungan (Maghfirana, 2019). Kesalahan pengenceran terjadi akibat adanya ketidaksesuaian persentase konsentrasi kandungan Ca pada bubuk  $\text{CaCO}_3$ . Untuk analisa kedua, digunakan persentase kemurnian  $\text{CaCO}_3$  sebesar 96%. Sehingga didapatkan hasil sebagai berikut :

Diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Ar Ca} &= 40 \\ \text{Mr CaCO}_3 &= 100 \\ \text{Kemurnian} &= 96\% \end{aligned}$$

$$M = 0,025 \text{ M}$$

Membuat larutan Ca 1000 mg/l, dalam air 1000 ml dengan molaritasnya 0,025 M, 1000 ml

$$\begin{aligned} M &= \frac{gr}{Mr \text{ CaCO}_3} \times \frac{1000}{ml} \\ 0,025 &= \frac{gr}{100} \times \frac{1000}{1000 \text{ ml}} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{gr} &= \frac{0,025 \times 100}{1} \\ &= 2,5 \text{ gr} \end{aligned}$$

CaCO<sub>3</sub> dilakukan penimbangan untuk melihat tingkat kemurniannya.

$$\begin{aligned} \text{CaCO}_3 &= \frac{2,5 \text{ gr}}{96 \%} \\ &= 3 \text{ gram.} \end{aligned}$$

namun untuk konsentrasi Mg<sup>2+</sup> sudah tepat berada di 1000 mg/L. Hal ini dikarenakan terjadi perbedaan antara perhitungan secara teori dengan pembacaan sebenarnya. Permasalahan ini dapat disebabkan oleh beberapa faktor salah satunya adalah terjadinya kesalahan pada saat pengenceran atau human error sehingga memungkinkan hasilnya tidak sesuai dengan perhitungan (Maghfirana, 2019).



**Gambar 4.7** Proses uji kualitas Air Setelah Kontak dengan Bioadsorben

Pada penelitian ini, pengujian sampel air artifisial dilakukan setelah melalui kontak dengan bioadsorben dan dengan variasi massa dan waktu kontak. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kadar kandungan Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> dalam sampel air artifisial. Dari hasil pengukuran kandungan

kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  tersebut didapatkan hasil bahwa menurunnya kadar yang terkandung dan dapat sesuai dengan ketentuan WHO (2022) dimana nilai ambang batas ion Calcium terletak pada nilai 100 – 300 mg/l, sedangkan magnesium memiliki nilai <300 mg/L. Sebelum dilakukannya perlakuan, sampel air artifisial mengandung mengandung kadar  $\text{Ca}^{2+}$  864 mg/L dan  $\text{Mg}^{2+}$  sebesar 1000 mg/L. Setelah dilakukan perlakuan sesuai variasi massa dan waktu kontak, didapatkan hasil untuk persen penurunan kandungan kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ . Uji perlakuan dilakukan secara duplo, sehingga didapatkan konsentrasi akhir adalah rata-rata dari kedua percobaan tersebut. Perhitungan persentase penurunan kadar dapat dilakukan dengan rumus berikut :

$$\begin{aligned}
 \% \text{ penurunan Kesadahan } (\text{Ca}^{2+}) &= \frac{CO-Ct}{CO} \times 100\% \\
 &= \frac{864-354}{864} \times 100\% \\
 &= 59,0\% \\
 \% \text{ penurunan Kesadahan } (\text{Mg}^{2+}) &= \frac{CO-Ct}{CO} \times 100\% \\
 &= \frac{1000-409}{1000} \times 100\% \\
 &= 59,1\%
 \end{aligned}$$

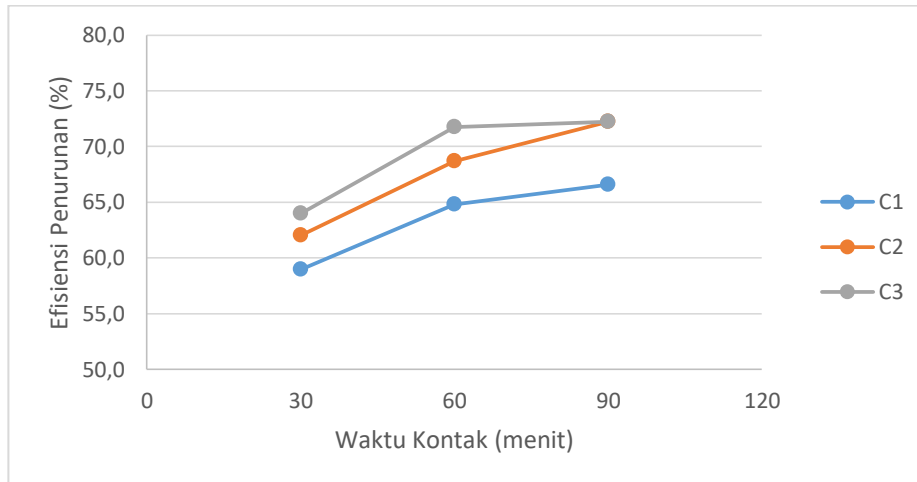
Berdasarkan perhitungan di atas, akan didapatkan hasil efisiensi penurunan untuk masing-masing parameter kesadahan. Sehingga dengan rumus yang sama hasil efisiensi penurunannya dapat dilihat pada rangkuman tabel berikut. Untuk efisiensi penurunan terbesar didapatkan pada variasi massa adsorben 20 gram dengan waktu kontak selama 90 menit.

**Tabel 4.6** Efisiensi Penurunan Kadar  $\text{Ca}^{2+}$  dalam air sampel artifisial

No	Massa Adsorben (gr)	Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir rata-rata (mg/L)	% penurunan
1	10	30	864	354	59.0
	15			328	62.0
	20			311	64.0
2	10	60	864	304	64.8
	15			270	68.7
	20			244	71.8
3	10	90	864	289	66.6
	15			240	72.2
	20			240	72.2

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Pada percobaan dilakukan dua kali uji coba (duplo). Hal ini bertujuan agar hasil data yang didapat valid dan memperkecil resiko kesalahan. Berdasarkan tabel 4.6, dapat ditarik kesimpulan bahwa efisiensi bioadsorben limbah kulit singkong pada kandungan  $\text{Ca}^{2+}$  dapat dipengaruhi oleh faktor massa bioadsorben dan waktu kontak. Dimana massa bioadsorben 10 gr dengan variasi waktu kontak 30 menit dapat menghasilkan efisiensi penurunan sebesar 59.0%, waktu kontak 60 menit 64,8%, dan waktu kontak 90 menit 66,6%. Sedangkan untuk massa bioadsorben 15 gram menghasilkan efisiensi penurunan dengan variasi waktu kontak 30 menit 62,0%, waktu kontak 60 menit 68,7%, waktu kontak 90 menit 72,2%. Dan untuk variasi massa bioadsorben 20 gram terjadi efisiensi penurunan pada waktu kontak 30 menit sebesar 64,0%, variasi 60 menit sebesar 71,8%, dan waktu kontak 90 menit sebesar 72.2%. Setelah mendapatkan hasil efisiensi persentase penurunannya, dilakukan pembuatan grafik menggunakan excel. Grafik efisiensi adsorpsi  $\text{Ca}^{2+}$  dengan bioadsorben disajikan pada gambar 4.5 berikut.



**Gambar 4.8** Grafik Penurunan Kandungan  $\text{Ca}^{2+}$

Untuk pengujian  $\text{Mg}^{2+}$  juga dilakukan secara duplo. Hasil yang didapatkan dapat ditarik kesimpulan bahwa efisiensi bioadsorben limbah kulit singkong pada kandungan  $\text{Mg}^{2+}$  dapat dipengaruhi oleh faktor massa bioadsorben dan waktu kontak. Berikut tabel hasil kesimpulan persen efisiensi penurunan kadar  $\text{Mg}^{2+}$ .

