

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *HYDROCHAR*  
TONGKOL JAGUNG (*Zea mays*) TERAKTIVASI  $ZnCl_2$   
SEBAGAI ADSORBEN ION BESI(III)**

**SKRIPSI**

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian Syarat Guna  
Memperoleh Gelar Sarjana Sains

dalam Ilmu Kimia



**Oleh :**

**SYIFA MUDIA**

**1908036009**

**PROGRAM STUDI KIMIA  
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI  
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI WALISONGO  
SEMARANG**

**2023**

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI *HYDROCHAR*  
TONGKOL JAGUNG (*Zea mays*) TERAKTIVASI  $ZnCl_2$   
SEBAGAI ADSORBEN ION BESI(III)**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**SYIFA MUDIA**

**1908036009**

**Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Melaksanakan  
Skripsi Strata Satu Program Studi Kimia Fakultas Sains  
Dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang**

**JURUSAN KIMIA**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI**

**UIN WALISONGO SEMARANG**

**2023**

## PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Syifa Mudia

NIM : 1908036009

Jurusan : Kimia

Menyatakan bahwa skripsi yang berjudul:

### SINTESIS DAN KARAKTERISASI *HYDROCHAR* TONGKOL JAGUNG (*Zea mays*) TERAKTIVASI $ZnCl_2$ SEBAGAI ADSORBEN ION BESI(III)

Secara keseluruhan adalah hasil penelitian/karya saya sendiri  
kecuali bagian tertentu yang dirujuk sumbernya.

Semarang, Juni 2023  
Pembuat Pernyataan



Syifa Mudia  
1908036009

## PENGESAHAN

Naskah skripsi berikut ini:

Judul : Sintesis Dan Karakterisasi *Hydrochar* Tongkol Jagung  
(*Zea mays*) Teraktivasi  $ZnCl_2$  Sebagai Adsorben Ion  
Besi(III)

Penulis : Syifa Mudia

NIM : 1908036009

Jurusan : Kimia

Telah diujikan dalam sidang tugas akhir oleh Dewan Penguji  
Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo dan dapat  
diterima sebagai salah satu syarat memperoleh gelar sarjana  
dalam Ilmu Kimia.

Semarang 21 Juli 2023


### DEWAN PENGUJI

Ketua sidang

  
Khoidah, M.Sc


NIP. 19850811 201903 2008

Sekretaris sidang

  
Dyah Pitasari, M.Si


NIP. 19850102 201903 2017

Penguji I

  
Wirda Udaibah, S.Pd., M.Si

NIP.19850104 200011 2003

Penguji II

  
Zidni Azizati, M.Sc

NIP. 19901117 201801 2001

Pembimbing I

  
Khoidah, M.Sc

NIP. 19850811 201903 2008

Pembimbing II

  
Mulyajun, M.Si

NIP. 19830504 201101 2008



## NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan  
bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Sintesis Dan Karakterisasi *Hydrochar* Tongkol Jagung  
(*Zea mays*) Teraktivasi  $ZnCl_2$  Sebagai Adsorben Ion  
Besi(III)

Nama : Syifa Mudia

NIM : 1908036009

Jurusan: Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat  
diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo  
untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing I



**Kholidah, M.Sc**

NIP. 19850811 201903 2008

## NOTA DINAS

Semarang, 23 Juni 2023

Yth. Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi  
UIN Walisongo Semarang

*Assalamu'alaikum. wr. wb.*

Dengan ini diberitahukan bahwa saya telah melakukan  
bimbingan, arahan dan koreksi naskah skripsi dengan:

Judul : Sintesis Dan Karakterisasi *Hydrochar* Tongkol Jagung  
(*Zea mays*) Teraktivasi  $ZnCl_2$  Sebagai Adsorben Ion  
Besi(III)

Nama : Syifa Mudia

NIM : 1908036009

Jurusan: Kimia

Saya memandang bahwa naskah skripsi tersebut sudah dapat  
diajukan kepada Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo  
untuk diujikan dalam Sidang Munaqosyah.

*Wassalamu'alaikum. wr. wb.*

Pembimbing II



**Mulyatun, M.Si**

NIP. 19830504 201101 2008

## ABSTRAK

Salah satu parameter kualitas air minum adalah kandungan besi yaitu maksimal 0,3 ppm. Ion logam besi(III) selain berbahaya bagi kesehatan manusia juga berbahaya bagi ekosistem lainnya. Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik *hydrochar* tongkol jagung (HTJ) yang dihasilkan dan mengetahui pengaruh aktivator  $ZnCl_2$  terhadap kapasitas adsorpsi untuk mengadsorp ion logam besi(III). Berdasarkan hasil karakterisasi yang telah dilakukan, pada adsorben *hydrochar* tongkol jagung tanpa aktivasi (HTJ-0) dan teraktivasi  $ZnCl_2$  4% (HTJ-1), 8% (HTJ-2), dan 10% (HTJ-3) diketahui adanya gugus fungsi berupa gugus karbonil dan masih adanya senyawa selulosa yang berguna dalam melakukan pengikatan dengan adsorbat, hal ini terlihat pada hasil uji FTIR (*Fourier Transform Infra-Red*). Karakterisasi XRD (Difraksi Sinar-X) *hydrochar* tongkol jagung tanpa aktivasi dan teraktivasi  $ZnCl_2$  4%, 8%, dan 10% yang disintesis menghasilkan difraktogram dengan struktur mikrokristalin. Karakterisasi SAA (*Surface Area Analyzer*) menunjukkan bahwa semua HTJ hasil sintesis termasuk kedalam mesopori (20 nm sampai 50 nm). Karakterisasi AAS (*Atomic Absorption Spectrophotometry*) menunjukkan kapasitas adsorpsi terbesar terdapat pada *hydrochar* tongkol jagung teraktivasi  $ZnCl_2$  4% dengan nilai  $Q_e$  sebesar 1,861 mg/g dan %penurunan besi(III) menghasilkan persentase penurunan 40,93%.

**Kata kunci :** *Hydrochar* Tongkol Jagung,  $ZnCl_2$ , Adsorpsi, Ion Fe(III)

## **KATA PENGANTAR**

*Assalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.*

*Alhamdulillahillobbil Alamiin.*

Puji serta syukur penulis panjatkan atas berkat dan rahmat Allah SWT yang telah melimpahkan karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini dengan sebaik-baiknya. Shalawat serta salam tidak lupa penulis panjatkan kepada panutan umat Islam yaitu baginda Rasulullah SAW yang telah membawa manusia dari kehidupan yang gelap menuju kehidupan yang terang benderang dengan penuh Rahmatan Lil'alamin.

Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada semua pihak yang telah memberikan bimbingan, semangat dan bantuan yang sangat berarti bagi penulis sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik, maka pada kesempatan ini dengan kerendahan hati dan rasa hormat penulis haturkan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. H. Imam Taufiq, M.Ag. sebagai Rektor UIN Walisongo Semarang.
2. Dr. H. Ismail, M.Ag. sebagai Dekan Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.



3. Dr. Hj. Malikhatul Hidayah, S.T., M.Pd. sebagai Ketua Program Studi Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.
4. Kholidah, M.Sc. sebagai Dosen Pembimbing I.
5. Mulyatun M.Si. sebagai Dosen Pembimbing II.
6. Bapak/Ibu dosen Program Studi Kimia, serta sivitas akademik Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan banyak ilmu kepada penulis selama menempuh pendidikan.
7. Kedua orangtua tercinta penulis yaitu bapak Kardimin dan ibu Sutipah yang selalu memberikan doa terbaik untuk putrinya. Terima kasih atas perjuangan luar biasa serta pengorbanan yang tiada ternilai.
8. PLP Laboratorium Kimia Ibu Anita Karunia Z, S.Si dan asisten Laboratorium Kimia yang telah banyak mendampingi selama penulis melakukan penelitian.
9. Teman-teman kimia 2019 yang telah memberi motivasi dan doa serta pelajaran hidup yang cukup berharga.
10. Semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu yang telah memberikan bantuan dan bimbingan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan

Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu karena telah memberi semangat serta membantu

penulis dalam menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangannya. Kritik dan saran yang membangun sangat penulis harapkan demi perbaikan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi sesama dan mendapat ridho-Nya. *Aamiin yaa Robbal Aalamiin.*

*Wassalamu'alaikum Warahmatullahi Wabarakatuh*

Semarang, 23 Juni 2023

Penulis

Syifa Mudia

NIM: 1908036009

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL</b> .....	i
<b>PERNYATAAN KEASLIAN</b> .....	ii
<b>PENGESAHAN</b> .....	iii
<b>NOTA DINAS</b> .....	iv
<b>NOTA DINAS</b> .....	v
<b>ABSTRAK</b> .....	vi
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xiii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xiv
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Rumusan Masalah.....	13
C. Tujuan Penelitian .....	14
D. Manfaat Penelitian.....	14
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	15
A. Air.....	15
B. Pencemaran Ion Logam Besi(III) Dalam Air .....	18
C. Tongkol jagung ( <i>Zea mays</i> L.).....	25
E. <i>Hydrochar</i> .....	28
F. Aktivasi .....	30

G. Adsorpsi.....	34
H. Karakterisasi <i>Hydrochar</i> Tongkol Jagung .....	42
I. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan.....	54
J. Hipotesis.....	56
<b>BAB III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>57</b>
A. Alat.....	57
B. Bahan .....	57
C. Prosedur penelitian .....	58
1. Preparasi Serbuk Limbah Tongkol Jagung .....	58
2. Preparasi HTJ ( <i>Hydrochar</i> Tongkol Jagung) .....	58
3. Preparasi HTJ Teraktivasi Larutan ZnCl <sub>2</sub> .....	59
4. Karakterisasi <i>Hydrochar</i> dengan FTIR.....	60
5. Karakterisasi <i>Hydrochar</i> dengan XRD .....	60
6. Karakterisasi <i>Hydrochar</i> dengan SAA .....	61
7. Pembuatan Kurva Standar Fe(III) .....	61
8. Uji Kapasitas Adsorpsi Logam Ion Besi(II).....	62
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>63</b>
A. Preparasi Serbuk Limbah Tongkol Jagung .....	63
B. Sintesis dan Aktivasi HTJ dengan ZnCl <sub>2</sub> .....	65
C. Karakterisasi HTJ .....	69
1. Karakterisasi HTJ dengan FTIR .....	69
2. Karakterisasi HTJ dengan XRD .....	72
3. Karakterisasi HTJ dengan SAA.....	75
D. Uji Kapasitas Adsorpsi Terhadap Ion Besi(II).....	77

<b>BAB V PENUTUP .....</b>	<b>83</b>
A. Kesimpulan.....	83
B. Saran .....	83
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>85</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>96</b>
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP .....</b>	<b>116</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel 4. 1.</b> Perbedaan bilangan gelombang HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3.....	71
<b>Tabel 4. 2.</b> Hasil analisis SAA HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 .....	75
<b>Tabel 4. 3.</b> Kapasitas adsorpsi dan % penurunan.....	79

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar 2. 1.</b>	Bentuk ion besi pada pH di dalam air.....	24
<b>Gambar 2. 2.</b>	Struktur selulosa .....	28
<b>Gambar 2. 3.</b>	Spektra FTIR yang dihasilkan dari <i>hydrochar</i> tongkol jagung.....	44
<b>Gambar 2. 4.</b>	Difraktogram XRD yang dihasilkan dari <i>hydrochar</i> tongkol jagung dengan perbandingan suhu hidrotermal.....	47
<b>Gambar 2. 5.</b>	Kurva adsorpsi isoteremis BET.....	51
<b>Gambar 4. 1</b>	Serbuk tongkol jagung hasil preparasi .....	64
<b>Gambar 4. 2.</b>	Serbuk HTJ hasil sintesis .....	66
<b>Gambar 4. 3.</b>	Serbuk HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 .....	68
<b>Gambar 4. 4.</b>	Spektrum FTIR (a) HTJ-0 (b) HTJ-1 (c) HTJ-2 (d) HTJ-3 .....	69
<b>Gambar 4. 5.</b>	Difraktogram HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3 .....	73
<b>Gambar 4. 6.</b>	Isoterm adsorpsi-desorpsi N <sub>2</sub> HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 .....	77

## DAFTAR LAMPIRAN

<b>Lampiran 1:</b> Diagram Alir Penelitian.....	96
<b>Lampiran 2:</b> Data Hasil Pengamatan.....	103
<b>Lampiran 3:</b> Pembuatan dan Perhitungan Pembuatan Reagen Kimia.....	107
<b>Lampiran 4:</b> Karakterisasi HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 .....	111
<b>Lampiran 5:</b> Dokumentasi Penelitian.....	113



# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Air adalah elemen paling penting dalam kehidupan manusia dan merupakan faktor penentu utama kelangsungan hidup di bumi. Air tidak hanya penting untuk dikonsumsi, air juga memiliki peran yang tak tergantikan dalam menjalankan berbagai kegiatan rutin sehari-hari, seperti membersihkan diri melalui mandi, mencuci pakaian, serta melakukan berbagai kegiatan domestik lainnya (Nurliza, 2020). Kualitas air minum dan air bersih harus memenuhi standar kesehatan yang mencakup aspek fisik, kimia, mikrobiologis, dan radioaktif sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 416/MENKES/PER/IX/1990. Peraturan ini menetapkan persyaratan dan pengawasan yang harus dipatuhi untuk memastikan air aman dan layak untuk dikonsumsi. Standar tersebut mencakup kejernihan, ketiadaan zat berbahaya, kandungan mikroorganisme yang aman, dan batasan kadar zat radioaktif (Nurliza, 2020). Salah satu parameter kualitas air minum adalah adanya kandungan ion besi(III), dengan batas maksimal sebesar 0,3 ppm (*part per million*) (Rahayu,

2014). Kelebihan ion besi dalam air minum dapat mempengaruhi rasa, warna, dan kesehatan. Pemerintah melakukan pengujian dan pemantauan untuk memastikan kandungan ion besi dalam air minum memenuhi standar yang aman (Kemenkes RI, 1990).

