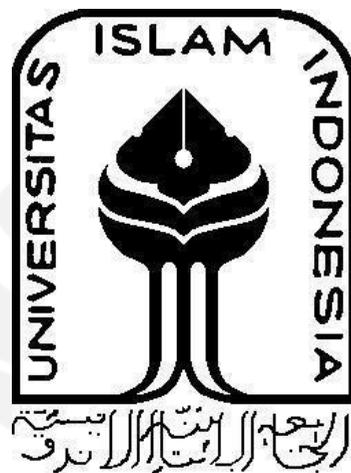


TUGAS AKHIR

**PENGUNAAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH
CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENYERAP ZAT BESI
DAN MANGAN PADA AIR SUMUR**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan**



NABIL MUSHTHAFA

18513040

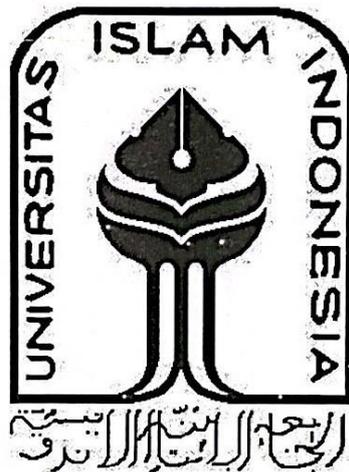
**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2022

TUGAS AKHIR

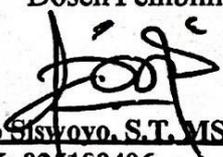
PENGGUNAAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENYERAP ZAT BESI DAN MANGAN PADA AIR SUMUR

Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia untuk Memenuhi Persyaratan
Memperoleh Derajat Sarjana (S1) Teknik Lingkungan

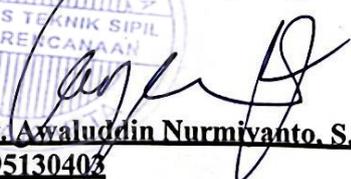


NABIL MUSHTHAFA
18513040

Disetujui,
Dosen Pembimbing


Eko Siswoyo, S.T., MSc., ES., Ph.D.
NIK: 025100406
Tanggal: 22/12/2022

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Lingkungan FTSP UII


Dr. Eng. Awaluddin Nurmiyanto, S.T., M. Eng
NIK: 095130402
Tanggal: 23/12/2022

HALAMAN PENGESAHAN

PENGUNAAN KARBON AKTIF DARI LIMBAH CANGKANG SAWIT SEBAGAI PENYERAP ZAT BESI DAN MANGAN PADA AIR SUMUR

Telah diterima dan disahkan oleh Tim Penguji

Hari: Rabu

Tanggal: 14 Desember 2022

Disusun Oleh:

NABIL MUSHTHAFA
18513040

Tim Penguji:

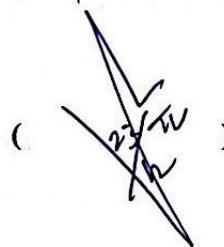
Eko Siswoyo, S.T., M.Sc.ES., Ph.D

()

Puji Lestari, S.Si., M.Sc., Ph.D

()

Dr. Andik Yulianto, S.T., M.T.

()

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

Karya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik apapun, baik di Universitas Islam Indonesia maupun di perguruan tinggi lainnya.

1. Karya tulis ini adalah merupakan gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain kecuali arahan Dosen Pembimbing.
2. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama penulis dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
3. Program software komputer yang digunakan dalam penelitian ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya, bukan tanggung jawab Universitas Islam Indonesia.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dengan pencabutan gelar yang sudah diperoleh,serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi.

Yogyakarta, 15 Agustus 2022


METERAN
TEMPEL
D5140AKX166270968
NABIL MUSHTHAFA
18513040

PRAKATA

Alhamdulillah rabbil alamin penulis ucapkan kepada Allah SWT atas segala berkah dan karunia-Nya sehingga tugas akhir ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak 08 Juni 2022 ini adalah Penggunaan Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Sawit Sebagai Penyerap Zat Besi Dan Mangan Pada Air Sumur. Laporan Skripsi ini disusun untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar sarjana di Program Studi Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia.

Laporan tugas akhir ini tidak akan selesai tanpa bimbingan serta dukungan dari berbagai pihak. Penulis mengucapkan terimakasih sebanyak-banyaknya kepada :

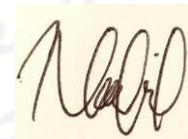
1. Bapak Eko Siswoyo, ST, MSc.ES, MSc, Ph.D. yang selalu membimbing, mengajarkan, dan memberikan nasehat baik dari akademik, non akademik, hingga tugas akhir ini.
2. Pengurus Laboratorium Teknik Lingkungan FTSP UII yang telah membantu penulis selama perkuliahan hingga pengerjaan tugas akhir.
3. Ben Candra dan Haryati selaku ayah dan bunda penulis yang selalu memberikan dukungan, wejangan, serta doa yang tak ada habisnya dari lahir hingga sekarang, serta Puti Farah Diba adik penulis yang sangat penulis sayangi dan cintai.
4. Carisa Ardelia yang sudah banyak membantu, menemani dan memenuhi segala kebutuhan penulis dalam pengerjaan Tugas Akhir.
5. Om Eky yang sudah meminjamkan cawan krusibelnya untuk penulis gunakan selama pengerjaan Tugas Akhir.
6. Farah, Rio dan Fathur anak bimbingan Pak Eko periode Maret yang sudah rela bersabar menghadapi penulis selama bekerja di laboratorium.
7. Putri dan Tata yang sudah banyak mengajarkan penulis dalam pengerjaan Tugas

Akhir dari awal hingga akhir.

8. Iceng Alfandi Indra yang sudah bersedia untuk diambil sampel air sumur di rumahnya.
9. Teman-teman seperjuangan periode Maret yang sudah mewarnai hari-hari penulis selama di laboratorium.
10. Gondes TL, Khomers dan KBW yang selalu terbuka menyediakan tempat untuk penulis disaat apapun.
11. Keluarga satu tingkat Program Studi Teknik Lingkungan angkatan 2018 yang selalu memberi dukungan penuh selama masa kuliah penulis.
12. Kendaraan perang aerox biru milik penulis yang sudah mencapai 24 ribu km odometernya dalam 4 tahun selama berkuliah, mengantarkan penulis mengelilingi Jogja dan mencari ilmu di TL UII.

Penulis sadar sepenuhnya apabila laporan tugas akhir ini jauh dari sempurna. Maka dari itu, kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk laporan ini agar lebih mendekati sempurna. Semoga laporan ini dapat menjadi referensi penelitian yang berguna untuk kedepannya.

Yogyakarta, 6 Agustus 2022



NABIL MUSHTHAFA

ABSTRAK

Nabil Mushthafa. Penggunaan Karbon Aktif Dari Limbah Cangkang Sawit Sebagai Penyerap Zat Besi Dan Mangan Pada Air Sumur.

Eko Siswoyo, ST, M.Sc,ES, Ph.D.

Limbah padat yang dihasilkan dari industri pengolahan kelapa sawit Indonesia masih belum dimanfaatkan sepenuhnya. Selain itu masih banyak masyarakat di Indonesia yang belum terlayani Perusahaan Air Minum (PAM) dan bergantung pada air sumur. Penelitian dilakukan dengan menggunakan adsorben limbah cangkang sawit yang diolah menjadi karbon aktif. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan karbon aktif dari limbah cangkang sawit dalam proses adsorpsi zat besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air. Pengujian karakteristik adsorben dilakukan menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron Microscope* (SEM). Proses adsorpsi dilakukan melalui tahapan variasi massa, pH, waktu kontak, konsentrasi dan pengujian langsung pada air sumur menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Hasil pengujian FTIR didapatkan gugus cincin aromatik (C=C) pada adsorben limbah cangkang sawit. Pada hasil Uji SEM didapatkan ukuran pori adsorben yang berkisar antara 885 nano mikron sampai dengan 2,75 mikron dengan perbesaran 5.000 kali. Hasil uji adsorpsi menunjukkan bahwa karbon aktif dari limbah cangkang sawit memiliki kandungan gugus fungsi yang dapat mengikat logam besi (Fe) dan mangan (Mn) dengan kondisi optimum massa adsorben 50mg, pH5, waktu kontak 30-60 menit, konsentrasi 100 mg/l dan uji coba pada air sumur mampu menurunkan kandungan Fe dari 0,232 mg/l menjadi 0,005 mg/l dengan persentase (%) *removal* sebesar 97,89%. Berdasarkan hasil penelitian, limbah cangkang sawit dapat dijadikan adsorben untuk pengurangan kadar besi (Fe) dan mangan (Mn) pada air sumur.

Kata kunci: Adsorpsi, Cangkang Sawit, Logam Berat Besi (Fe) dan Mangan (Mn)



“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ABSTRACT

Nabil Mushthafa. *Use of Activated Carbon From Palm Oil Shell Waste As Absorber Of Iron And Manganese In Well Water.*

Eko Siswoyo, ST, M.Sc, ES, Ph.D.

Solid waste generated from the Indonesian palm oil industry is not fully utilized as a product that has a selling value. In addition, there are many people in Indonesia who have not been served by the Drinking Water Company (PAM) and depend on well water. The research was conducted using palm shell waste adsorbents which were processed into activated carbon. This study aims to determine how effective the use of activated carbon from palm shell waste is in the adsorption process of iron (Fe) and manganese (Mn) in water. Testing the characteristics of the adsorbent was conducted using the Fourier Transform Infrared (FTIR) and Scanning Electron Microscope (SEM) instruments. The adsorption process was carried out through the stages of mass variation, pH, contact time, concentration and direct testing on well water using the Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS) instrument. The FTIR test results obtained aromatic ring groups (C=C) in the adsorbent of palm oil shell waste. The results of the SEM test showed that the pore size of the adsorbent ranged from 885 nano microns to 2.75 microns with a magnification of 5.000 times. The adsorption test results showed that the activated carbon from palm oil shell waste contains functional groups that can bind iron (Fe) and manganese (Mn) metals with optimum conditions of adsorbent mass of 50 mg, pH 5, contact time of 30-60 minutes, concentration of 100 mg/l and trials on well water were able to reduce the Fe content from 0.232 mg/l to 0.005 mg/l with a percentage (%) removal of 97.89%. Based on the research results, palm oil shell waste can be used as an adsorbent to reduce iron (Fe) and manganese (Mn) levels in well water.

Keywords: Adsorption, Palm Oil Shell, Heavy Metal Iron (Fe) and Manganese (Mn)

DAFTAR ISI

Contents

| | |
|---|------------------------------|
| TUGAS AKHIR..... | Error! Bookmark not defined. |
| HALAMAN PENGESAHAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| PERNYATAAN..... | Error! Bookmark not defined. |
| PRAKATA..... | v |
| ABSTRAK..... | vii |
| <i>ABSTRACT</i> | ix |
| DAFTAR ISI..... | x |
| DAFTAR TABEL..... | xii |
| DAFTAR GAMBAR..... | xiii |
| BAB I PENDAHULUAN..... | 1 |
| 1.1 Latar Belakang..... | 1 |
| 1.2 Rumusan Masalah..... | 3 |
| 1.3 Tujuan Penelitian..... | 3 |
| 1.4 Manfaat Penelitian..... | 3 |
| 1.5 Ruang Lingkup..... | 4 |
| 1.6 Kerangka Berpikir..... | 4 |
| BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... | 5 |
| 2.1 Karbon Aktif..... | 5 |
| 2.2 Besi (Fe)..... | 6 |
| 2.3 Mangan (Mn)..... | 6 |
| 2.4 Adsorpsi..... | 7 |
| 2.5 Fourier Transform Infrared (FTIR)..... | 7 |
| 2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)..... | 7 |
| 2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)..... | 8 |
| BAB III METODE PENELITIAN..... | 9 |
| 3.1 Prosedur Penelitian..... | 9 |
| 3.1.1 Preparasi Adsorben..... | 10 |
| 3.1.2 Pembuatan Larutan besi (Fe) dan mangan (Mn) 10 ppm..... | 11 |
| 3.1.3 Karakterisasi adsorben..... | 11 |
| 3.1.4 Menentukan Massa Optimum..... | 12 |
| 3.1.5 Menentukan pH Optimum..... | 14 |
| 3.1.6 Penentuan Waktu Kontak Optimum..... | 15 |

| | | |
|---|---|-----------|
| 3.1.7 | Menentukan Efisiensi Penyisihan | 16 |
| 3.1.8 | Pengujian Langsung Pada Air Sumur | 17 |
| 3.2 | Tempat dan Waktu Penelitian..... | 18 |
| 3.3 | Alat dan Bahan..... | 18 |
| 3.4 | Variabel Penelitian | 19 |
| 3.5 | Analisis Efisiensi Kemampuan Adsorben | 20 |
| BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN..... | | 21 |
| 4.1 | Karakterisasi Adsorben | 21 |
| 4.1.1 | Fourier Transform Infrared (FTIR)..... | 21 |
| 4.1.2 | Scanning Electron Microscope (SEM) | 23 |
| 4.2 | Larutan Induk Fe (III)..... | 25 |
| 4.3 | Larutan Induk Mn (II) | 25 |
| 4.4 | Penentuan Kondisi Optimum | 26 |
| 4.4.1 | Variasi Massa Adsorben | 26 |
| 4.4.2 | Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH)..... | 29 |
| 4.4.3 | Variasi Waktu Kontak..... | 33 |
| 4.4.4 | Variasi Konsentrasi | 36 |
| 4.5 | Keseimbangan Adsorpsi..... | 38 |
| 4.6 | Isoterm Adsorpsi | 39 |
| 4.7 | Uji Coba Pada Air Sumur..... | 45 |
| BAB V KESIMPULAN DAN SARAN | | 47 |
| 5.1 | Kesimpulan | 47 |
| 5.2 | Saran | 47 |
| DAFTAR PUSTAKA | | 49 |
| LAMPIRAN I PERHITUNGAN | | 52 |
| LAMPIRAN II DOKUMENTASI | | 55 |

DAFTAR TABEL

| | |
|---|----|
| Tabel 2. 1 SNI Arang Aktif Teknis..... | 5 |
| Tabel 4. 1 Klasifikasi Gugus Fungsi Adsorben | 23 |
| Tabel 4. 2 Data Percobaan Variasi Massa Larutan Fe | 26 |
| Tabel 4. 3 Data Percobaan Variasi Massa Larutan Mn..... | 28 |
| Tabel 4. 4 Data Percobaan Variasi pH Larutan Fe..... | 30 |
| Tabel 4. 5 Data Percobaan Variasi pH Larutan Mn | 31 |
| Tabel 4. 6 Data Percobaan Variasi Waktu Kontak Larutan Fe | 33 |
| Tabel 4. 7 Data Percobaan Variasi Waktu Kontak Larutan Mn | 35 |
| Tabel 4. 8 Data Percobaan Variasi Konsentrasi Larutan Fe | 36 |
| Tabel 4. 9 Data Percobaan Variasi Konsentrasi Larutan Mn..... | 37 |
| Tabel 4. 10 Perhitungan Isoterm Langmuir Fe dan Mn | 41 |
| Tabel 4. 11 Perhitungan Isoterm Freundlich..... | 43 |

DAFTAR GAMBAR

| | |
|---|-------------------------------------|
| Gambar 1. 1 Skema Kerangka Berpikir | Error! Bookmark not defined. |
| Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian | 9 |
| Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan Adsorben | 10 |
| Gambar 3. 3 Diagram Alir Karakterisasi Adsorben..... | 12 |
| Gambar 3. 4 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum | 13 |
| Gambar 3. 5 Diagram Alir Penentuan pH Optimum..... | 14 |
| Gambar 3. 6 Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak Optimum..... | 15 |
| Gambar 3. 7 Diagram Alir Menentukan Efisiensi Penyisihan..... | 16 |
| Gambar 3. 8 Diagram Alir Pengujian Pada Air Sumur..... | 17 |
| Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR Sebelum dan Sesudah Adsorpsi | 22 |
| Gambar 4. 2 Permukaan Adsorben Karbon Aktif Limbah Cangkang Sawit (a) Sebelum Digunakan dan (b) Sesudah Digunakan..... | 25 |
| Gambar 4. 3 Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Persentase (%) Removal Kadar Fe..... | 27 |
| Gambar 4. 4 Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Persentase (%) Removal Kadar Mn..... | 29 |
| Gambar 4. 5 Hubungan Variasi Nilai Deraja Keasaman (pH) Terhadap Persentase (%) Removal Kadar Fe..... | 31 |
| Gambar 4. 6 Hubungan Variasi Nilai Deraja Keasaman (pH) Terhadap Persentase (%) Removal Kadar Mn..... | 32 |
| Gambar 4. 7 Hubungan Variasi Waktu Kontak Terhadap Persentase (%) Removal Kadar Fe..... | 34 |
| Gambar 4. 8 Hubungan Variasi Waktu Kontak Terhadap Persentase (%) Removal Kadar Mn | 35 |
| Gambar 4. 9 Hubungan Variasi Konsentrasi Fe Terhadap Persentase (%) Removal | 37 |
| Gambar 4. 10 Hubungan Variasi Konsentrasi Mn Terhadap Persentase (%) Removal | 38 |
| Gambar 4. 11 Kurva Keseimbangan Fe dan Mn..... | 39 |

| | |
|--|----|
| Gambar 4. 12 Isoterm Langmuir Fe..... | 42 |
| Gambar 4. 13 Isoterm Langmuir Mn | 43 |
| Gambar 4. 14 Isoterm Freundlich Fe | 44 |
| Gambar 4. 15 Isoterm Freundlich Mn..... | 45 |



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Air merupakan kebutuhan paling penting dalam keberlangsungan hidup manusia di dunia. Satu orang manusia memiliki hak dasar atas air 60 liter per harinya. Kita juga sudah mengetahui dengan jelas bahwa jumlah penduduk khususnya di Indonesia semakin meningkat tiap tahunnya. Dengan meningkatnya jumlah penduduk, kebutuhan akan air bersih tentunya juga akan ikut meningkat. Maka dari itu apabila kebutuhan akan air belum tercukupi maka dapat mengakibatkan dampak yang besar terhadap kerawanan kesehatan maupun sosial. Pengadaan air bersih di Indonesia terutama dalam skala besar masih terpusat di daerah perkotaan saja dan dikelola oleh Perusahaan Air Minum (PAM) kota yang bersangkutan. Namun demikian secara nasional jumlahnya tergolong masih kurang dan dapat dikatakan relatif kecil yakni 10,77 %. Khusus daerah yang masih belum mendapatkan pelayanan air bersih dari PAM, rata-rata dari mereka menggunakan air tanah atau dalam kata lain sumur, air sungai, air hujan, air sumber (mata air) dan lain sebagainya. Permasalahan yang ada dan sering ditemui bahwa kualitas dari air tanah yang digunakan masyarakat masih belum memenuhi syarat sebagai air bersih dan air minum yang sehat untuk dapat diminum berdasarkan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor: 492/Menkes/Per/IV/2010. Salah satu zat berbahaya yang terkandung dalam air tanah adalah zat besi dan mangan yang tinggi. Untuk standar zat besi yang aman menurut WHO pada air minum adalah tidak lebih dari 0,1mg/l, sementara untuk mangan menurut WHO dan Amerika Serikat adalah 0,05mg/l (Said, 2005).