**Tabel 4.7** Efisiensi Penurunan Kadar  $\text{Mg}^{2+}$

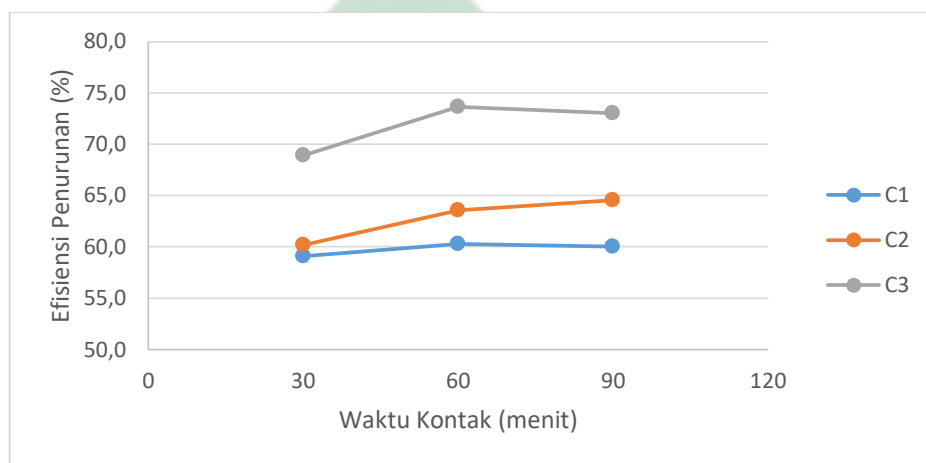
No	Massa Adsorben (gr)	Waktu Kontak (menit)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir rata-rata (mg/L)	% penurunan
1	10	30	1000	409	59.1
	15			399	60.1
	20			311	68.9
2	10	60	1000	397	60.3
	15			365	63.6
	20			264	73.6
3	10	90	1000	400	60.0
	15			355	64.5
	20			270	73.0

Sumber : (Hasil Perhitungan, 2023)

Berdasarkan tabel 4.7 di atas, dapat diuraikan dimana massa bioadsorben 10 gr dengan variasi waktu kontak 30 menit dapat menghasilkan efisiensi penurunan sebesar 59.1%, waktu kontak 60 menit 60,3%, dan waktu kontak 90 menit 60,0%. Sedangkan untuk massa bioadsorben 15 gram menghasilkan efisiensi penurunan dengan variasi

waktu kontak 30 menit 60,1%, waktu kontak 60 menit 63,6%, waktu kontak 90 menit 64,5%. Dan untuk variasi massa bioadsorben 20 gram terjadi efisiensi penurunan pada waktu kontak 30 menit sebesar 68,9%, variasi 60 menit sebesar 73,6%, dan waktu kontak 90 menit sebesar 73,0%.

Hasil yang telah didapatkan tersebut, kemudian diinput pada microsoft excel untuk mendapatkan grafik persentase penurunannya. Grafik persentase penurunan  $Mg^{2+}$  lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar 4.6 berikut



**Gambar 4.9** Grafik Penurunan Kandungan  $Mg^{2+}$

Dari hasil persentase penurunan tersebut, dapat ditarik rata-rata untuk kesimpulannya. Untuk persentase penurunan kandungan  $Ca^{2+}$  rata-rata dapat menurunkan sebanyak 50% - 70%, sedangkan untuk persentase penurunan kandungan  $Mg^{2+}$  rata-rata sebesar 59% - 73%. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmanita (2015) menyatakan bahwa semakin besar massa adsorben yang diberikan, maka semakin tinggi pula tingkat penyerapannya.

Kemampuan persentase (%) removal terbaik adsorben untuk menyerap ion  $Ca^{2+}$  pada penambahan massa bioadsorben sebanyak 20 gr dengan waktu kontak 90 menit yaitu 72.2 %. Dan pada penelitian kali ini massa bioadsorben optimum didapatkan sebesar 20 gr, karena massa dengan jumlah ini memiliki tingkat penyerapan paling baik. Untuk massa optimum dari penurunan  $Mg^{2+}$  didapatkan juga sebesar 20 gr. Hal ini dianggap

sebagai massa optimum untuk ion  $Mg^{2+}$ . Persentase removal untuk penurunan yang terjadi yaitu sebesar 73.6%, dengan waktu kontak yaitu 15 menit.

Waktu kontak yang digunakan pada penelitian yaitu dengan variasi 3 macam. Lamanya waktu kontak yang digunakan sebesar 30 menit, 60 menit, dan 90 menit. Pada penelitian ini persentase terbaik yang terjadi pada  $Ca^{2+}$  yaitu 90 menit, sehingga dapat disimpulkan untuk waktu optimum terjadi pada menit ke 90. Hal ini sejalan dengan Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Azkafaza (2018) dimana semakin lama waktu kontak, maka semakin besar pula kemampuannya dalam mengadsorpsi sebuah larutan yang mengandung ion dalam air. Untuk persentase penurunan  $Mg^{2+}$  yang terbaik pada waktu kontak 60 menit, Hal ini dikarenakan ada saatnya waktu kontak jenuh atau sebuah bioadsorben akan mengalami penurunan dalam persentase removal (Azkafaza, 2018). Pada awalnya, adsorpsi ion pada  $Mg^{2+}$  meningkat pesat seiring berjalan dan bertambahnya waktu. Peningkatan cepat yang diamati dalam kapasitas adsorpsi dalam 30 menit dan 60 menit ini disebabkan oleh cukup tersedianya situs adsorpsi. Setelah 90 menit, karena berkurangnya situs aktif yang tersedia, adsorpsi kompetitif dimulai.

Selain itu, ada beberapa faktor yang mempengaruhi proses kinerja adsorpsi, yaitu akibat adanya proses Chanelling. Chanelling merupakan adanya gelembung-gelembung udara yang terjebak di antara bioadsorben yang menyebabkan beberapa bagian dari bioadsorben tidak berkontak langsung dengan air. Sehingga, penyerapan yang seharusnya terjadi pada sisi tersebut akan mengalami kekosongan. Hal ini akan berdampak pada penurunan penyerapan ion oleh bioadsorben yang berkurang secara signifikan.

#### **4.4 Model Isoterm Adsorpsi**

Proses adsorpsi dari adsorbat ke adsorben selalu kompleks dalam lingkungan larutan. Studi kinetika adsorpsi dan analisis isoterm adsorpsi

digunakan untuk mencerminkan mekanisme adsorpsi, yang dapat memberikan informasi berharga, Isoterm adsorpsi menjelaskan hubungan kesetimbangan antara jumlah adsorbat dengan konsentrasi dalam fase larutan dan konsentrasi di dalam partikel adsorben pada suhu tertentu. Isoterm adsorpsi bertujuan untuk mengetahui pola penyerapan dari adsorben yang digunakan selain itu dapat juga digunakan untuk menentukan kapasitas penyerapan maksimum (Adam, dkk., 2013). Pada penelitian ini ada dua model isoterm yang digunakan yaitu isoterm Langmuir dan isoterm Freundlich. Tujuan menggunakan isoterm Freundlich dan Langmuir adalah untuk mendapatkan persamaan kesetimbangan yang dapat digunakan untuk mengetahui seberapa besar massa adsorbat yang dapat diadsorpsi oleh adsorben. Isoterm Freundlich digunakan dengan asumsi bahwa lapisan multilayer yang ikatan antara adsorben dengan adsorbatnya terjadi karena gaya Van der Waals sehingga ikatannya tidak terlalu kuat, sedangkan isoterm Langmuir digunakan dengan asumsi bahwa lapisan yang terbentuk adalah lapisan monolayer yang ikatan adsorben dengan adsorbatnya cukup kuat karena terbentuknya suatu ikatan kimia (Abdullah dkk, 2015). Untuk mengetahui persamaan isoterm yang akan digunakan dalam penentuan kapasitas adsorpsi adsorben terhadap besi (Fe), maka dilakukan perhitungan dan pengeplotan data dengan masing-masing persamaan isoterm. Kemudian dibandingkan semua nilai regresi ( $R^2$ ) yang didapatkan dari kedua persamaan Langmuir dan Freundlich. Kemudian akan dipilih persamaan yang menghasilkan garis regresi paling linear dengan konstanta regresi linear ( $R^2$ ) yang terbesar.