Besi (Fe) merupakan salah satu dari unsur-unsur yang ada dalam air permukaan dan air tanah. Besi dalam air dan tanah dapat berada dalam bentuk ion besi(II) dan besi(III), yang memiliki kemampuan untuk membentuk senyawa kompleks dengan zat organik (Rahayu, 2014). Ion besi(II) dapat mengalami oksidasi oleh oksigen yang berasal dari atmosfer. Proses ini mengubah ion besi(II) menjadi ion besi(III), yang dapat menyebabkan air menjadi keruh. Selain itu, pembentukan ion besi(III) juga dapat menyebabkan air berubah menjadi abu-abu. Ion besi(III) dapat menjadi berbahaya bagi kesehatan jika dikonsumsi secara berlebihan (Andini, 2018). Ion besi(III) selain berbahaya bagi kesehatan manusia juga berbahaya bagi ekosistem lainnya. Masalah kualitas air yang tercemar ini disebabkan oleh tindakan manusia yang tidak peduli terhadap lingkungan dan telah diingatkan dalam al-Qur'an.

Namun, masih banyak manusia yang tidak bertanggung jawab terhadap alam dan menyebabkan kerusakan. Penting bagi kita untuk memahami ajaran al-Qur'an dan mengambil tanggung jawab dalam menjaga lingkungan, termasuk menjaga kualitas air sebagai sumber kehidupan yang penting. Allah SWT telah berfirman dalam Q.S. ar-Rum (30) ayat 41 yang berbunyi:

ظَهَرَ الْفَسَادُ فِي الْبَرِّ وَالْبَحْرِ بِمَا كَسَبَتْ أَيْدِي النَّاسِ لِيُذِيقَهُمْ  
بَعْضَ الَّذِي عَمِلُوا لَعَلَّهُمْ يَرْجِعُونَ ٤١

Artinya : “Telah tampak kerusakan di darat dan di laut disebabkan perbuatan tangan manusia. (Melalui hal itu) Allah membuat mereka merasakan sebagian dari (akibat) perbuatan mereka agar mereka kembali (ke jalan yang benar)” (Dzikrul, 2018).

Ayat tersebut menjelaskan bahwa kerusakan yang disebabkan oleh tangan manusia pada akhirnya akan mempengaruhi mereka sendiri, dan mereka akan merasakan akibat dari perbuatan yang telah mereka lakukan. Dalam ayat tersebut, Allah menegaskan bahwa kerusakan yang terjadi di daratan dan di perairan adalah hasil dari perbuatan manusia (Dzikrul, 2018).

Air yang mengandung ion besi(III) dalam konsentrasi yang tinggi tidak dapat digunakan untuk keperluan rumah tangga. Hal ini disebabkan oleh beberapa efek negatif yang dapat terjadi, misalnya, air yang mengandung ion besi dalam jumlah yang terlalu tinggi dapat meninggalkan bekas karat pada pakaian dan peralatan porselin, air minum yang mengandung ion besi dalam konsentrasi di atas  $\pm 0,31$  mg/L dapat terjadi perubahan rasa, perubahan warna menjadi merah kekuning-kuningan, menimbulkan bau amis yang tidak sedap, apabila konsentrasi besi  $> 1,0$  mg/L air juga dapat membentuk lapisan seperti minyak pada permukaannya (Suwantiningsih *et al.*, 2020). Kadar ion besi yang tinggi dalam air dapat membuat air tersebut tidak cocok untuk dikonsumsi. Hal ini dikarenakan ion besi yang berlebihan dalam tubuh dapat meningkatkan permeabilitas dinding pembuluh kapiler darah. Akibatnya, plasma darah dapat merembes keluar dari pembuluh darah ke jaringan sekitarnya (Rahayu, 2014). Meskipun ion besi (Fe) diperlukan oleh tubuh dalam jumlah yang tepat, dosis besar ion besi dapat menyebabkan kerusakan pada dinding usus. Kerusakan ini dapat menjadi serius dan bahkan berpotensi menyebabkan kematian (Antika *et*

*al.*, 2019). Keberadaan ion besi(III) dalam perairan dengan konsentrasi yang tinggi dapat diatasi dengan melakukan proses pengolahan air, supaya air dapat memenuhi persyaratan sebagai air bersih (Suwantiningsih *et al.*, 2020).

Ada banyak metode yang digunakan dalam proses pengolahan air untuk menghilangkan ion besi(III), seperti filtrasi, flotasi, dan adsorpsi. Metode filtrasi memiliki kelebihan efektif untuk menyisahkan partikel dan mikroorganisme dan memiliki kekurangan yaitu biaya operasional yang mahal (Asadiya, 2018). Metode flotasi memiliki kelebihan yaitu efektif menyisahkan limbah logam dengan konsentrasi besar, kekurangannya yaitu tidak semua partikel dapat diapungkan (Permana, 2008). Metode adsorpsi memiliki kelebihan yaitu metode yang efektif dengan biaya yang terjangkau, prosesnya sederhana, dan adsorbennya dapat diregenerasi (Fauziyati, 2019b). Selain itu, metode ini juga memiliki efektivitas dan efisiensi yang tinggi serta mudah dalam pengoperasiannya (Khanifa *et al.*, 2019). Karena kelebihan-kelebihan ini, banyak peneliti sedang berusaha untuk menemukan adsorben yang efektif

dan efisien guna memenuhi kebutuhan dalam pengolahan air (Rohmatul, 2020).

