

**PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN TEMPURUNG KELAPA
SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN KADAR BESI (Fe)
DENGAN SISTEM *BATCH***

TUGAS AKHIR



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

Disusun Oleh:

Ma'rifatul Ismiyati

NIM: H05216013

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

2020

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Ma'rifatul Ismiyati

NIM : H05216013

Program Studi : Teknik Lingkungan

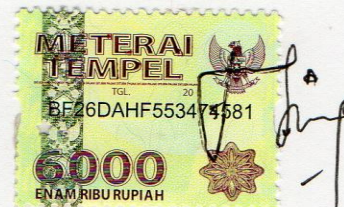
Angkatan : 2016

Menyatakan bahwa tidak melakukan plagiat dalam penulisan tugas akhir saya berjudul “PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN KADAR BESI (Fe) DENGAN SISTEM *BATCH*” Apabila suatu saat nanti terbukti saya melakukan Tindakan plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi yang telah ditetapkan.

Demikian pernyataan keaslian ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Surabaya, Juli 2020

Yang Menyatakan



(Ma'rifatul Ismiyati)

NIM. H05216013

LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING

Tugas Akhir Oleh:

NAMA : MA'RIFATUL ISMIYATI

NIM : H05216013

JUDUL : PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN TEMPURUNG
KELAPA SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN KADAR BESI
(Fe) DENGAN SISTEM *BATCH*

Ini telah diperiksa dan disetujui untuk diujikan.

Surabaya, 17 Juli 2020

Dosen Pembimbing I



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

Dosen Pembimbing II



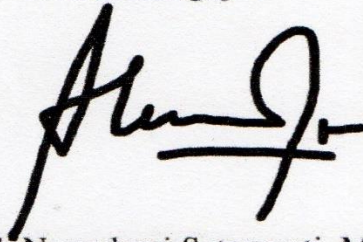
(Sulistiya Nengse, M. T)
NUP. 201603320

PENGESAHAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Tugas Akhir Ma'rifatul Ismiyati ini telah dipertahankan
di depan tim penguji tugas akhir
di Surabaya, 23 Juli 2020

Mengesahkan,
Dewan Penguji

Dosen Penguji I



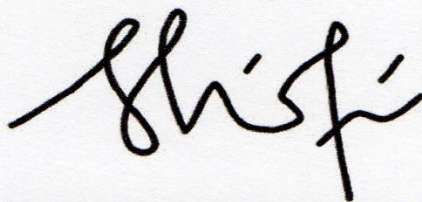
(Rr. Diah Nugraheni Setyowati, M. T)
NIP. 198205012014032001

Dosen Penguji II



(Sulistiya Nengse, M. T)
NUP. 201603320

Dosen Penguji III



(Shinfu Wazna Auvaria, M. T)
NIP. 198603282015032001

Dosen Penguji IV



(Dedy Suprayogi, S. KM, M. KL)
NIP. 198512112014031002

Mengetahui,
Plt. Dekan Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Sunan Ampel Surabaya




(Dr. Evi Fatimatur Rusydiyah, M. Ag)
NIP. 197312272005012003



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

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

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

Nama : Ma'rifatul Ismiyati
NIM : H05216013
Fakultas/Jurusan : SAINS DAN TEKNOLOGI/ TEKNIK LINGKUNGAN
E-mail address : miatismiyati25@gmail.com

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

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Desertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN TEMPURUNG KELAPA SEBAGAI
BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN KADAR BESI (Fe) 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, 03 Agustus 2020

Penulis

(Ma'rifatul Ismiyati)

**PEMANFAATAN SABUT KELAPA DAN TEMPURUNG KELAPA
SEBAGAI BIOADSORBEN UNTUK PENURUNAN KADAR BESI (Fe)
DENGAN SISTEM *BATCH***

Kata Kunci: sabut kelapa, tempurung kelapa, besi (Fe), adsorpsi, bioadsorben, isoterm adsorpsi

UTILIZATION OF COCONUT HUSK AND COCONUT SHELL AS BIOADSORBENT TO REDUCE IRON (Fe) CONCENTRATION IN BATCH SYSTEM

Keywords : Coconut Fiber, Coconut Shell, Iron (Fe), Adsorption, Bioadsorbent, Isoterm Adsorption

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERNYATAAN KEASLIAN.....	ii
LEMBAR PERSETUJUAN PEMBIMBING	iii
LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI.....	iv
LEMBAR PERNYATAAN PUBLIKASI	v
KATA PENGANTAR	vi
ABSTRAK.....	vii
<i>ABSTRACT</i>	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan.....	3
1.4 Batasan Masalah.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Logam Berat	5
2.2 Senyawa Besi dalam Air	6
2.3 Adsorpsi.....	9
2.4 Bioadsorben.....	14
2.5 Tempurung Kelapa	16
2.6 Sabut Kelapa.....	17

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Tempurung Kelapa	17
Gambar 2.2 Sabut Kelapa.....	18
Gambar 2.3 Jar Test.....	20
Gambar 2.4 Magnetic Stirrer.....	20
Gambar 3.1 Kerangka Pikir Penelitian.....	28
Gambar 3.2 Tahapan Penelitian.....	30
Gambar 3.3 Tahapan Pembuatan Limbah Artifisial Fe 10 ppm.....	33
Gambar 3.4 Tahapan Proses Dehidrasi.....	34
Gambar 3.5 Tahapan Proses Aktivasi.....	35
Gambar 3.6 Desain Reaktor.....	37
Gambar 4.1 Mekanisme pemutusan ikatan antara lignin dan selulosa.....	45
Gambar 4.2 Preparasi Reaktor Batch	49
Gambar 4.3 Grafik Efisiensi Adsorpsi Limbah Artifisial Besi (Fe) dengan Bioadsorben Variasi Massa Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa.....	56
Gambar 4.4 Grafik Efisiensi Adsorpsi Limbah Artifisial Besi (Fe) dengan Bioadsorben Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa	56
Gambar 4.5 Kapasitas Adsorpsi Limbah Artifisial Besi (Fe) dengan Bioadsorben Variasi Massa Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa.....	60
Gambar 4.6 Kapasitas Adsorpsi Limbah Artifisial Besi (Fe) dengan Bioadsorben Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa.....	61
Gambar 4.7 Grafik Isoterm Langmuir Bioadsorben Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa	64
Gambar 4.8 Grafik Isoterm Langmuir Bioadsorben Tempurung Kelapa.....	64
Gambar 4.9 Grafik Isoterm Langmuir Bioadsorben Sabut Kelapa	65
Gambar 4.10 Grafik Isoterm Freundlich Bioadsorben Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa	68
Gambar 4.11 Grafik Isoterm Freundlich Bioadsorben Tempurung Kelapa	69
Gambar 4.12 Grafik Isoterm Freundlich Bioadsorben Sabut Kelapa.....	69
Gambar 4.13 Gaya yang Terjadi pada Proses Adsorpsi Fe	74
Gambar 4.14 Mekanisme Adsorpsi Fe	74

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Jenis Adsorpsi.....	14
Tabel 2.2 Komposisi Sabut Kelapa	18
Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu.....	25
Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan Untuk Penelitian.....	31
Tabel 3.2 Skema Percobaan	36
Tabel 4.1 Preparasi Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa	40
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Kadar Air Sabut Kelapa Kering.....	43
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kadar Air Tempurung Kelapa Kering	44
Tabel 4.4 Proses Aktivasi Bioadsorben.....	46
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kadar Air Bioadsorben Setelah Aktivasi.....	48
Tabel 4.6 Konsentrasi Logam Besi (Fe) dalam Sampel Setelah Adsorpsi.....	53
Tabel 4.7 Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) dalam Air Limbah.....	54
Tabel 4.8 Kapasitas Adsorpsi Besi (Fe) dalam Limbah Artifisial.....	58
Tabel 4.9 Hasil Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Pada Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa Berdasarkan Model Isoterm Lagmuir	62
Tabel 4.10 Hasil Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Pada Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa Berdasarkan Model Isoterm Freundlich.....	67
Tabel 4.11 Perbandingan Data Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich	71

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Salah satu kandungan yang terdapat dalam air adalah besi. Besi (Fe) merupakan salah satu logam berat yang dapat membahayakan kesehatan manusia seperti dapat menimbulkan keracunan (muntah), kerusakan usus, penuaan dini hingga kematian mendadak, radang sendi, cacat lahir, gusi berdarah, kanker, sirosis ginjal, sembelit, diabetes, diare, pusing, mudah lelah, hepatitis, hipertensi dan insomnia (Supriyantini dan Endrawati, 2015).

Tingginya kandungan besi dalam air dapat menyebabkan pencemaran air. Bahaya kandungan besi dalam air yaitu dapat menyebabkan kekeruhan, korosi dan kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Sumber pencemaran tersebut berasal dari kegiatan industri, kegiatan budidaya dan kegiatan rumah tangga. Dalam ayat Al-Qur'an Allah SWT telah mengisyaratkan, bahwa kerusakan yang terjadi di alam ini sebagian besar diakibatkan oleh ulah manusia, sebagaimana telah disebutkan dalam Surat Ar-Rum ayat 41 yang artinya *“Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”*.

Dari ayat diatas dapat disimpulkan bahwa pencemaran lingkungan yang terjadi di bumi pada dasarnya disebabkan oleh ulah manusia. Pencemaran yang dapat menghancurkan tatanan lingkungan hidup biasanya berasal dari limbah-limbah yang memiliki kadar toksisitas tinggi. Limbah yang memiliki toksisitas tinggi umumnya merupakan limbah kimia yang mengandung logam-logam berat salah satunya besi.

Pengolahan yang dilakukan untuk mereduksi kandungan logam berat besi dalam air adalah *ion exchange*, pemisahan dengan membran, adsorpsi dan presipitasi (Mandasari dan Purnomo, 2016). Adsorpsi sebagai salah satu metode adalah proses perpindahan massa pada permukaan pori-pori dalam butiran adsorben (Asip dkk, 2008). Keuntungan dari proses adsorpsi diantaranya biaya yang relatif murah, efisiensi tinggi dalam penyerapan logam berat dan bahan

Penggunaan adsorben dari bahan organik (bioadsorben) akhir-akhir ini sangat banyak dikembangkan. Bioadsorben mempunyai keunggulan untuk mengatasi logam berbahaya dan beracun di lingkungan karena mudah didapat serta sifatnya yang ramah lingkungan. Pada proses adsorpsi ini memanfaatkan limbah kelapa sawit yang berupa tempurung kelapa dan sabut kelapa. Limbah tersebut dapat dimanfaatkan sebagai bioadsorben untuk mengadsorpsi logam berat termasuk besi karena memiliki kandungan lignin, selulosa dan hemiselulosa yang dapat menyerap ion logam (Mandasari dan Purnomo, 2016).

Berdasarkan latar belakang diatas, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui kemampuan adsorpsi bioadsorben dari sabut kelapa dan tempurung kelapa untuk penurunan kadar besi (Fe). Penelitian dilakukan dengan sistem *batch* menggunakan variasi konsentrasi massa dan waktu kontak.