Pada umumnya tubuh manusia memang memerlukan zat besi. Jika tubuh kekurangan zat besi dapat menyebabkan penyakit anemia, tetapi apabila zat besi masuk ke tubuh dengan tidak terkontrol dan sampai berlebihan, maka penyakit lain sudah hampir pasti menjadi jaminannya. Kelebihan zat besi yang masuk ke dalam

tubuh menjadi salah satu penyebab utama terjadinya penyakit alzheimer dan epilepsi. Selain penyakit yang telah disebutkan ada penyakit lain lagi yaitu diantaranya adalah kanker kolon, keracunan zat besi, hemokromatosis, diabetes, serangan jantung dan kerusakan pada organ hati. Sama halnya dengan zat besi, zat mangan juga dibutuhkan oleh tubuh dan memiliki peran penting dalam menangkal radikal bebas, mengatur glukosa dalam darah dan membantu melancarkan metabolisme tubuh, akan tetapi bila zat mangan masuk ke tubuh secara berlebihan dapat menyebabkan gangguan pada fungsi kerja otak dan saluran pernapasan. Selain itu ada efek lain yang ditimbulkan dari kelebihan mangan di tubuh yaitu diantaranya intoleransi glukosa, masalah pembekuan darah, gangguan neurologis dan pada pria dapat menyebabkan impotensi (Lestari & Lipoeto, 2017).

Ada banyak cara untuk mengurangi zat besi dan mangan, cara yang sering dilakukan di dalam industri pengolahan air minum antara lain yakni proses aerasi-filtrasi, proses khlorinasi-filtrasi, proses oksidasi kalium permanganat dan filtrasi menggunakan mangan zeolit. Kebanyakan cara-cara yang dilakukan untuk mengurangi kandungan zat besi dan mangan dikhususkan pada perusahaan air minum domestik dan belum banyak yang mengaplikasikannya dalam skala yang lebih kecil seperti pada air sumur pribadi karena biayanya yang cukup besar. Dengan berlimpahnya limbah cangkang sawit di Indonesia, seharusnya limbah ini bisa dimanfaatkan dalam mengatasi masalah pada air sumur pribadi terutama kandungan besi dan mangan berlebih dengan biaya yang tidak terlalu besar (Viana dkk 2020).

Penelitian terdahulu tentang penggunaan cangkang sawit yang dijadikan karbon aktif seperti yang dilakukan oleh Gultom & Lubis dalam penelitian Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Activator H_3PO_4 Untuk Penyerapan Logam berat Cd dan Pb menunjukkan bahwa logam berat dengan konsentrasi 10 ppm yang diuji serap karbon aktif menggunakan atomic adsorbtion spectrophotometric (AAS) dengan waktu 40 menit dan pH 3-4 adalah hasil penyerapan paling maksimum. Daya serap logam berat Cd dan Pb mencapai 84,61% dan 80,13%. Daya serap dari karbon aktif cangkang sawit sangat tinggi untuk logam berat Cd dan Pb (Gultom & Lubis, 2014).

1.2 Rumusan Masalah

Kebanyakan masyarakat yang tinggal di daerah yang belum mendapatkan akses air bersih dari PAM bergantung pada air sumur. Air sumur yang digunakan oleh masyarakat kebanyakan masih belum memenuhi standar layak minum. Salah satu zat berbahaya yang terkandung pada air sumur adalah zat besi dan mangan berlebih. Di lain sisi limbah cangkang sawit juga menjadi masalah karena jumlahnya yang melimpah dan belum dapat dimanfaatkan secara lebih luas. Limbah cangkang sawit ini dapat diolah menjadi karbon aktif yang dapat menyerap zat besi dan mangan berlebih pada air sumur. Dari latar belakang ini terdapat rumusan masalah sebagai berikut.

- a. Seberapa besar kandungan besi dan mangan pada air sumur?
- b. Seberapa efektif penggunaan karbon aktif dari limbah cangkang sawit dalam mengurangi kandungan besi (Fe) dan mangan (Mn)?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut merupakan beberapa tujuan dari tugas akhir ini.

- a. Mengetahui kandungan besi dan mangan pada air sumur.
- b. Mengetahui seberapa efektif karbon aktif dalam mengurangi kandungan besi dan mangan.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang didapat dari tugas akhir ini, baik dari perguruan tinggi, masyarakat dan pemerintah.

- a. Perguruan tinggi

Hasil akhir dari penelitian ini dapat digunakan sebagai referensi dalam pembelajaran terkait dengan teknologi alternatif dalam menyelesaikan permasalahan air.

- b. Masyarakat

Dapat menjadi referensi, pemahaman dan pilihan untuk menyelesaikan permasalahan air sumur pribadi.

c. Pemerintah

Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi masukan atau pertimbangan bagi pemerintah dalam pengolahan limbah cangkang sawit dan menjadi teknologi alternatif di daerah yang belum terlayani PAM.

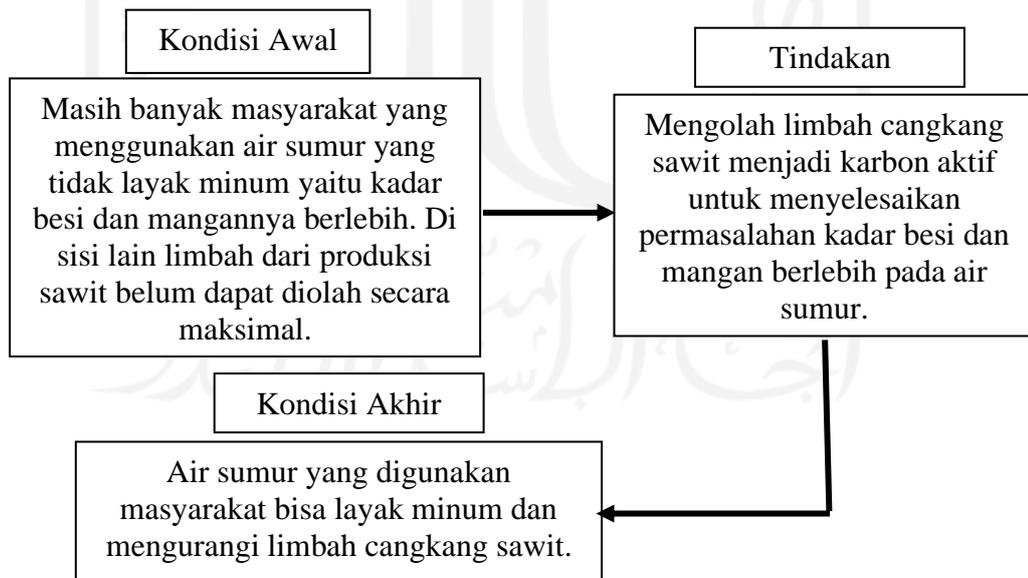
1.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup adalah batasan yang terdapat pada permasalahan. Berikut merupakan ruang lingkup yang ada pada tugas akhir ini.

- a. Mengetahui cara membuat dan mengetahui keefektifan dari karbon aktif dalam mengurangi zat besi dan mangan pada air sumur dan mengaplikasikannya pada air sumur agar layak minum.
- b. Data pelengkap lainnya dapat diperoleh melalui buku, jurnal, *website* resmi dan sebagainya untuk membantu menyelesaikan penyusunan laporan akhir.

1.6 Kerangka Berpikir

Berikut merupakan kerangka berpikir untuk memahami alur dari penelitian ini sebagaimana terlihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1. 1 Skema kerangka berpikir

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Karbon Aktif

Karbon aktif adalah senyawa amorf yang terbentuk dari bahan yang berisi karbon, atau juga arang yang diperlakukan secara khusus agar mendapatkan daya adsorpsi yang tinggi. Karbon aktif memiliki kemampuan mengadsorpsi gas dan senyawa kimia tertentu tergantung pada besar pori-pori dan luas permukaannya. Berbagai macam bentuk pori karbon aktif contohnya silinder, persegi panjang dan juga bentuk yang tidak teratur lainnya. Ketika dilakukan aktivasi, gugus fungsi dapat terbentuk pada karbon aktif, yang disebabkan terjadinya interaksi radikal bebas pada permukaan karbon dengan atom-atom seperti oksigen dan nitrogen, yang berasal dari proses pengolahan ataupun atmosfer. Gugus fungsi yang terbentuk menjadikan permukaan karbon aktif menjadi reaktif secara kimiawi dan dapat mempengaruhi sifat adsorpsinya (Saputro, 2006). Berikut adalah Standar Nasional Indonesia tentang arang aktif teknis sebagaimana terlihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2. 1 SNI Arang Aktif Teknis

| No. | Uraian | Satuan | Persyaratan | |
|-----|---|---------|-------------|---------|
| | | | Butiran | Serbuk |
| 1. | Bagian yang hilang pada pemanasan 950 ° | % | Max 15 | Max 25 |
| 2. | Kadar air | % | Max 4,5 | Max 15 |
| 3. | Kadar abu | % | Max 2,5 | |
| 4. | Daya serap terhadap larutan | mg/gram | Min 750 | Min 750 |
| 5. | Karbon aktif murni | % | Min 80 | Min 65 |

(SNI. 06-3703-1995)

2.2 Besi (Fe)

Besi merupakan elemen kimiawi yang dapat ditemukan di setiap lapisan geologis dan badan air. Besi yang terdapat di dalam air umumnya merupakan besi yang bersifat terlarut yaitu Fe^{2+} (fero) atau Fe^{3+} (feri) tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter $< 1 \mu\text{m}$) atau lebih besar, seperti Fe_2O_3 , FeO , FeOH_2 , FeOH_3 dan sebagainya bergabung dengan zat organis atau zat padat yang inorganik (seperti tanah liat). Kadar fe jauh lebih tinggi di dalam tanah dibandingkan di air, Kadar fe yang melebihi 1 mg/l sangat jarang di temui di permukaan air.

Besi di dalam tanah dan batuan sebagai ferioksida Fe_2O_3 dan ferihidroksida FeOH_3 , di dalam air besi berbentuk ferobikarbonat FeHCO_3^2 , ferohidroksida FeOH_2 , ferosulfat FeSO_4 dan besi organik kompleks. Besi yang terkandung di dalam air tanah adalah besi terlarut berbentuk ferro Fe^{2+} . Air tanah yang kontak dengan udara maka besi di dalam air tanah (Fe^{2+}) akan menjadi ferihidroksida FeOH_4^3 .

2.3 Mangan (Mn)

Mangan adalah unsur logam golongan VII, memiliki berat atom 54,93, titik lebur 12470C dan titik didih 20320C (BPPT,2004). Mangan merupakan metal yang memiliki warna kelabu kemerahan, mangan umumnya ditemui dengan berbagai macam valensi. Air yang mengandung mangan (Mn) dapat menimbulkan warna kecoklatan, ungu, hitam hingga kekeruhan, dan juga dapat menimbulkan rasa di air.

Konsentrasi mangan yang diizinkan di dalam air untuk keperluan domestic yaitu sebesar 0,05 mg/l. Mangan dengan konsentrasi rendah relatif sudah tampak sifat toksisitas. Pada pH tinggi dengan kondisi aerob terbentuk mangan yang tidak terlarut seperti MnO_2 , Mn_3O_4 atau MnCO_3 meskipun oksidasi dari Mn^{2+} itu berjalan relatif lambat. Air dari sumber tambang asam dapat mengandung mangan terlarut sebesar $\pm 1 \text{ mg/l}$.

2.4 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan peristiwa penyerapan suatu zat pada permukaan zat lain. Zat yang diserap disebut adsorbat dan zat yang menyerap disebut adsorben. Adsorpsi dapat terjadi antara zat cair dan gas, zat cair dan zat padat, zat padat dan zat padat. Secara umum adsorpsi adalah penggumpalan substansi terlarut yang berada di dalam larutan oleh zat penyerap. Adsorpsi juga masuknya bahan yang mengumpul dalam suatu zat padat. Keduanya sering muncul secara bersama dengan suatu proses dan disebut dengan sorpsi. Adsorpsi maupun absorpsi sebagai sorpsi terjadi di tanah liat maupun padatan lainnya, unit operasinya dikenal dengan adsorpsi (Giyatmi, 2008).

2.5 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR) atau spektroskopi infra merah adalah metode yang umumnya digunakan untuk mengidentifikasi suatu senyawa, mengetahui gugus fungsional dan menentukan struktur molekul, kemurnian, serta mempelajari reaksi yang berlangsung. FTIR mengamati dan menganalisa senyawa-senyawa organik, polimer, coating atau pelapisan, material semi konduktor, sampel biologi, dan mineral pada suatu komposisi kimia. Komposisi kimia yang diamati dan dianalisis berada pada daerah panjang gelombang 0,75 – 1.000 μm atau pada Bilangan Gelombang 13.000 – 10 cm^{-1} (Rio, 2011).

2.6 Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)

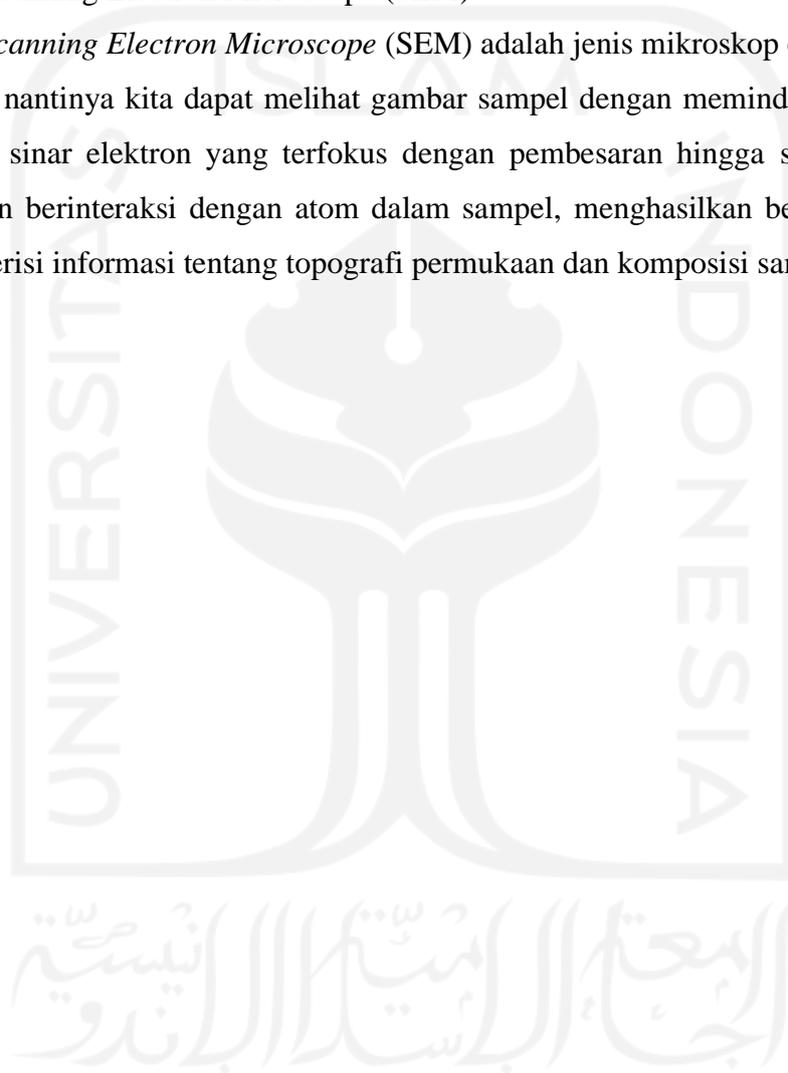
SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) adalah suatu metode yang umum digunakan untuk analisis unsur. Metode ini sangat cocok digunakan untuk analisis zat pada konsentrasi rendah. Prinsipnya adalah absorpsi cahaya oleh atom pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan sifat unsurnya. Kunci dari metode ini yaitu sistem yang dilakukan untuk menghasilkan uap atom dalam sampel yang dianalisis

Cara kerja SSA yaitu menguapkan larutan sampel yang kemudian diubah kandungan logam di dalamnya menjadi atom bebas. Atom yang dihasilkan tersebut

kemudian mengabsorpsi radiasi dari sumber cahaya yang dikeluarkan oleh lampu katoda yang mengandung unsur yang akan ditentukan. Banyaknya radiasi yang diserap kemudian diukur pada panjang gelombang berdasarkan jenis logamnya (Suryati, 2011).