Proses adsorpsi adalah suatu proses penyerapan yang melibatkan pengikatan zat-zat tertentu oleh adsorben, sehingga menghasilkan air yang jernih. Proses ini adsorben dapat menyerap zat-zat tersebut secara selektif, sehingga mengurangi atau menghilangkan keberadaannya dalam air dan memberikan efek penjernihan (Antika *et al.*, 2019). Adsorben dapat digunakan untuk mengadsorpsi limbah senyawa organik dan anorganik. Salah satu limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai adsorben adalah tongkol jagung (*Zea mays* L.). Adsorben tongkol jagung sudah pernah disintesis oleh Rahayu (2014) untuk mengadsorpsi limbah logam besi (Fe) menghasilkan penurunan kadar sebesar 87,2 mg/g. Penelitian tentang adsorben tongkol jagung juga pernah dilakukan oleh Kusuma *et al* (2020) menyatakan bahwa kadar kesadahan air tanah dapat berkurang sebesar 15% dengan penyaringan menggunakan karbon aktif tongkol jagung.

Produksi jagung di Indonesia pada tahun 2019 mencapai 19.612.435 ton, menghasilkan limbah tongkol jagung yang sangat besar. Menurut data

Badan Pusat Statistik tahun tersebut, perkiraan jumlah limbah tongkol jagung di Indonesia sekitar 5,7 juta ton per tahun (Suwantiningsih *et al*, 2020). Tongkol jagung mengandung komponen yang dapat digunakan sebagai adsorben seperti selulosa (41%), hemiselulosa (36%) dan lignin (6%) (Maulana, 2015). Kandungan tersebut dinilai sangat potensial sebagai sumber karbon dalam pembuatan *hydrochar*. Limbah tongkol jagung merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dalam jumlah besar di Indonesia setelah padi, masyarakat atau petani mengelola limbah ini umumnya hanya menggunakan limbah tersebut sebagai pakan ternak, menumpuknya, atau bahkan membakarnya. Hal ini menyebabkan pemborosan sumber daya dan pencemaran lingkungan yang tidak diinginkan (Xie *et al.*, 2019). Cara menghindari hal tersebut, maka dilakukan pemanfaatan limbah dengan pembuatan *hydrochar* tongkol jagung sebagai adsorben. Segala sesuatu yang Allah ciptakan memiliki manfaat sebagaimana firman Allah SWT yang terdapat dalam Q.S. Asy-syu'ara' (26):7 berbunyi sebagai berikut :

أَوَلَمْ يَرَوْا إِلَى الْأَرْضِ كَمْ أَنْبَتْنَا فِيهَا مِنْ كُلِّ زَوْجٍ كَرِيمٍ ۝٧

Artinya : “Apakah mereka tidak memperhatikan bumi, betapa banyak Kami telah menumbuhkan di sana segala jenis (tanaman) yang tumbuh baik?” (Dzikrul, 2018).

Ayat tersebut mengajarkan bahwa jika kita merenungi dan mengamati dengan baik, kita akan menemukan banyak manfaat dalam hal-hal yang ada di muka bumi. Allah SWT telah menciptakan berbagai macam tumbuhan yang memberikan manfaat bagi manusia. Tumbuhan yang baik yaitu tumbuhan yang mendatangkan banyak manfaat. Salah satu cara untuk meningkatkan nilai manfaat tongkol jagung adalah dengan menggunakannya sebagai adsorben untuk mengadsorpsi logam berat Fe(III) (Dzikrul, 2018).

Metode pembuatan adsorben yaitu metode karbonisasi. Karbonisasi adalah proses di mana bahan yang mengandung karbon dibakar secara tidak sempurna dengan udara yang terbatas (Anggraeni & Yuliana, 2015). Kekurangan metode karbonisasi yaitu rendemen arang tersebut masih mengandung tar sebagai pengotor. Selain itu, proses karbonisasi juga membutuhkan suhu yang lebih tinggi (Ramadhani *et*



*al.*, 2020). Metode pembuatan adsorben juga dapat menggunakan metode hidrotermal. Metode hidrotermal adalah metode yang melibatkan penggunaan pelarut air pada tekanan yang tinggi, dengan tujuan untuk mengubah struktur kristal suatu bahan membentuk material berpori (Sugesti, 2018). Kelebihan metode hidrotermal adalah homogenitas yang bagus, kemurnian yang tinggi, dan partikel yang dihasilkan berukuran nanopartikel (Kurniawan, 2014). Zhang *et al* (2015) mensintesis *hydrochar* dari tongkol jagung tanpa aktivasi menghasilkan kadar karbon tetap sebesar 55,3%. Ding *et al* (2013) mensintesis *hydrochar* dari tongkol jagung teraktivasi KOH menghasilkan rendemen dari 27% menjadi 46%. Chen *et al* (2015) melakukan penelitian dengan mensintesis *hydrochar* dari tongkol jagung menghasilkan rendemen sebesar 46,6 %. Darmawan *et al* (2015) membandingkan antara arang-pirolisis dengan arang-hidro dari kayu *Acacia mangium* Willd teraktivasi KOH yang menyatakan bahwa karbon aktif arang-hidro teraktivasi KOH menghasilkan daya serap iodin tertinggi dibandingkan dengan arang-pirolisis teraktivasi KOH .

Produk yang dihasilkan dari metode hidrotermal yaitu *hydrochar*. *Hydrochar* memiliki beberapa kelebihan diantaranya menggunakan suhu sintesis yang relatif rendah, memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi, memiliki gugus fungsional teroksidasi pada permukaannya, dan memiliki tingkat aromatisasi yang tinggi. Kekurangannya yaitu luas permukaan dan porositasnya yang besar hanya saja masih tertutup senyawa tar (pengotor), maka karbon *hydrochar* perlu diaktivasi supaya porositas dari karbon *hydrochar* dapat mengalami peningkatan (Fajri, 2021).

Cara untuk meningkatkan kemampuan kapasitas adsorpsi pada *hydrochar* salah satunya yaitu dengan dilakukan pengaktifan pada *hydrochar*. Tujuan dari aktivasi pada *hydrochar* adalah untuk menghilangkan atau melarutkan senyawa sisa yang terbentuk selama proses pemanasan, yang terdapat di dalam pori-pori arang. Dengan demikian, aktivasi bertujuan meningkatkan daya adsorpsi arang dengan mengoptimalkan struktur pori-porinya (Manurung *et al.*, 2019). Daya serap pada *hydrochar* ditentukan oleh luas permukaan partikel dan kemampuan adsorpsi arang dapat ditingkatkan

melalui proses aktivasi dengan menggunakan bahan-bahan kimia. Aktivasi kimia melibatkan penggunaan zat-zat seperti asam atau basa. Bahan-bahan kimia seperti  $H_2SO_4$  (asam sulfat),  $HCl$  (asam klorida),  $H_3PO_4$  (asam fosfat), dan  $ZnCl_2$  (zinklorida) digunakan sebagai aktivator dalam proses aktivasi arang (Dinda *et al.*, 2020).