#### 4.4.1 Model Isoterm Langmuir

Model isoterm Langmuir merupakan salah satu model isoterm yang dapat menjadikan adsorpsi dengan satu lapisan. Atau hal ini juga dapat disebut dengan isoterm monolayer. Berdasarkan nilai yang telah didapatkan yaitu konsentrasi air dengan kesadiahannya kemudian diplotkan pada grafik. Untuk hasil perhitungan dari penelitian ini disajikan pada tabel berikut :

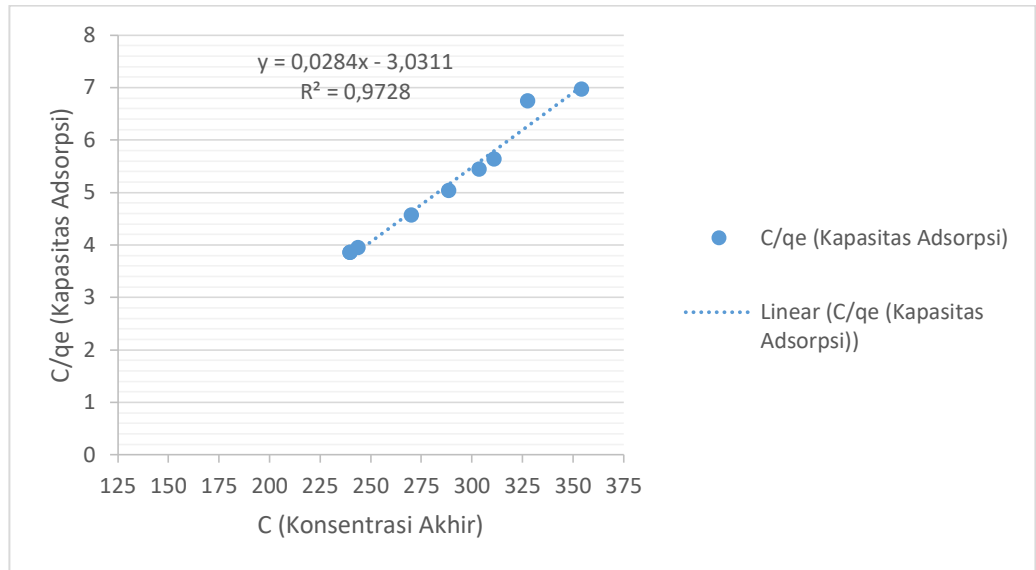


**Tabel 4.8** Hasil Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Kontak Bioadsorben Berdasarkan Model Isoterm Langmuir

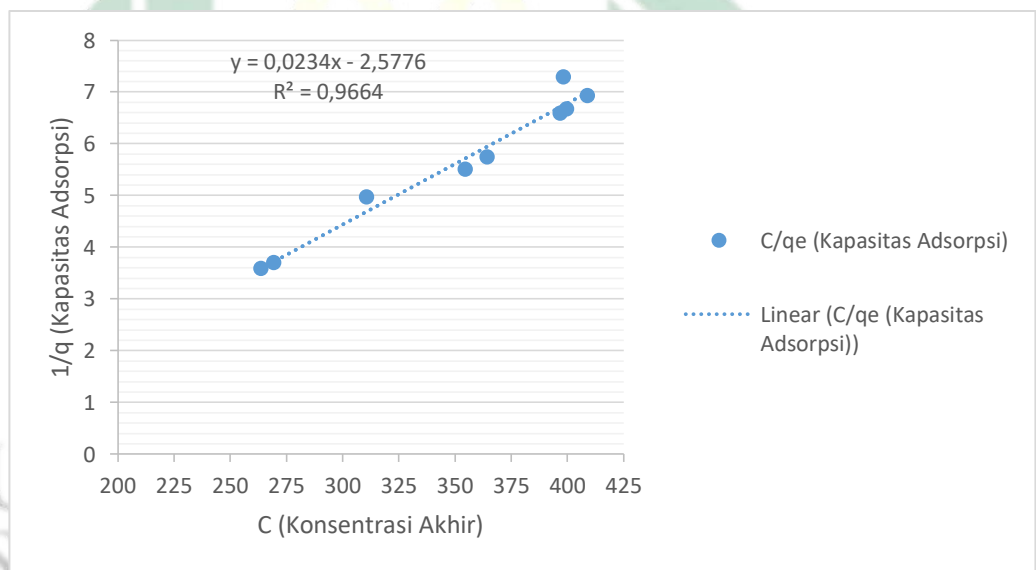
Sampel	C <sub>0</sub> (mg/L)	C (mg/L)	C <sub>0</sub> -C (mg/L)	q <sub>e</sub> (mg/g)	C/q <sub>e</sub> (g/L)
Bioadsorben penurunan Kadar Ca <sup>2+</sup>					
Axt1	864	354	509.6	50.96	7
Axt2	864	328	536	48.73	7
Axt3	864	311	552.8	55.28	6
Bxt1	864	304	560	56.00	5
Bxt2	864	270	593.6	59.36	5
Bxt3	864	244	620	62.00	4
Cxt1	864	289	575.2	57.52	5
Cxt2	864	240	624	62.40	4
Cxt3	864	240	624	62.40	4
Bioadsorben penurunan Kadar Mg <sup>2+</sup>					
Ayt1	1000	409	590.788	59.08	7
Ayt2	1000	399	601.48	54.68	7
Ayt3	1000	311	688.96	62.63	5
Byt1	1000	397	602.938	60.29	7
Byt2	1000	365	635.5	63.55	6
Byt3	1000	264	736.102	73.61	4
Cyt1	1000	400	600.022	60.00	7
Cyt2	1000	355	645.22	64.52	5
Cyt3	1000	270	730.27	73.03	4

Sumber : Hasil Perhitungan, 2023

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilakukan plot dari hasil perhitungan isoterm langmuir dengan variasi massa dan waktu kontak bioadsorben. Dengan memplotkan nilai C/q<sub>e</sub> pada sumbu y dan C pada sumbu x, maka akan didapatkan nilai  $\frac{1}{q_m}$  sebagai *slope*, dan  $\frac{1}{q_m K_{ads}}$  sebagai nilai *intersep*. Grafik hasil plot isoterm Langmuir telah disajikan pada gambar berikut:



**Gambar 4.10** Isoterm Langmuir untuk Penyisihan Kandungan Ca<sup>2+</sup>



**Gambar 4.11** Isoterm Langmuir untuk Penyisihan Kandungan Mg<sup>2+</sup>

Berdasarkan grafik yang terbentuk di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa dari variasi massa dan waktu kontak bioadsorben terhadap penurunan Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup> memiliki nilai konstanta regresi linear masing-masing 0,9728 dan 0,9664. Dari nilai tersebut kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari konstanta adsorpsi Langmuir dan juga nilai dari konstanta kesetimbangan adsorpsi Langmuir.

Berikut perhitungan isoterm Langmuir untuk masing-masing penurunan total kesadahan :

a. Isoterm Langmuir Kandungan  $\text{Ca}^{2+}$

Diketahui =

Persamaan garis regresi :  $y = 0.0284x - 3.0311$

Nilai slope : 0.0284

Nilai intersep : -3.0311

Rumus persamaan Model isoterm Langmuir :

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m K_{ads}} \left( \frac{1}{C} \right) + \frac{1}{q_m}$$

Perhitungan :

1) Nilai Konstanta Adsorpsi

$$\frac{1}{q_m} = \text{nilai slope}$$

$$\frac{1}{q_m} = 0.0284$$

$$q_m = 35.21$$

2) Nilai Konstanta Keseimbangan Adsorpsi

$$\frac{1}{q_m K_{ads}} = \text{Nilai Intersep}$$

$$\frac{1}{q_m K_{ads}} = -3.0311$$

$$\frac{1}{35.21 K_{ads}} = -3.0311$$

$$1 = -3.0311 (35.21 K_{ads})$$

$$1 = -106.7250 - 3.0311 K_{ads}$$

$$107.7250 = -3.0311 K_{ads}$$

$$K_{ads} = -35.5399$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan nilai untuk konstanta adsorpsi isoterm Langmuir sebesar 35,21 dengan nilai keseimbangan adsorpsi yaitu -35.5399

b. Isoterm Langmuir Kandungan  $\text{Mg}^{2+}$

Diketahui =

Persamaan garis regresi :  $y = 0.0234x - 2.5776$

Nilai slope : 0.0234

Nilai intersep : -2.5776

Rumus persamaan Model isoterm Langmuir :

$$\frac{1}{q} = \frac{1}{q_m K_{ads}} \left( \frac{1}{C} \right) + \frac{1}{q_m}$$

Perhitungan :

1) Nilai Konstanta Adsorpsi

$$\frac{1}{q_m} = \text{nilai slope}$$

$$\frac{1}{q_m} = 0.0234$$

$$q_m = 42.735$$

2) Nilai Konstanta Keseimbangan Adsorpsi

$$\frac{1}{q_m K_{ads}} = \text{Nilai Intersep}$$

$$\frac{1}{q_m K_{ads}} = -2.5776$$

$$\frac{1}{42.735 K_{ads}} = -2.5776$$

$$1 = -2.5776 (42.735 K_{ads})$$

$$1 = -110.1486 - 2.5776 K_{ads}$$

$$111.1486 = -2.5776 K_{ads}$$

$$K_{ads} = -43.1209$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan nilai untuk konstanta adsorpsi isoterm Langmuir sebesar 42.735 dengan nilai kesetimbangan adsorpsi yaitu -43.1209