2.7 Scanning Electron Microscope (SEM)

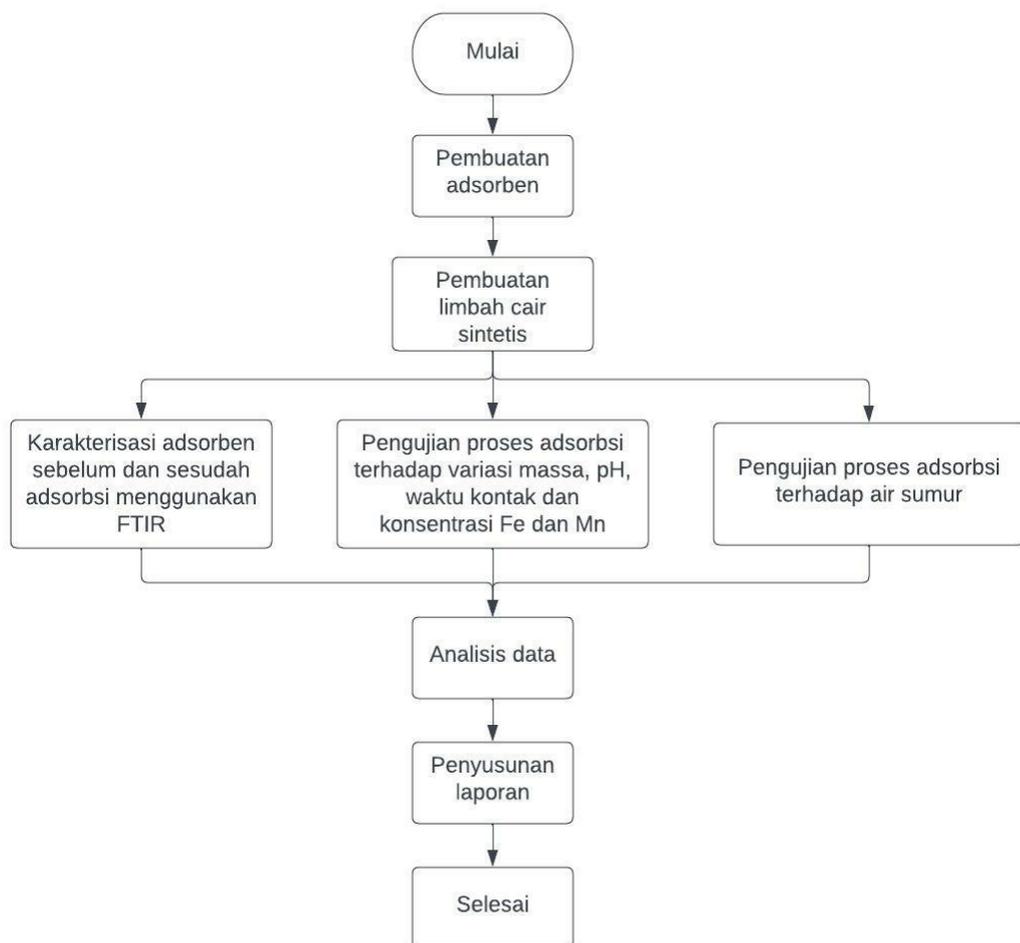
Scanning Electron Microscope (SEM) adalah jenis mikroskop elektron. Dari alat ini nantinya kita dapat melihat gambar sampel dengan memindai permukaan dengan sinar elektron yang terfokus dengan pembesaran hingga skala tertentu. Elektron berinteraksi dengan atom dalam sampel, menghasilkan berbagai sinyal yang berisi informasi tentang topografi permukaan dan komposisi sampel.



BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Prosedur Penelitian

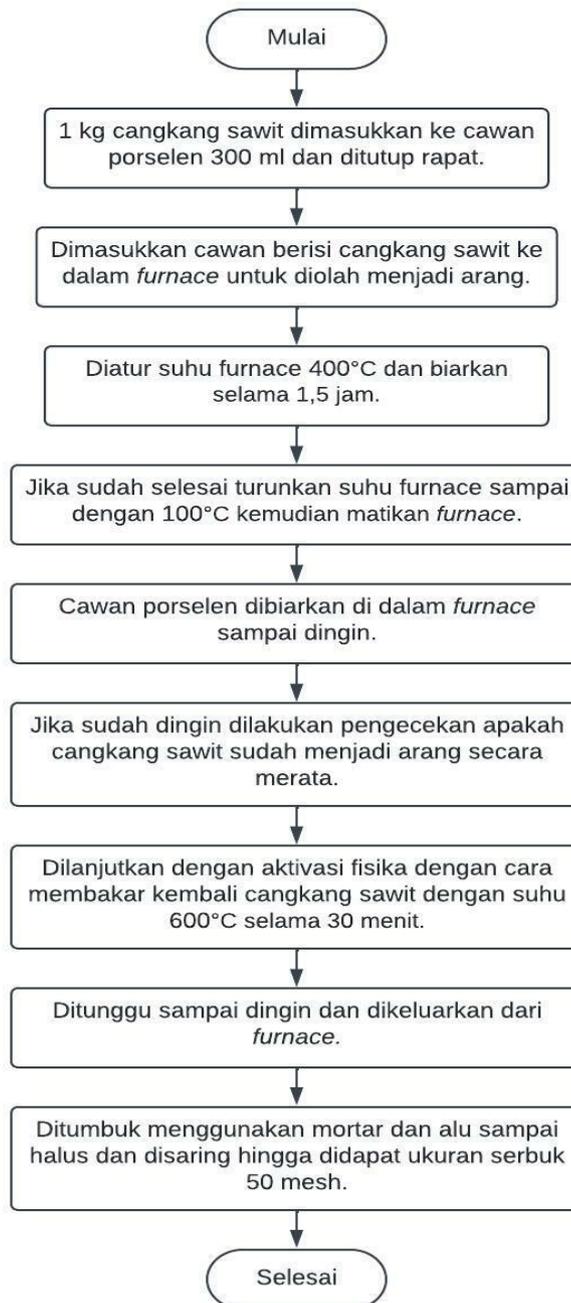
Berikut adalah gambar diagram alir prosedur penelitian:



Gambar 3. 1 Diagram Alir Prosedur Penelitian

3.1.1 Preparasi Adsorben

Preparasi adsorben dilakukan dengan mengolah limbah cangkang sawit menjadi karbon aktif berbentuk serbuk. Proses pembuatannya dapat dilihat pada Gambar 3.2 di bawah ini.



Gambar 3. 2 Diagram Alir Pembuatan Adsorben

3.1.2 Pembuatan Larutan besi (Fe) dan mangan (Mn) 10 ppm

Larutan Fe dan Mn masing-masing dibuat dengan cara mengencerkan larutan Fe 1000 ppm dan Mn 1000 ppm. Untuk mengetahui berapa volume larutan Fe dan Mn 1000 ppm yang perlu diambil untuk membuat larutan Fe dan Mn 10 ppm adalah sebagai berikut.

$$M_1 \cdot V_1 = M_2 \cdot V_2$$

Keterangan:

V_1 : Volume molaritas larutan sebelum pelarutan

M_1 : Molaritas larutan sebelum pelarutan

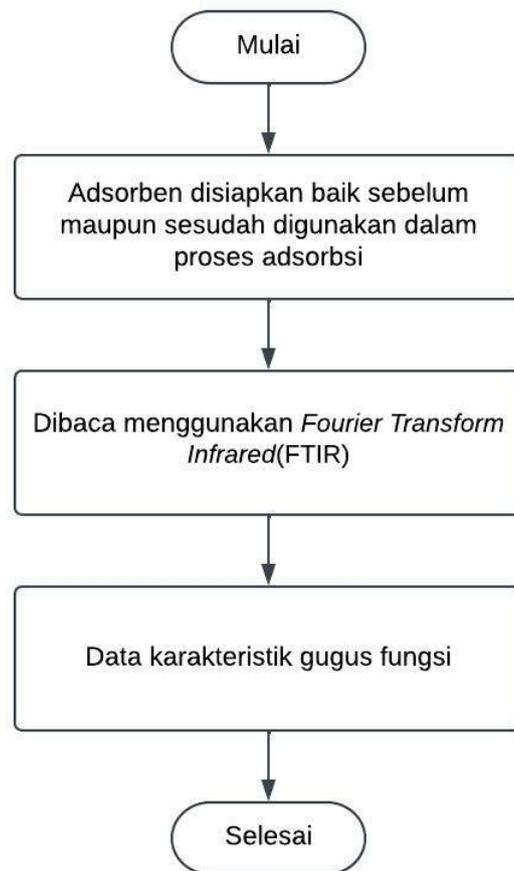
V_2 : Volume molaritas larutan sesudah pelarutan

M_2 : Molaritas larutan sesudah pelarutan

Untuk membuat larutan Fe dan Mn 10 ppm dengan volume 50 ml, volume larutan Fe dan Mn yang perlu diambil adalah 0,5 ml lalu dimasukkan ke labu ukur 50 ml, kemudian ditambahkan aquades hingga tanda batas pada labu ukur kemudian dihomogenkan.

3.1.3 Karakterisasi adsorben

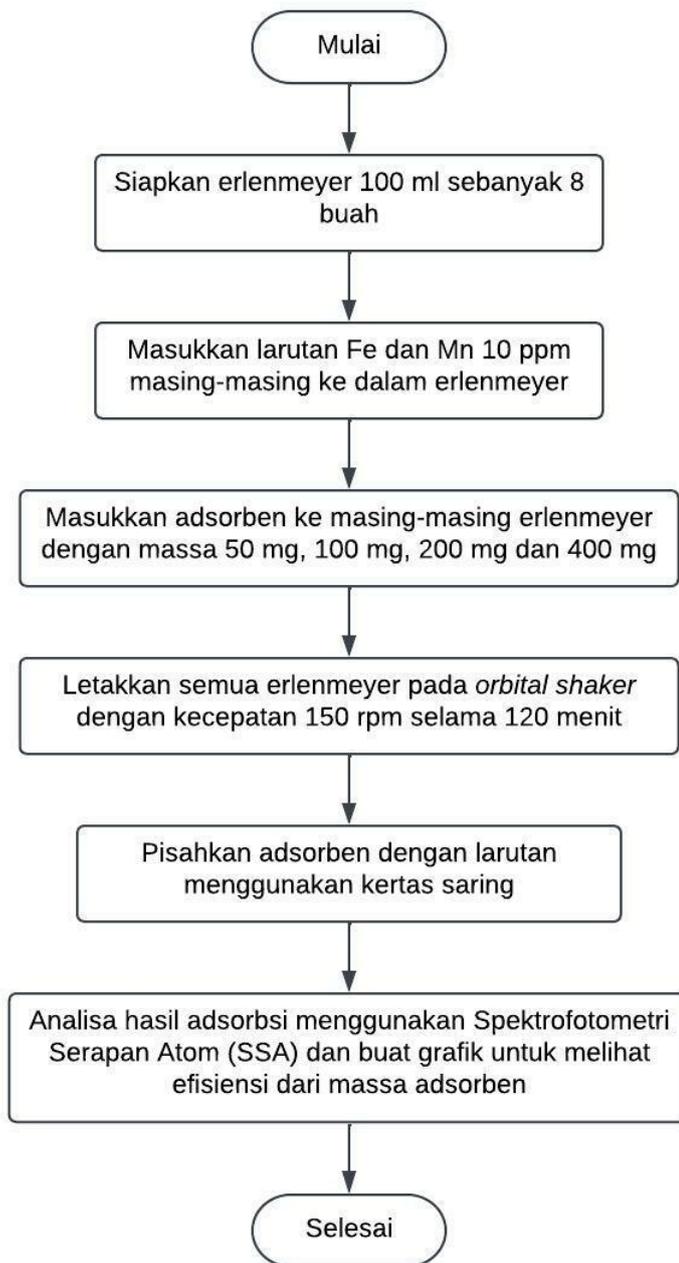
Instrumen yang digunakan untuk melakukan pengujian karakterisasi adsorben adalah *Fourier Transform Infrared* (FTIR). Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui gugus fungsi pada adsorben. Pengujian dilakukan pada adsorben sesudah dan sebelum proses adsorpsi untuk dapat membandingkan hasil karakteristiknya lalu menganalisa fenomena yang terjadi selama proses adsorpsi berdasarkan reaksi yang terjadi pada gugus fungsi milik adsorben. Proses pengujian karakteristik adsorben dapat dilihat pada Gambar 3.3 di bawah ini.



Gambar 3. 3 Diagram Alir Karakterisasi Adsorben

3.1.4 Menentukan Massa Optimum

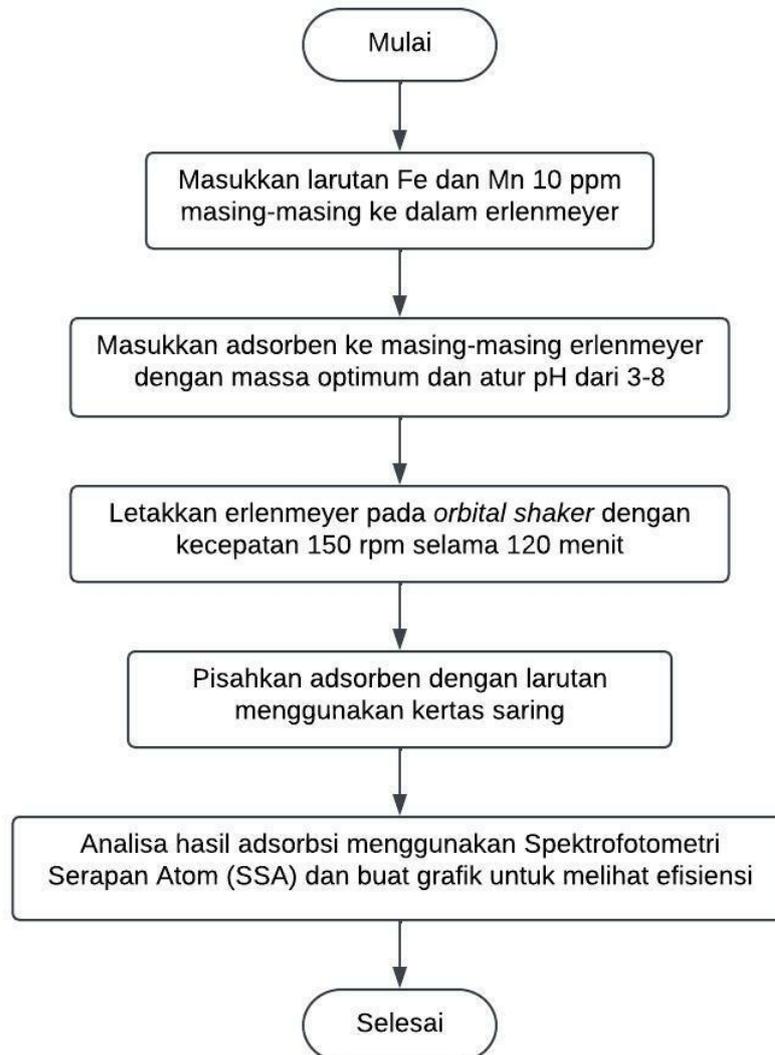
Dalam menentukan massa optimum adsorben diperlukan pengujian menggunakan larutan Fe dan Mn dalam kondisi pH netral yaitu 6-7 dengan waktu kontak selama 120 menit, berikut langkahnya di bawah ini.



Gambar 3. 4 Diagram Alir Penentuan Massa Optimum

3.1.5 Menentukan pH Optimum

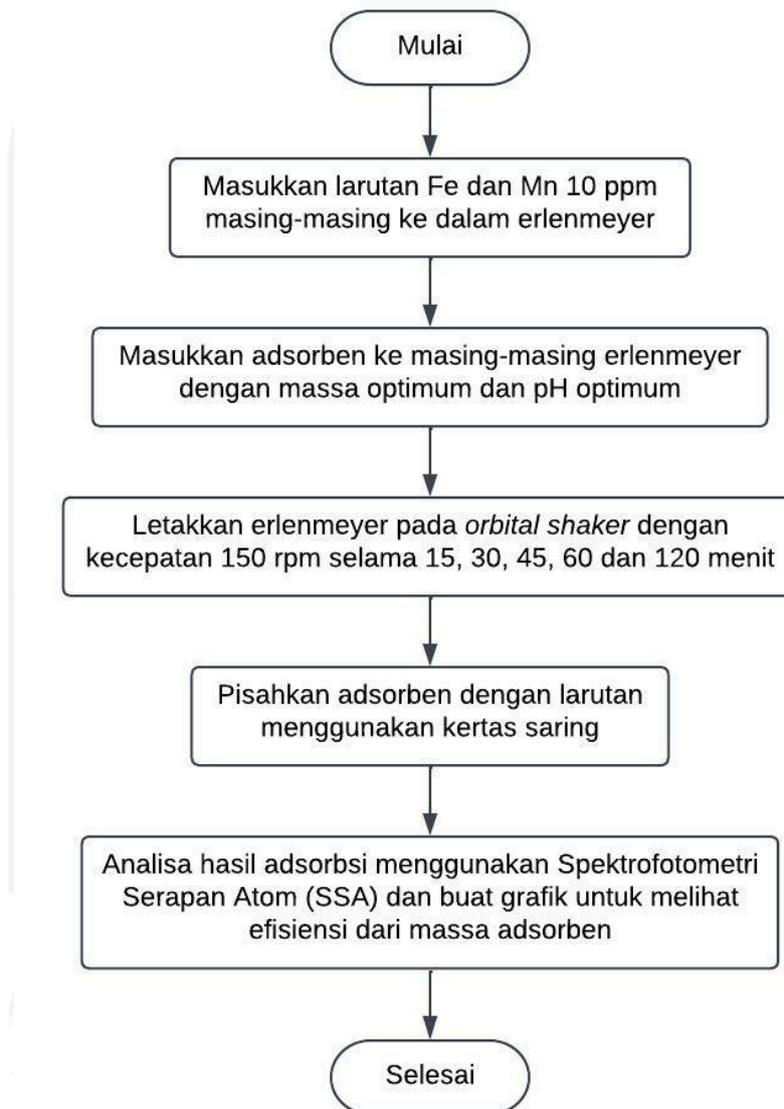
Dalam menentukan pH optimum menggunakan massa optimum yang telah di dapat. Berikut langkah pengujian penentuan pH optimum.



Gambar 3. 5 Diagram Alir Penentuan pH Optimum

3.1.6 Penentuan Waktu Kontak Optimum

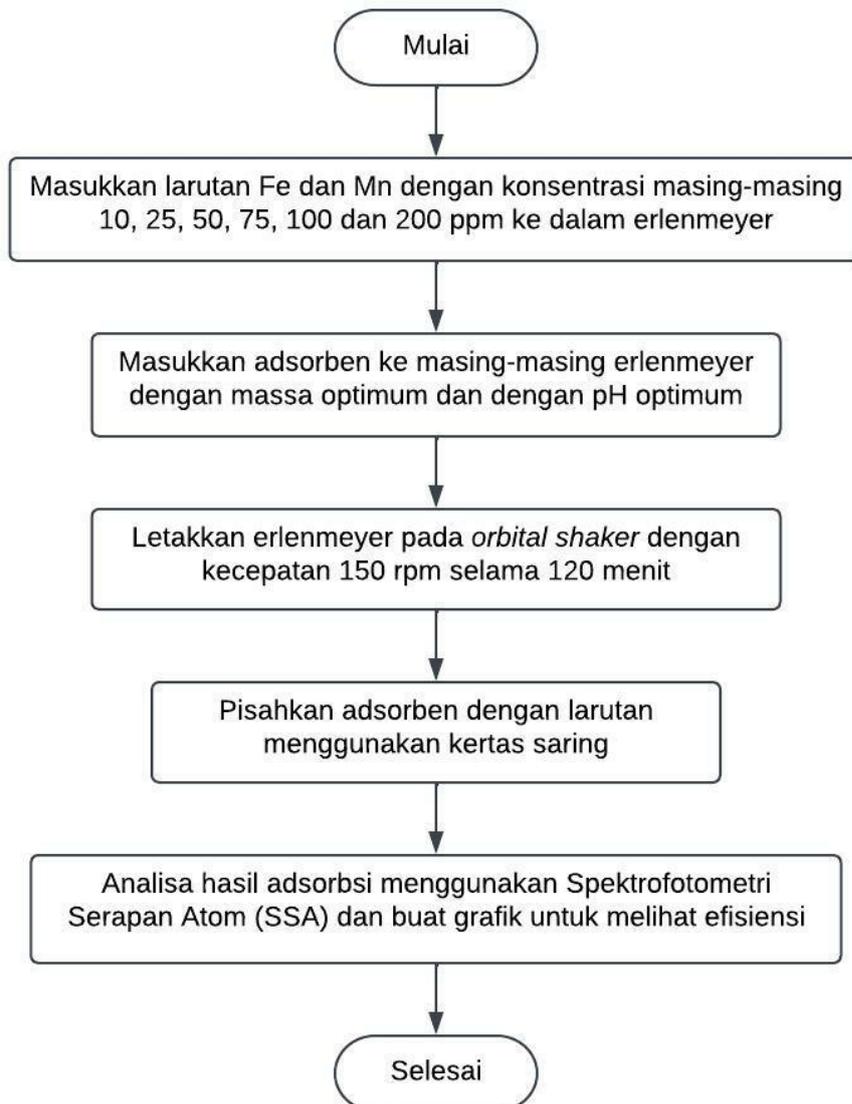
Penentuan waktu kontak optimum dilakukan menggunakan variasi waktu yaitu 15, 30, 45, 60 dan 120 menit dengan pH optimum yang telah didapatkan dari pengujian sebelumnya.