Berdasarkan latar belakang di atas maka permasalahan yang dapat dirumuskan adalah sebagai berikut:

- [illegible]

- ### 1.3 Tujuan

1. Mengetahui kemampuan efisiensi bioadsorben dari sabut kelapa dan tempurung kelapa dalam mengadsorpsi kandungan besi yang terdapat dalam air menggunakan sistem *batch*.
2. Mengetahui kemampuan kapasitas adsorpsi bioadsorben dari sabut kelapa dan tempurung kelapa dalam mengadsorpsi logam besi yang terkandung dalam air.
3. Mengetahui model isoterm yang sesuai untuk adsorpsi logam berat besi menggunakan bioadsorben dari sabut kelapa dan tempurung kelapa dengan sistem *batch*.

Batasan masalah dalam penelitian ini yaitu:

- [illegible]

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari tugas akhir ini yaitu:

- 1) Bagi mahasiswa
 - a. Memanfaatkan tempurung kelapa dan sabut kelapa menjadi bioadsorben untuk mengadsorpsi Besi (Fe) dalam air
 - b. Mengetahui kemampuan adsorpsi pada variasi konsentrasi massa dan waktu kontak bioadsorben dalam mengadsorpsi logam besi
 - c. Menerapkan dan memahami metode adsorpsi sistem batch

- 2) Bagi akademisi

Hasil dari penelitian ini diharapkan menjadi sumber data bahan perbandingan untuk alternatif pengolahan air sederhana dengan menggunakan bioadsorben.

- 3) Bagi masyarakat

Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat diterapkan langsung oleh masyarakat untuk mengurangi kadar besi (Fe) yang terkandung dalam air dengan menggunakan alternatif pengolahan sederhana yaitu bioadsorben.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Logam Berat

Logam berat merupakan salah satu bahan pencemar perairan yang umumnya bersifat karsinogenik. Logam berat memiliki sifat yang sangat berbahaya meskipun jumlahnya sangat sedikit. Sumber limbah yang mengandung logam berat dapat berasal dari kegiatan manusia seperti penambangan logam, pelapisan dan pencampuran logam, pembuatan pestisida, industri minyak dan pigmen dan industri penyamakan kulit (Kurniasari dkk, 2012).

Logam berat memiliki kriteria-kriteria yang sama dengan logam berat lain. Hal yang membedakan adalah pengaruh yang dihasilkan saat logam berat berikatan dan atau masuk ke dalam mikroorganisme hidup. Menurut Asip (2008) karakteristik dari kelompok logam berat adalah sebagai berikut:

- 1) Mempunyai nomor atom 22-24 dan 40-50 serta unsur-unsur lantanida dan aktinida
- 2) Mempunyai respon biokimia khas pada organisme hidup
- 3) Limbah logam berat yang lepas ke lingkungan pada dasarnya akan dapat merusak ekosistem-ekosistem lingkungan.

Kehadiran logam berat dalam lingkungan menjadi masalah yang cukup serius, mengingat debit yang semakin meningkat, sifat toksik logam berat serta masuknya logam berat dalam air yang mempengaruhi kualitas air (Bashyal, 2009 : Baidho', 2013). Logam berat yang terdapat dalam air mudah terserap dalam fitoplankton yang merupakan titik awal dari rantai makanan dan selanjutnya akan sampai ke organisme lainnya termasuk manusia (Purnomo, 2007 : Baidho', 2013). Beberapa jenis logam yang termasuk kategori logam berat antara lain: Aluminium (Al), Cadmium (Cd), Chromium (Cr), Cobalt (Co), Merkuri (HG), Ferrum (Fe), Manganese (Mn), Zinc (Zn) dan masih banyak lainnya. Logam berat tersebut sangat berbahaya bila kadar yang terlarut dalam tubuh manusia cukup tinggi atau melebihi ambang baku. Logam-logam berat tersebut bersifat sangat toksik yang dapat masuk ke dalam tubuh manusia melalui beberapa cara

ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervalensi dua umum
secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan
kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Besi
dan kimia diantaranya:

Warna	: putih keabu-abuan, mengkilat, keras
Merupakan	bentuk dengan mudah
Titik lebur pada suhu kamar	: padat
Titik dididih	: 2862°C
Titik dididur	: 1538°C
Massa molar	: 89,86 gr/mol
Densitas	: 3,4 gr/cm ³
Massa jenis an	: 7860 kg/m ³
Kandungan dalam air	: 0,72 gr/100 mL (25°C, pH 7)
Koefisien kelarutan	: $8,0 \times 10^{-16}$

ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervalensi dua umum
secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan
kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Besi
dan kimia diantaranya:

Warna	: putih keabu-abuan, mengkilat, keras
Merupakan	bentuk dengan mudah
Titik lebur pada suhu kamar	: padat
Titik dididih	: 2862°C
Titik dididih	: 1538°C
Massa molar	: 89,86 gr/mol
Densitas	: 3,4 gr/cm ³
Massa jenis	: 7860 kg/m ³
Kandungan dalam air	: 0,72 gr/100 mL (25°C, pH 7)
Koefisien kelarutan	: $8,0 \times 10^{-16}$

ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervalensi dua umum
secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan
kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Besi
dan kimia diantaranya:

Warna	: putih keabu-abuan, mengkilat, keras
Bentuk	dengan mudah
Titik leleh	: 2862°C
Titik dididih	: 1538°C
Berat atom	: 89,86 gr/mol
Densitas	: 3,4 gr/cm ³
Massa jenis	: 7860 kg/m ³
Kandungan dalam air	: 0,72 gr/100 mL (25°C, pH 7)
Koefisien kelarutan	: $8,0 \times 10^{-16}$

- ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervalensi dua umum
secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan
kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Besi
dan kimia diantaranya:
- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Warna | : putih keabu-abuan, mengkilat, keras |
| Merupakan | bentuk dengan mudah |
| Titik lebur pada suhu kamar | : padat |
| Titik dididih | : 2862°C |
| Titik dididur | : 1538°C |
| Massa molar | : 89,86 gr/mol |
| Densitas | : 3,4 gr/cm ³ |
| Massa jenis an | : 7860 kg/m ³ |
| Kandungan dalam air | : 0,72 gr/100 mL (25°C, pH 7) |
| Koefisien kelarutan | : $8,0 \times 10^{-16}$ |

ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervalensi dua umum
secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan
kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Besi
dan kimia diantaranya:

Warna	: putih keabu-abuan, mengkilat, keras
Merupakan	bentuk dengan mudah
Titik lebur pada suhu kamar	: padat
Titik dididih	: 2862°C
Titik dididur	: 1538°C
Massa molar	: 89,86 gr/mol
Densitas	: 3,4 gr/cm ³
Massa jenis an	: 7860 kg/m ³
Kandungan dalam air	: 0,72 gr/100 mL (25°C, pH 7)
Koefisien kelarutan	: $8,0 \times 10^{-16}$

- ion besi (Fe) dan mangan (Mn) bervalensi dua umum
secara bersamaan. Fe dan Mn dalam air dapat menyebabkan
kesadahan (Mandasari dan Purnomo, 2016). Besi
dan kimia diantaranya:
- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------|
| Warna | : putih keabu-abuan, mengkilat, keras |
| Merupakan | bentuk dengan mudah |
| Titik lebur pada suhu kamar | : padat |
| Titik dididih | : 2862°C |
| Titik dididur | : 1538°C |
| Massa molar | : 89,86 gr/mol |
| Densitas | : 3,4 gr/cm ³ |
| Massa jenis | : 7860 kg/m ³ |
| Kandungan dalam air | : 0,72 gr/100 mL (25°C, pH 7) |
| Koefisien kelarutan | : $8,0 \times 10^{-16}$ |

(l) $\longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{2(s)} + \text{H}_{2(g)}$
 $\text{O}_{(l)} \longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 3\text{H}_{2(g)}$

dengan udara. Padatan besi bereaksi dengan oksigen membentuk karat atau besi hidrat.

$\text{g)} + x\text{H}_2\text{O}_{(g)} \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}_{(s)}$

Mandasari dan Purnomo (2016), terdapat beberapa metode untuk menyisahkan logam berat besi (Fe) dari air menggunakan membran.

Membran merupakan suatu teknik pemisahan campuran tanpa menggunakan panas. Keunggulan membran antara lain: pemisahan dapat dilakukan secara konsumsi energi, memiliki kemudahan dalam maintenance, membran dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid*) dapat dilakukan dengan kondisi operasi yang lebih *up*, material pembuatannya dapat disesuaikan dengan bahan tambahan lainnya dan pemakaiannya.

- $$\begin{aligned}\text{Fe}_{(s)} + 2\text{H}_2\text{O}_{(l)} &\longrightarrow \text{Fe}(\text{OH})_{2(s)} + \text{H}_{2(g)} \\ 2\text{Fe}_{(s)} + 6\text{H}_2\text{O}_{(l)} &\longrightarrow 2\text{Fe}(\text{OH})_{3(s)} + 3\text{H}_{2(g)}\end{aligned}$$

- $$4\text{Fe}_{(\text{s})} + 3\text{O}_{2(\text{g})} + x\text{H}_2\text{O}_{(\text{g})} \longrightarrow 2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}_{(\text{s})}$$

membran merupakan suatu teknik pemisahan campuran tanpa menggunakan panas. Keunggulan membran antara lain: pemisahan dapat dilakukan secara konsumsi energi, memiliki kemudahan dalam membran dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid*) dapat dilakukan dengan kondisi operasi yang *up*, material pembuatannya dapat disesuaikan dengan bahan tambahan lainnya dan pemakaiannya

- Teknologi membran merupakan suatu teknik pemisahan campuran dua atau lebih komponen tanpa menggunakan panas. Keunggulan dari teknologi membran antara lain: pemisahan dapat dilakukan secara kontinyu, rendahnya konsumsi energi, memiliki kemudahan dalam menggabungkan proses membran dengan proses pemisahan lainnya (*hybrid processing*), pemisahan dapat dilakukan dengan kondisi operasi yang diatur, mudah dalam *scale up*, material pembuatannya dapat disesuaikan sehingga tidak memerlukan bahan tambahan lainnya dan pemakaiannya juga dapat diadaptasikan. Kekurangan dari teknologi membran diantaranya *fluks* dan selektivitas, karena pada proses pemisahan menggunakan membran umumnya fenomena yang terjadi antara fluks dengan selektivitas adalah berbanding terbalik (Nasori, 2016).

- Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan bahan penyerap. Kelebihan dari proses adsorpsi antara lain biaya relatif murah, efektif dalam menurunkan kandungan logam berat, dapat diregenerasi dan relatif sederhana (Adam, *et al.*, 2013). Selain itu kekurangan dari metode

or yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu:

adukan

adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan
aruh oleh pengadukan. Jika proses pengaduka
oen sukar menembus lapisan film antara permul
ffusion yang merupakan faktor pembatas yang
nyerapan. Dan jika pengadukan sesuai maka ak
n sampai titik *pore diffusion* yang merupakan fa
n *batch* dilakukan pengadukan yang tinggi (Asip d
k adsorben

ting dari adsorben yaitu ukuran partikel dan lua
kaan dan ukuran partikel berbanding terbalik, jika
eter adsorben maka luas permukaan kontak ads
semakin besar, begitu juga sebaliknya (Asip dkk,

- Faktor-faktor yang mempengaruhi proses adsorpsi yaitu:

Kecepatan adsorpsi selain dipengaruhi oleh *film diffusion* dan *pore diffusion* juga dipengaruhi oleh pengadukan. Jika proses pengadukan relatif kecil maka adsorben sukar menembus lapisan film antara permukaan adsorben dan *film diffusion* yang merupakan faktor pembatas yang memperkecil kecepatan penyerapan. Dan jika pengadukan sesuai maka akan menaikkan *film diffusion* sampai titik *pore diffusion* yang merupakan faktor pembatas dalam sistem *batch* dilakukan pengadukan yang tinggi (Asip dkk, 2008).

Sifat terpenting dari adsorben yaitu ukuran partikel dan luas permukaan. Luas permukaan dan ukuran partikel berbanding terbalik, jika semakin kecil ukuran diameter adsorben maka luas permukaan kontak adsorben dengan logam berat semakin besar, begitu juga sebaliknya (Asip dkk, 2008).

Proses adsorpsi terjadi pada molekul-molekul dalam larutan yang terpisah dari cairannya dan berikatan dengan permukaan adsorben. Gaya tarik menarik terhadap cairan dimiliki oleh unsur yang terlarut dibandingkan dengan unsur yang sulit terlarut. Jadi, yang sulit larut memiliki sifat mudah terserap oleh adsorben jika dibandingkan dengan unsur yang terlarut (Asip dkk, 2008).

4) Waktu kontak

Untuk mencapai kesetimbangan adsorpsi waktu kontak dalam proses adsorpsi sangat diperlukan. Jika larutan yang berisi adsorben diam, maka perpindahan adsorbat melalui permukaan adsorben akan berjalan lambat. Oleh karena itu, untuk mempercepat proses adsorpsi diperlukan pengadukan (Udin, 2015). Pengaruh antara waktu kontak dan pengadukan pada proses adsorpsi yaitu semakin lama waktu kontak pengadukan yang dibutuhkan, maka jumlah ion logam yang terkandung dalam air limbah semakin berkurang.

5) Sifat Adsorbat

Beberapa sifat adsorbat sangat mempengaruhi proses adsorpsi dalam larutan seperti kelarutan, berat molekul dan ukuran molekul adsorbat. Sifat adsorbat yang paling berpengaruh pada kapasitas adsorpsi yaitu adsorbat. Kelarutan tinggi mengindikasikan interaksi zat terlarut dan pelarut yang kuat (Siregar, 2019).

6) Temperatur

Hubungan antara temperatur dengan proses adsorpsi sangat bergantung pada jenis penyerapannya. Apabila berjalan secara endoterm, maka penyisihan logam akan meningkat seiring bertambahnya suhu. Namun sebaliknya, apabila adsorpsi berjalan secara eksoterm, maka penyisihan logam berat akan menurun dengan bertambahnya suhu (Karim, 2017).

7) pH

pH merupakan faktor yang sangat mempengaruhi kemampuan adsorpsi. Pada pH yang tinggi, kandungan logam dalam larutan akan terendapkan karena ion logam dalam larutan berada dalam bentuk senyawa kompleks dan hidroksida anion. Untuk mengefektifkan pertukaran ion sebagai *pretreatment* pada proses adsorpsi, maka disarankan penurunan pH menjadi kondisi normal atau asam (Karim, 2017).

8) Massa adsorben

Massa adsorben sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan logam berat dalam air limbah. Bertambahnya massa bioadsorben sebanding dengan

Tabel 2.1 Jenis Adsorpsi

Adsorpsi Fisika	Adsorpsi Kimia
Terjadi adsorpsi multilayer	Kebanyakan terjadi adsorpsi monolayer
Terjadi pada temperatur dibawah titik didih adsorbat	Dapat terjadi pada temperatur tinggi
Tidak melibatkan energi aktivasi	Proses adsorpsi terjadi bila sistem mempunyai energi aktivasi

Sumber: Bansal, 2005

2.4 Bioadsorben

Bioadsorben adalah bahan yang memiliki pori-pori banyak, dimana proses adsorpsi berlangsung pada dinding pori atau terjadi pada daerah tertentu di dalam partikel tersebut (Siswarni dkk, 2017). Bioadsorben merupakan adsorben alami yang digunakan pada proses bioadsorpsi. Agar dapat bersaing dengan teknologi penyisihan logam berat yang kini banyak diaplikasikan, maka bioadsorben harus memiliki keunggulan antara lain ketersediaan bahan baku, harga yang murah dan teknik pengolahan bioadsorben yang sederhana sehingga memungkinkan untuk diaplikasikan di lingkungan. Bioadsorben kategori murah merupakan bioadsorben yang hanya butuh sedikit pengolahan dalam pembuatannya dan mudah ditemukan di alam (Ratnaningrum, 2011).

Proses adsorpsi pada bioadsorben seringkali diberikan perlakuan awal untuk meningkatkan nilai luas permukaannya, karena luas permukaan bioadsorben sifat utama dalam mempengaruhi proses adsorpsi. Pengaruh dari luas permukaan pada proses adsorpsi yaitu semakin besar luas permukaan bioadsorben maka semakin besar pula daya adsorpsinya. Luas permukaan sangat berpengaruh pada kapasitas adsorpsi karena dapat meningkatkan efektivitas bioadsorben dalam penyisihan logam berat dalam air limbah (Siswarni dkk, 2017).

Bioadsorpsi merupakan salah satu proses dimana terjadi pengikatan ion logam berat yang terdapat dalam larutan menggunakan padatan yang berasal dari alam (bioadsorben). Bioadsorpsi dapat digunakan sebagai alternatif untuk

Secara umum, proses pembuatan bioadsorben terdiri dari beberapa tahapan-tahapan antara lain:

Cara melakukan proses ini yaitu dengan memanaskan bahan baku pada suhu 105-170°C selama 18-24 jam untuk menghilangkan seluruh kandungan air pada bahan baku adsorben (Arif, 2014).

Proses aktivasi merupakan proses menghilangkan zat-zat yang menutup pori-pori permukaan karbon. Tujuan dari proses ini yaitu untuk memperbesar pori-pori dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat baik fisik maupun kimia, seperti luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap gaya adsorpsi. Selain itu, faktor-faktor yang mempengaruhi proses aktivasi antara lain waktu aktivasi, suhu aktivasi, ukuran partikel, konsentrasi aktivator dan jenis aktivator (Polii, 2017). Terdapat dua cara dalam melakukan proses aktivasi yaitu:

Aktivasi kimia dilakukan dengan mencampur material karbon dengan bahan-bahan kimia atau reagen pengaktifan selanjutnya campuran dikeringkan (Shofa, 2012; Erawati, 2018). Bahan kimia yang digunakan dalam proses aktivasi antara lain asam klorida (HCl), asam nitrat (HNO₃), asam fosfat (H₃PO₄), asam sianida (HCN), natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), natrium sulfat (Na₂SO₄), zink klorida (ZnCl₂) dan natrium karbonat (Na₂CO₃) (Arif, 2014).

Aktivasi fisika adalah proses yang melibatkan reaksi pembakaran zat organik menjadi arang melalui pemanasan secara tertutup (tanpa oksigen dan uap) pada suhu 800-1000°C, biasanya menggunakan oksidator lemah

misalnya uap air, CO₂, N₂, O₂ dan gas pengoksidan lainnya (Erawati dan Fernando, 2018).

Alternatif bahan baku biologis yang dapat digunakan sebagai bioadsorben adalah limbah-limbah produk pertanian. Limbah produk pertanian merupakan limbah organik yang tentunya akan sangat mudah ditemukan dalam jumlah besar. Pemanfaatan dan penggunaan limbah pertanian sebagai bahan baku bioadsorben selain dapat membantu mengurangi volume limbah juga dapat memberdayakan limbah menjadi suatu produk yang memiliki nilai jual. Oleh karena itu, potensi limbah pertanian cukup besar untuk digunakan sebagai bahan baku bioadsorben logam berat. Berbagai limbah pertanian yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku bioadsorben diantaranya jerami padi, ampas tebu, kulit singkong, kulit kentang, tempurung kelapa, sabut kelapa dan masih banyak yang lainnya (Kurniasari dkk, 2012).

2.5 Tempurung Kelapa

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Cheremunusoff dalam Suhartana (2007), komposisi kimia dalam tempurung kelapa diantaranya Selulosa 26,60%, lignin 29,40%, pentosan 27,70%, Solvent ekstraktif 4,20%, uronat anhidrid 3,50%, abu 0,62%, nitrogen 0,11% dan air 8,1%. Gugus fungsi yang terdapat pada adsorben tempurung kelapa yaitu gugus C=O pada bilangan gelombang $1751,24\text{ cm}^{-1}$, gugus C=C pada bilangan gelombang $1542,95\text{ cm}^{-1}$, gugus C-C pada bilangan gelombang $1155,28\text{ cm}^{-1}$, dan gugus C-H pada bilangan gelombang $885,27\text{ cm}^{-1}$ (Bani, 2013; Siregar, 2015).

Tempurung kelapa merupakan limbah dari pertanian yang mengandung selulosa yang berfungsi sebagai penyerap logam berat. Jenis adsorben tempurung kelapa ini sering digunakan dalam proses penyerap rasa dan bau di air, sekaligus sebagai penghilang senyawa – senyawa organik dalam air (Mifbakhuddin, 2010).

Kederadaan limbah kelapa hampir dapat ditemukan di semua tempat tetapi dalam memanfaatkannya belum optimal. Umumnya tempurung kelapa dimanfaatkan sebagai bahan bakar sekali pakai. Tidak banyak orang yang tahu

Tempurung kelapa dapat dijadikan sebagai bahan baku pembuatan bioadsorben yang berfungsi sebagai penyerap logam berat dalam pengolahan air minum maupun air limbah (Silaban, 2018). Bioadsorben dari tempurung kelapa berfungsi sebagai adsorber dalam menyerap apa saja yang dilaluinya terutama logam berat. Tempurung kelapa sebagai bioadsorben sangat efektif menjernihkan dan menyerap bau, rasa serta racun pada air (Salim dkk, 2018).



(Sumber: Hasil Analisis, 2020)

Sabut kelapa merupakan sisa hasil dalam pengolahan kelapa sekaligus limbah padat dari pertanian (Chaudhuri dan Saminal, 2011). Sama seperti tempurung kelapa, sabut kelapa juga dapat dikatakan sebagai limbah apabila isi dari buah kelapa telah dikonsumsi. Di Indonesia potensi limbah sabut kelapa diperkirakan sebanyak 846.981 ton kering dan limbah berupa tandan kosong kelapa sawit sebanyak 2.688.280 ton kering (Lubis 1992; Pari, 2001). Sabut kelapa dapat digunakan sebagai bioadsorben yang berfungsi untuk

menghilangkan kandungan logam berat yang cukup tinggi dalam perairan karena serat sabut kelapa mengandung lignin (45%) dan selulosa (43%) yang lebih besar. Komposisi sabut kelapa akan disajikan pada **Tabel 2.2**.