$ZnCl_2$  merupakan salah satu agen yang sering digunakan untuk aktivasi kimia bahan karbon.  $ZnCl_2$  mempunyai energi hidrasi besar, bersifat tajam dan melekat kuat pada permukaan *hydrochar*, dapat membuka pori-pori pada *hydrochar*, sehingga *hydrochar* memiliki daya adsorpsi tinggi (Kholid, 2020). Penggunaan aktivator ini dapat menghambat pembentukan senyawa volatil selama proses aktivasi, sehingga meningkatkan perolehan jumlah *hydrochar* yang dihasilkan. Penggunaan aktivator tersebut dapat meningkatkan rendemen atau hasil yang tinggi dari proses pembuatan *hydrochar* (Gani *et al.*, 2021). Mantong *et al* (2018) menyatakan bahwa besar pori pada arang dapat mempengaruhi kecepatan atau jumlah penyerapan polutan dalam limbah. Penambahan aktivator akan menghasilkan pori yang besar pada *hydrochar* limbah tongkol jagung. Semakin

tinggi konsentrasi aktivator yang digunakan pada *hydrochar*, akan menghasilkan pori yang semakin besar. Duan *et al* (2019) juga menjelaskan bahwa karbon aktif tongkol jagung dengan aktivasi kimia menggunakan  $ZnCl_2$  efektif digunakan untuk memperbesar luas permukaan karbon yang digunakan untuk menghilangkan unsur merkuri menghasilkan penurunan hingga 91,4%.

Li *et al* (2020) mengindikasikan bahwa *hydrochar* dari serbuk bambu yang teraktivasi larutan  $ZnCl_2$  menghasilkan daya serap metilen biru sebesar 25,2 mg/g. Chen *et al* (2011) menyatakan bahwa pembuatan karbon aktif dari residu furfural tongkol jagung dengan  $ZnCl_2$  dengan iradiasi gelombang mikro menghasilkan rendemen karbon aktif mencapai 33,1% dan kapasitas penghilangan warna untuk metilen biru adalah 202,5 mg/g. Prasetyo & Nasrudin, (2013) juga meneliti arang aktif tongkol jagung yang diaktivasi dengan  $ZnCl_2$  digunakan untuk menurunkan konsentrasi surfaktan *linier alkyl benzene sulphonate* menghasilkan sebesar 1,414 mg/L. Manurung *et al* (2019) melakukan penelitian tentang karbon aktif limbah bambu teraktivasi  $ZnCl_2$  menghasilkan daya serap metilen biru sebesar 198,724 mg/g. Esterlita &

Herlina (2015) juga melakukan penelitian tentang karbon aktif dari pelepah aren teraktivasi  $\text{ZnCl}_2$  mampu menghasilkan rendemen arang yang cukup besar yaitu 82,04%. Gani *et al* (2021) pembuatan karbon aktif dari ampas sugu teraktivasi  $\text{ZnCl}_2$  menghasilkan karbon aktif yang memiliki struktur *amorf* dengan ukuran pori relatif kecil yaitu 2  $\mu\text{m}$ .

Berdasarkan hal tersebut, maka akan dilakukan penelitian yaitu pembuatan *hydrochar* limbah tongkol jagung (*hydrochar* tongkol jagung atau HTJ) dengan menggunakan aktivator  $\text{ZnCl}_2$ . Inovasi yang ditawarkan yaitu pembuatan HTJ dengan variasi konsentrasi aktivator  $\text{ZnCl}_2$  sebagai adsorben ion besi(III) pada air. Penelitian sebelumnya menggunakan *hydrochar* tongkol jagung sebagai adsorben metilen biru tanpa adanya aktivator.

## **B. Rumusan Masalah**

1. Bagaimana karakteristik HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 yang dihasilkan?
2. Bagaimana pengaruh penambahan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  pada *hydrochar* tongkol jagung (HTJ) terhadap kapasitas adsorpsi ion besi(III)?

### C. Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui karakteristik HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 yang dihasilkan.
2. Untuk mengetahui pengaruh penambahan aktivator  $ZnCl_2$  pada *hydrochar* tongkol jagung (HTJ) terhadap kapasitas adsorpsi ion besi(III).

### D. Manfaat Penelitian

Penelitian ini sangat bermanfaat untuk memberikan informasi dan pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang mana *hydrochar* tongkol jagung (HTJ) teraktivasi  $ZnCl_2$  yang disintesis dari limbah tongkol jagung dikembangkan dan diaplikasikan sebagai adsorben yang murah dan efisien serta solusi untuk mengurangi kadar ion besi(III) di lingkungan perairan dan memperoleh metode sederhana untuk mengolah air yang terkontaminasi ion besi(III) menjadi air yang layak digunakan sehari-hari. Pemanfaatan adsorben dari limbah sebagai *hydrochar* tongkol jagung (HTJ) teraktivasi  $ZnCl_2$  maka pencemaran lingkungan perairan oleh ion besi(III) dapat diatasi.

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Air**

Air memiliki rumus kimia  $H_2O$ , yang terdiri dari dua atom hidrogen yang terikat secara kovalen dengan satu atom oksigen. Sebagai pelarut penting, air memiliki kemampuan melarutkan berbagai zat kimia seperti garam, gula, asam, beberapa jenis gas, dan berbagai molekul organik (Nurliza, 2020).

Kualitas air dapat diukur berdasarkan konsentrasi endapan, unsur kimia, dan mikroba yang ada di dalamnya. Air bersih harus memenuhi syarat kesehatan dan biasanya harus dimasak terlebih dahulu sebelum diminum. Air minum adalah air yang memenuhi persyaratan kesehatan dan dapat langsung diminum atau digunakan sebagai air bersih tanpa perlu dimasak terlebih dahulu (Nurliza, 2020). Kualitas air berkaitan dengan keberadaan senyawa-senyawa kimia, baik organik maupun anorganik, serta mikroorganisme. Faktor-faktor ini memiliki peran penting dalam menentukan komposisi kimia air (Rahayu, 2014).

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 416/MENKES/PER/IX/1990

mengatur mengenai syarat-syarat dan pengawasan kualitas air. Menurut peraturan tersebut, air minum, air bersih, air kolam renang, dan air pemandian umum harus memenuhi syarat kesehatan yang meliputi persyaratan mikrobiologi, fisika, kimia, dan radioaktif. Menurut Sanropie, dkk (1984) dalam Nurliza (2020). Air bersih harus terbebas dari mikroorganisme, bahan kimia berbahaya, warna, bau, dan kekeruhan. Kebersihan air sangat penting karena air mudah terkontaminasi oleh bahan-bahan pencemar yang dapat berdampak negatif pada kesehatan makhluk hidup. Pencemaran air terjadi ketika terdapat logam berat, zat, energi, dan komponen lain yang tidak semestinya dalam air. Hal ini dapat disebabkan oleh kegiatan manusia maupun proses alam yang mengubah tatanan atau komposisi air, sehingga kualitas air menjadi tidak memadai atau tidak dapat berfungsi sesuai dengan peruntukannya (Nurliza, 2020).