Gambar 3. 6 Diagram Alir Penentuan Waktu Kontak Optimum

3.1.7 Menentukan Efisiensi Penyisihan

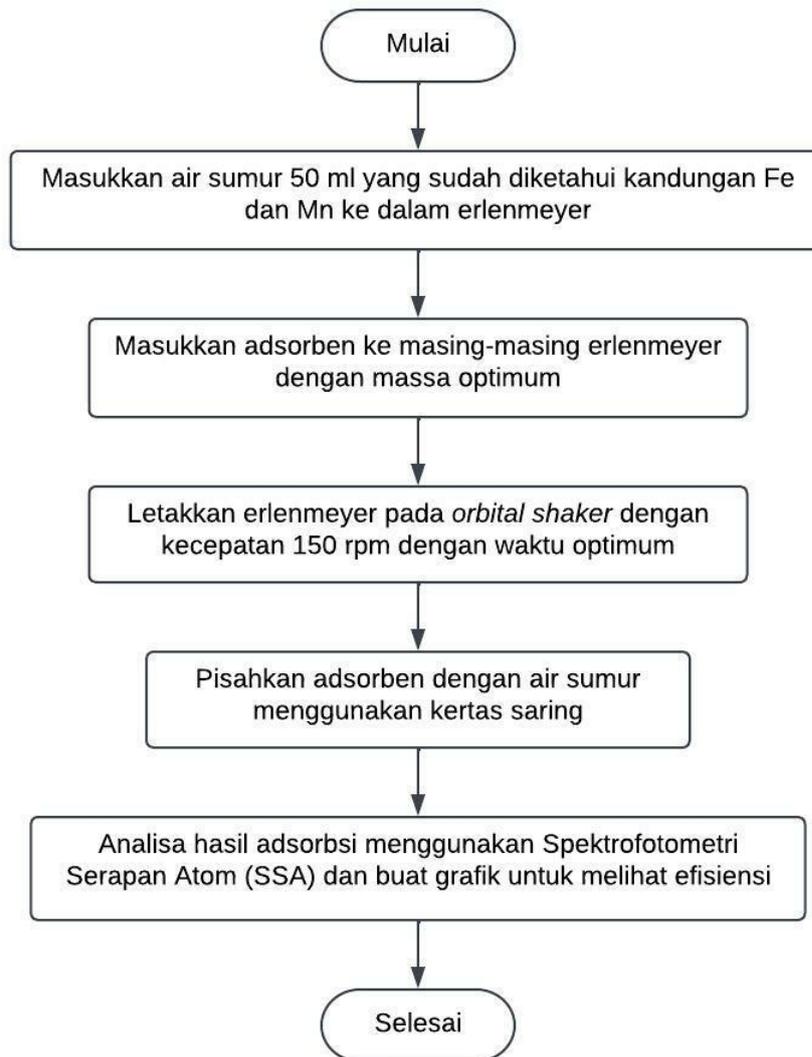
Tahapan selanjutnya adalah uji efisiensi kemampuan adsorben karbon aktif dari limbah cangkang sawit pada penyerapan logam Fe dan Mn dalam air. Berikut di bawah adalah langkah kerjanya.



Gambar 3. 7 Diagram Alir Menentukan Efisiensi Penyisihan

3.1.8 Pengujian Langsung Pada Air Sumur

Setelah diketahui kondisi optimum adsorben, selanjutnya dilakukan pengujian langsung pada air sumur untuk melihat apakah adsorben dapat bekerja menurunkan kadar Fe dan Mn. Berikut adalah tahapan kerjanya.



Gambar 3. 8 Diagram Alir Pengujian Pada Air Sumur

3.2 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian berlokasi di Laboratorium Kualitas Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia, Umbulharjo, Ngemplak, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. Penelitian dimulai dari bulan Juni sampai dengan bulan Agustus 2022.

3.3 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Gelas beaker 1000 ml
2. Erlenmeyer 100 ml
3. Labu ukur 100 ml
4. Pipet ukur 5 ml
5. Pipet ukur 10 ml
6. Pipet volume 10 ml
7. Gelas ukur 100 ml
8. Karet hisap
9. Timbangan analitik
10. *Stopwatch*
11. *Orbital shaker*
12. pH meter
13. Saringan kertas whatman 42
14. Botol plastik 1000 ml
15. Botol vial
16. Corong kaca
17. Mortar dan alu
18. Batang pengaduk
19. Sendok
20. Tisu
21. *Furnace*
22. Cawan kursibel
23. Saringan ayak ukuran 50 mesh
24. Spektrofotometri Serapan Atom (SSA)
25. *Fourier Transform Infrared (FTIR)*
26. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Cangkang sawit 1 kg
2. Larutan HNO_3
3. Larutan KH_2PO_4
4. Larutan induk besi (Fe)
5. Larutan induk mangan (Mn)
6. Larutan NaOH
7. *Aquades*
8. Air sumur

3.4 Variabel Penelitian

Dalam penelitian ini terdapat 2 variabel yaitu:

1. Variabel tetap, meliputi:
 - a. Adsorben dari serbuk cangkang sawit ukuran 50 mesh.
 - b. Volume larutan 50 ml.
 - c. Kecepatan pengadukan 150 rpm.
2. Variabel bebas, meliputi:
 - a. Dosis adsorben sebesar 50 mg, 100 mg, 200 mg, 400 mg.
 - b. pH 3,4,5,6,7 dan 8.
 - c. Waktu kontak selama 15, 30, 45, 60 dan 120 menit.
 - d. Konsentrasi Fe dan Mn sebesar 10 mg/l, 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l, 100 mg/l dan 200 mg/l.
 - e. Pengujian langsung pada air sumur.

3.5 Analisis Efisiensi Kemampuan Adsorben

Berikut merupakan persamaan yang digunakan untuk menghitung efisiensi penyisihan Fe dan Mn.

$$\% \text{ Penyisihan} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100 \%$$

Dimana: C_0 = Konsentrasi awal logam (mg/l)
 C_a = Konsentrasi akhir logam (mg/l)



BAB IV

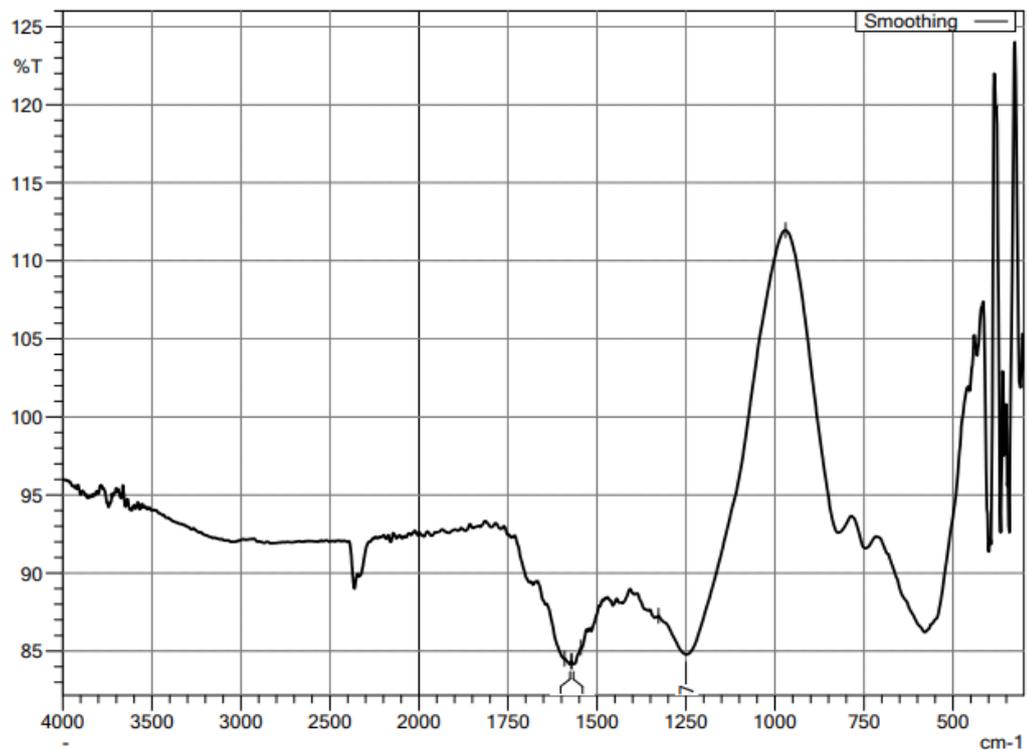
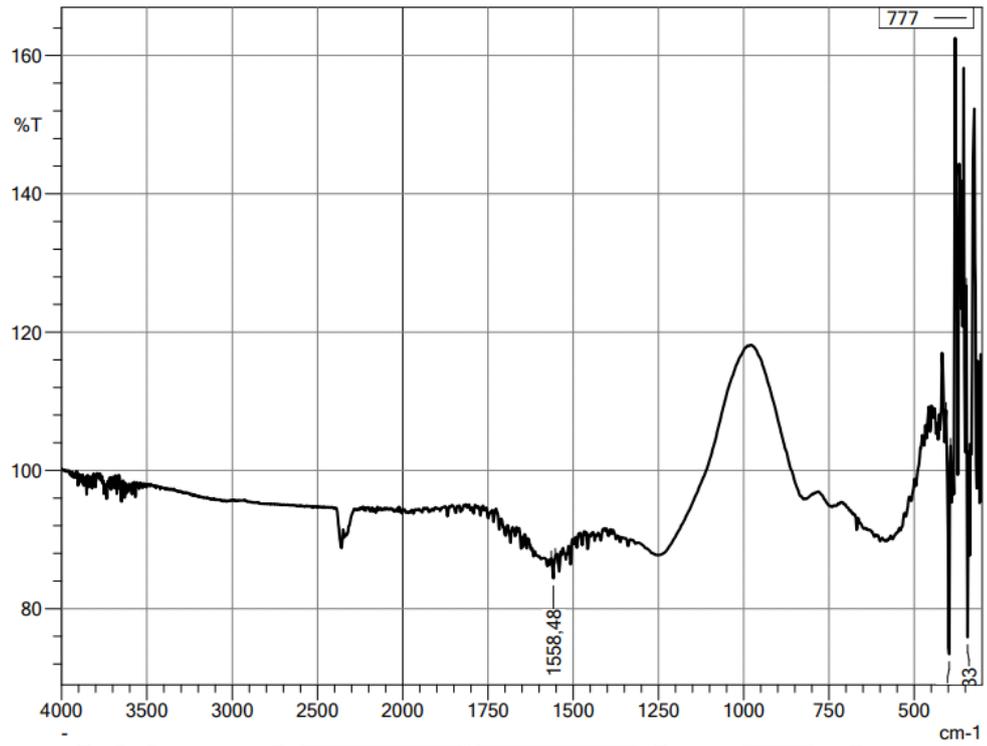
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Karakterisasi Adsorben

Karakterisasi pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) dan *Scanning Electron microscope* (SEM) , tujuan dari karakterisasi adsorben yaitu untuk mengetahui karakteristik adsorben seperti kandungan unsur kimia , ikatan kimia dan ukuran pori permukaan.

4.1.1 Fourier Transform Infrared (FTIR)

Pada karakterisasi adsorben menggunakan instrumen *Fourier Transform Infrared* (FTIR) guna mengetahui gugus fungsi dari adsorben. Untuk mengetahui gugus fungsi pada adsorben maka dilakukan pengujian pada adsorben sebelum dan sesudah adsorpsi guna mengetahui grafik pada Panjang gelombang (cm^{-1}) sumbu x dan persentase (%) transmittan sumbu y. Hasil grafik dapat dilihat pada Gambar 4. 1 di bawah ini.



Gambar 4. 1 Hasil Uji FTIR Sebelum dan Sesudah Adsorpsi

Dari grafik pada Gambar 4. 1 dapat diidentifikasi letak gugus fungsi dengan klasifikasi dari Tabel 4. 1 di bawah ini.

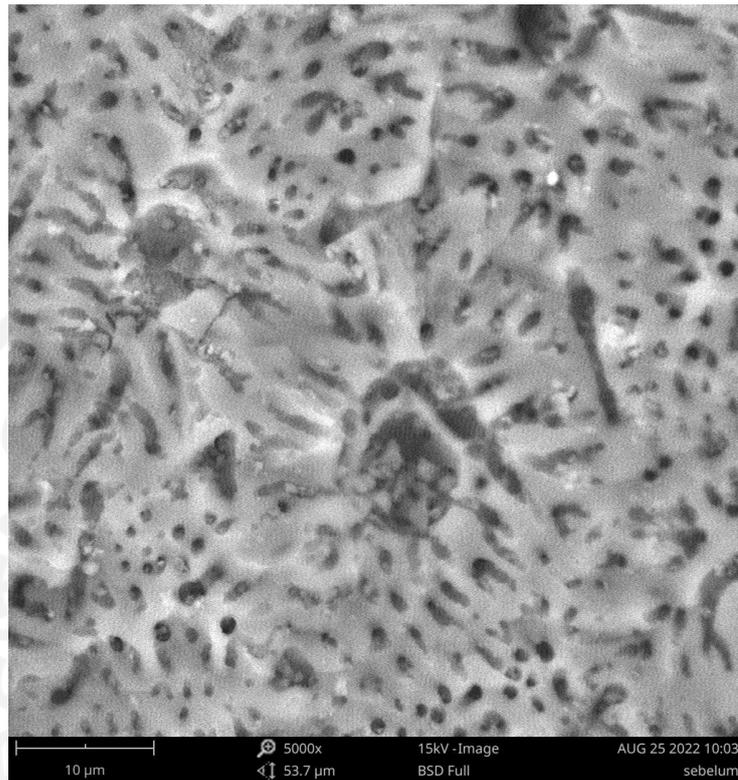
Tabel 4. 1 Klasifikasi Gugus Fungsi Adsorben

| Puncak | Sebelum Adsorpsi (cm^{-1}) | Sesudah Adsorpsi Fe (cm^{-1}) | Sesudah Adsorpsi Mn (cm^{-1}) | Panjang Gelombang | Gugus Fungsi |
|--------|---------------------------------------|--|--|-------------------|--------------|
| A | 1558,48 | 1575,84 | 1566,2 | 1500-1600 | C=C |
| B | - | - | 1249,87 | 1050-1300 | C-O |

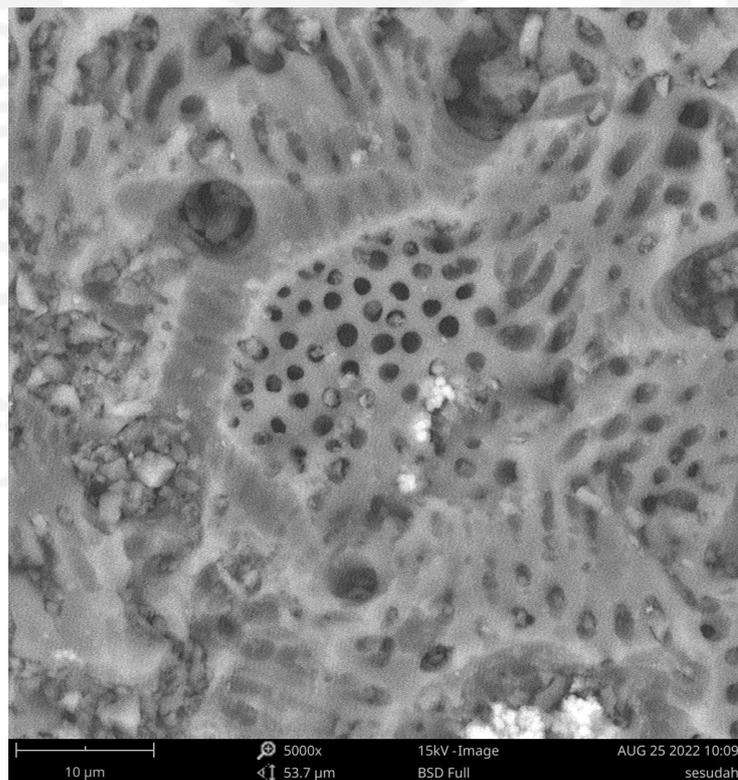
Dapat dilihat dari Tabel 4. 1 menunjukkan gugus fungsi pada adsorben setelah adsorpsi lebih banyak daripada sebelum adsorpsi. Terdapat gugus fungsi cincin aromatik (C=C) pada adsorben sebelum adsorpsi maupun sesudah adsorpsi dengan panjang gelombang sebelum adsorpsi $1558,48 \text{ cm}^{-1}$, sesudah adsorpsi Fe $1575,84 \text{ cm}^{-1}$ dan sesudah adsorpsi Mn $1566,2 \text{ cm}^{-1}$. Kemudian didapati pula gugus fungsi alkohol/eter/asam karboksial/ester (C-O) dengan panjang gelombang $1249,87 \text{ cm}^{-1}$ pada adsorben sesudah adsorpsi Mn. Dari grafik pada Gambar 4. 1 dapat dilihat juga nilai persentase (%) transmittan menjadi lebih tinggi setelah adsorpsi yang menunjukkan bahwa gugus fungsi yang terdapat pada adsorben sudah berkurang. Grafik gelombang spektrum IR dibagi menjadi 2 area. Area pertama merupakan gugus fungsi utama yang berada pada rentang $1500-4000 \text{ cm}^{-1}$, sedangkan pada rentang $500-1500 \text{ cm}^{-1}$ merupakan area sidik jari. Setiap senyawa memiliki serapan yang khas pada daerah ini (Sari, 2010).