#### 4.4.2 Model Isoterm Freundlich

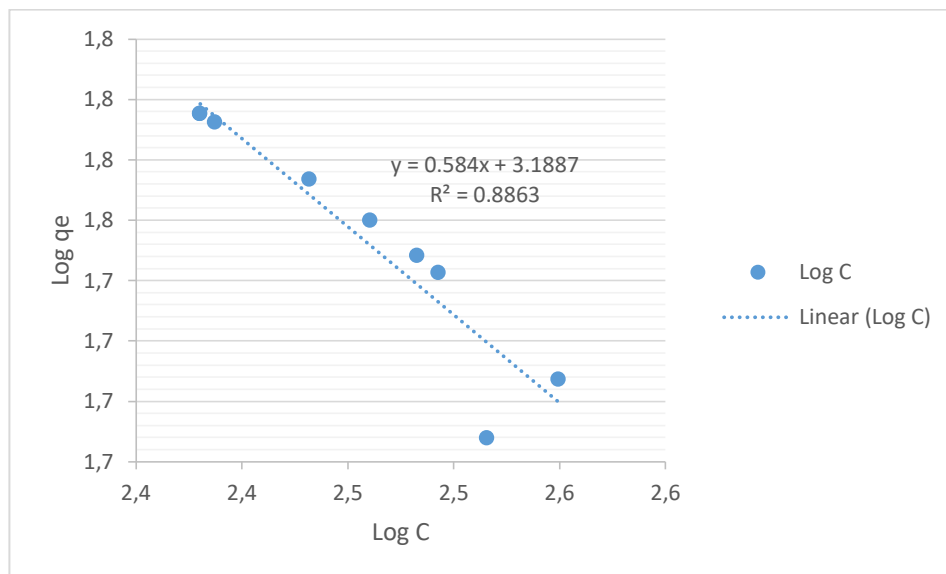
Model isoterm Freundlich merupakan salah model isoterm yang terjadi pada berbagai lapisan. Berdasarkan nilai yang telah didapatkan yaitu konsentrasi air dengan kesadahnya kemudian diplotkan pada grafik. Untuk hasil perhitungan dari penelitian ini disajikan pada tabel berikut :

**Tabel 4.9** Hasil Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Kontak Bioadsorben Berdasarkan Model Isoterm Freundlich

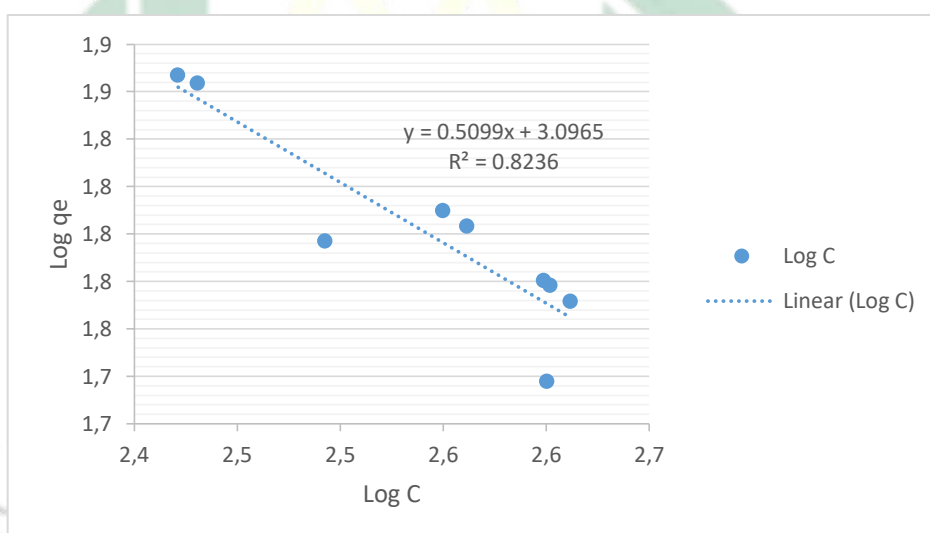
Sampel	$C_0$ (mg/L)	C (mg/L)	$C_0-C$ (mg/L)	$q_e$ (mg/g)	$C/q_e$ (g/L)	Log $q_e$	Log C
Bioadsorben penurunan Kadar Ca							
Axt1	864	354.4	509.6	50.96	7	1.7	2.5
Axt2	864	328	536	48.73	7	1.7	2.5
Axt3	864	311.2	552.8	55.28	6	1.7	2.5
Bxt1	864	304	560	56.00	5	1.7	2.5
Bxt2	864	270.4	593.6	59.36	5	1.8	2.4
Bxt3	864	244	620	62.00	4	1.8	2.4
Cxt1	864	288.8	575.2	57.52	5	1.8	2.5
Cxt2	864	240	624	62.40	4	1.8	2.4
Cxt3	864	240	624	62.40	4	1.8	2.4
Bioadsorben penurunan Kadar Mg							
Ayt1	1000	409.212	590.788	59.08	7	1.8	2.6
Ayt2	1000	398.52	601.48	54.68	7	1.7	2.6
Ayt3	1000	311.04	688.96	62.63	5	1.8	2.5
Byt1	1000	397.062	602.938	60.29	7	1.8	2.6
Byt2	1000	364.5	635.5	63.55	6	1.8	2.6
Byt3	1000	263.898	736.102	73.61	4	1.9	2.4
Cyt1	1000	399.978	600.022	60.00	7	1.8	2.6
Cyt2	1000	354.78	645.22	64.52	5	1.8	2.5
Cyt3	1000	269.73	730.27	73.03	4	1.9	2.4

Sumber : Hasil perhitungan, 2023

Berdasarkan tabel di atas, dapat dilakukan plot dari hasil perhitungan isoterm Freundlich dengan variasi massa dan waktu kontak bioadsorben. Dengan memplotkan nilai Perhitungan dilakukan dengan menggunakan rumus yang kemudian dilinearisasi sehingga dapat diplotkan pada grafik x-y. Nilai Log C diplotkan pada sumbu absis (y) dan nilai log  $q_e$  diplotkan pada sumbu ordinat (x) sebagai nilai *intersep*. Grafik hasil plot isoterm Freundlich telah disajikan pada gambar berikut:



**Gambar 4.12** Isoterm Freundlich untuk Penyisihan Kandungan  $\text{Ca}^{2+}$



**Gambar 4.13** Isoterm Freundlich untuk Penyisihan Kandungan  $\text{Mg}^{2+}$

Berdasarkan grafik yang terbentuk di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa dari variasi massa dan waktu kontak bioadsorben terhadap penurunan  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  memiliki nilai konstanta regresi linear masing-masing 0,8863 dan 0,8236. Dari nilai R yang didapatkan tersebut selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai dari konstanta adsorpsi Freundlich dan juga nilai dari konstanta kesetimbangan adsorpsi Freundlich. Berikut perhitungan isoterm Freundlich untuk masing-masing penurunan total kesadahan :

a. Isoterm Freundlich Kandungan  $\text{Ca}^{2+}$

Diketahui :

Persamaan garis regresi linear :  $y = 0.584x + 3.1887$

Nilai *slope* : 0.584

Nilai *Intersep* : 3.1887

Rumus perhitungan isoterm Freundlich :

$$\log q = \log K + \frac{1}{n} \log C$$

Perhitungan :

1) Nilai konstanta faktor intensitas Freundlich

$$\frac{1}{n} = \text{nilai slope}$$

$$\frac{1}{n} = 0.584$$

$$n = 1.7123$$

2) Nilai konstanta kesetimbangan Freundlich

$$\text{Log}(K_f) = \text{nilai intersep}$$

$$\text{Log}(K_f) = 3.1887$$

$$K_f = \text{antilog}(3.1887)$$

$$K_f = 1.544$$

b. Isoterm Freundlich Kandungan  $\text{Mg}^{2+}$

Diketahui :

Persamaan garis regresi linear :  $y = 0.5099x + 3.0965$

Nilai *slope* : -0.5099

Nilai *Intersep* : 3.0965

Rumus perhitungan isoterm Freundlich :

$$\log q = \log K + \frac{1}{n} \log C$$

Perhitungan :

1) Nilai konstanta faktor intensitas Freundlich

$$\frac{1}{n} = \text{nilai slope}$$

$$\frac{1}{n} = 0.5099$$

$$n = 1.9612$$

2) Nilai konstanta kesetimbangan Freundlich

$$\text{Log}(K_f) = \text{nilai intersep}$$

$$\text{Log}(K_f) = 3.0965$$

$$K_f = \text{antilog}(3.0965)$$

$$K_f = 1.248$$

Berdasarkan hasil perhitungan di atas didapatkan nilai untuk konstanta faktor intensitas Freundlich ( $1/n$ ) pada variasi  $\text{Ca}^{2+}$  sebesar 1.7123, sedangkan variasi  $\text{Mg}^{2+}$  sebesar 1.9612. Sementara itu, untuk nilai konstanta kesetimbangan Freundlich ( $K_f$ ) pada variasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  secara berurutan yaitu 1.544 dan 1.248. Nilai  $1/n$  juga salah satu parameter penting dimana dapat menggambarkan kesesuaian dari biosorpsi yang terjadi dengan variasi yang digunakan pada isoterm Freundlich. Dalam penelitian Ratnaningrum (2011), Jika nilai  $n = 1$  maka adsorpsi yang terjadi adalah linear, jika nilai  $n < 1$  maka proses yang terjadi merupakan proses adsorpsi kimia, dan jika nilai  $n > 1$  maka adsorpsi yang terjadi ialah adsorpsi fisika.