Pencemaran air umumnya disebabkan oleh aktivitas manusia, seperti pembuangan zat-zat detergen, asam belerang, dan zat-zat kimia sebagai hasil pembuangan dari pabrik-pabrik kimia atau industri. Pencemaran ini dapat berdampak negatif



terhadap kualitas air dan lingkungan perairan secara keseluruhan. Pencemaran air juga dapat disebabkan oleh pestisida, herbisida, dan pupuk tanaman yang mengandung unsur-unsur polutan. Hal ini mengakibatkan penurunan kualitas air. Selain itu, sumber air dapat dianggap tercemar jika air tersebut tidak memenuhi kebutuhan spesifik yang ditetapkan. Dalam hal ini, pencemaran air tidak hanya terjadi saat air tercampur dengan bahan pencemar, tetapi juga ketika air tersebut tidak sesuai dengan kebutuhan yang diinginkan. Contohnya, sumber air yang mengandung logam berat atau bakteri penyakit mungkin masih bisa digunakan untuk keperluan industri atau pembangkit tenaga listrik. Namun, air tersebut tidak cocok untuk kebutuhan rumah tangga seperti air minum, memasak, mandi, dan mencuci. Untuk keperluan rumah tangga, diperlukan air yang memenuhi standar kualitas yang lebih tinggi agar tidak membahayakan kesehatan manusia. Pencemaran pada air tanah dapat terjadi karena adanya kandungan logam-logam di dalamnya, baik yang bersifat toksik maupun esensial (Nurliza, 2020).

## **B. Pencemaran Ion Logam Besi(III) Dalam Air**

Pencemaran atau polusi dapat didefinisikan sebagai perubahan yang tidak diinginkan dalam karakteristik fisik, kimia, dan biologi dari udara, air, dan tanah. Perubahan tersebut dapat menyebabkan dampak negatif bagi kesehatan manusia, kelangsungan hidup organisme, dan aktivitas manusia atau makhluk hidup lainnya (Rohmatul, 2020). Pencemaran atau polusi dapat disebabkan oleh faktor alamiah maupun ulah manusia yang melebihi batas toleransi ekosistem biotik. Pertumbuhan penduduk yang cepat dan gaya hidup yang konsumtif menjadi faktor utama yang meningkatkan kebutuhan manusia. Dalam memenuhi kebutuhan tersebut, seringkali terjadi penggunaan sumber daya alam secara berlebihan dan pembuangan limbah yang tidak terkelola dengan baik. Hal ini mengakibatkan terjadinya perubahan dalam komposisi fisik, kimia, dan biologi lingkungan (Rohmatul, 2020).

Pencemaran atau polusi terjadi ketika bahan pencemar hadir dalam suatu ekosistem. Meskipun ekosistem memiliki kemampuan alami untuk menetralkan polutan, keberadaan polutan yang berlebihan dapat mengganggu keseimbangan dan keselarasan alam. Pada umumnya, alam memiliki

jasad renik atau organisme pengurai yang secara alami dapat mendekomposisi bahan-bahan organik dan mengurai polutan. Namun, jika bahan pencemar atau polutan tersebut tidak dapat diuraikan, didaur ulang, atau terurai secara alami oleh alam (*non-recyclable, non-renewable, atau non-degradable*), maka polutan tersebut akan menyebabkan pencemaran atau polusi. Pencemaran terjadi saat jumlah bahan pencemar melampaui kemampuan alam untuk mengatasi dan memperbaikinya. Jadi, ketika polutan melebihi daya dukung lingkungan, terjadi pencemaran yang dapat membahayakan kehidupan dan mengganggu keseimbangan ekosistem (Rohmatul, 2020).

Logam berat merupakan unsur-unsur yang sering digunakan dalam industri dan memiliki sifat toksik bagi makhluk hidup baik dalam kondisi aerobik maupun anaerobik. *Heavy metal* atau logam berat, merujuk pada logam dengan densitas lebih besar dari  $5 \text{ g/cm}^3$ . Umumnya, logam adalah zat yang memiliki sifat konduktivitas listrik yang tinggi dan berkilau. Logam tergolong dalam logam berat dan logam ringan. Logam berat merupakan logam yang beratnya 5 gram atau lebih (untuk tiap  $\text{cm}^3$ ), sedangkan logam

yang memiliki berat < 5 gram (untuk tiap cm<sup>3</sup>) tergolong logam ringan. Logam berat memiliki beberapa karakteristik, diantaranya memiliki gravitasi > 4 (sangat besar), memiliki nomor atom 22 hingga 34, 40 hingga 50, dan juga unsur pada aktanida dan lantanida, serta memberikan respon biokimia spesifik pada organisme (Rohmatul, 2020). Logam berat memiliki efek yang sulit diuraikan oleh bakteri dan sulit untuk dihilangkan dari lingkungan (Nurliza, 2020).

Logam-logam yang tergolong logam berat diantaranya : Al, Sb, Cd, Cr, Co, Hg, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Sn, Pb, V, dan Zn. Logam berat seperti logam Cu, Se, Fe, dan Zn adalah logam esensial yang adanya logam ini diperlukan dalam menjaga metabolisme pada tubuh manusia, namun dalam kadar yang tidak berlebihan. Pencemaran logam berat dapat berasal dari sumber alami seperti pelapukan alami kerak bumi, erosi tanah, maupun aktivitas manusia seperti pertambangan, pembuangan limbah, limpasan perkotaan, limbah industri, dan lain sebagainya (Rohmatul, 2020).

Besi atau *ferrum* (Fe) merupakan salah satu logam yang paling melimpah di kerak bumi. Logam ini

memiliki warna putih keperakan, bersifat liat, dan mudah dibentuk. Bentuk alami besi ditemukan sebagai hematit. Secara kimia, besi merupakan logam yang cukup reaktif karena memiliki kemampuan untuk membentuk senyawa dengan unsur-unsur lain. Besi memiliki berbagai kegunaan sebagai campuran dalam pembuatan paduan logam. Besi dapat digunakan dalam pembuatan baja, besi tempa, besi tuang, dan lain-lain. Paduan logam ini banyak digunakan dalam industri konstruksi, peralatan logam, rangka kendaraan, dan berbagai aplikasi lainnya (Dzikrul, 2018).