4.1.2 Scanning Electron Microscope (SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk dapat mengetahui bentuk dari permukaan adsorben dengan pembesaran 5000 kali. Hasil pengujian SEM dapat dilihat pada Gambar 4. 2 di bawah ini.



(a)



(b)

Gambar 4. 2 Permukaan Adsorben Karbon Aktif Limbah Cangkang Sawit (a) Sebelum Digunakan dan (b) Sesudah Digunakan

Dari hasil uji SEM dengan perbesaran yang sama dapat kita bandingkan pori pada adsorben sesudah adsorpsi telah terisi oleh ion Fe dan Mn, sementara pada adsorben sebelum adsorpsi lubang pori masih bersih dan belum terisi. Dari hasil uji SEM dapat diketahui pula besaran pori adsorben yang berkisar antara 885 nano meter sampai dengan 2,75 mikron.

4.2 Larutan Induk Fe (III)

Pembuatan larutan induk Fe (III) 1000 ppm dilakukan dengan melarutkan serbuk Besi (III) Klorida Hexahidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) sebanyak $\pm 4,840$ gram ke dalam air yang sudah didestilasi (*aquades*) sebanyak 1000 ml kemudian tambahkan asam nitrat pekat (HNO_3) sampai larutan memiliki pH asam (2-3). Penambahan HNO_3 bertujuan agar larutan Fe (III) tetap stabil dan tidak membentuk endapan, HNO_3 juga dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam agar tidak terjadi pelarutan lebih lanjut. Pengujian larutan induk Fe menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang yang digunakan 248,3 nm. Sebelum menguji ketepatan larutan induk Fe perlu dilakukan pengenceran sebanyak 1000 kali agar dapat terbaca pada SSA (SNI 6989.4: 2009).

4.3 Larutan Induk Mn (II)

Pembuatan larutan induk Mn (II) 1000 ppm hampir sama caranya dengan pembuatan larutan induk Fe (III). Pembuatan larutan induk Mn (II) dilakukan dengan cara melarutkan serbuk Mangan (II) Sulfat Hidrat ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) sebanyak $\pm 3,076$ gram ke dalam *aquades* 1000 ml kemudian tambahkan HNO_3 pekat agar larutan Mn (II) tetap berada pada kondisi stabil dan tidak membentuk endapan, HNO_3 juga dapat membentuk lapisan pelindung pada permukaan logam agar tidak terjadi pelarutan. Untuk menguji larutan induk Mn (II) menggunakan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) dengan panjang gelombang yang digunakan 279,5 nm. Sebelum menguji ketepatan larutan induk Fe perlu dilakukan pengenceran sebanyak 1000 kali agar dapat terbaca pada SSA (SNI 6989.5: 2009)

4.4 Penentuan Kondisi Optimum

Pada penentuan kondisi optimum menggunakan beberapa variabel yang bertujuan sebagai faktor penentu yaitu variasi massa adsorben, variasi derajat keasaman larutan (pH) larutan, variasi waktu kontak dan variasi konsentrasi larutan. Penentuan kondisi optimum ini diperlukan untuk mengetahui seberapa besar kapasitas penyerapan adsorben pada kondisi optimum pada tiap variabel.

4.4.1 Variasi Massa Adsorben

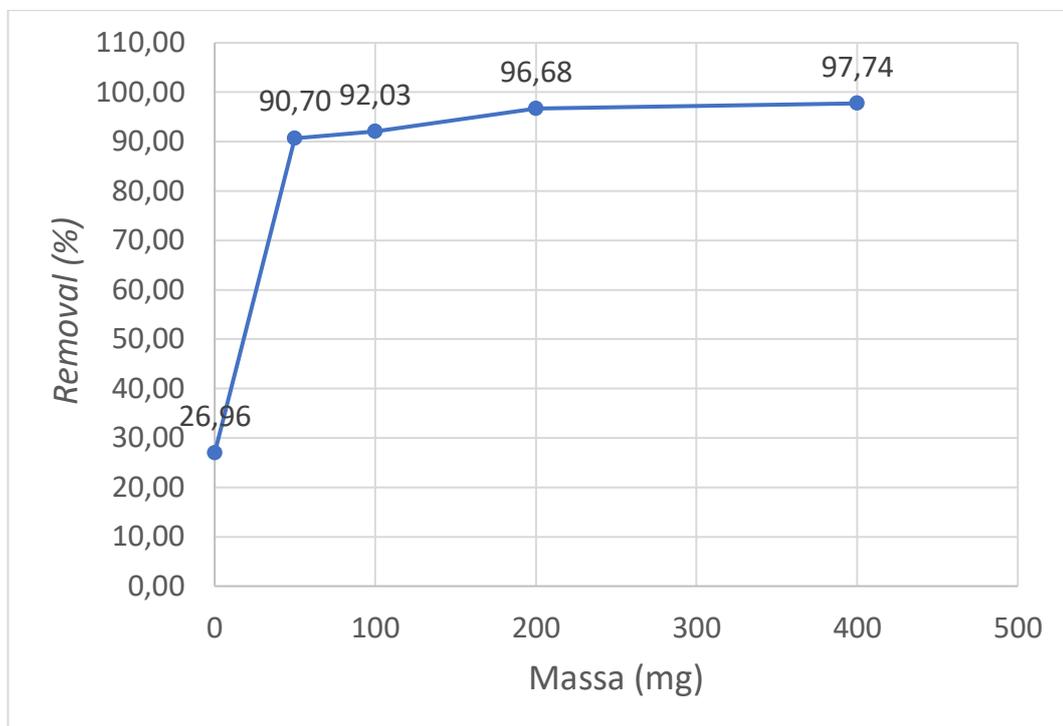
Pengujian variasi massa adsorben dilakukan agar diketahui massa adsorben tepat untuk menyerap senyawa Fe dan Mn pada air. Konsentrasi Fe dan Mn yang digunakan masing-masing adalah 10 mg/l dengan pH netral antara 6-7. Dilakukan pengecekan dan kontrol pH sebelum dan sesudah kontak antara adsorben dan adsorbat. Volume larutan Fe dan Mn sebesar 50 ml yang kemudian diaduk dengan alat *orbital shaker* dengan kecepatan 150 rpm dengan waktu 120 menit. Hasil pengujian variasi massa adsorben pada larutan Fe dapat dilihat pada Tabel 4. 2 di bawah ini.

Tabel 4. 2 Data Percobaan Variasi Massa Larutan Fe

| Fe | | | | |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Sampel | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| 0 | 7,53 | 5,5 | 2,03 | 26,96 |
| 50 | | 0,7 | 6,83 | 90,70 |
| 100 | | 0,6 | 6,93 | 92,03 |
| 200 | | 0,25 | 7,28 | 96,68 |
| 400 | | 0,17 | 7,36 | 97,74 |
| pH Awal | pH Akhir | | | |
| 6,2 | 6,2 | | | |

Dari data yang telah didapat dari Tabel 4. 2 selanjutnya dilakukan *plotting* dalam sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase (%) *removal* kadar

Fe terhadap penambahan massa adsorben. Hasil grafik dapat dilihat pada Gambar 4. 3 di bawah ini.



Gambar 4. 3 Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Persentase (%) *Removal* Kadar Fe

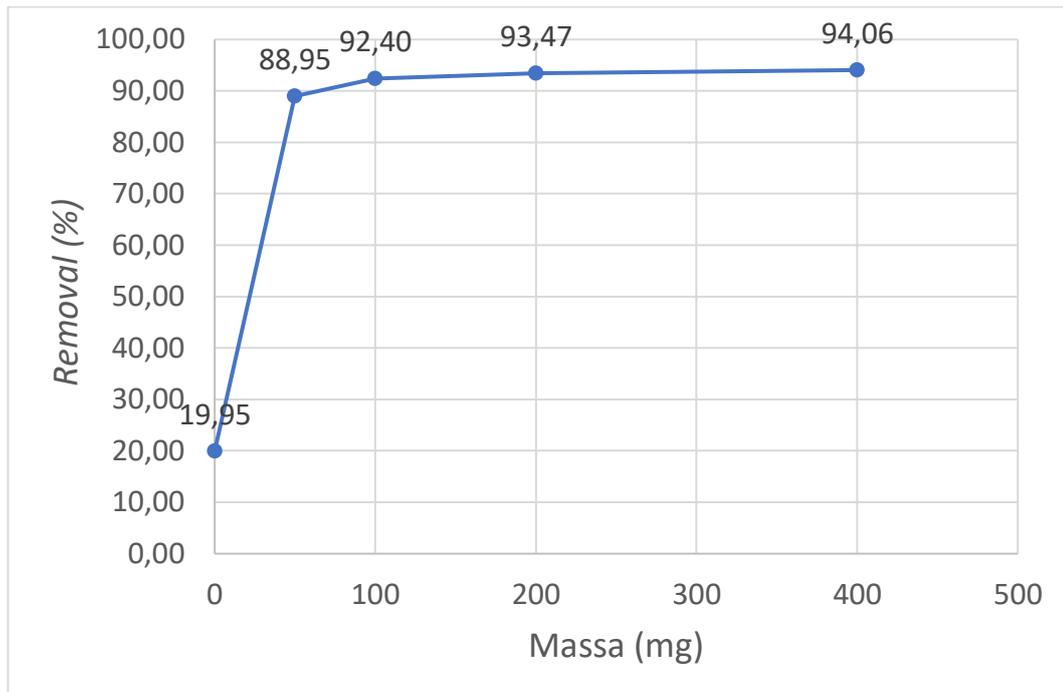
Pada Gambar 4. 3 dapat diketahui bahwa persentase (%) *removal* larutan Fe berada pada angka 90 % yang selanjutnya terus meningkat sampai dengan 97 % seiring dengan peningkatan massa adsorben dari 50 mg sampai dengan 400 mg. Kemampuan persentase (%) *removal* paling baik mencapai 97,74 % dengan massa adsorben sebesar 400 mg. Pada pengujian ini massa adsorben optimum adalah 50 mg karena dengan 50 mg adsorben sudah mampu menyerap kadar Fe pada air sebesar 90,70 % yang mana sudah cukup tinggi.

Hasil dari percobaan variasi massa adsorben terhadap adsorpsi larutan Mn dapat dilihat pada Tabel 4. 3 di bawah ini.

Tabel 4. 3 Data Percobaan Variasi Massa Larutan Mn

| Mn | | | | |
|---------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Sampel | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| 0 | 8,42 | 6,74 | 1,68 | 19,95 |
| 50 | | 0,93 | 7,49 | 88,95 |
| 100 | | 0,64 | 7,78 | 92,40 |
| 200 | | 0,55 | 7,87 | 93,47 |
| 400 | | 0,5 | 7,92 | 94,06 |
| pH Awal | pH Akhir | | | |
| 6,2 | 6,2 | | | |

Dari data yang telah didapat dari Tabel 4. 3 selanjutnya dilakukan *plotting* dalam sebuah grafik yang menunjukkan hubungan antara persentase (%) *removal* kadar Mn terhadap penambahan massa adsorben. Hasil grafik dapat dilihat pada Gambar 4. 4 di bawah ini.



Gambar 4. 4 Hubungan Penambahan Massa Adsorben Terhadap Persentase (%) *Removal* Kadar Mn

Pada Gambar 4. 4 dapat diketahui bahwa persentase (%) *removal* larutan Mn berada pada angka 88 % yang selanjutnya terus meningkat sampai dengan 94 % seiring dengan peningkatan massa adsorben dari 50 mg sampai dengan 400 mg. Kemampuan persentase (%) *removal* paling baik mencapai 94,06 % dengan massa adsorben sebesar 400 mg. Pada pengujian ini massa adsorben optimum adalah 50 mg karena dengan 50 mg adsorben sudah mampu menyerap kadar Mn pada air sebesar 88,95 % yang mana sudah cukup tinggi. Berdasarkan pengujian variasi massa dapat disimpulkan bahwa semakin besar massa adsorben maka semakin besar pula kemampuannya dalam menyerap ion Fe dan Mn pada air. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Rahmanita dkk (2015) dan Wicakso dkk (2012) yang menyatakan bahwa semakin besar massa adsorben yang digunakan maka semakin besar pula tingkat penyerapannya.

4.4.2 Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH)

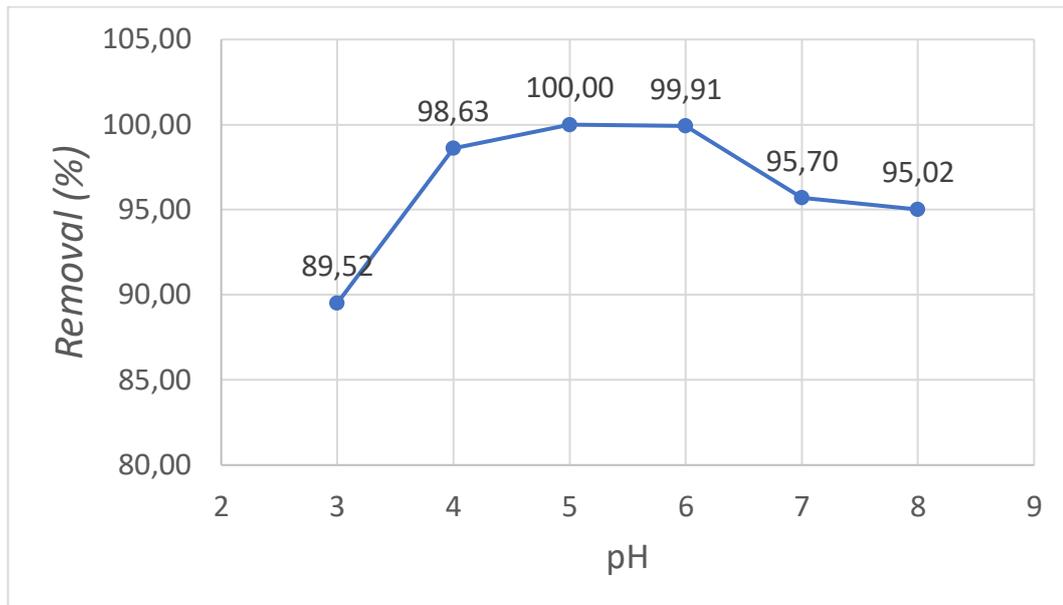
Percobaan variasi nilai derajat keasaman (pH) dilakukan untuk mengetahui

nilai derajat keasaman yang paling optimal untuk penyerapan kadar Fe dan Mn pada air. Persiapan derajat keasaman (pH) dilakukan dengan cara penambahan larutan NaOH 0,1 N untuk kondisi basa dan larutan HNO₃ 0,1 N untuk kondisi asam. Pengecekan pH dilakukan sebelum dan sesudah kontak menggunakan alat pH meter. Pada percobaan ini digunakan massa adsorben 50 mg sesuai dengan hasil dari percobaan variasi massa adsorben. Hasil dari percobaan variasi pH terhadap larutan Fe dapat dilihat pada Tabel 4. 4.

Tabel 4. 4 Data Percobaan Variasi pH Larutan Fe

| Fe | | | | | | | |
|--------|----|---------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Sampel | pH | pH Awal | pH Akhir | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| pH3 | 3 | 2,97 | 2,92 | 11,64 | 1,22 | 10,42 | 89,52 |
| pH4 | 4 | 3,91 | 3,96 | | 0,16 | 11,48 | 98,63 |
| pH5 | 5 | 4,99 | 5,04 | | 0 | 11,64 | 100,00 |
| pH6 | 6 | 6,01 | 6,05 | | 0,01 | 11,63 | 99,91 |
| pH7 | 7 | 7 | 7,08 | | 0,5 | 11,14 | 95,70 |
| pH8 | 8 | 7,95 | 7,91 | | 0,58 | 11,06 | 95,02 |

Dari data yang sudah didapatkan selanjutnya dilakukan *plotting* untuk mengetahui hubungan antara persentase (%) *removal* kadar Fe terhadap variasi pH yang dapat dilihat pada Gambar 4. 5.



Gambar 4. 5 Hubungan Variasi Nilai Deraja Keasaman (pH) Terhadap Persentase (%) *Removal* Kadar Fe

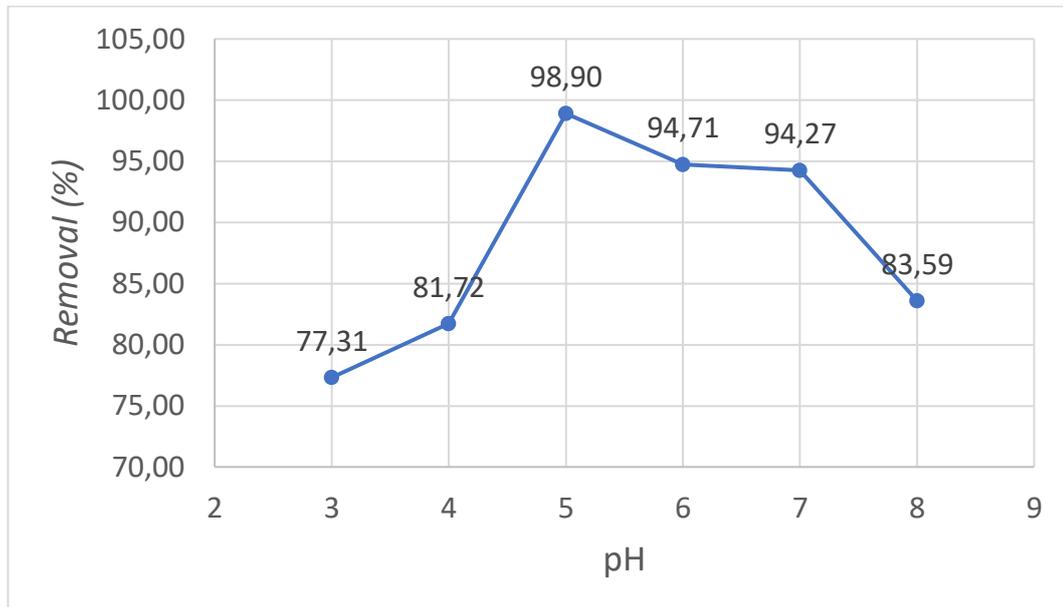
Dari Gambar 4. 5 dapat diketahui adsorben karbon aktif dari limbah cangkang sawit dapat bekerja menyerap kadar Fe dengan rentang pH yang luas, yaitu dari pH 3 sampai dengan pH 8. Penyerapan pada pH 3 berada di angka 89 % dan terus meningkat sampai dengan 100 % pada pH 5, kemudian grafik menurun kembali sampai dengan 95 % pada pH 8. Berdasarkan data dari pengujian variasi pH pada larutan Fe, pH optimum berada pada pH 5.