Tabel 2.2 Komposisi Sabut Kelapa

Komponen	Komposisi Sabut (%)
Hemiselulosa	34,78
Lignin	27,86
Selulosa	28,28

(Sumber: Pari dan Sailah, 2001)

Pemanfaatan sabut kelapa sebagai bioadsorben efektif digunakan karena mengandung selulosa yang di dalam struktur molekulnya mengandung gugus hidroksil serta lignin yang mengandung asam phenolat yang ikut ambil bagian dalam pengikatan logam. Selulosa dan lignin adalah biopolimer yang berhubungan dengan proses pemisahan logam-logam berat (Udin, 2015).

Proses penyerapan logam berat menggunakan bioadsorben sabut kelapa dapat diaplikasikan dengan variasi yang berbeda dan dapat memberikan nilai efisiensi yang berbeda pula dalam penurunan logam berat (Sudarto, 2014).



Gambar 2.2 Sabut Kelapa

(Sumber: Hasil Analisis, 2020)

2.7 Sistem Adsorpsi

Pada umumnya metode adsorpsi yang digunakan yaitu adsorpsi secara *batch* dengan sistem pengadukan dan adsorpsi secara kontinyu dengan sistem kolom. Adsorpsi secara *batch*, sistem pengadukannya menggunakan bejana sedangkan sistem kolom menggunakan kolom tunggal, banyak, paralel, maupun secara seri yang dapat beroperasi secara kontinyu. Perbedaan dari sistem *batch* dan kontinyu terdapat pada penggunaan ukuran partikel adsorben. Pada sistem pengadukan umumnya menggunakan ukuran partikel adsorben lebih kecil dibandingkan dengan sistem kolom (Zaini, 2017).

2.7.1 Sistem Batch

Sistem *batch* merupakan proses dimana pada saat awal proses semua reaktan dimasukkan secara bersama-sama dan pada akhir proses produk dikeluarkan. Dalam proses ini, di awal proses semua reagen ditambahkan dan ketika proses berlangsung tidak ada penambahan reagen atau pengeluaran produk. Sistem *batch* ini cocok digunakan untuk skala kecil (Fogler, 2016: Permadi, 2019).

Pada skala laboratorium sistem *batch* dilakukan dengan mencampurkan antara adsorben dengan adsorbat yang terlarut dalam aquades dan dilakukan pengadukan dalam gelas beker agar terjadi kontak antara adsorben dengan larutan secara merata. Kemudian dipisahkan dengan cara penyaringan atau dekantasi (Asip dan Mardhiah, 2008). Metode *batch* dianggap cukup baik karena bahan yang digunakan mempunyai tingkat keefektifan tinggi untuk menurunkan konsentrasi bahan pencemar yang terkandung dalam air. Prinsip kerja *batch* dimana pemisahaannya dilakukan pada satu tempat sehingga susah untuk memisahkan antara filtrat terhadap residu. Oleh karena itu dilakukan sentrifuge untuk memisahkan filtrat dari endapan dan dilanjutkan dengan penyaringan (Subarman dkk, 2015).

Menurut Patel (2019), sistem *batch* pada proses adsorpsi mempunyai kelebihan dan kekurangan diantaranya:

Kelebihan

- a. Pengoperasiannya lebih mudah

2.7.2 Sistem Kontinyu

Proses kontinyu merupakan proses dimana reaktan yang dimasukkan ke dalam reaktor dan produk atau produk dapat dikeluarkan ketika proses masih berlangsung secara berkelanjutan. Sebagai contoh Haber proses untuk pembuatan amonia. Skala kontinyu lebih cocok digunakan untuk skala besar (Fogler, 2016; Permadi, 2019).

Menurut Patel (2019), sistem kontinyu pada proses adsorpsi mempunyai kelebihan dan kekurangan diantaranya:

Kelebihan:

- Pengoperasiannya lebih mudah
- Kondisi proses lebih konstan dan hasilnya pun lebih konstan
- Digunakan untuk skala yang lebih besar seperti industri

Kekurangan

- Masalah yang terkait dengan penyerapan sistem ini yaitu pengurangan adsorben, penyumbatan saluran dan aliran yang tidak seragam dengan partikel adsorben
- Biaya awal lebih besar dibandingkan dengan sistem batch

2.8 Isoterm Adsorpsi

Adsorpsi pada umumnya selalu berhubungan dengan isoterm adsorpsi. Secara umum, isoterm adsorpsi diartikan sebagai fungsi konsentrasi zat terlarut yang terjerap pada padatan terhadap konsentrasi larutan. Tipe isoterm adsorpsi dapat digunakan untuk mempelajari mekanisme adsorpsi (Arif, 2014). Isoterm adsorpsi menunjukkan bagaimana terjadinya adsorpsi molekul yang terdistribusi antara fase padat dan fase cair sewaktu proses adsorpsi mencapai kesetimbangan. Menurut Sawyer dalam Ratnaningrum (2011), berikut ini merupakan beberapa kegunaan dari isoterm adsorpsi, antara lain:

- Menentukan kelayakan adsorpsi adsorban tertentu
- Menentukan afinitas relatif adsorben
- Menentukan sensitifitas perubahan konsentrasi adsorben pada garis isoterm

- Dalam menentukan isoterm adsorpsi dapat digunakan beberapa model diantaranya isoterm langmuir dan isoterm freundlich (Shafirinia dkk, 2016).

Isoterm adsorpsi ini mendefinisikan bahwa kapasitas adsorpsi maksimum terjadi akibat adanya lapisan tunggal (monolayer) adsorbat dipermukaan adsorben dan tempat adsorpsi bersifat homogen (Murdika, 2009; Shafirinia, 2016). Isoterm langmuir merupakan proses adsorpsi yang berlangsung secara kimisorpsi satu lapisan. Kimisorpsi adalah adsorpsi yang terjadi melalui ikatan kimia yang sangat kuat antara tapak aktif permukaan dengan molekul adsorbat dan dipengaruhi oleh densitas elektron. Adsorpsi satu lapisan terjadi karena ikatan kimia biasanya bersifat spesifik, sehingga permukaan adsorben dapat mengikat adsorbat dengan ikatan kimia (Handayani, 2009; Arif, 2014).

$$q_e = \frac{qm \cdot Ka \cdot Ce}{1 + Ka \cdot Ce} \text{ atau } \frac{Ce}{q_e} = \frac{1}{qm} + \frac{1}{Ka \cdot qm}$$

q_e = kapasitas adsorpsi (mg/g)
 q_m = kapasitas adsorpsi maksimum (mg/g)
 K = konstanta kesetimbangan langmuir (L/mg)
 C_e = konsentrasi pada saat setimbang (mg/L)

Isoterm freundlich mengasumsikan bahwa adsorpsi dapat terjadi secara fisik dimana penyerapan terjadi pada permukaan bioadsorben. Adsorpsi fisik dapat terjadi karena adanya gaya van der Waals yaitu gaya tarik menarik yang lemah antara adsorbat dengan adsorben. Persamaan Freundlich sering digunakan dalam penetapan karena umumnya memberikan korelasi yang

$$q = Kf \cdot Ce^{\frac{1}{n}}$$

$$\text{atau } \log(qe) = \log(Kf) + 1/n \cdot \log(Ce)$$

q = kapasitas adsorpsi (mg/g)
 K = konstanta Freundlich
 c = konsentrasi adsorbat dalam larutan pada saat kesetimbangan (mg/L)
 $1/n$ = ketidaklinieran (tanpa satuan)

Di dalam al-Qur'an dinyatakan bahwa "pada besi terdapat kekuatan yang hebat" lalu dikaitkan dengan kajian-kajian sains terutama kimia dan fisika. Menurut Sudiarti dkk (2018), terdapat beberapa pandangan para mufassir terkait hakikat besi diantaranya:

- [illegible]

Menurut Ramli dkk (2019), pencemaran logam berat di lingkungan erat kaitannya dengan eksploitasi logam berat itu sendiri. Seiring meningkatnya proses industrialisasi yang menggunakan logam berat, maka pencemaran logam berat pun cenderung meningkat. Pencemaran logam berat dapat menimbulkan kerusakan lingkungan baik di udara, air dan tanah. Ayat mengenai kerusakan lingkungan telah dijelaskan pada Q.S Ar-Rum ayat 41 berbunyi:

artinya “Telah nampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan karena perbuatan tangan manusia, supaya Allah merasakan kepada mereka sebahagian dari (akibat) perbuatan mereka, agar mereka kembali (ke jalan yang benar)”.

2.10 Penelitian Terdahulu

[illegible]

Tabel 2.3 Penelitian Terdahulu

No.	Jurnal Penelitian	Pengarang dan Tahun	Hasil Penelitian
1	Biosorpsi Ion Logam Berat Cu (II) dan Cr (VI) Menggunakan Biosorben Kulit Kopi Terxanthasi	Adriansyah dkk, 2018	Biosorpsi ion logam Cu(II) dan Cr(VI) dengan menggunakan biosorben kulit kopi terxanthasi optimum pada massa 0,45 dan 0,6 gram sedangkan pH optimum biosorpsi terjadi pada pH 4. Selain itu waktu kontak optimum proses biosorpsi untuk logam Cu(II) dan Cr(VI) masing-masing adalah 100 dan 80 menit. Biosorpsi ion logam Cu(II) memenuhi persamaan isoterm freundlich sedangkan biosorpsi ion logam Cr(VI) lebih memenuhi persamaan isoterm langmuir.
2	Uji Efektifitas Cangkang Telur Dalam Mengadsorpsi Ion Fe Dengan Proses Batch	Asip dkk, 2008	Partikel cangkang telur dapat digunakan sebagai alternatif penyerap limbah cair industri yang mengandung larutan Fe. Efisiensi tertinggi dalam mengadsorpsi ion Fe yaitu 99,82% dengan massa 20 gr pada ukuran 1000 mesh selama 60 menit.
3	Potensi Penggunaan Tempurung Kelapa Sebagai Adsorben Ion Logam Fe(III)	Mastiani dkk, 2018	Tempurung kelapa efektif dijadikan sebagai adsorben ion logam Fe(III). Perlakuan yang paling efektif dijadikan sebagai adsorben ion logam Fe(III) berada pada perlakuan tanpa aktivasi yaitu proses kalsinasi suhu 600°C sebesar 0 mg/L dengan efisiensi adsorpsi sebesar 100% dan kapasitas adsorpsi sebesar 0,93%.
4	Biosorpsi Kromium (VI) Pada Serat Sabut Kelapa Hijau (<i>Cocos nucifera</i>)	Sudiarta dan Yulihastuti, 2010	Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa nilai keasaman permukaan biosorben serat sabut kelapa hijau (<i>Cocos nucifera</i>) sebesar 8,7158 mmol/g. Kondisi optimum ion logam Cr(VI) oleh biosorben diperoleh pada pH 2 dan waktu interaksi 120 menit. Pola isoterm biosorpsi yang diperoleh sesuai dengan Gilles dan Mac Edwan, diklasifikasikan sebagai isoterm biosorpsi tipe L yang lebih dikenal dengan isoterm Langmuir dengan kapasitas biosorpsi sebesar 12,6152 mg/g dan energi adsorpsinya sebesar -15,1772 KJ/mol.
5	Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut	Istighfarini dkk, 2017	Hasil dari penelitian ini memiliki efisiensi penyisihan logam Fe mencapai 84,67% pada massa adsorben 2 gr dan ukuran partikel 200 mesh. Kapasitas adsorpsi mencapai 0,09596 mg Fe/gr pada massa adsorben 0,5 gr dan ukuran partikel 200 mesh.