Besi adalah salah satu unsur kimiawi yang dapat ditemukan di berbagai tempat di seluruh bumi, baik itu dalam lapisan geologi maupun dalam badan air. Biasanya, besi dalam air dapat berada dalam bentuk terlarut sebagai ion  $\text{Fe}^{2+}$  (fero) atau ion  $\text{Fe}^{3+}$  (feri), tersuspensi sebagai butir koloidal (diameter  $< 1 \mu\text{m}$ ) atau lebih besar, seperti  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ,  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  dan sebagainya. Ion besi juga dapat terikat dengan zat organik atau zat padat yang bersifat anorganik, seperti tanah liat. Konsentrasi ion besi (Fe) pada air permukaan biasanya tidak melebihi 1 mg/L, namun dalam air tanah konsentrasi ion besi dapat

jauh lebih tinggi. Tingginya konsentrasi ion besi ini dapat menyebabkan perubahan rasa air, perubahan warna menjadi kuning, pembentukan endapan pada dinding pipa, serta kemungkinan menodai kain dan perkakas dapur. Ion besi (Fe) terdapat dalam tanah dan batuan dalam bentuk ferioksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) dan ferihidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ). Dalam air, besi dapat berbentuk ferobikarbonat ( $\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$ ), ferohidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_2$ ), ferosulfat ( $\text{FeSO}_4$ ), serta kompleks organik ion besi. Air tanah mengandung ion besi terlarut dalam bentuk ferro ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Ketika air tanah dipompa dan terjadi kontak dengan udara (oksigen), ion besi ( $\text{Fe}^{2+}$ ) akan mengalami oksidasi dan berubah menjadi ferihidroksida ( $\text{Fe}(\text{OH})_3$ ) (Nurliza, 2020).

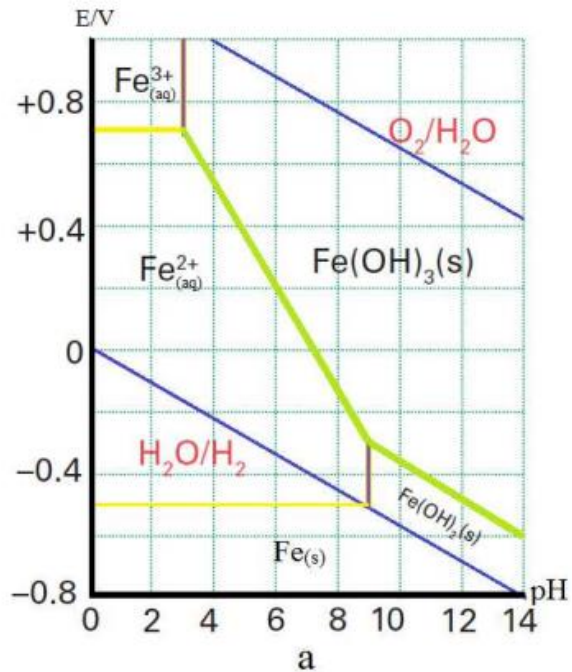
Kandungan ion besi dalam air tawar umumnya berkisar antara 0,5 hingga 50 mg/L. Kehadiran ion besi dalam air minum dapat menyebabkan pertumbuhan bakteri besi, dan kekeruhan. Konsentrasi ion besi terlarut yang masih diperbolehkan dalam air minum adalah 0,3 mg/L. Ion besi yang ditemukan dalam komersial umumnya tidak murni dan mengandung sejumlah kecil karbida, silisida besi, serta sedikit grafit. Zat-zat pencemar ini

memainkan peran penting dalam kekuatan struktur besi (Dzikrul, 2018).

Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia nomor 416/MENKES/PER/IX/1990 tentang syarat-syarat dan pengawasan kualitas air (Kemenkes RI, 1990):

1. Kadar maksimum besi 0,3 mg/L.
2. Bau tidak berbau
3. Rasa tidak berasa
4. Warna maksimal 15 dalam skala TCU (*True Color Unit*)
5. Kekeruhan maksimal 5 dalam skala NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*)
6. Jumlah zat padat terlarut 1000 mg/L.

Kurva bentuk ion besi dalam air dan tanah berbagai pH ditunjukkan oleh gambar 2.1.



**Gambar 2. 1.** Bentuk ion besi pada pH di dalam air

Sumber : (Gelyaman, 2018)

Spesi ion besi di lingkungan berasal dari aktivitas bakteri dan komponen non-hayati di air atau tanah yang saling bersaing dalam penggunaan ion besi, menghasilkan nilai reaksi redoks dan pH tertentu. Ion besi(III) akan melimpah dalam air pada pH 3. Endapan  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  akan terbentuk dalam air pada pH 7 (Gelyaman, 2018).



### C. Tongkol Jagung (*Zea mays* L.)

Tongkol jagung yang memiliki nama latin *Zea mays* L yang banyak mengandung pentosa. Pentosa merupakan salah satu jenis gula yang digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan furfural. Furfural memiliki berbagai aplikasi, termasuk sebagai pelarut dalam industri pengolahan minyak bumi, bahan baku untuk pembuatan pelumas, dan juga digunakan dalam pembuatan nilon. Sumber bahan baku yang umum untuk produksi furfural adalah tongkol jagung. Tongkol jagung banyak mengandung komponen seperti selulosa (41%), hemiselulosa (36%), lignin (6%), dan senyawa lain yang biasanya ditemukan dalam tumbuhan (Surbakti, 2018). Selain itu, tongkol jagung juga dapat dijadikan sebagai glukosa, xilosa, furfural (Ding *et al.*, 2013). Aktivasi adsorben, seperti selulosa, dapat meningkatkan kemampuannya untuk menyerap zat warna maupun ion logam. Proses aktivasi ini sering kali melibatkan aktivasi gugus hidroksil pada selulosa. Gugus hidroksil ini dapat berinteraksi dengan zat warna atau ion logam melalui gaya tarik menarik yang kuat, sehingga meningkatkan kapasitas adsorpsi dan efisiensi proses adsorpsi. Dengan aktivasi gugus hidroksil, adsorben

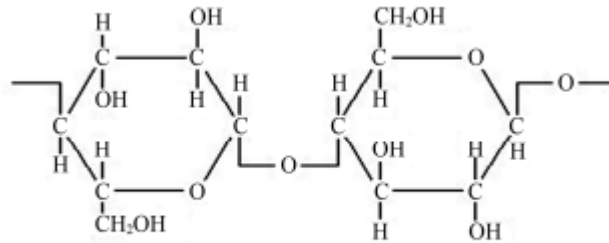
menjadi lebih reaktif dan memiliki permukaan yang lebih aktif, sehingga mampu mengikat dan menghilangkan zat-zat terlarut dari larutan dengan lebih efektif (Surbakti, 2018).