Pada hasil adsorpsi penelitian ini menunjukkan untuk variasi konsentrasi  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  memiliki nilai  $1/n$  lebih dari 1. Menurut Notodarmojo (2005), nilai  $1/n$  melebihi 1 pada hasil eksperimen laboratorium mungkin saja terjadi bahkan seringkali terjadi. Hal ini mengindikasikan bahwa daya sorpsi cukup tinggi terhadap sorbat.

#### 4.5 Penentuan Model Adsorpsi

Dari hasil perhitungan isoterm adsorpsi dengan model Langmuir dan model Freundlich di atas, didapatkan data perbandingan untuk keduanya. Dari hasil ini, maka akan didapatkan kesimpulan untuk penentuan model adsorpsi yang telah terbentuk. Berikut ringkasan kesimpulan yang telah disajikan pada tabel di bawah ini



**Tabel 4.10** Perbandingan Hasil Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich

Variasi Adsorben	Isoterm Adsorpsi							
	Isoterm Langmuir				Isoterm Freundlich			
	Persamaan Regresi	Nilai $q_m$	Nilai $K_a$	Nilai $R^2$	Persamaan Regresi	Nilai $n$	Nilai $K_f$	Nilai $R^2$
Unsur $Ca^{2+}$	$y = 0.0284x - 3.0311$	35.21	-35.5399	0.9728	$y = 0.584x + 3.1887$	1.7123	1.544	0.8863
Unsur $Mg^{2+}$	$y = 0.0234x - 2.5776$	42.735	-43.1209	0.9664	$y = 0.509x + 3.0965$	1.9612	1.248	0.8236

Sumber : Data Primer, 2023

Berdasarkan hasil perhitungan di atas, dapat ditarik kesimpulan bahwa adsorpsi kesadahan untuk unsur  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  terjadi secara Langmuir. Hal ini karena dapat dilihat dari pengujian persamaan adsorpsi dengan Freundlich dan Langmuir dibuktikan dengan grafik linearisasi yang baik dan memiliki harga koefisien determinasi  $R^2 \geq 0,9$  atau mendekati angka 1. Sehingga dari Gambar grafik di atas dapat dilihat bahwa persamaan adsorpsi ion  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  dengan menggunakan bioadsorben limbah kulit singkong memenuhi persamaan dari adsorpsi Langmuir dengan memiliki nilai  $R^2$  masing-masing sebesar 0,9728 dan 0,9664. Hal tersebut membuktikan bahwa adsorpsi dengan bioadsorben kulit singkong terhadap total kesadahan pada air unsur  $Ca^{2+}$  dan  $Mg^{2+}$  hanya terjadi dalam satu lapisan (monolayer).

Dilihat dari nilai  $R^2$  model isotherm adsorpsi total kesadahan pada pola isotherm Langmuir memiliki persamaan  $y = 0.584x + 3.1887$  untuk ion  $Ca^{2+}$  dan persamaan  $y = 0.509x + 3.0965$  untuk ion  $Mg^{2+}$  dengan nilai  $R^2$  masing-masing 0,9728 dan 0,9664, serta harga konstanta masing-masing persamaan dapat dilihat pada Tabel 4.10. nilai  $K_a$  dan  $K_f$  yang telah diperoleh dari hasil persamaan Langmuir tersebut merupakan besarnya kapasitas dari adsorpsi ion, semakin besar nilai  $K_a$  pada persamaan

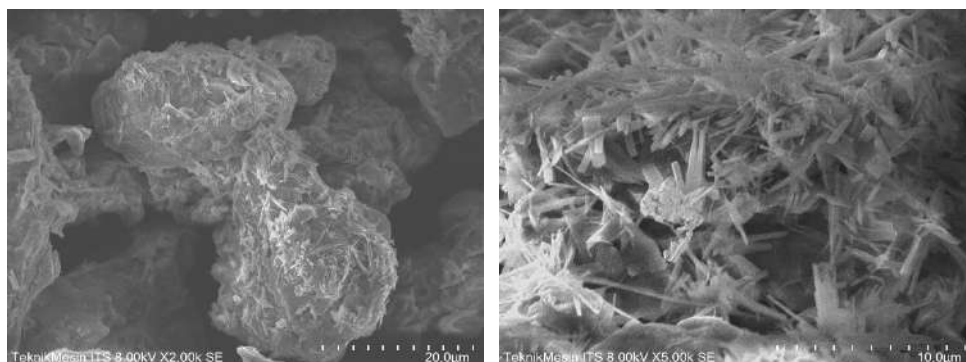
Langmuir dan nilai  $K_f$  pada persamaan Freundlich, dapat diartikan bahwa kapasitas adsorpsi yang terjadi akan semakin besar juga.

#### 4.6 Analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*)

SEM merupakan salah satu jenis mikroskop elektron dimana gambar dari suatu sampel dihasilkan dengan cara memindai permukaan sampel dengan high-energy beam of electrons. Elektron-elektron berinteraksi dengan atom-atom sehingga menghasilkan sinyal yang memberikan informasi tentang topografi permukaan sampel, komposisi kimia, struktur kristal, dan konduktivitas listrik. Karakterisasi SEM ini dilakukan dengan tujuan hasil dari gambar SEM akan menggambarkan pori – pori dan sifat permukaan karbon aktif. Pada penelitian ini dilakukan uji SEM dari dua sampel yang berbeda. Sampel pertama dari bioadsorben yang belum dikontakkan. Dan yang kedua dari sampel  $Ca^{2+}$  yang memiliki efisiensi penurunan tertinggi yaitu variasi bioadsorben 20 gr dengan waktu kontak 90 menit.

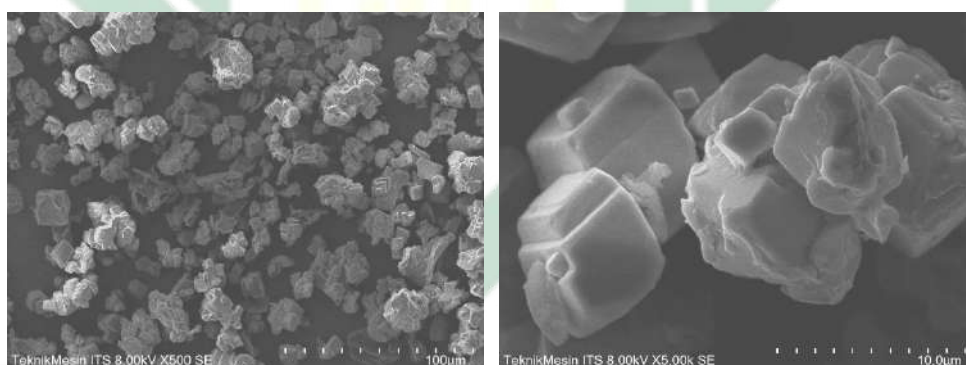
Pengujian SEM dilakukan pada Laboratorium SEM, Departemen Teknik Mesin ITS dengan alat HITACHI FLEXSEM 1000. HITACHI FLEXSEM 1000 merupakan SEM generasi terbaru dengan Ultra Variable Pressure Detector yang lebih mumpuni dalam pengamatan SEM dimana foto yang dihasilkan lebih baik. Karakterisasi sampel dengan menggunakan alat SEM bertujuan untuk melihat morfologi atau topografi dari sampel.

Sampel pertama diambil dari Bioadsorben kulit singkong yang telah diaktivasi namun belum dikontakkan dengan air artifisial yang mengandung ion  $Ca^{2+}$  maupun ion  $Mg^{2+}$ . Sampel diambil secukupnya dan dibawa ke lokasi pengujian. Kemudian didapatkan hasil gambar foto SEM seperti gambar di bawah ini.



**Gambar 4.14** Uji Analisis SEM Bioadsorben Aktivasi

Permukaan adsorben alami yang ditunjukkan pada gambar tersebut yaitu memiliki tekstur yang tidak beraturan dengan butiran yang lebih besar dan tepi yang lebih tajam. Dari gambar tersebut didapatkan hasil yaitu terlihat jelas bahwa pori-pori adsorben dari kulit singkong masih terbuka dengan luas. Hal ini menandakan bahwa belum adanya atau masih bersihnya permukaan dari bioadsorben tersebut.