No.	Jurnal Penelitian	Pengarang dan Tahun	Hasil Penelitian
6	Biosorbent Derived from Coconut Husk in Heavy Metal Sorption	Bajayi, 2017	Hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa bubuk batok kelapa merupakan aplikasi salam menghilangkan logam berat Cd^{2+} , Cr^{6+} dan Cr^{3+} . Menurut isoterm adsorpsi, metode Langmuir cocok digunakan untuk adsorpsi kaadmium menggunakan serbuk serat kelapa. Sedangkan metode Freundlich cocok untuk adsorpsi Cr^{3+} .
7	Removal of Iron from Groundwater Using Natural Adsorbents	Sheena and Bhavia, 2018	Hasil dari penelitian dapat disimpulkan bahwa terdapat tiga adsorben yang dapat mengurangi kandungan besi. Sabut kelapa mempunyai efisiensi pengurangan zat besi lebih bagus dibandingkan dengan daun mimba dan ampas tebu. Ampas tebu, daun nimba dan sabut kelapa eketif digunakan sebagai karbon aktif pengurangan zat besi dalam air karena mudah tersedia dan ramah lingkungan.
8	Removal of Iron Content from Drinking Water by Using Coconut Coir and Sugar Bagasse	Iyshwarya, <i>et al.</i> , 2016	Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa karbon dari sabut kelapa penurunan besinya lebih tinggi dibandingkan dengan ampas tebu. Persentase penurunan zat besi oleh ampas tebu sebesar 93%, sedangkan oleh sabut kelapa sebesar 96%. pH optimum dalam penurunan zat besi yaitu pada pH 5.
9	Removal of Fluoride From Drinking Water by Coconut Husk as Natural Adsorbent	Islamuddin, <i>et al.</i> , 2016	Simpulan dari hasil penelitian adalah sabut kelapa memiliki kinerja yang baik untuk menyerap fluoride dari air minum terutama untuk konsentrasi fluoride yang tinggi. Biosorben berhasil menurunkan kadar fluoride yang terkandung dalam air pada konsentrasi 0,7 mg/L dengan efisiensi sekitar 86% pada suhu 323K. Adsorpsi juga bergantung pada pH, pH optimum yang dicapai yaitu pada pH 5 dengan efisiensi 78%.
10	Removal of Fluoride From Treated Effluent Using Coco Fibre Ash	Edwin, <i>et al.</i> , 2018	Serat sabut kelapa sangat layak sebagai adsorben untuk menghilangkan fluoride. Kondisi optimal dalam penghilangan fluoride pada larutan 50 ml yaitu waktu kontak selama 60 menit, pH optimum 9, dosis adsorben 50 gr/L, ukuran adsorben 75 μ , suhu optimum 28°C dan kecepatan pengadukan 150 rpm.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Lokasi Penelitian

Lokasi pembuatan bioadsorben dilakukan di Laboratorium mandiri di Krikilan Rt 12/Rw 05, Driyorejo, Gresik. Untuk lokasi uji analisa kandungan logam berat besi (Fe) dilaksanakan di Laboratorium PDAM Gresik di Jalan Raya Legundi No. 659, Dusun Larangan, Krikilan, Kecamatan Driyorejo, Kabupaten Gresik, Jawa Timur 61177.

3.2. Waktu Penelitian

Waktu dari pelaksanaan penelitian Tugas Akhir dimulai pada bulan Februari 2020 dan selesai sampai bulan Juni 2020.

3.3. Tahapan Penelitian

3.3.1. Kerangka Pikir Penelitian

Kerangka pikir penelitian merupakan sebuah diagram/alur yang bertujuan untuk menjelaskan garis besar hasil penelitian yang optimal. Pelaksanaan penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi bioadsorben dari tempurung kelapa dan sabut kelapa dalam mengadsorpsi kandungan besi yang terkandung di air limbah artifisial dengan sistem batch sehingga dihasilkan besarnya efisiensi penyisihan pada logam besi (Fe) dalam air limbah artifisial yang kemudian dianalisa dan dikaji berdasarkan studi literatur. Dari analisa dan pembahasan tersebut bisa ditarik kesimpulan maupun saran untuk digunakan penelitian selanjutnya.



Metode penelitian yang dilakukan merupakan penelitian eksperimen. Dalam penelitian ini bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa diaktivasi menggunakan larutan NaOH 1 N dan membandingkannya dengan bioadsorben yang berasal dari tempurung kelapa dan sabut kelapa tanpa dicampur sebagai kontrol. Penelitian ini diamati selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit.

3.5.1. Alat

Penelitian ini menggunakan peralatan yang terdiri dari gelas beaker, jar test, neraca/timbangan, oven, ayakan (*crusher*), *Atomic Absorbtion Spectrometer* (AAS), pipet, gelas ukur, saringan, lumpang, erlenmeyer dan corong.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari bubuk FeSO_4 , tempurung kelapa, sabut kelapa, NaOH 1 N untuk aktivasi, dan aquades.

Berikut ini penjelasan tentang kegunaan alat dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yang akan disajikan pada **Tabel 3.1**.

Tabel 3.1 Alat dan Bahan yang Digunakan Untuk Penelitian

No.	Alat dan Bahan	Fungsi
1	Gelas beaker	Sebagai wadah air sampel
2	Jar test	Untuk menentukan kondisi operasi optimum pada proses pengolahan air
3	Neraca/timbangan	Untuk menimbang massa bioadsorben
4	Oven	Untuk mengurangi kadar air secara maksimum
5	Crusher	Untuk mengayak bioadsorben sesuai ukuran yang diinginkan
6	AAS	Untuk mengetahui kadar Fe yang terkandung dalam air limbah artifisial sebelum dan sesudah pengolahan
7	Lumpang	Untuk menghaluskan tempurung kelapa menjadi serbuk
8	Saringan	Untuk menyaring air sampel dari serbuk bioadsorben
9	Erlenmeyer	Sebagai wadah air sampel yang telah disaring
10	Corong	Sebagai tempat untuk penyangga kertas saring
11	Tempurung kelapa	Sebagai bioadsorben
12	Sabut kelapa	Sebagai bioadsorben
13	Aquades	Untuk menetralkan pH dari bioadsorben setelah proses aktivasi
14	NaOH	Sebagai aktivator untuk mengaktifasi bioadsorben

Sumber: Hasil Analisis, 2020

3.6. Langkah Kerja Penelitian

3.6.1. Pembuatan Limbah Artifisial Besi (Fe)

Limbah artifisial timbal (Fe) adalah limbah buatan yang dibuat dengan cara melarutkan senyawa besi (II) sulfat (FeSO_4) dengan larutan aquades. Pemilihan senyawa besi (II) sulfat (FeSO_4) berdasarkan penelitian terdahulu dan SNI 6989.4:2009 tentang uji limbah besi (Fe) dalam *Spektrofotometer Serapan Atom (AAS)*.

A. Pembuatan larutan induk 1000 ppm

Pembuatan larutan induk besi 1000 ppm sebelumnya dilakukan perhitungan larutan induk sebagai berikut :

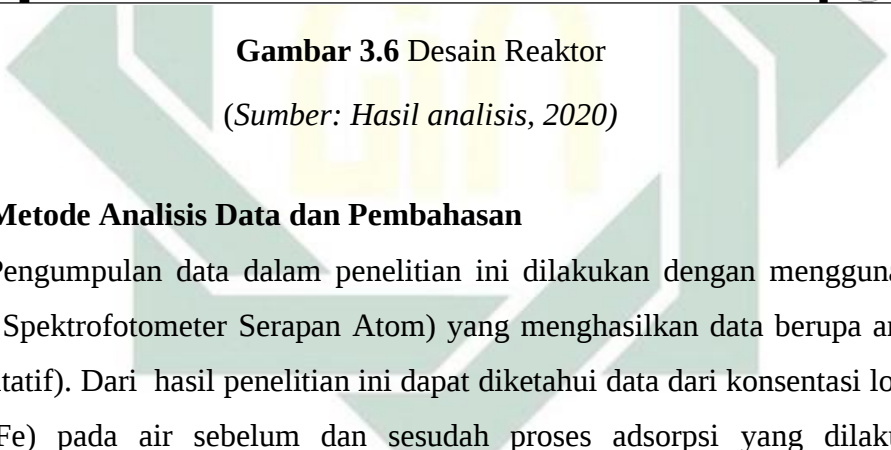
Diketahui : Ar Fe = 56

$$M_r \text{ FeSO}_4 = 152$$

Kemurnian = 99%

Membuat larutan induk Fe 1000 ppm, 500 ml

$$M = \frac{n}{v}; n = \frac{gr}{Ar}$$



Gambar 3.6 Desain Reaktor
(Sumber: Hasil analisis, 2020)

3.7. Metode Analisis Data dan Pembahasan

Pengumpulan data dalam penelitian ini dilakukan dengan menggunakan SSA (Spektrofotometer Serapan Atom) yang menghasilkan data berupa angka (kuantitatif). Dari hasil penelitian ini dapat diketahui data dari konsentasi logam besi (Fe) pada air sebelum dan sesudah proses adsorpsi yang dilakukan pengulangan sebanyak 2 kali. Setelah itu, hasil dari penelitian kandungan besi (Fe) dalam air setelah proses adsorpsi dibandingkan dengan kualitas besi (Fe) dalam air menurut PerMenKes Nomor 32 Tahun 2007. Perhitungan efisiensi adsorpsinya menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\% \text{ Efisiensi} = \frac{C_o - C_t}{C_o} \times 100$$

C_0 = Konsentrasi awal adsorbat (mg/L)
 C_t = Konsentrasi saat t (menit) (mg/L)

No.	Gambar	Perlakuan	Keterangan
3.		Mencuci sabut kelapa dan tempurung kelapa menggunakan air bersih	Untuk menghilangkan kotoran yang menempel pada sabut kelapa dan tempurung kelapa.
4.		Menjemur sabut kelapa dan tempurung kelapa dibawah sinar matahari selama 3 hari.	Untuk menghilangkan kadar air yang terkandung dalam sabut kelapa dan tempurung kelapa dimana proses itu disebut proses dehidrasi. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Lestari dalam Nasir (2014) menyatakan bahwa proses dehidrasi dilakukan dengan cara menjemur sabut kelapa dan tempurung kelapa selama 3 hari dibawah sinar matahari sampai kering.
5.		Melakukan pengovenan dengan suhu 120°C selama 18 jam	Dikarenakan pada waktu penjemuran, cuaca mendung selama 3 hari beturut-turut dan tidak mendapatkan maksimal cahaya matahari, maka tempurung kelapa dan sabut