Berikut di bawah ini adalah data dari percobaan variasi pH terhadap larutan Mn.

Tabel 4. 5 Data Percobaan Variasi pH Larutan Mn

| Mn | | | | | | | |
|--------|----|---------|----------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Sampel | pH | pH Awal | pH Akhir | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| pH3 | 3 | 2,95 | 2,9 | 9,08 | 2,06 | 7,02 | 77,31 |
| pH4 | 4 | 4,01 | 3,97 | | 1,66 | 7,42 | 81,72 |
| pH5 | 5 | 5,03 | 4,98 | | 0,1 | 8,98 | 98,90 |
| pH6 | 6 | 6,08 | 6,07 | | 0,48 | 8,6 | 94,71 |
| pH7 | 7 | 7,04 | 7 | | 0,52 | 8,56 | 94,27 |
| pH8 | 8 | 7,97 | 8,02 | | 1,49 | 7,59 | 83,59 |

Dari data yang sudah didapatkan selanjutnya dilakukan *plotting* untuk mengetahui hubungan antara persentase (%) *removal* kadar Mn terhadap variasi pH yang dapat dilihat pada Gambar 4. 6.



Gambar 4. 6 Hubungan Variasi Nilai Deraja Keasaman (pH) Terhadap Persentase (%) *Removal* Kadar Mn

Dari Gambar 4. 6 dapat disimpulkan bahwa adsorben karbon aktif dari limbah cangkang sawit dapat bekerja menyerap kadar Mn pada rentang pH yang luas yaitu dari pH 3 sampai dengan pH 8. Penyerapan pada pH 3 berada di angka 77 % dan terus meningkat sampai dengan 98 % pada pH 5, kemudian grafik menurun kembali sampai dengan 83 % pada pH 8. Berdasarkan data dari pengujian variasi pH pada larutan Mn, pH optimum berada pada pH 5.

Dari hasil pengujian variasi pH pada larutan Fe dan Mn dapat disimpulkan bahwa pada pH rendah penyerapan yang terjadi lebih rendah, ada beberapa kemungkinan yang dapat memengaruhi rendahnya penyerapan pada pH rendah yaitu pertama karena persaingan antara ion H^+ dengan ion Fe dan Mn untuk berinteraksi dengan gugus fungsi pada permukaan adsorben. Kemungkinan yang kedua, pada pH rendah gugus fungsi yang ada pada permukaan adsorben dikelilingi

oleh ion H^+ sehingga mencegah terjadinya interaksi antara ion Fe dan Mn dengan gugus fungsi pada permukaan adsorben (Tumin, dkk 2008). Kemudian kemungkinan ketiga, permukaan adsorben bermuatan positif sehingga terjadi penolakan secara elektrostatik terhadap ion Fe dan Mn (Sharma, dkk 2009). Sedangkan pada pH 5 baik Fe maupun Mn terjadi penyerapan yang sangat tinggi bahkan sampai dengan 100% pada larutan Fe, hal ini dapat disebabkan oleh jumlah ion H^+ mulai berkurang sehingga persaingan dengan H^+ berkurang dan permukaan adsorben cenderung terionisasi dengan melepas ion H^+ dan permukaan adsorben menjadi negatif (Vasu, 2008) sehingga terjadi interaksi elektrostatik antara permukaan adsorben dengan ion Fe dan Mn. Untuk pH 6, 7 dan 8 jumlah Fe dan Mn yang terserap cenderung menurun, penurunan ini terjadi karena pada pH yang tinggi Fe dan Mn mengalami hidrolisis (Ghazy dan El-Morsy, 2009).

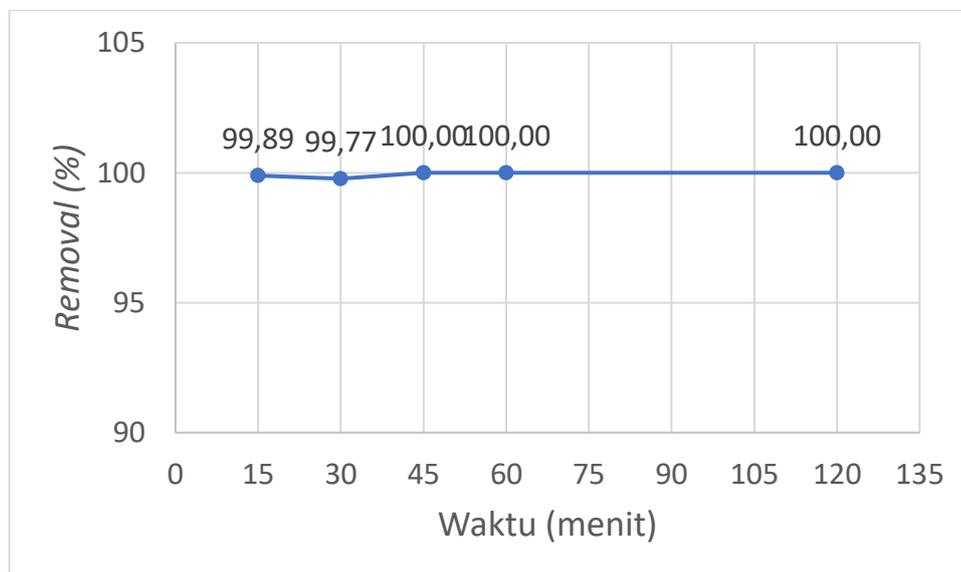
4.4.3 Variasi Waktu Kontak

Pengujian variasi waktu kontak dilakukan untuk mengetahui waktu kontak yang tepat untuk mencapai penyerapan optimum. Pada percobaan ini digunakan massa adsorben sebesar 50 mg ke dalam larutan Fe dan Mn 10 mg/l dengan nilai pH 5. Variasi waktu kontak yang digunakan adalah 15, 30, 45, 60 dan 120 menit. Hasil dari percobaan variasi waktu kontak terhadap penyerapan kadar Fe dapat dilihat pada Tabel 4. 6 di bawah ini.

Tabel 4. 6 Data Percobaan Variasi Waktu Kontak Larutan Fe

| Fe | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Waktu Kontak (menit) | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| 15 | 8,76 | 0,01 | 8,75 | 99,89 |
| 30 | | 0,02 | 8,74 | 99,77 |
| 45 | | 0 | 8,76 | 100,00 |
| 60 | | 0 | 8,76 | 100,00 |
| 120 | | 0 | 8,76 | 100,00 |
| pH Awal | pH Akhir | | | |
| 4,9 | 4,9 | | | |

Dari data yang diperoleh dari Tabel 4. 6 selanjutnya dilakukan *plotting* untuk mengetahui hubungan persentase (%) *removal* kadar Fe terhadap variasi waktu kontak yang dapat dilihat pada Gambar 4. 7 di bawah ini.



Gambar 4. 7 Hubungan Variasi Waktu Kontak Terhadap Persentase (%) *Removal* Kadar Fe

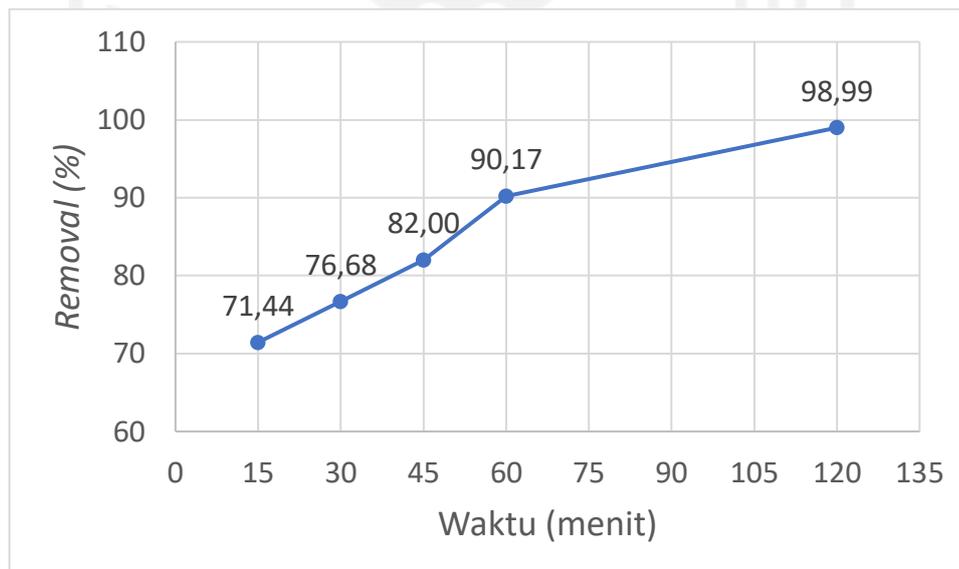
Dari Gambar 4. 7 diketahui persentase (%) *removal* kadar Fe dengan menggunakan adsorben karbon aktif dari limbah cangkang sawit sangat tinggi bahkan dimulai dari waktu 15 menit sudah menunjukkan persentase *removal* sebesar 99 % dan meningkat sampai 100 % dari waktu 45 sampai dengan 120 menit. Hasil dari pengujian ini disimpulkan bahwa semakin lama waktu kontak maka semakin banyak ion Fe yang terserap oleh adsorben. Waktu kontak yang lama memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut yang terserap berlangsung lebih baik (Wicakso dkk, 2012). Dari percobaan ini dapat diketahui waktu optimum penyerapan kadar Fe adalah 15 menit karena memiliki tingkat penyerapan tinggi dan dengan waktu yang cepat.

Hasil dari percobaan variasi waktu kontak terhadap penyerapan kadar Mn dapat dilihat pada Tabel 4. 7 di bawah ini.

Tabel 4. 7 Data Percobaan Variasi Waktu Kontak Larutan Mn

| Mn | | | | |
|----------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Waktu Kontak (menit) | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| 15 | 10,89 | 3,11 | 7,78 | 71,44 |
| 30 | | 2,54 | 8,35 | 76,68 |
| 45 | | 1,96 | 8,93 | 82,00 |
| 60 | | 1,07 | 9,82 | 90,17 |
| 120 | | 0,11 | 10,78 | 98,99 |
| pH Awal | pH Akhir | | | |
| 4,9 | 4,9 | | | |

Dari data yang diperoleh dari Tabel 4. 7 selanjutnya dilakukan *plotting* untuk mengetahui hubungan persentase (%) *removal* kadar Mn terhadap variasi waktu kontak yang dapat dilihat pada Gambar 4. 8 di bawah ini.



Gambar 4. 8 Hubungan Variasi Waktu Kontak Terhadap Persentase (%) *Removal* Kadar Mn

Dari Gambar 4. 8 diketahui persentase (%) *removal* kadar Mn dengan menggunakan adsorben karbon aktif dari limbah cangkang sawit berada pada angka

71 % pada waktu 15 menit. Persentase (%) *removal* kadar Mn terus meningkat seiring dengan naiknya waktu kontak sampai dengan angka 98 % pada waktu 120 menit. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Wicakso dkk (2012), semakin lama waktu kontak memungkinkan proses difusi dan penempelan molekul zat terlarut dengan adsorben berlangsung lebih baik. Dari percobaan variasi waktu kontak pada larutan Mn didapati waktu kontak optimum selama 60 menit karena dengan waktu 60 menit sudah didapati persentase (%) *removal* sebesar 90 %.

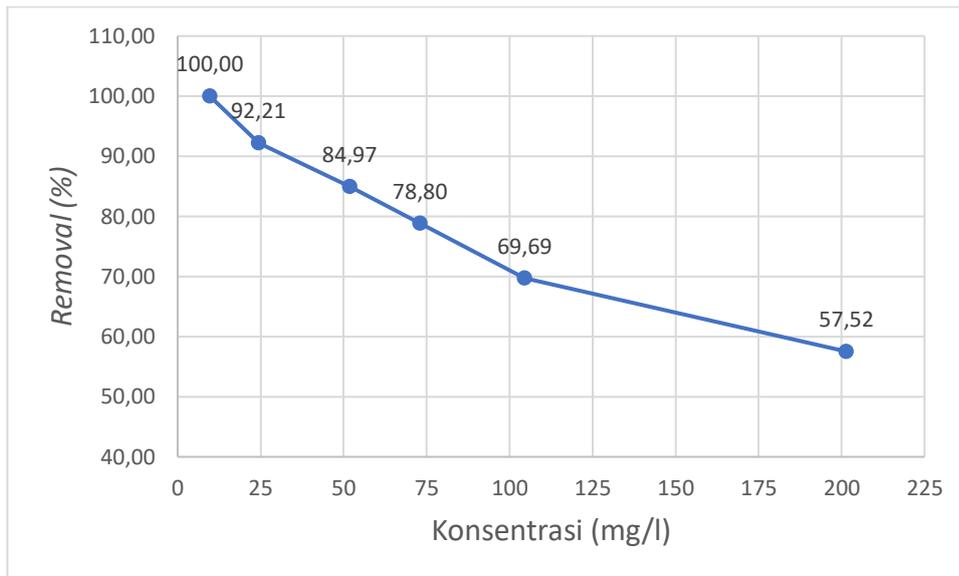
4.4.4 Variasi Konsentrasi

Pengujian variasi konsentrasi dilakukan untuk mengetahui seberapa besar tingkat penyerapan adsorben dalam menyerap logam Fe dan Mn dalam larutan. Pada pengujian ini menggunakan konsentrasi 10 mg/l, 25 mg/l, 50 mg/l, 75 mg/l, 100 mg/l dan 200 mg/l dengan menggunakan pH 5. Waktu yang digunakan pada pengujian ini selama 120 menit. Hasil dari pengujian variasi konsentrasi Fe dapat dilihat pada Tabel 4. 8.

Tabel 4. 8 Data Percobaan Variasi Konsentrasi Larutan Fe

| Fe | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Konsentrasi Rencana | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| 10 | 9,66 | 0 | 9,66 | 100,00 |
| 25 | 24,4 | 1,9 | 22,5 | 92,21 |
| 50 | 51,9 | 7,8 | 44,1 | 84,97 |
| 75 | 73,1 | 15,5 | 57,6 | 78,80 |
| 100 | 104,6 | 31,7 | 72,9 | 69,69 |
| 200 | 201,5 | 85,6 | 115,9 | 57,52 |

Dari data Tabel 4. 8 kemudian dilakukan *plotting* untuk melihat grafik hubungan antara variasi konsentrasi dengan persentase (%) *removal* kadar Fe yang dapat dilihat pada Gambar 4. 9 di bawah ini.



Gambar 4. 9 Hubungan Variasi Konsentrasi Fe Terhadap Persentase (%) *Removal*

Pada Gambar 4. 9 dapat dilihat dan diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan Fe maka semakin tinggi pula tingkat penyerapannya (dalam ppm) tetapi semakin kecil dalam presentase (%) *removal*. Berdasarkan grafik dapat dilihat adsorben mampu bekerja optimum dalam menyerap kadar Fe pada konsentrasi 100 mg/l. Pemilihan konsentrasi optimum didasari data yang didapat pada Tabel 4. 8. Penurunan persentase (%) *removal* pada pengujian variasi konsentrasi disebabkan penambahan jumlah adsorbat (kadar Fe) yang masuk ke dalam adsorben sehingga adsorben menjadi jenuh dan berujung pada kemampuan penyerapannya yang berkurang.

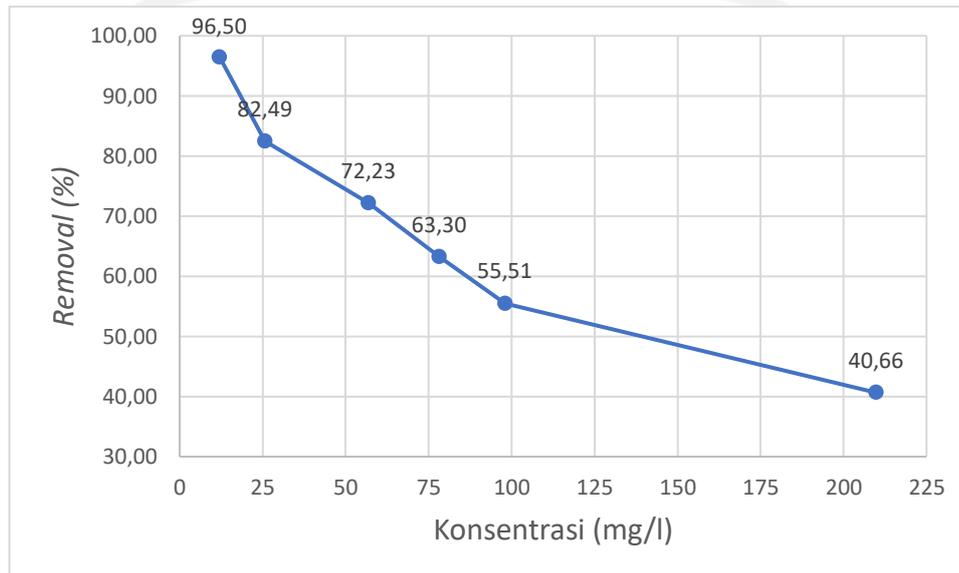
Hasil dari pengujian variasi konsentrasi Mn dapat dilihat pada Tabel 4. 8 di bawah ini.

Tabel 4. 9 Data Percobaan Variasi Konsentrasi Larutan Mn

| Mn | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------|---------------|
| Konsentrasi Rencana | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap (mg/g) | Efisiensi (%) |
| 10 | 11,99 | 0,42 | 11,57 | 96,50 |
| 25 | 25,7 | 4,5 | 21,2 | 82,49 |
| 50 | 56,9 | 15,8 | 41,1 | 72,23 |
| 75 | 78,2 | 28,7 | 49,5 | 63,30 |

| | | | | |
|-----|-------|-------|------|-------|
| 100 | 98 | 43,6 | 54,4 | 55,51 |
| 200 | 209,8 | 124,5 | 85,3 | 40,66 |

Dari data Tabel 4. 9 kemudian dilakukan *plotting* untuk melihat grafik hubungan antara variasi konsentrasi dengan persentase (%) *removal* kadar Mn yang dapat dilihat pada Gambar 4. 10 di bawah ini.