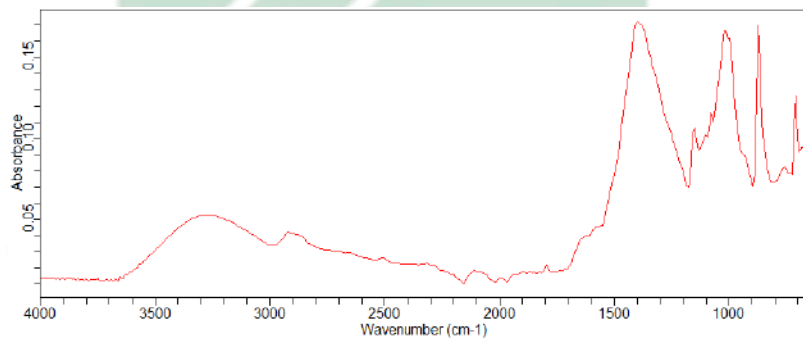


**Gambar 4.15** Uji Analisis SEM Ion  $\text{Ca}^{2+}$

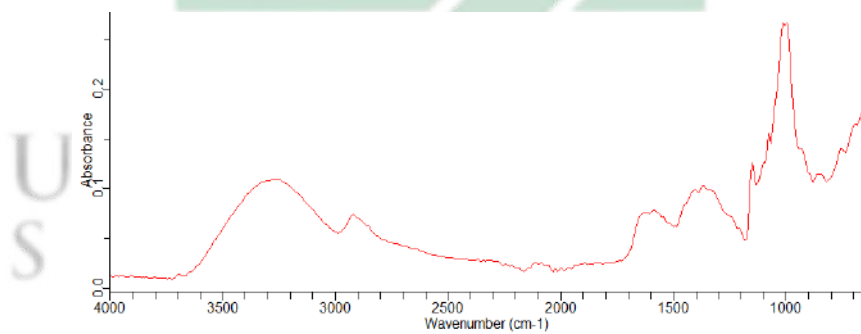
Dari gambar di atas terlihat bahwa pori-pori telah tertutup dan pori tersebut telah diisi oleh ion dari  $\text{Ca}^{2+}$  yang menempel pada permukaan adsorben. Terdapat perubahan morfologi permukaan yang terjadi. Keberadaan ion  $\text{Ca}^{2+}$  yang sangat kecil tersebar dengan baik pada permukaan adsorben. Bentuk dari permukaan adsorben bergantung dengan sifat-sifat sebelumnya. Kemudian selanjutnya tergantung pada apakah  $\text{CaCO}_3$  ada sebagai alami atau dibuat secara sintetik melalui berbagai jalur sintetik. Hal tersebut akan berdampak pada struktur Calcium yang memiliki

morfologi partikel, bentuk, struktur berpori, dan densitas yang berbeda pula (Omari, dkk 2018).

Komponen utama penyusun kulit singkong adalah selulosa, hemiselulosa dan lignin, dimana gugus fungsi dalam rantai selulosa adalah gugus alifatik hidroksil (R-OH), dan hemiselulosa memiliki gugus alifatik hidroksil dan karboksil, sedangkan lignin memiliki beragam gugus fungsi diantaranya gugus alifatik dan aromatik hidroksil. Gugus-gugus seperti hidroksil dan karboksil dapat digunakan untuk mengadsorpsi kation logam (Irawati, 2018).



**Gambar 4.16** Hasil FTIR ion  $\text{Ca}^{2+}$



**Gambar 4.17** Hasil FTIR ion  $\text{Mg}^{2+}$

Dari gambar 4.14 di atas, menunjukkan gugus fungsi yang terbentuk pada gelombang bervariasi. Berikut tabel daftar panjang gelombang yang terbentuk:

**Tabel 4.11** Gugus Fungsi Bioadsorben

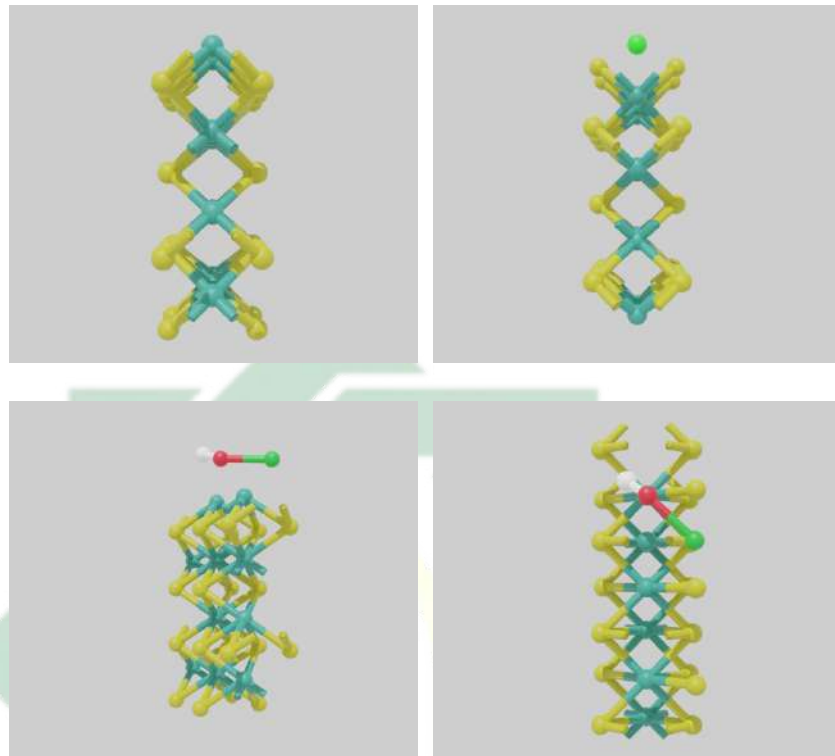
Gugus Fungsi	Panjang Gelombang
O – H (Hidroksi)	3200 – 3600
C – H (Alkana)	2850 – 3000
C – O	1620 – 1680
C – O	1050 – 1300
COO- Simetris	1300 – 1400
C – O – C	1028 – 1034
	1280 – 1240
Gugus Manuronat	810 - 850

Sumber : (Azkafaza, 2018)

Berdasarkan gambar 4.13 dan 4.14, diketahui bahwa dari adsorpsi yang terjadi pada ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  menunjukkan grafik yang relative sama. Pada ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  terdapat gugus fungsi C – O dan COO-Simetris. Pada sampel kulit singkong ini munculnya gugus hidroksil (O-H) yang merupakan ciri khas dari selulosa (Salimi, dkk 2021). Gugus fungsi O-H berada pada bilangan 3200-3600  $\text{cm}^{-1}$  dimana pada penelitian ini hasil gugus fungsi O-H terdapat pada bilangan 3500  $\text{cm}^{-1}$ . Menurut Fransisco, dkk (2002) untuk Calcium pada 831-709  $\text{cm}^{-1}$ , sehingga dapat dilihat jika bioadsorben ini mengandung ion Ca. Ikatan C-O yang terbentuk juga mengindikasikan semakin murninya unsur C yang dihasilkan pada bioadsorben. Pita serapan pada bilangan gelombang 3200–3600  $\text{cm}^{-1}$  menunjukkan serapan O–H (hidroksil) pada molekul selulosa, hemiselulosa, dan lignin dengan intensitas puncak yang kuat.

Mekanisme pertukaran kation terjadi akibat pertukaran kation  $\text{Ca}^{2+}$  menggantikan ion OH- yang terdapat pada adsorben. Pertukaran ion terjadi karena adanya gaya elektrostatis antara kation dan gugus fungsi yang bermuatan negatif. Gugus fungsi (–OH dan –COOH) pada adsorben mengalami deprotonisasi, sehingga gugus fungsi tersebut menjadi bermuatan negatif, yang sangat reaktif dalam menyerap ion  $\text{Ca}^{2+}$ . Interaksi antara  $\text{Ca}^{2+}$  dan adsorben terjadi karena adanya gaya elektrostatis antara

muatan negatif adsorben yang bertindak sebagai situs aktif dengan muatan positif dari ion logam.



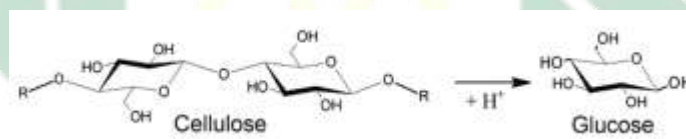
**Gambar 4.18** Proses Pengkatan Ion  $\text{Ca}^{2+}$  dalam Air

Pada permukaan bioadsorben kulit singkong, semua sisi bermuatan negatif. Hal ini dapat dilihat pada gambar 4.15 bahwa ion  $\text{Ca}^{2+}$  selalu menyerap di lapisan atas dari bioadsorben dan kemudian  $\text{Ca}^{2+}$  saling berikatan dan mengelilingi permukaan bioadsorben.