No.	Gambar	Perlakuan	Keterangan
			kelapa dilakukan dehidrasi dengan cara memasukkan kedalam oven. Menurut Arif (2014) proses dehidrasi dilakukan dengan cara memanaskan bahan baku pada suhu 105-170°C selama 18-24 jam dengan tujuan untuk menguapkan seluruh kandungan air pada bahan baku.
6.		Menghaluskan tempurung kelapa dan sabut kelapa	Penghalusan tempurung kelapa dilakukan dengan menggunakan lumpang, sedangkan sabut kelapa dihaluskan dengan menggunakan blender. Tujuan penghalusan tempurung kelapa dan sabut kelapa yaitu untuk mengubah padatan menjadi serbuk.
7.		Mengayak serbuk sabut kelapa dan tempurung kelapa menggunakan ayakan 100 mesh	Tujuan dari mengayak serbuk sabut kelapa dan tempurung kelapa yaitu untuk mendapatkan serbuk dengan ukuran 100 mesh. Menurut penelitian Utomo (2014), adsorben dengan ukuran 100 mesh mampu menyerap iodium 66,27% dan diatas ukuran 100 mesh kemampuan daya serapnya menurun. Hal ini dimungkinkan partikel mesh besar atau ukuran

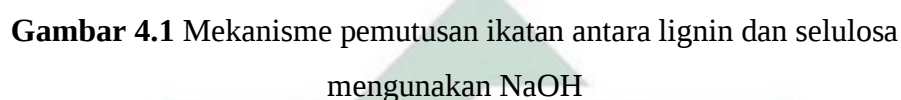
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Kadar Air Tempurung Kelapa Kering

Pengukuran	Berat Cawan Kosong (gr)	Berat Sampel (gr)	Berat Sampel Setelah Dioven (gr)	Kadar Air (%)
Perlakuan 1	13,78	1	0,91	9
Perlakuan 2	13,80	1	0,94	6

Sumber: Data Primer, 2020

4.2 Aktivasi Bioadsorben

Fungsi aktivasi adalah membuka pori-pori adsorben yang tertutup tar, hidrokarbon dan zat-zat organik lainnya sehingga memperbesar kapasitas adsorpsi dan melepas zat yang menyumbat pori-pori adsorben sehingga proses adsorpsi berlangsung lebih optimal (Mastiani dkk, 2018). Pada penelitian ini proses aktivasi menggunakan aktivator NaOH 1 N. Menurut penelitian Situmorang dan Farma (2013), persentase daya serap adsorben terhadap logam berat besi (Fe) 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^- 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).



Proses aktivasi menggunakan larutan NaOH 1 N diduga cukup untuk melarutkan pengotor sehingga permukaan pori adsorben menjadi lebih terbuka. Namun aktivasi menggunakan NaOH dengan konsentrasi 2 N daya serap adsorben mengalami penurunan, hal ini dikarenakan telah terjadi pelarutan pada struktur bagian dalam adsorben sehingga ada bagian-bagian pori yang tertutup kembali. Konsentrasi aktivator yang lebih tinggi menyebabkan pelarutan struktur bagian dalam adsorben sehingga bagian pori tertutup kembali (Atminingtyas dkk, 2016).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Zaini dan Sami (2017) menyatakan bahwa adsorben yang diaktivasi dengan larutan NaOH 1 N 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 1 N dalam 250 ml.

Volume larutan = 250 mL = 0,25 L

$$= 1 \times 0,25$$
$$= 0,25 \text{ mol}$$

No.	Gambar	Perlakuan	Keterangan
3.		Kemudian bioadsorben direndam larutan NaOH selama 24 jam	Waktu aktivasi mempengaruhi daya serap adsorben. Semakin lama waktu aktivasi maka semakin besar luas permukaan dan daya serapan meningkat. Hal ini didukung oleh penelitian Utomo (2014) bahwa waktu aktivasi 22 jam menghasilkan adsorben dengan daya serap mencapai 98,01%. Aktivasi kimia digunakan karena memiliki beberapa keunggulan dibandingkan dengan aktivasi fisika seperti suhu yang digunakan relatif rendah dan pori-pori yang terbentuk lebih banyak sehingga luas permukaannya lebih besar (Abdullah dkk, 2015).
4.		Setelah itu, dicuci dengan menggunakan aquades sampai pH netral.	Menurut Arif (2014), gugus fungsi pada aktivator akan digantikan oleh gugus OH ⁻ pada saat pencucian dengan aquades.

Penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui sifat higroskopis dari adsorben yang dihasilkan. Dimana adsorben mempunyai sifat salinitas yang besar terhadap air (Zaini dan Sami 2017).

4.3 Preparasi Reaktor

Pada penelitian ini yang perlu diperhatikan dalam tahap preparasi reaktor antara lain pengaturan kecepatan pada reaktor, penyiapan adsorben serbuk sabut kelapa dan tempurung kelapa dan simulasi reaktor. Pada reaktor batch yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan jar test.



Gambar 4.2 Preparasi Reaktor Batch

Pada penelitian ini variasi kontrol yang dilakukan antara lain kecepatan pengadukan sebesar 150 rpm selama 15 menit, 30 menit dan 45 menit. Waktu pengadukan atau waktu interaksi ion logam dengan adsorben merupakan parameter yang paling penting untuk mengetahui kecepatan reaksi adsorpsi. Untuk gambar dari proses pengadukan menggunakan jar test dapat dilihat pada **Lampiran Gambar 2**. Menurut Busyairi dkk (2019) mengatakan bahwa apabila proses pengadukan dengan kecepatan terlalu lambat maka proses adsorpsi akan berlangsung lambat, namun apabila proses pengadukan dengan kecepatan terlalu cepat maka akan berakibat pada struktur adsorben yang cepat rusak, sehingga proses adsorpsi kurang optimal.

Pada penelitian ini, limbah yang digunakan yaitu limbah cair artifisial yang merupakan limbah buatan dengan melarutkan senyawa tertentu dengan aquades. Pembuatan limbah cair artifisial besi (Fe) dengan melarutkan senyawa FeSO_4 dengan aquades. Pembuatan air limbah artifisial ini didasarkan pada perhitungan molaritas dan konsentrasi yang diinginkan. Konsentrasi limbah cair artifisial besi yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebesar 10 ppm. Langkah yang dilakukan terlebih dahulu yaitu membuat larutan induk 1000 ppm. Berikut ini merupakan perhitungan pembuatan larutan induk 1000 ppm dari senyawa FeSO_4 yang dilarutkan dengan aquades.

$$M_r \text{ FeSO}_4 = 152$$

Membuat larutan induk Fe 1000 ppm, 500 ml

$$M = \frac{1 \text{ gr}}{1 \text{ L} \cdot 56} = 0,017 \text{ M}$$

$$= 1,374 \text{ gr}$$
[illegible]

Setelah pembuatan larutan induk 1000 ppm pada limbah artifisial besi (Fe), langkah selanjutnya yaitu membuat larutan limbah artifisial besi (Fe) sebesar 10 ppm dengan mengencerkan larutan induk sebesar 5 ml dalam 500 ml larutan aquades yang sebelumnya dilakukan perhitungan sebagai berikut

$$\begin{array}{rcl} C_1 \cdot V_1 & = & C_2 \cdot V_2 \\ 1000 \text{ ppm} \cdot V_1 & = & 10 \text{ ppm} \cdot 500 \text{ mL} \\ V_1 & = & 5 \text{ mL} \end{array}$$

Hasil pada sampel limbah artifisial besi sebesar 6,76 mg/L. Proses pengujian sampel limbah dapat dilihat pada **Lampiran Gambar 3**. 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).

Limbah Besi (Fe)

Tabel 4.6.

Dari data hasil konsentrasi limbah artifisial besi (Fe) setelah dilakukan adsorpsi menggunakan bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa, selanjutnya hasil tersebut dilakukan perhitungan untuk mengetahui persentase efisiensi adsorpsi limbah besi (Fe). Berikut persentase efisiensi adsorpsi limbah besi (Fe) oleh bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa ditampilkan pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) dalam Air Limbah

Sampel	Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) (%)		
	t ₁	t ₂	t ₃
Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa			
C ₁	74	80	81
C ₂	78	80	82
C ₃	83	85	93
Rata-Rata	78,3	82	85,3
Bioadsorben Tempurung Kelapa			
D ₁	37	40	49
Bioadsorben Sabut Kelapa			
D ₂	77	79	81

Sumber: Data Primer, 2020

ring kelapa ditampilkan pada **Tabel 4.7**.

Tabel 4.7 Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) dalam Air Limbah

Sampel	Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) (%)		
	t ₁	t ₂	t ₃
Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa			
C ₁	74	80	81
C ₂	78	80	82
C ₃	83	85	93
Rata-Rata	78,3	82	85,3
Bioadsorben Tempurung Kelapa			
D ₁	37	40	49
Bioadsorben Sabut Kelapa			
D ₂	77	79	81

Sumber: Data Primer, 2020

Sampel	Efisiensi Adsorpsi Limbah Besi (Fe) (%)		
	t ₁	t ₂	t ₃
Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa			
C ₁	74	80	81
C ₂	78	80	82
C ₃	83	85	93
Rata-Rata	78,3	82	85,3
Bioadsorben Tempurung Kelapa			
D ₁	37	40	49
Bioadsorben Sabut Kelapa			
D ₂	77	79	81

Sumber: Data Primer, 2020

Sumber: Data Primer, 2020

angan:

koncentrasi massa adsorben tempurung kelapa 3,75 gr : sabut k

koncentrasi massa adsorben tempurung kelapa 2.5 gr : sabut ke

koncentrasi: massa adsorben tempurung kelapa 1,25 gr : sabut kelapa 1,25 gr

konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 1,25 gr : sabut k

waktu kontak selama 15 menit

waktu kontak selama 30 menit

waktu kontak selama 45 menit

konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 5 gr

Berdasarkan **Tabel 4.7**, dapat ditarik kesimpulan bahwa efisiensi adsorpsi limbah besi (Fe) dengan variasi bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa selama 15 menit memiliki rata-rata penyerapan sebesar 78,3% dengan penyerapan limbah besi (Fe) berkisar antara 74-83%. Untuk adsorpsi limbah besi (Fe) dengan variasi bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa selama 30 menit memiliki rata-rata penyerapan sebesar 82% dengan penyerapan limbah besi (Fe) berkisar antara 80-85%. Sedangkan untuk adsorpsi limbah besi (Fe) dengan variasi bioadsorben sabut kelapa dan tempurung kelapa selama 45 menit memiliki rata-rata penyerapan sebesar 85,3% dengan penyerapan limbah besi (Fe) berkisar antara 81-93%. Grafik efisiensi adsorpsi limbah besi (Fe) dengan bioadsorben perbandingan tempurung kelapa dan sabut kelapa disajikan pada **Gambar 4.3**.