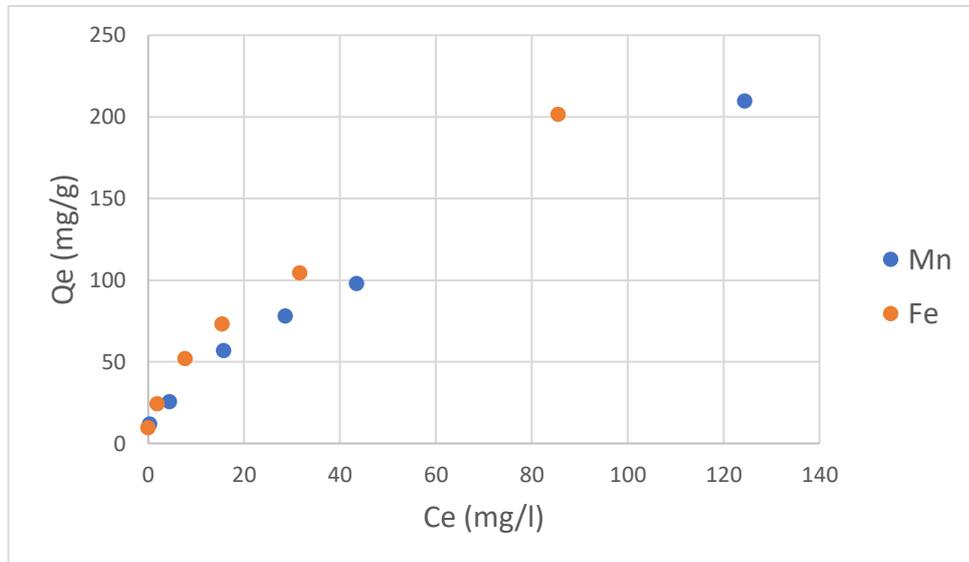
Gambar 4. 10 Hubungan Variasi Konsentrasi Mn Terhadap Persentase (%) *Removal*

Pada Gambar 4. 10 dapat dilihat dan diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi larutan Fe maka semakin tinggi pula tingkat penyerapannya (dalam ppm) tetapi semakin kecil dalam presentase (%) *removal*. Berdasarkan grafik dapat dilihat adsorben mampu bekerja optimum dalam menyerap kadar Mn pada konsentrasi 100 mg/l. Pemilihan konsentrasi optimum didasari data yang didapat pada Tabel 4. 9. Penurunan persentase (%) *removal* pada pengujian variasi konsentrasi disebabkan penambahan jumlah adsorbat (kadar Mn) yang masuk ke dalam adsorben sehingga adsorben menjadi jenuh dan berujung pada kemampuan penyerapannya yang berkurang.

4.5 Kesetimbangan Adsorpsi

Kesetimbangan adsorpsi merupakan hubungan antara Q_e atau jumlah dari ion Fe dan Mn yang terserap dalam keadaan setimbang (mg/g) dengan C_e atau konsentrasi

pada keadaan setimbang (mg/l). Kurva Fe dan Mn antara Q_e dan C_e pada pH 5 dapat dilihat pada Gambar 4. 11.



Gambar 4. 11 Kurva Kesetimbangan Fe dan Mn

Dari gambar 4. 11 dapat diketahui bahwa kedua kurva grafik Fe maupun Mn menunjukkan lengkungan yang membuktikan bahwa kemampuan adsorben dalam penyerapan sudah mencapai titik maksimum dalam penyerapan.

4.6 Isoterm Adsorpsi

Kesetimbangan isoterm adsorpsi adalah suatu metode yang dapat digunakan untuk menunjukkan cara kerja atau mekanisme dari proses adsorpsi antara larutan Fe dan Mn dengan adsorben. Model isoterm yang digunakan pada penelitian ini adalah model isoterm Langmuir dan Freundlich. Adapun persamaan isoterm Langmuir yaitu (Siswoyo dkk, 2014):

$$\frac{C_e}{q_e} = \frac{1}{q_m} C_e + \frac{1}{KLq_m}$$

Dimana C_e adalah konsentrasi pada keadaan setimbang (mg/l), q_e adalah jumlah dari ion Fe dan Mn yang teradsorpsi pada keadaan setimbang (mg/l), q_m dan KL adalah konstanta Langmuir (l/mg) dan q_m menunjukkan kapasitas adsorpsi (mg/g). Pada grafik isoterm Langmuir sumbu x merupakan $1/C_e$ sedangkan sumbu y merupakan $1/Q_e$. Dari grafik tersebut diperoleh nilai regresi linier $y = bx + a$, yang akan menentukan nilai Q_m dan KL , dimana $Q_m = 1/a$ sedangkan KL merupakan nilai b .

Nilai KL diperoleh dari nilai slope atau b . Adapun dari persamaan isoterm Langmuir didapatkan:

$$b = \frac{1}{KLq_m}$$

Maka,

$$KL = \frac{1}{b \cdot q_m}$$

Sedangkan untuk nilai Q_m didapatkan dari a atau intersep kurva. Adapun dari persamaan isoterm Langmuir didapatkan:

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

Maka,

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

Selain isoterm Langmuir digunakan pula isoterm Freundlich, berikut persamaan dari isoterm Freundlich:

$$q_e = K_f C_e^{1/n}$$

Dimana q_e merupakan jumlah material teradsorpsi (mg/g), C_e adalah konsentrasi pada saat mencapai kesetimbangan (mg/l), K_f adalah konstanta Freundlich serta n merupakan konstanta. Jika nilai $n=1$ maka adsorpsi yang terjadi adalah linear, jika nilai $n<1$ maka proses yang terjadi ialah adsorpsi fisika (Ozcan et al, 2005). Nilai K_L dan K_f merupakan indikator dari kapasitas adsorpsi. Untuk menentukan nilai K_f dan n , digunakan persamaan:

$$\text{Log}(q_e) = \text{Log}(K_f) + \frac{1}{n} \text{Log}(C_e)$$

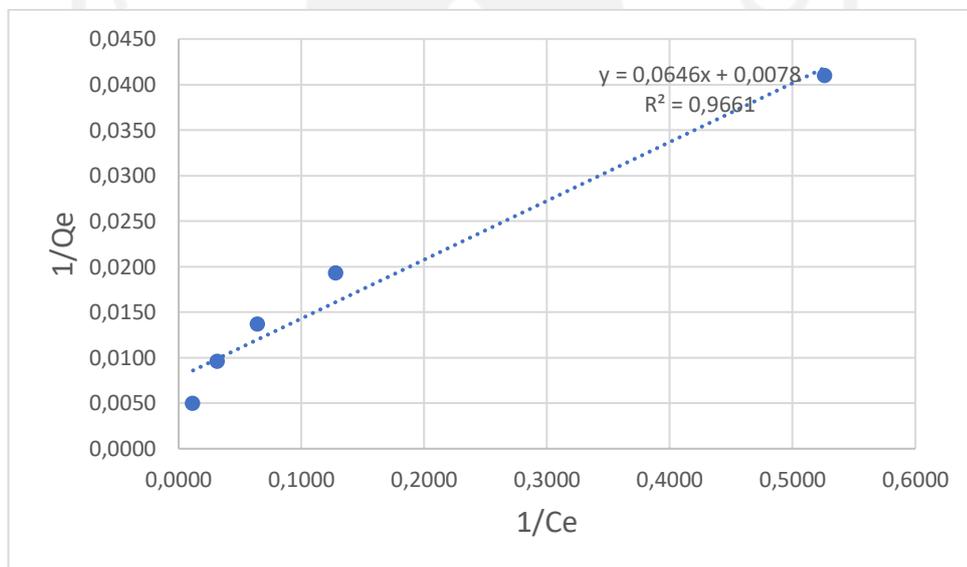
Dari beberapa persamaan di atas dimasukkan ke dalam bentuk tabel di bawah ini untuk melihat hasil dari perhitungan isoterm Langmuir.

Tabel 4. 10 Perhitungan Isoterm Langmuir Fe dan Mn

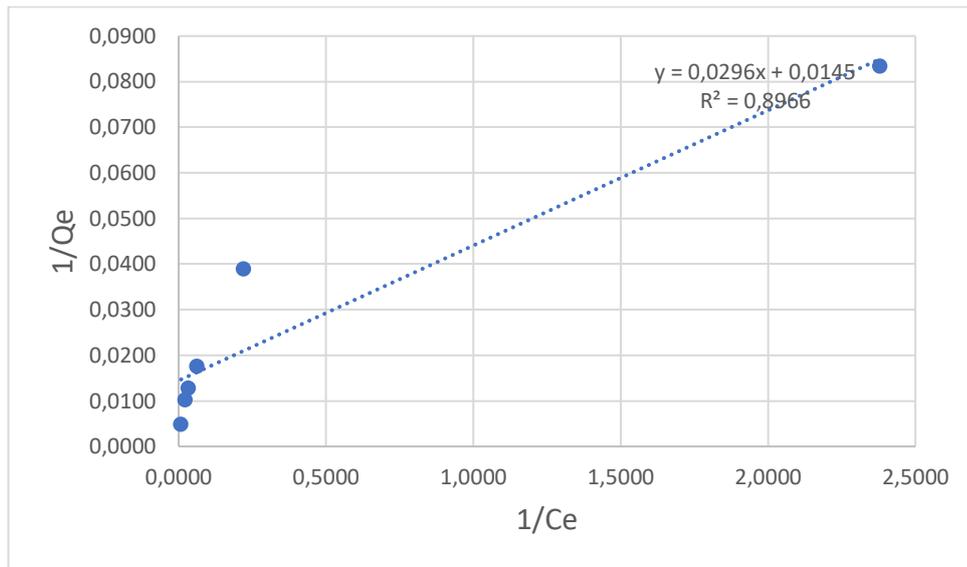
| Fe | | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|-----------|----------|----------|
| Konsentrasi Rencana | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap | Efisiensi (%) | (q_e) | 1/ C_e | 1/ q_e |
| 10 | 9,66 | 0 | 9,66 | 100,00 | 9,66 | #DIV/0! | 0,1035 |
| 25 | 24,4 | 1,9 | 22,5 | 92,21 | 24,4 | 0,5263 | 0,0410 |
| 50 | 51,9 | 7,8 | 44,1 | 84,97 | 51,9 | 0,1282 | 0,0193 |
| 75 | 73,1 | 15,5 | 57,6 | 78,80 | 73,1 | 0,0645 | 0,0137 |
| 100 | 104,6 | 31,7 | 72,9 | 69,69 | 104,6 | 0,0315 | 0,0096 |
| 200 | 201,5 | 85,6 | 115,9 | 57,52 | 201,5 | 0,0117 | 0,0050 |
| Mn | | | | | | | |

| Konsentrasi Rencana | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap | Efisiensi (%) | (qe) | 1/Ce | 1/qe |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|-------|--------|--------|
| 10 | 11,99 | 0,42 | 11,57 | 96,50 | 11,99 | 2,3810 | 0,0834 |
| 25 | 25,7 | 4,5 | 21,2 | 82,49 | 25,7 | 0,2222 | 0,0389 |
| 50 | 56,9 | 15,8 | 41,1 | 72,23 | 56,9 | 0,0633 | 0,0176 |
| 75 | 78,2 | 28,7 | 49,5 | 63,30 | 78,2 | 0,0348 | 0,0128 |
| 100 | 98 | 43,6 | 54,4 | 55,51 | 98 | 0,0229 | 0,0102 |
| 200 | 209,8 | 124,5 | 85,3 | 40,66 | 209,8 | 0,0080 | 0,0048 |

Setelah didapatkan data dari tabel kemudian selanjutnya data diproyeksikan ke dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4. 12 dan 4. 13 di bawah ini.



Gambar 4. 12 Isoterm Langmuir Fe



Gambar 4. 13 Isoterm Langmuir Mn

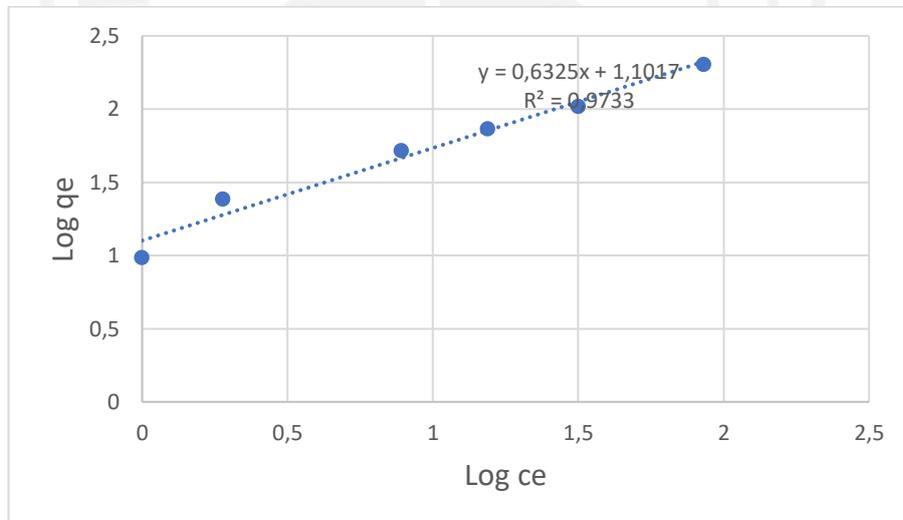
Dari persamaan-persamaan di atas tadi dimasukkan ke dalam bentuk tabel di bawah ini untuk bisa melihat hasil perhitungan dari isoterm Freundlich.

Tabel 4. 11 Perhitungan Isoterm Freundlich

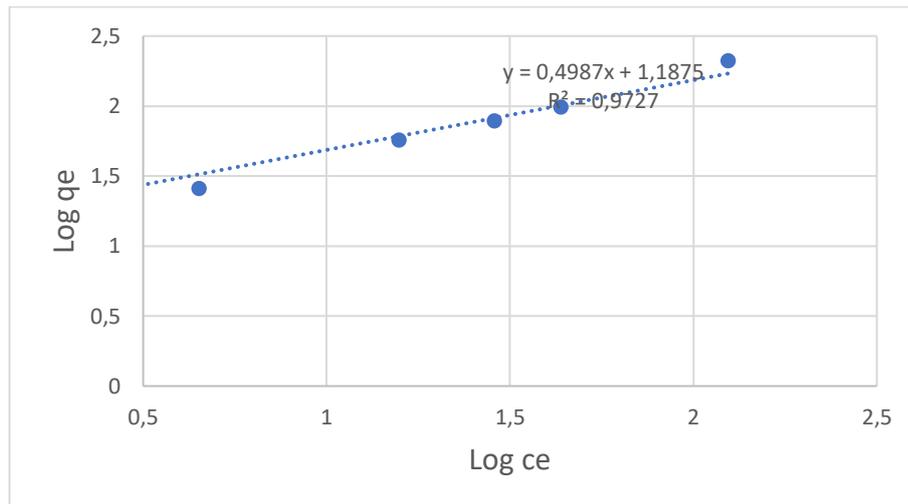
| Fe | | | | | | |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|-----------|-----------|
| Konsentrasi Rencana | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap | Efisiensi (%) | Log C_e | Log q_e |
| 10 | 9,66 | 0 | 9,66 | 100,00 | #NUM! | 0,984977 |
| 25 | 24,4 | 1,9 | 22,5 | 92,21 | 0,278754 | 1,38739 |
| 50 | 51,9 | 7,8 | 44,1 | 84,97 | 0,892095 | 1,715167 |
| 75 | 73,1 | 15,5 | 57,6 | 78,80 | 1,190332 | 1,863917 |
| 100 | 104,6 | 31,7 | 72,9 | 69,69 | 1,501059 | 2,019532 |
| 200 | 201,5 | 85,6 | 115,9 | 57,52 | 1,932474 | 2,304275 |
| Mn | | | | | | |

| Konsentrasi Rencana | Konsentrasi Sebelum Kontak (mg/l) | Konsentrasi Sesudah Kontak (mg/l) | Konsentrasi Terserap | Efisiensi (%) | Log Ce | Log qe |
|---------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------|----------|----------|
| 10 | 11,99 | 0,42 | 11,57 | 96,50 | -0,37675 | 1,078819 |
| 25 | 25,7 | 4,5 | 21,2 | 82,49 | 0,653213 | 1,409933 |
| 50 | 56,9 | 15,8 | 41,1 | 72,23 | 1,198657 | 1,755112 |
| 75 | 78,2 | 28,7 | 49,5 | 63,30 | 1,457882 | 1,893207 |
| 100 | 98 | 43,6 | 54,4 | 55,51 | 1,639486 | 1,991226 |
| 200 | 209,8 | 124,5 | 85,3 | 40,66 | 2,095169 | 2,321805 |

Setelah didapatkan data dari tabel kemudian selanjutnya data diproyeksikan ke dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 4. 14 dan 4. 15 di bawah ini.



Gambar 4. 14 Isoterm Freundlich Fe



Gambar 4. 15 Isoterm Freundlich Mn

Dari Gambar 4. 12 dan 4. 13 didapatkan nilai R^2 isoterm Langmuir dari adsorben karbon aktif limbah cangkang sawit terhadap ion logam Fe dan Mn berturut-turut $R^2 = 0,9661$ dan $R^2 = 0,8966$. Kemudian didapatkan juga nilai q_m , K_L , K_f dan n untuk Fe berturut-turut adalah 128,21 mg/g, 0,12 l/mg, 1,02 dan 15,47. Sementara untuk Mn nilai q_m , K_L , K_f dan n berturut-turut adalah 68,96 mg/g, 0,49 l/mg, 1,03 dan 33,78. Selanjutnya pada Gambar 4. 14 dan 4. 15 didapatkan nilai R^2 isoterm Freundlich dari adsorben karbon aktif limbah cangkang sawit terhadap ion logam Fe dan Mn berturut-turut $R^2 = 0,9733$ dan $R^2 = 0,9727$.