#### 4.7 Mekanisme Adsorpsi $\text{Ca}^{2+}$ dan $\text{Mg}^{2+}$

Bioadsorben merupakan padatan berpori yang memiliki luas permukaan atau lubang pori. Luas permukaan yang sangat besar ini disebabkan oleh tingginya pori-pori pada adsorben yang menyebabkan bioadsorben memiliki kemampuan untuk menyerap ion logam (Dewi dkk., 2009). Bioadsorben terbuat dari bahan-bahan organik yang mengandung karbon dan dipanaskan pada suhu tinggi. Kulit singkong merupakan salah satu bahan organik yang dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioadsorben dan memiliki kandungan karbon sebesar 59,31% (Deviyanti dkk., 2014).

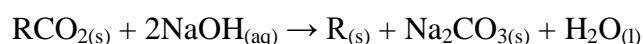
Kulit singkong memiliki potensi cukup baik jika digunakan sebagai bioadsorben karena mengandung selulosa non reduksi yang cukup efektif mengikat ion logam (Maulinda dkk., 2015). Molekul selulosa merupakan rantai-rantai D-glukosa. Glukosa merupakan salah satu bentuk karbohidrat paling sederhana (monosakarida) selain fruktosa dan galaktosa. Prinsipnya, sifat pereduksi ditentukan oleh ada tidaknya gugus hidroksil (OH) bebas yang reduktif dan semua bentuk monosakarida mampu mereduksi larutan tembaga (II) hidroksida. Agar dapat digunakan untuk mereduksi kesadahan ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$ , polisakarida (karbohidrat) pada kulit singkong harus terlebih dahulu dipecah menjadi bentuk monosakarida melalui hidrolisis (Pondja dkk., 2017). Pemecahan selulosa kompleks menjadi molekul monosakarida dilakukan dengan karbonisasi. Pada proses karbonisasi, serat karbon kompleks pada kulit singkong terurai menjadi senyawa karbon sederhana.



**Gambar 4.19** Pemecahan Selulosa Menjadi Glukosa

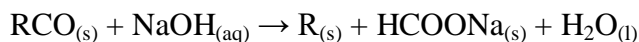
Pada proses karbonisasi akan menghasilkan tiga komponen pokok yaitu karbon, tar, dan gas ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ , dll). Tahap karbonisasi ini akan menghasilkan bioadsorben dengan struktur pori yang lemah. Oleh karena itu, bioadsorben masih memerlukan perbaikan struktur porinya melalui proses aktivasi. Pada penelitian ini aktivator  $\text{NaOH}$  berfungsi untuk memperbaiki struktur pori dengan menghilangkan zat-zat pengganggu seperti  $\text{CO}_2$ , dan  $\text{CO}$  yang masih menempel di permukaan karbon.

#### Reaksi penghilangan $\text{CO}_2$



R merepresentasikan permukaan bioadsorben; Kemudian gas  $\text{CO}_2$  yang menempel pada permukaan tersebut diubah oleh aktivator  $\text{NaOH}$  menjadi garam natrium karbonat ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) dan air sebagai produknya.

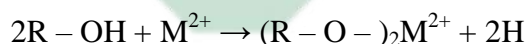
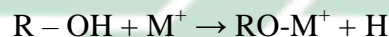
## Reaksi penghilangan CO



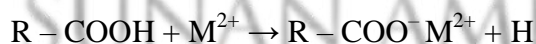
R merepresentasikan permukaan bioadsorben; Kemudian gas CO yang menempel pada permukaan karbon diubah oleh aktivator NaOH menjadi garam natrium format (HCOONa) dan air sebagai produknya.

Beberapa interaksi yang terjadi pada adsorpsi ion kesadahan ini. Interaksi yang terjadi yaitu proses adsorpsi secara presipitasi. Proses adsorpsi secara presipitasi ini terjadi ketika larutan yang telah mengandung  $\text{Ca}^{2+}$  terendap pada permukaan adsorben yang memiliki afinitas atau kemampuan untuk mengadsorpsi zat tersebut.

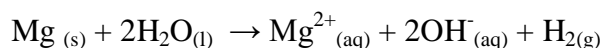
Tahap selanjutnya menjelaskan bahwa terjadinya difusi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dengan permukaan bioadsorben yaitu dengan gugus fungsi  $\text{OH}^-$  atau  $\text{C-O}$  yang memberikan situs aktif pada permukaan bioadsorben. Menurut hasil penelitian Song dkk. (2017), mekanisme adsorpsi ion ini yang terjadi umumnya adalah pertukaran ion kimia kombinasi dengan adsorpsi secara fisika. Mekanisme jerapan antara gugus  $\text{OH}^-$  yang terikat pada permukaan dengan ion logam yang bermuatan positif (kation) merupakan mekanisme pertukaran ion sebagai berikut:



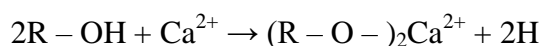
(Sumber : Harni dkk, 2015)



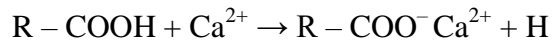
(Sumber : Song, dkk 2018)



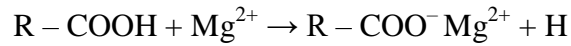
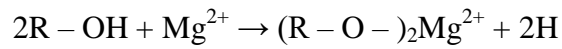
Dimana  $\text{M}^+$  dan  $\text{M}^{2+}$  adalah ion logam,  $-\text{OH}$ ,  $-\text{COOH}$  adalah gugus hidroksil dari permukaan bioadsorben yang terbentuk, dan R adalah matriks tempat gugus OH terikat (bioadsorben) (Song dkk, 2018). Bioadsorben dari kulit singkong pada penelitian ini diaktivasi menggunakan larutan NaOH sehingga mekanisme yang terjadi pada penelitian ini yaitu :







Dan



Dimana R merupakan matriks tempat gugus OH terikat, OH menunjukkan gugus hidroksil dan ion  $\text{Mg}^{2+}$  serta  $\text{Ca}^{2+}$  menunjukkan ion yang digunakan dalam penelitian ini. Ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  merupakan kation, sehingga akan mudah berinteraksi dengan anion-anion yang bersifat basa seperti  $\text{OH}^-$ . Selulosa memiliki banyak gugus ion  $\text{OH}^-$ , dengan demikian selulosa akan mengikat ion Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) dan ion Magnesium ( $\text{Mg}^{2+}$ ) secara kuat (Song, dkk 2018).



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Bioadsorben kulit singkong yang digunakan memiliki kemampuan dalam mengadsorpsi ion  $\text{Ca}^{2+}$  dan  $\text{Mg}^{2+}$  pada air masing-masing sebesar 59,0% - 72,2% dan 59,1% - 73,6%. Bioadsorben yang telah diaktivasi ini dapat mengadsorpsi dengan baik, namun terdapat hasil yang tidak sesuai dengan teori, yaitu pada variasi massa adsorben 20 gr dengan waktu kontak 20 menit.
2. Dalam menyerap ion  $\text{Ca}^{2+}$  maupun ion  $\text{Mg}^{2+}$  terdapat kapasitas atau kemampuan optimum. Untuk penyerapan ion  $\text{Ca}^{2+}$ , kemampuan optimum bioadsorben kulit singkong terjadi pada massa 20 gram dan waktu kontak 90 menit, yaitu sebesar 72,2%. Sementara itu, pada ion  $\text{Mg}^{2+}$ , bioadsorben kulit singkong memiliki kemampuan optimum pada massa 20 gram dengan waktu kontak 60 menit, yaitu sebesar 73,6%.
3. Hasil yang didapatkan pada proses uji menjelaskan bahwa kulit singkong dapat dikembangkan untuk dijadikan sebagai alternatif bahan alami dalam pengolahan air, yaitu sebagai media yang disebut dengan bioadsorben.

#### **5.2 Saran**

Saran yang dapat direkomendasikan untuk penelitian selanjutnya yaitu :

1. Perlu adanya penambahan atau perbedaan variasi dari konsentrasi maupun jenis aktivator yang digunakan. Hal ini bertujuan agar lebih banyak pengetahuan tentang kemampuan adsorpsi dari kulit singkong yang digunakan

2. Melakukan uji kemampuan adsorpsi terhadap parameter yang berbeda. Seperti dapat dilakukan terhadap ion kesadahan lain maupun terhadap logam berat seperti timbal (Pb) dan logam berat lainnya.
3. Penelitian kali ini menggunakan sistem batch, sehingga perlu adanya pengembangan untuk melakukan perlakuan menggunakan sistem kontinyu.