Bioadsorben tempurung kelapa dengan waktu pengadukan selama 15 menit mampu mengadsorpsi limbah artifisial besi (Fe) sebanyak 37%. Untuk bioadsorben tempurung kelapa dengan waktu pengadukan selama 30 menit mampu mengadsorpsi limbah artifisial besi (Fe) sebanyak 40%. Sedangkan bioadsorben tempurung kelapa dengan waktu pengadukan selama 45 menit mampu mengadsorpsi limbah artifisial besi (Fe) sebanyak 49%. Bioadsorben sabut kelapa dengan waktu pengadukan selama 15 menit mampu mengadsorpsi limbah artifisial besi (Fe) sebanyak 77%. Untuk bioadsorben sabut kelapa dengan waktu pengadukan selama 30 menit mampu mengadsorpsi limbah artifisial besi (Fe) sebanyak 79%. Sedangkan bioadsorben sabut kelapa dengan waktu pengadukan selama 45 menit mampu mengadsorpsi limbah artifisial besi (Fe) sebanyak 81%. Grafik efisiensi adsorpsi limbah besi (Fe) dengan bioadsorben tempurung kelapa dan tempurung disajikan pada **Gambar 4.4**.

Berdasarkan grafik diatas dapat ditarik kesimpulan bahwa persentase efisiensi adsorpsi tertinggi sebesar 93% yaitu pada massa bioadsorben 3,75 gr sabut kelapa : 1,25 gr tempurung kelapa dengan waktu pengadukan selama 45 menit. Efisiensi adsorpsi dipengaruhi oleh massa dan waktu. Massa bioadsorben yang digunakan sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan Fe. Menurut penelitian Istighfarini (2017) dapat disimpulkan bahwa penyisihan logam Fe tertinggi sebesar 84,67% pada massa bioadsorben 2 gr. Bertambahnya jumlah adsorben sabut kelapa sebanding dengan bertambahnya jumlah partikel dan luas permukaan adsorben sabut kelapa sehingga menyebabkan jumlah tempat mengikat ion logam juga bertambah dan efisiensi penyisihan pun meningkat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa efisiensi adsorpsi meningkat dengan bertambahnya massa adsorben sabut kelapa. Hal ini juga dikarenakan kandungan selulosa dalam sabut kelapa lebih banyak dibandingkan dengan kandungan selulosa pada tempurung kelapa. Berdasarkan penelitian yang dilakukan Pari (2001), kandungan selulosa dalam sabut kelapa sebesar 28,28% sedangkan menurut penelitian yang dilakukan oleh Cheremunusoff dalam Suhartana (2007) kandungan selulosa yang terdapat dalam tempurung kelapa sebesar 26,60%.

Selain itu, waktu kontak pada saat proses adsorpsi juga berpengaruh dikarenakan semakin lama waktu kontak yang dibutuhkan berbanding lurus dengan berkurangnya jumlah ion besi (Fe) yang tersisa dalam larutan artifisial. Penentuan waktu kontak optimum adsorpsi bertujuan untuk mengetahui waktu minimum yang dibutuhkan oleh bioadsorben dalam menyerap logam Fe secara maksimum sampai tercapai keadaan jenuh. Keadaan jenuh apabila bioadsorben direaksikan dengan larutan logam Fe melewati waktu setimbangannya sehingga bioadsorben tidak mampu lagi menyerap logam tersebut. Proses adsorpsi akan berhenti jika telah terjadi kesetimbangan dimana kadar adsorbat dalam larutan dan bahan adsorben tetap. Hal ini dikarenakan gugus aktif hidroksil (-OH) dari selulosa telah mengalami kesetimbangan sehingga larutan jenuh dan tidak mampu lagi menyerap logam dengan optimal (Udin, 2015). Menurut penelitian yang dilakukan oleh Bajayi (2017) dapat disimpulkan bahwa biosorben sabut

Setelah mengetahui data hasil adsorpsi limbah artifisial besi (Fe) dan efisiensi adsorpsinya, maka dapat diketahui kapasitas adsorpsinya. Untuk mengetahui kapasitas adsorpsi bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa dengan perbandingan massa 1,25 gr : 3,75 gr dengan waktu kontak 45 menit sebagai berikut.

Ci = 6,76 mg/L
Ce = 0,485 mg/L
m_{adsorben} = 5 gr
V = 500 mL = 0,5 L

$$q_e = ?$$
$$qe = \frac{(Ci - Ce)}{m \text{ adsorben}} \times V$$
$$qe = \frac{(6,76 - 0,485)}{5} \times 0,5$$
$$qe = 0,628 \text{ mg/g}$$

Tabel 4.8 Kapasitas Adsorpsi Besi (Fe) dalam Limbah Artifisial

Sampel	Kapasitas Adsorpsi Besi (Fe) (mg/g)		
	t ₁	t ₂	t ₃
Bioadsorben Tempurung Kelapa dan Sabut Kelapa			
C ₁	0,498	0,541	0,546
C ₂	0,528	0,544	0,556
C ₃	0,559	0,573	0,628
Rata-Rata	0,528	0,553	0,577
Bioadsorben Tempurung Kelapa			
D ₁	0.253	0.269	0.329

Sumber: Data Primer, 2020

C_1 = konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 3,75 gr : sabut kelapa 1,25 gr
 C_2 = konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 2,5 gr : sabut kelapa 2,5 gr
 C_3 = konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 1,25 gr : sabut kelapa 3,75 gr
 t_1 = waktu kontak selama 15 menit
 t_2 = waktu kontak selama 30 menit
 t_3 = waktu kontak selama 45 menit
 D_1 = konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 5 gr
 D_2 = konsentrasi massa adsorben sabut kelapa 5 gr

Kapasitas adsorpsi bioadsorben tempurung kelapa dalam waktu pengadukan selama 15 menit sebesar 0,253 mg/g. Untuk kapasitas adsorpsi bioadsorben tempurung kelapa dalam waktu pengadukan selama 30 menit sebesar 0,329 mg/g. Sedangkan untuk kapasitas adsorpsi bioadsorben tempurung kelapa dalam waktu pengadukan selama 45 menit sebesar 0,329. Kapasitas adsorpsi bioadsorben sabut kelapa dalam waktu pengadukan selama 15 menit

Keterangan:

C_1 = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 3,75 gr : sabut kelapa 1,25 gr

C_2 = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 2,5 gr : sabut kelapa
2,5 gr

C₃ = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 1,25 gr : sabut kelapa 3,75 gr

D_1 = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 5 gr

D_2 = Konsentrasi massa adsorben sabut kelapa 5 gr

T_1 = Waktu kontak selama 15 menit

T_2 = Waktu kontak selama 30 menit

T_3 = Waktu kontak selama 45 menit

C_0 = Konsentrasi awal limbah besi (Fe) (mg/L)

C = Konsentrasi akhir limbah besi (Fe) (mg/L)

q_e = Kapasitas adsorpsi (mg/g)

Berdasarkan **Tabel 4.9**, maka dapat diperoleh grafik uji regresi linear sederhana. Grafik uji regresi linear untuk bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa akan disajikan pada **Gambar 4.7**. Untuk grafik uji linear bioadsorben tempurung kelapa akan disajikan pada **Gambar 4.8**. Sedangkan grafik uji linear bioadsorben sabut kelapa akan disajikan pada **Gambar 4.9**.

Tabel 4.10 Hasil Pengaruh Variasi Massa dan Waktu Pada Bioadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa Berdasarkan Model Isoterm Freundlich

Sampel	C0 (mg/L)	C0-C (mg/L)	C (mg/L)	qe (mg/g)	C/qe (g/L)	Log qe	Log C
Biadsorben Sabut Kelapa dan Tempurung Kelapa							
C _{1t1}	6,760	4,975	1,785	0,498	3,588	-0,303	0,252
C _{1t2}	6,760	5,405	1,355	0,541	2,507	-0,267	0,132
C _{1t3}	6,760	5,460	1,300	0,546	2,381	-0,263	0,114
C _{2t1}	6,760	5,280	1,480	0,528	2,803	-0,277	0,170
C _{2t2}	6,760	5,440	1,320	0,544	2,426	-0,264	0,121
C _{2t3}	6,760	5,560	1,200	0,556	2,158	-0,255	0,079
C _{3t1}	6,760	5,585	1,175	0,559	2,104	-0,253	0,070
C _{3t2}	6,760	5,730	1,030	0,573	1,798	-0,242	0,013
C _{3t3}	6,760	6,275	0,485	0,628	0,773	-0,202	-0,314
Bioadsorben Tempurung Kelapa							
D _{1t1}	6,760	2,530	4,230	0,253	16,719	-0,597	0,626
D _{1t2}	6,760	2,685	4,075	0,269	15,177	-0,571	0,610
D _{1t3}	6,760	3,290	3,470	0,329	10,547	-0,483	0,540
Bioadsorben Sabut Kelapa							
D _{2t1}	6,760	5,220	1,540	0,522	2,950	-0,282	0,188
D _{2t2}	6,760	5,355	1,405	0,536	2,624	-0,271	0,148
D _{2t3}	6,760	5,495	1,265	0,550	2,302	-0,260	0,102

Sumber: Data Primer, 2020

Keterangan:

C_1 = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 3,75 gr : sabut kelapa 1,25 gr

C_2 = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 2,5 gr : sabut kelapa 2,5 gr

C_3 = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 1,25 gr : sabut kelapa 3,75 gr

D_1 = Konsentrasi massa adsorben tempurung kelapa 5 gr

D_2 = Konsentrasi massa adsorben sabut kelapa 5 gr

T_1 = Waktu kontak selama 15 menit

T_2 = Waktu kontak selama 30 menit

T_3 = Waktu kontak selama 45 menit

C_0 = Konsentrasi awal limbah besi (Fe) (mg/L)

kimia dan apabila nilai n lebih kecil dari 1 maka proses adsorpsi berlangsung memuaskan melalui fisik.

4.6.3. Penentuan Model Adsorpsi

Dari hasil pemodelan isoterm adsorpsi Langmuir dan Freundlich dapat diperoleh perbandingan data yang akan disajikan pada **Tabel 4.11**.