4.7 Uji Coba Pada Air Sumur

Air sumur yang digunakan merupakan air sumur rumah warga di Jalan Kaliurang km 13,5, Komplek Perumahan Griya Perwita Asri BS-06, Besi, Sukoharjo, Ngaglik, Sleman, DIY. Hasil dari pembacaan instrumen Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) menunjukkan hasil Fe sebesar 0,237 mg/l sementara untuk logam Mn tidak dapat terbaca karena kadarnya yang terlalu rendah atau bahkan tidak ada sama sekali. Setelah dilakukan kontak dengan adsorben, kadar Fe berhasil turun menjadi 0,005 mg/l, yang mana adsorben berhasil menyerap kandungan Fe sebesar 0,232 mg/l dengan persentase (%) *removal* sebesar 97,89%. Sehingga dapat disimpulkan bahwa adsorben karbon aktif dari limbah cangkang

sawit dapat bekerja optimal pada air sumur.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Didasari oleh analisa dari penelitian yang sudah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Adsorben karbon aktif dari limbah cangkang sawit yang ditumbuk sampai dengan ukuran 50 mesh dapat memberikan dampak yang signifikan terhadap persentase (%) *removal* ion logam Fe dan Mn dalam air. Pembuatan karbon aktif dilakukan dengan cara membakar cangkang sawit menggunakan furnace dengan suhu 400° C selama 1,5 jam yang kemudian diaktivasi secara fisika dengan cara membakar kembali cangkang sawit dengan suhu 600° C selama 30 menit.
2. Proses adsorpsi berjalan optimum dengan massa adsorben karbon aktif 50 mg, nilai pH 5, waktu kontak selama 15 menit untuk ion logam Fe dan 60 menit untuk ion logam Mn dan konsentrasi larutan 100 mg/l.
3. Kandungan Fe pada air sumur sebesar 0,237 mg/l dan berhasil berkurang setelah kontak dengan adsorben menjadi 0,005 mg/l dengan efisiensi *removal* sebesar 97,89%

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang sudah dilakukan, terdapat beberapa saran yang penulis ajukan sebagai perbaikan untuk penelitian kedepannya. Adapun saran tersebut adalah sebagai berikut:

1. Diperlukan penelitian lebih lanjut untuk memanfaatkan limbah cangkang sawit sebagai adsorben untuk menurunkan kandungan logam berat dalam air.
2. Melakukan modifikasi terhadap adsorben cangkang sawit baik dengan cara aktivasi lain maupun dengan mengembangkan bentuk lain selain serbuk.

3. Perlu dilakukan penelitian lain terhadap parameter logam berat lain selain Fe dan Mn.



DAFTAR PUSTAKA

- Ayuna, Astrid., & Febrina, Laila. 2015. **Studi Penurunan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air Tanah Menggunakan Saringan Keramik.** *Jurnal Teknologi.* Vol. 7 No: 1, Januari 2015. 39-41.
- Fauziah, A. 2010. **Efektivitas Saringan Pasir Cepat Dalam Menurunkan Kadar Mangan (Mn) Pada Air Sumur Dengan Penambahan Kalium Permanganat (KMnO₄) 1%.** Tugas Akhir. Universitas Sumatera Utara.
- Ghazy, S. E., & El-Mosy, S. M. 2009, **Sorption of Lead from Aqueous Solution by Modified Activated Carbon Prepared from Olive Stones.** *African Journal of Biotechnology.* Vol. 8 No: 17, 2009. 4140-4148.
- Giyatmi, Kamal, Z. & Melati, D 2008. **Penurunan Kadar Cu, Cr, dan Ag dalam Limbah Cair Industri Perak di Kotagede Setelah Diadsorpsi dengan Tanah Liat dari Daerah Godean.** *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir Yogyakarta.* 25-26 Agustus 2008. 99-106.
- Gultom, E. M & Lubis, M.T. 2014. **Aplikasi Karbon Aktif dari Cangkang Kelapa Sawit dengan Aktivator H₃PO₄ Untuk Penyerapan Logam Berat Cd dan Pb.** *Jurnal Teknik Kimia USU.* Vol. 3 No: 1, Maret 2014. 5-10
- Krisnanda, Restu. 2020. **Vitamin C Membantu Dalam Absorpsi Zat Besi Pada Anemia Defisiensi Besi.** *Jurnal Perawat Profesional.* Vol. 2 No: 3, Agustus 2020. 279-286.
- Lestari, I. P., & Lipoeto, N. I. 2017. **Artikel Penelitian Hubungan Konsumsi Zat Besi dengan Kejadian Anemia pada Murid SMP Negeri 27 Padang.** *Jurnal Kesehatan Andalas* Vol. 6 No: 3, Desember 2017. 507–511.
- Masriatini & Fatimura. 2018. **Pemanfaatan Karbon Aktif Sebagai Penyerap Ion Besi.** *Jurnal Redoks Universitas PGRI Palembang.* Vol. 3 No: 2, Juli-Desember 2018. 51-54.
- Ozcan, A. S., Erdem, B., & Ozcan, A. 2005. **Adsorption of Acid Blue 193 from aqueous solutions onto BTMA-bentonite.** *Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng.* Vol. 266 .73–81.

- PERMENKES RI. 2010. **Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 492/Menkes/Pers/IV/2010 Tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia**, Jakarta 2010
- Rahmanita, N. 2015. **Pemanfaatan Kulit Sinkong Untuk Mengadsorpsi Ion Logam Timbal (Pb)**. Tugas Akhir. Universitas Hasanuddin Makassar.
- Said, N. I. 2005. **Metoda Penghilangan Zat Besi Dan Mangan Di Dalam Penyediaan Air Minum Domestik**. *Jurnal Air Indonesia*, Vol. 1 No: 3, 2005. 239–250.
- Saputro, M. 2006. **Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Kacang Tanah (Arachis hypogae) dengan Aktivator Asam Sulfat**. Tugas Akhir. Universitas Diponegoro.
- Sari, K. N. 2010. **Analisa Instrumentasi**. Klaten : Yayasan Humaniora.
- Sedyanto, A. P. 2018. **Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Fiber Adsorben Terenkapsulasi Na-Alginat Penyerap Logam Berat Pb(II) Dalam Air**. Tugas Akhir. Teknik Lingkungan Universitas Islam Indonesia
- Sharma, Y. C., Uma, & Upadhyay, S. N., 2009. **Removal of a Cationic Dye from Wastewater by Adsorption on Activated Carbon Developed from Coconut Cair**. *Energy and Fuels*, Vol. 23 No: 6, 2009. 2983-2988
- Siswoyo, E., Mihara, Y., & Tanaka, S. 2014. **Determination of Key Components and Adsorption Capacity of a Low Cost Adsorbent Based on Sludge of Drinking Water Treatment Plant to Adsorb Cadmium Ion in Water**. *Applied Clay Science*. Vol. 97-98. 146-152.
- Sujatno, Salam, Bandriyana & Dimiyati. 2015. **Studi Scanning Electron Microscopy (SEM) Untuk Karakterisasi Proses Oksidasi Paduan Zirkonium**. *Jurnal Forum Nuklir (JFN)*, Vol. 5 No: 2, November 2015. 44-50.
- Tumin, N. D., Chuah, A.L., Zawani, Z., & Rashid, S. A. 2008. **Adsorption of Copper from Aqueous Solution by Elais Guineensis Kernel Activated Carbon**. *Journal of Engineering Science and Technology*, Vol. 3 No: 2, 2008. 180-189.
- Vasu, A. E. 2008. **Surface Modification of Activated Carbon for Enhancement**

of Nickel(II) Adsorption. *E-Journal of Chemistry*, **Vol. 5** No: 4, 2008. 814-819.

Viena, V., Bahagia. & Afrizal Z. 2020. **Produksi Karbon Aktif dari Cangkang Sawit dan Aplikasinya Pada Penyerapan Zat Besi, Mangan dan pH Air Sumur.** *Jurnal Serambi Engineering*, **Vol. 5** No: 1, Januari 2020. 875-882.

Wicakso,D.R., Deviyani, E. & Hidayah, N. 2012. **Adsorpsi Logam Besi (Fe) Sungai Barito Menggunakan Adsorben Dari Batang Pisang.** *Jurnal Konversi*, **Vol. 1**, Oktober 2012. 19-25.



LAMPIRAN I

PERHITUNGAN

1. Pembuatan Larutan Induk Fe (III) 1000 ppm

Melarutkan serbuk Besi (III) Klorida Hexahidrat ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) sebanyak \pm 4,840 gram ke dalam *aquades* sebanyak 1000 ml.

2. Pembuatan Larutan Induk Mn (II) 1000 ppm

Melarutkan serbuk Mangan (II) Sulfat Hidrat ($\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$) sebanyak \pm 3,076 gram ke dalam *aquades* 1000 ml.

3. Pengenceran Larutan Uji Fe dan Mn 10 ppm

Keterangan:

V_1 : Volume molaritas larutan sebelum pelarutan

M_1 : Molaritas larutan sebelum pelarutan

V_2 : Volume molaritas larutan sesudah pelarutan

M_2 : Molaritas larutan sesudah pelarutan

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

$$V_1 = (V_2 \times M_2) / M_1$$

$$V_1 = (5 \text{ ml} \times 10 \text{ ppm}) / 1000 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 1000 \text{ ppm} \cdot \text{ml} / 1000 \text{ ppm}$$

$$V_1 = 0,5 \text{ ml}$$

4. Perhitungan Persentase (%) *Removal*

$$\% \text{ Removal} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

Keterangan:

C_0 = Konsentrasi awal (ppm)

C_a = Konsentrasi setelah kontak (ppm)

a. Variasi Massa

Fe =

$$\% \text{ Removal Fe} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Fe} = \frac{7,53 \text{ ppm} - 0,7 \text{ ppm}}{7,53 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Fe} = 0,9070 \times 100\% \\ = 90,70 \%$$

Mn =

$$\% \text{ Removal Mn} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Mn} = \frac{8,42 \text{ ppm} - 0,93 \text{ ppm}}{8,42 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Mn} = 0,8895 \times 100\% \\ = 88,95 \%$$

b. Variasi Nilai Derajat Keasaman (pH)

Fe =

$$\% \text{ Removal Fe} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Fe} = \frac{11,64 \text{ ppm} - 0 \text{ ppm}}{11,64 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Fe} = 1 \times 100\% \\ = 100 \%$$

Mn =

$$\% \text{ Removal Mn} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Mn} = \frac{9,08 \text{ ppm} - 0,1 \text{ ppm}}{9,08 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Mn} = 0,9889 \times 100\% \\ = 98,90 \%$$

c. Variasi Waktu Kontak

Fe =

$$\% \text{ Removal Fe} = \frac{C_0 - C_a}{C_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Fe} = \frac{8,76 \text{ ppm} - 0,01 \text{ ppm}}{8,76 \text{ ppm}} \times 100\%$$

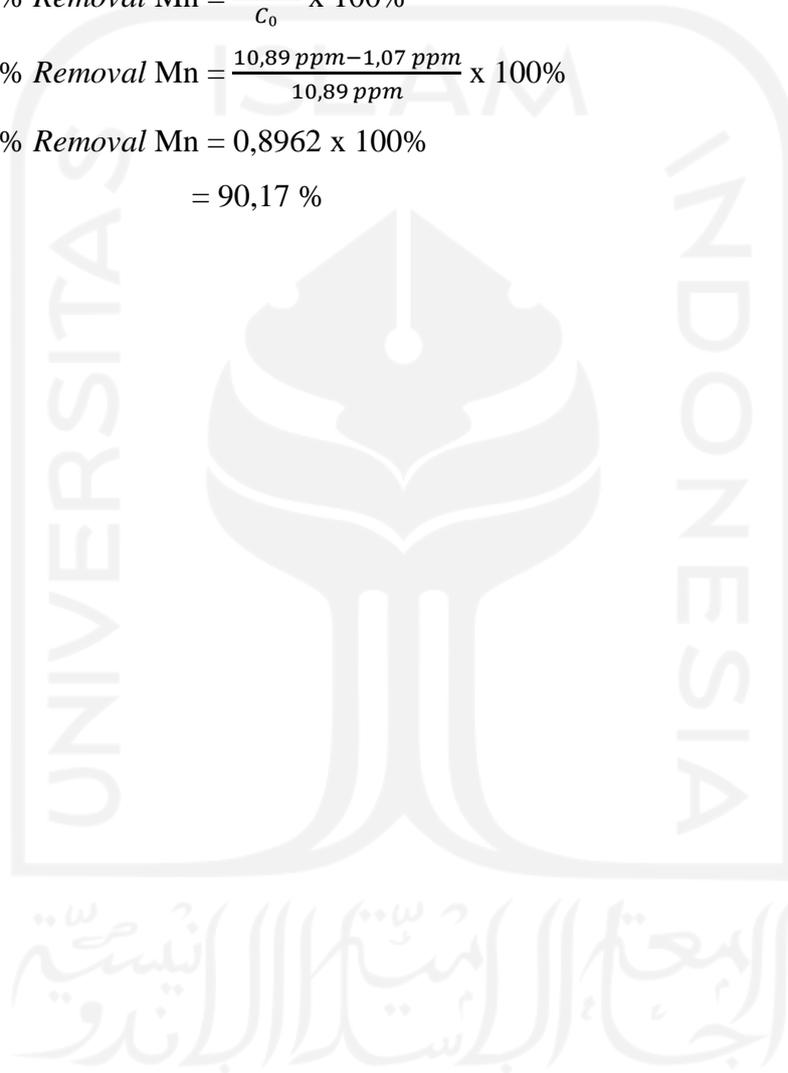
$$\begin{aligned} \% \text{ Removal Fe} &= 0,9988 \times 100\% \\ &= 99,89 \% \end{aligned}$$

Mn =

$$\% \text{ Removal Mn} = \frac{c_0 - c_a}{c_0} \times 100\%$$

$$\% \text{ Removal Mn} = \frac{10,89 \text{ ppm} - 1,07 \text{ ppm}}{10,89 \text{ ppm}} \times 100\%$$

$$\begin{aligned} \% \text{ Removal Mn} &= 0,8962 \times 100\% \\ &= 90,17 \% \end{aligned}$$



LAMPIRAN II DOKUMENTASI

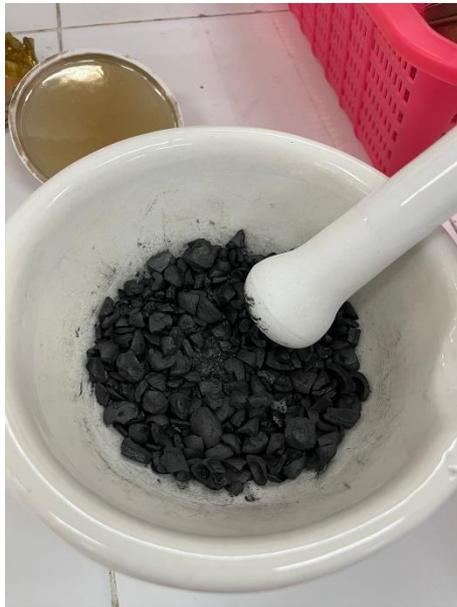
1. Limbah cangkang sawit yang sudah dipilih dan dibersihkan



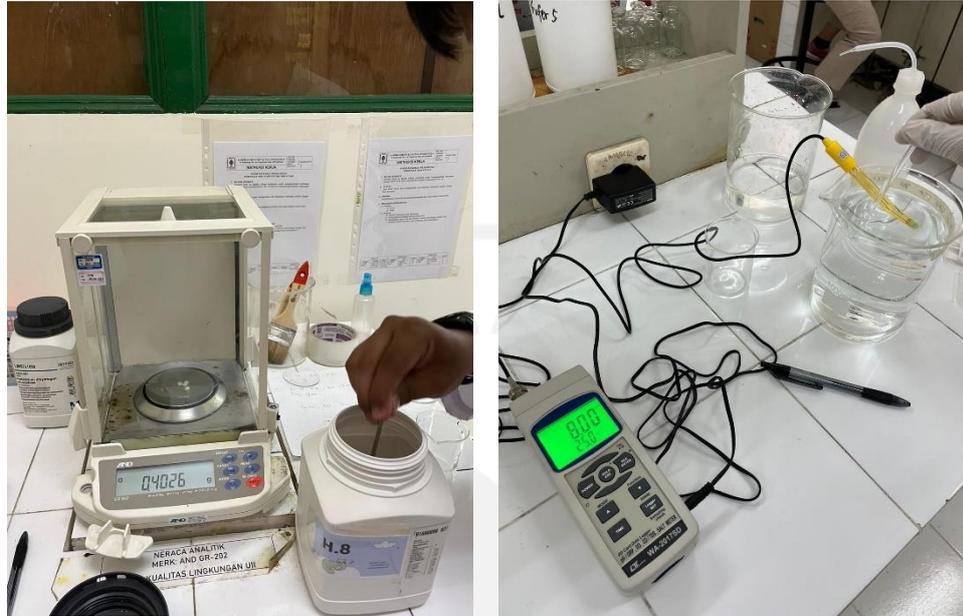
2. Cangkang sawit yang sudah diaktivasi secara fisika



3. Cangkang sawit ditumbuk sampai didapatkan ukuran serbuk 50 mesh



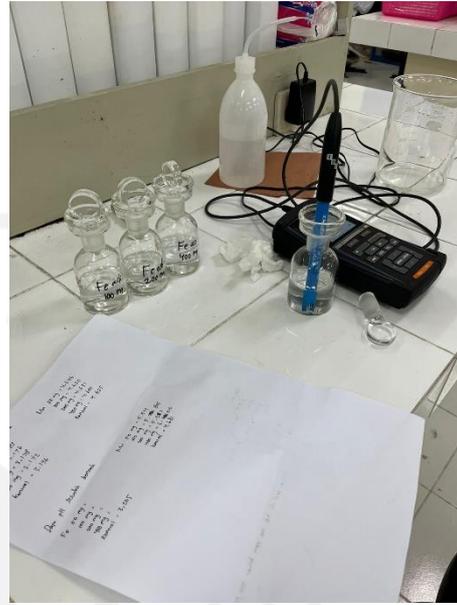
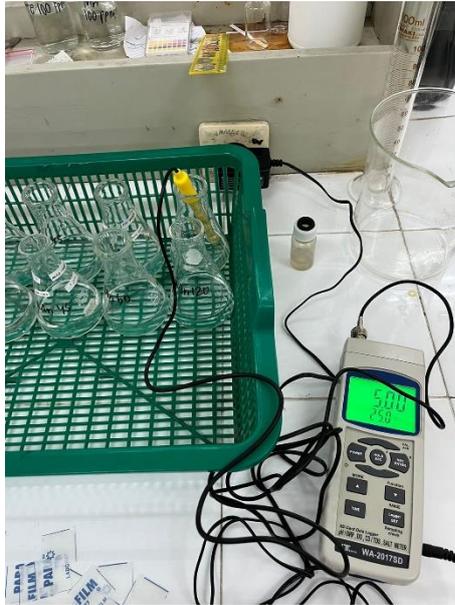
4. Pembuatan larutan pH



5. Pengenceran larutan



6. Pengecekan control pH sebelum dan sesudah kontak



7. Proses pengadukan menggunakan *orbital shaker*



8. Proses penyaringan adsorben dari larutan



9. Pengujian kadar Fe dan Mn menggunakan spektrofotometri serapan atom (SSA)



10. Mempelajari pengolahan air bersih