UIN SUNAN AMPEL  
S U R A B A Y A

## DAFTAR PUSTAKA

- Akhmaddhian, S., & Hanipah, P. (2021). Penegakan Hukum terhadap Tindak Pidana Pencemaran Tanah Akibat Limbah Industri. *Logika : Jurnal Penelitian Universitas Kuningan*, 12(2), 192–200.
- Al Omari, M. M. H., Rashid, I. S., Qinna, N. A., Jaber, A. M., & Badwan, A. A. (2016). Calcium Carbonate. In *Profiles of Drug Substances, Excipients and Related Methodology* (Vol. 41, Nomor January 2018). Academic Press.
- Atminingtyas, S., Oktiawan, W., & Wardhana, I. W. (2016). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Naoh dan Tinggi Kolom pada Arang Aktif dari Kulit Pisang terhadap Efektivitas Penurunan Logam Berat Tembaga (Cu) dan Seng (Zn) Limbah Cair Industri Elektroplating. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 5(1), 1–11.
- Badan Standardisasi Nasional. (2008). SNI 6989.58:2008 Air dan Air limbah – Bagian 58: Metoda Pengambilan Contoh Air Tanah. Sni 6989.59:2008, 59, 23.
- Emene, A. U. (2018). Biosorption of selected heavy metal ions and methylene blue from aqueous solution using chemically treated *Luffa cylindrica* [the University of Sheffield, Sheffield, UK]. In *Higher Education Quarterly* (Vol. 20, Nomor 1).
- Flaischlen, S., Kutscherauer, M., & Wehinger, G. D. (2021). Local Structure Effects on Pressure Drop in Slender Fixed Beds of Spheres. *Chemie-Ingenieur-Technik*, 93(1–2), 273–281.
- Ginting, D. B. (2009). Structural Equation Model (SEM). *Media Informatika*, 8(3), 121–134.
- Harni, Muhammad Rudy, Ani Iryani, dan Hilman Affandi. 2015. Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu Jati (*Tectona Grandis L.f.*) Sebagai Adsorben Logam Timbal (Pb). 1-10
- Ibrahim, D. M., Tri, A., & Haryani, S. (2015). Optimasi Adsorpsi Pb(Ii) Oleh Biomassa *Aspergillus Niger* Yang Diimobilisasi Pada Silika Gel. *Indonesian*

Journal Of Chemical Science, 4(2252), 2–5.

Jaedun, A. (2011). Metodologi Penelitian Eksperimen. In Metodologi Penelitian Eksperimen.

Jakobsen, A. B. J. (201M). Adsorption of basic crude oil components onto carbonate chalk surfaces – effect on initial wettability. In MASTER'S THESIS Study. University Of Stavanger.

Jayanti, N. L. P. (2018). Efektivitas Penggunaan Kombinasi Pasir Kuarsa Dan Batu Zeolit Dalam Penurunan Kadar Besi (Fe) Pada Air Sumur Gali (Vol. 66) [Politeknik Kesehatan Kemenkes Denpasar].

Kadir, N. N. A., Shahadat, M., & Ismail, S. (2017). Formulation study for softening of hard water using surfactant modified bentonite adsorbent coating. *Applied Clay Science*, 137, 168–175.

Masta, N. (2020). Buku Materi Pembelajaran Scanning Electron Microscopy. In Patra Widya: Seri Penerbitan Penelitian Sejarah dan Budaya. (Vol. 21, Nomor 3). Universitas Kristen Indonesia.

Maulinda, L., Nasrul, Z., & Sari, D. N. (2015). Jurnal Teknologi Kimia Unimal Pemanfaatan Kulit Singkong sebagai Bahan Baku Karbon Aktif. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 4(2), 11–19.

Muhamad, H. (2008). Biosorption of  $Cd^{2+}$  and  $Cu^{2+}$  onto wheat straw using batch and continuous fixed-bed column systems. University Of Technology, Baghdad, Iraq.

Notodarmojo, S. (2005). Pencemaran Tanah & Air Tanah. In La sociedad de la sociedad. Penerbit ITB.

Pourshadlou, S., Mobasherpour, I., Majidian, H., Salahi, E., Shirani Bidabadi, F., Mei, C. T., & Ebrahimi, M. (2020). Adsorption system for  $Mg^{2+}$  removal from aqueous solutions using bentonite/ $\gamma$ -alumina nanocomposite. *Journal of Colloid and Interface Science*, 568(159), 245–254.

Pungus, M., Palilingan, S., & Tumimomor, F. (2019). Penurunan kadar BOD dan

COD dalam limbah cair laundry menggunakan kombinasi adsorben alam sebagai media filtrasi. *Fullerene Journ. Of Chem*, 4(2), 54–60.

Qonita, H. N., Izah, M., Harahap, N. A. H., & Pakpahan, I. S. (2019). Pengurangan Kesadahan Ca dan Mg Dengan Karbon Aktif dan Pengaruhnya Terhadap Kelayakan Konsumsi pada Air Tanah di Dusun Sambirejo , Kelurahan Talak Broto, Kecamatan Simo, Kabupaten Boyolali. *Prosiding Seminar Nasional Kebumian*, 808–814.

Ratnaningrum, H. (2011). *Biosorpsi Kromium Heksavalen Menggunakan Konorsium Mikroalga Terimmobilisasi (Nomor 125527)*. Institut Teknologi Bandung.

Ruthven, D. M. (1984). *Principle of adsorption and Adsorption Process*. In *Principles of Adsorption and Adsorption Processes* (Vol. 19, hal. 433).

Said, N. I., & Ruliasih. (2008). *Penghilangan Kesadahan Di Dalam Air Minum. Teori dan Pengalaman Praktis*, 387–442.

Sari, D. E. (2020). *Pemanfaatan Limbah Kulit Singkong Sebagai Adsorban Alami Untuk Mengurangi Kadar Besi (Fe) Dalam Air Limbah Dengan Sistem Batch*. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya.

Sari, D. N. (2018). *Penetapan Kesadahan (Caco<sub>3</sub>) Pada Air Tanah Di Desa Karangari Kabupaten Kulon Progo Yogyakarta Dengan Metode Spektrofotometri Serapan Atom*. Universitas Setia Budi Surakarta.

Sawyer, C.N; McCarty, P. L. (1978). *Chemistry for Environmental Engineering and Science (Fifth Edit)*. McGraw-Hill Companies.

Sepehr, M. N., Zarrabi, M., Kazemian, H., Amrane, A., Yaghmaian, K., & Ghaffari, H. R. (2013). Removal of hardness agents, calcium and magnesium, by natural and alkaline modified pumice stones in single and binary systems. *Applied Surface Science*, 274, 295–305.

Shamohammadi, S., Khajeh, M., Fattahi, R., & Kadkhodahosseini, M. (2022). Introducing the new model of chemical adsorption for heavy metals by Jacobi activated carbon adsorbents, Iranian activated carbon and blowy sand.

- Case Studies in Chemical and Environmental Engineering, 6(May), 100220.
- Somerville, R. (2007). Low-cost Adsorption Materials for Removal of Metals from Contaminated Water. 1, 74.
- Song, Min, Yuexing Wei, Shipan Cai, *l.*. 2018. Study on Adsorption Properties and Mechanism of  $Pb^{2+}$  with Different Carbon Based Adsorbents. *Science of The Total Environment*. 618: 1416–1422
- Sun, L., Cao, Y., Li, L., & Zeng, Q. (2021). Adsorption characteristics and mechanism of calcium ions on different molybdenite surfaces via experiments and DFT simulations. *Separations*, 8(8), 2–18.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2003). Wastewater Engineering Treatment and Reuse. In Notes and Queries (Fourth Edi, Vol. 179, Nomor 18). Metcalf & Eddy, Inc.
- Trisanti, D. N., Ulum, H., Soemargono, S., & Erliyanti, N. K. (2021). Effect Of Naoh Concentration And Residence Time On The Conversion Of Removal Of  $Ca^{2+}$  And  $Mg^{2+}$  In Seawater Continuously Using An Baffled Reactor. *Konversi*, 10(1), 25–30.
- Utama, T. T. (2015). Biosorpsi Krom Heksavalen Menggunakan Mikroalga Amobil dalam Sistem Kontinyu (Vol. 33, Nomor 33). Institut Teknologi Bandung.
- Vecino, X., & Reig, M. (2022). Wastewater Treatment by Adsorption and/or Ion-Exchange Processes for Resource Recovery. In *Water (Switzerland)* (Vol. 14, Nomor 6).
- Verayana, Paputungan, M., & Iyabu, H. (2018). Pengaruh aktivator HCl dan  $H_3PO_4$  terhadap karakteristik (morfologi pori) arang aktif tempurung kelapa serta uji adsorpsi pada logam timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 13(1), 67–75.
- WHO. (2022). Guidelines for Drinking-Water Quality (Fourth Edi, Vol. 33, Nomor 33).