Tabel 4.11 Perbandingan Data Isoterm Langmuir dan Isoterm Freundlich

Variasi adsorben	Isoterm Adsorpsi							
	Isoterm Langmuir				Isoterm Freundlich			
	Persamaan regresi	Nilai qm	Nilai Ka	Nilai R ²	Persamaan Regresi	Nilai n	Nilai Kf	Nilai R ²
Bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa	y = 2,1427x + 0,3678	0,4667	6,0864	0,9921	y = 5,6306x – 1,3852	0,1776	0,0412	0,9326
Bioadsorben tempurung kelapa	y = 7,9895x + 17,211	0,1252	0,4641	0,9977	y = 0,7635x + 0,1722	1,3097	1,4866	0,9985
Bioadsorben sabut kelapa	y = 2,3564x + 0,6814	0,4244	3,4578	0,9998	y = 3,8319x - 0,8934	0,2610	0,2610	0,9987

Sumber: Data Primer, 2020

Berdasarkan data pada **Tabel 4.11**, dapat disimpulkan bahwa adsorpsi besi (Fe) dengan menggunakan variasi bioadsorben tempurung kelapa dan sabut kelapa mengikuti persamaan Langmuir. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai regresi yang diperoleh paling besar sebesar 0,9921 (mendekati 1). Nilai tersebut menunjukkan bahwa penelitian ini cenderung mengikuti persamaan Langmuir yang mengasumsikan bahwa adsorpsi yang terjadi adalah adsorpsi kimia yang membentuk lapisan monolayer dan bioadsorben yang digunakan memiliki luas permukaan yang besar sehingga molekul besi (Fe) sudah dapat teradsorpsi semua

The diagram illustrates a branched chain of four glucose molecules in their cyclic Haworth projection. The first three glucose units are connected by α -1,4 glycosidic bonds, forming a linear segment. The fourth glucose unit is attached to the second unit of this segment via an α -1,6 glycosidic bond, creating a branch. Each glucose unit shows its constituent atoms: carbons (implied at vertices), hydrogens (H), hydroxyl groups (OH), and hydroxymethyl groups (CH₂OH). The branching point is clearly marked by the α -1,6 linkage.

Dari struktur selulosa tersebut, dapat diketahui bahwa selulosa berpotensi besar sebagai penjerap karena gugus OH- yang terikat dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat. Gugus OH- yang terdapat pada selulosa menyebabkan sifat polar pada adsorben tersebut sehingga selulosa lebih kuat menyerap zat yang bersifat polar dibandingkan kurang polar (Harni dkk, 2015).

DAFTAR PUSTAKA

- 78

- Beenakumari, K S. 2009. Removal of Iron from Water Using Modified Coconut Shell Charcoal as Adsorbent. 4(2): 321–326.
- Edwin, A, S. Vinal Kumar, Vanapali Bharath, Ashwin Tiwari, and Yanamadala Aravind. 2018. Removal of Fluoride from Treated Effluent Using Coco Fibre Ash. *International Journal of Pure and Applied Mathematics*. 118(22): 705–1712.
- Erawati, Emi, dan Ardiansyah Fernando. 2018. Pengaruh Jenis Aktivator dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorben dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria*). *Jurnal Intergrasi Proses*. 7(2): 58–66.
- Fadlilah, Ilma, Agus Prasetya, dan Panut Mulyono. 2018. Recovery Ion Hg^{2+} dari Limbah Cair Industri Penambangan Emas Rakyat dengan Metode Presipitasi Sulfida dan Hidroksida. *Jurnal Rekayasa Proses*. 12(1): 23–31.
- Gelyaman, Gebhardus Djugian. 2018. Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Bioavailabilitas Besi bagi Tumbuhan. 1(1): 17–19.
- Handoko, Chanel Tri, Tri Budi Yanti, Halimatus Syadiyah, and Siti Marwati. 2013. Penggunaan Metode Presipitasi untuk Menurunkan Kadar Cu dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede. 18(2): 1–13.
- 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.
- Huang, Yang, Shunxing Li, Haibin Lin, and Jianhua Chen. 2014. Fabrication and Characterization of Mesoporous Activated Carbon from Lemna Minor Using One-Step H_3PO_4 Activation for Pb(II) Removal. *Applied Surface Science*. 317: 422–431.
- Islamuddin, Rajneesh K Gautam, and Shaista Fatima. 2016. Removal Of Fluoride From Drinking Water By Coconut Husk As Natural Adsorbent. *International Journal of Engineering Science and Research Technology*. 5(10): 841–846.

- Istighfarini, Sri Ayu Emy, Syarfi Daud, dan Edward Hs. 2017. Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe pada Air Gambut. *Jom FTEKNIK*. 4(1): 1–8.
- Iyshwarya, P, R G Ramya Gayathri, and N Sangeetha. 2016. Removal of Iron Content from Drinking Water By Using Coconut Coir and Sugar Bagasse. 3–7.
- Kamarati, Kiamah Fathirizki, Marlon Ivanhoe, dan M Sumaryono. 2018. Kandungan Logam Berat Besi (Fe), Timbal (Pb) dan Mangan (Mn) pada Air Sungai Santan. 4(1): 49–56.
- Karim, M. A., Juniar, H., dan Ambarsari, M. F. 2018. Adsorpsi Ion Logam Fe dalam Limbah Tekstil Sintesis dengan Menggunakan Metode *Batch*. *Jurnal Distilasi*. 2(2): 68-81.
- Kurniasari, L, I Riwayati, dan Suwardiyono. 2012. Pektin Sebagai Alternatif Bahan Baku Biosorben Logam Berat. *Momentum*. 8(1): 1–5.
- Maghfirana, Cendekia Aghni. 2019. Kemampuan Adsorpsi Karbon Aktif dari Limbah Kulit Singkong Terhadap Logam Timbal (Pb) Menggunakan Sistem Kontinyu. Universitas Islam Negeri Sunan Ampel.
- Mandasari, Istifiarti, dan Alfian Purnomo. 2016. Penurunan Ion Besi (Fe) dan Mangan (Mn) dalam Air dengan Serbuk Gergaji Kayu Kamper. *Jurnal Teknik ITS*. 5(1): 11–16.
- Mastiani, Neng, Vina Amalia, dan Tina Dewi Rosahdi. 2018. Potensi Penggunaan Tempurung Kelapa sebagai Adsorben Ion Logam Fe(III). *al-Kimiya*. 5(1): 42–47.
- Nasir, Neni Sri Wahyuni, Nurhaeni, dan Musafira. 2014. Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Pisang Kepok (Musa Normalis) Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Angka Peroksida dan Asam Lemak Bebas Minyak Goreng Bekas. *Jurnal of Natural Science*. 3(1): 18–30.
- Nasori, Achmad Sofian. 2016. Aplikasi Teknologi Membran dalam Pemisahan Protein. 1–7.

- Nuraini, Santi. 2017. Pengolahan Limbah Air Industri dengan Lumpur Aktif dan Karbon Aktif. <http://rgdoi.net/10.13140/RG.2.2.11965.67047>, accessed March 11, 2020.
- Pari, Gustan, dan Ilah Sailah. 2001. Pembuatan Arang Aktif dari Sabut Kelapa Sawit dengan Bahan Pengaktif NH_4HCO_3 Dan $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ Dosis Rendah. *Buletin Penelitian Hasil Hutan*. 19(4): 231–244.
- Patel, Himanshu. 2019. Fixed-Bed Column Adsorption Study: A Comprehensive Review. *Applied Water Science*. 9(45): 1–17.
- Permadi, Muhammad Ilham. 2019. Pemanfaatan Bambu Air (*Equisetum Sp.*) Untuk Menurunkan Kadar Timbal (Pb) Menggunakan Fitoremediasi Sistem Batch. Uin Sunan Ampel Surabaya.
- Polii, Fahri Ferdinand. 2017. Pengaruh Suhu dan Lama Aktivasi Terhadap Mutu Arang Aktif dari Kayu Kelapa. (Effects of Activation Temperature and Duration Time on the Quality of the Active Charcoal of Coconut Wood). *Jurnal Industri Hasil Perkebunan*. 12(2): 21–28.
- Pujiastuti, C. 2008. Kajian Penurunan Ca dan Mg Dalam Air Laut Menggunakan Resin (Dowex). 3(1): 199–206.
- Ramli, Munasprianto, Buchori Muslim, dan Silvi Nur Fajriah. 2019. Integrasi Pencemaran Logam Berat Dan Islam Menggunakan Metode 4-STMD. *Jurnal As-Salam*. 3(3): 102–115.
- Ratnaningrum, Hana. 2011. Biosorpsi Kromium Heksavalen Menggunakan Konsorsium Mikroalga Terimmobilisasi. Insitut Teknologi Bandung.
- Shafirinia, Rahma, Irawan Wisnu Wardana, dan Wiharyanto Oktiawan. 2016. Pengaruh Variasi Ukuran Adsorben dan Debit Aliran Terhadap Penurunan Khrom (Cr) dan Tembaga (Cu) dengan Arang Aktif dari Limbah Kulit Pisang pada Limbah Cair Industri Pelapisan Logam (Elektroplanting) Krom. 5(1): 1–9.
- Sheena, K.N, and K.K Bhavia. 2018. Removal of Iron from Ground Water Using Natural Adsorbents. *International Journal of Science and Research*. 7(5): 432–436.

- Sidabutar, Yuti Marpuria. 2019. Studi Adsorpsi Fe dan Mn pada Air Sumur Menggunakan Karbon Aktif Pelepah Kelapa Sawit Sebagai Adsorben. Universitas Sumatera Utara.
- Siregar, Khoirin Nissa Azhar. 2019. Penyisiran Logam Berat Pb (II) dan Cd (II) dengan Adsorben yang Dibuat dari Serbuk Kayu yang Diaktivasi dengan H_3PO_4 . Universitas Sumatera Utara.
- Siswarni MZ, Lara Indra Ranita, dan Dandri Safitri. 2017. Pembuatan Biosorben dari Biji Pepaya (*Carica papaya L*) Untuk Penyerapan Zat Warna. *Jurnal Teknik Kimia USU*. 6(2): 7–13.
- Situmorang, Tiur Malinda, dan Rakhmawati Farma. 2013. Pengaruh Aktivator Kimia Terhadap Kualitas Karbon Aktif dari Kulit Singkong Sebagai Bahan Penyerap Logam Berat. 1–5.
- Song, Min, Yuexing Wei, Shipan Cai, *et al.*, 2018. Study on Adsorption Properties and Mechanism of Pb^{2+} with Different Carbon Based Adsorbents. *Science of The Total Environment*. 618: 1416–1422.
- Sudiarta, I Wayan, dan Dwi Ariani Yulihastuti. 2010. Biosorpsi Kromium (VI) pada Serat Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*). 4(2): 158–166.
- Sudiarti, Tety, Gina Giftia A Delilah, dan Rohmanur Aziz. 2018. Besi Dalam Al Qur'an dan Sains Kimia (Analisis Teoritis dan Praktis Mengenai Besi dan Upaya Mengatasi Korosi pada Besi). 5(1): 7–16.
- Supriyantini, Endang, dan Hadi Endrawati. 2015. Kandungan Logam Berat Besi (Fe) pada Air, Sedimen, Dan Kerang Hijau (*Perna viridis*) di Perairan Tanjung Emas Semarang. *Jurnal Kelautan Tropis*. 18(1): 38–45.
- Udin, Yuniati. 2015. Biosorpsi Kadmium (Cd) pada Serat Sabut Kelapa Hijau (*Cocos nucifera*) Teraktivasi Natrium Hidroksida (NaOH). Universitas Islam Negeri Alauddin Makassar.
- Utomo, Suratmin. 2014. Pengaruh Waktu Aktivasi dan Ukuran Partikel Terhadap Daya Serap Karbon Aktif dari Kulit Singkong dengan Aktivator NaOH. 1–4.
- Wardani, Gatut Ari, Dea Dara Pamungkas, Winda Trisna Wulandari, dan Fajar Setiawan. 2018. Pengaruh Waktu Kontak dan Keasaman Terhadap Daya