Kandungan dalam tongkol jagung yaitu senyawa lignoselulosa yang terdiri dari lignin, selulosa dan hemiselulosa. Tongkol jagung terdapat energi 3500 - 4500 kkal/kg, dan pemanasannya dapat mencapai suhu tinggi 300°C (Surbakti, 2018). Penelitian yang dilakukan oleh Rahayu (2014) menggunakan tongkol jagung sebagai karbon aktif dengan aktivator HCl sebagai adsorben logam Fe pada air tanah menghasilkan penurunan sebesar 87,2 mg/g. Bempa (2020) menggunakan ampas tebu sebagai karbon aktif dengan aktivator ZnCl<sub>2</sub> untuk mengadsorp ion Fe(III) menghasilkan penurunan sebesar 95,76%.

Selulosa (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>)<sub>n</sub> merupakan senyawa organik yang tidak dapat larut dalam larutan asam atau basa dalam suhu kamar. Salah satu komponen struktural utama dari dinding sel tanaman adalah selulosa. Selulosa menyumbang sekitar 15-30% berat kering total dinding sel primer. Selulosa adalah berat molekul tinggi polisakarida yang terdiri dari unit

berulang monomer glukosa. Selulosa memiliki kristal kuat dan tahan hidrolisis dan yang lain memiliki struktur *amorf* (Chandrakant *et al.*, 2021).

Selulosa merupakan polimer alam yang tersusun dari unit-unit glukosa yang dihubungkan oleh ikatan  $\beta$ -1,4-glukosida. Polimer ini memiliki sifat hidrofilik yang kuat karena adanya tiga gugus hidroksil reaktif pada setiap unit hidroglikosa. Gugus hidroksil ini dapat berinteraksi dengan molekul air melalui ikatan hidrogen, sehingga menyebabkan selulosa larut dalam air. Struktur molekul selulosa terdiri dari ribuan unit anhidroglukosa yang terhubung secara linier membentuk rantai panjang. Struktur linier ini memberikan kekuatan mekanik pada selulosa (Fahrudin, 2020). Struktur selulosa dapat dilihat pada **Gambar 2.2**.



Cellulose

**Gambar 2. 2.** Struktur selulosa

Sumber : (Richards *et al.*, 2012)

#### **D. Hydrochar**

*Hydrochar* merupakan produk arang padat dari karbonisasi hidrotermal berbahan biomassa yang kaya karbon dan terdapat pelarut air subkritis, atau disebut juga dengan pirolisis hidro atau pirolisis basah (Siti, 2022). *Hydrochar* dihasilkan dari karbonisasi hidrotermal biomassa pada suhu rendah dan tekanan tinggi. Bahan baku untuk *hydrochar* seperti kayu, bambu, jerami, lumpur, pupuk kandang, kerang, dan residu kehutanan atau pertanian lainnya, dan umumnya membutuhkan pengeringan menyeluruh sebelum diproses ( Zhang *et al.*, 2020).

*Hydrochar* mengandung karbon yang tinggi, pH yang rendah dan memiliki kapasitas adsorpsi yang

baik (Eskandari *et al.*, 2019). Oleh sebab itu *hydrochar* dapat digunakan sebagai adsorben untuk mengurangi polusi limbah organik seperti zat warna dan menghilangkan logam berat serta polusi anorganik lainnya. (Zhang *et al.*, 2020).

*Hydrochar* dibuat dengan metode hidrotermal, memiliki keunggulan, diantaranya:

1. Ukuran karbon dalam *hydrochar* ditentukan oleh variabel reaksi seperti suhu, waktu, dan konsentrasi reaktan selama proses hidrotermal.
2. permukaan karbon yang dihasilkan lebih halus.
3. Ramah lingkungan dan ekonomis dalam pembuatan karbon yang berbasis biomassa. (Rahman *et al.*, 2015).
4. Beroperasi pada suhu rendah dan dengan demikian tidak mengkonsumsi energi (Mohamed *et al.*, 2017).
5. Efisiensi konversi yang tinggi (Zhang *et al.*, 2015).

Khanifa *et al* (2019) mensintesis hidrochar dari *Eichhornia crassipes* termodifikasi  $H_2O_2$  sebagai adsorben ion  $Cu^{2+}$  menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 3,4703 mg/g. Arellano *et al* (2016) juga

mensintesis *hydrochar* dari tongkol jagung sebagai adsorben metilen biru menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 3,1 mg/g. *Hydrochar* mempunyai luas permukaan, porositas, dan kapasitas adsorpsi yang masih rendah, untuk dapat meningkatkan luas permukaan, porositas, dan kapasitas adsorpsi *hydrochar*, perlakuan aktivasi dapat dilakukan (Mohamed *et al.*, 2017).

#### **E. Aktivasi**

Aktivasi adalah proses perlakuan terhadap adsorben dengan tujuan meningkatkan luas permukaan dan porositasnya. Hal ini dilakukan dengan memodifikasi sifat fisik dan kimia adsorben, sehingga dapat meningkatkan daya adsorpsi. Aktivasi umumnya melibatkan pemanasan adsorben dengan gas aktif, seperti karbon dioksida atau uap air, untuk menghilangkan zat-zat organik yang tidak diinginkan dan membuka pori-pori yang lebih besar (Amanda *et al.*, 2019). Pada tahap aktivasi, proses dilakukan untuk memperbesar pori-pori karbon dan meningkatkan luas permukaannya. Proses ini dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan senyawa tar dan sisa-sisa senyawa lain yang ada pada karbon. Dengan demikian, karbon memiliki pori yang lebih besar dan

luas permukaan yang lebih besar, sehingga meningkatkan kemampuannya dalam menyerap zat-zat target seperti polutan atau zat pencemar (Setiyoningsih, 2021).

Penambahan aktivator pada *hydrochar* dapat meningkatkan daya serap karbon dan kemampuannya dalam mengikat senyawa-senyawa tar. Konsentrasi aktivator yang lebih tinggi akan memberikan pengaruh yang lebih kuat dalam mengeluarkan senyawa-senyawa tar pada *hydrochar*. Hal ini menyebabkan luas permukaan karbon menjadi lebih besar, sehingga daya serap *hydrochar* meningkat secara signifikan. Dengan luas permukaan yang lebih besar, karbon *hydrochar* dapat menyerap dan mengikat lebih banyak senyawa atau zat-zat yang diinginkan, menjadikannya lebih efektif dalam aplikasi adsorpsi (Surbakti, 2018). Proses aktivasi dapat dilakukan secara kimia maupun fisika (Augustiara *et al.*, 2020).

Aktivasi fisika yaitu proses aktivasi yang menggunakan bahan aktivator dari gas CO<sub>2</sub> pada temperatur tinggi antara 800-1200°C sehingga dapat memutus rantai karbon dari senyawa organik yang ada. Proses aktivasi ini, terjadi pengurangan massa

karbon dalam jumlah yang cukup besar, ini diakibatkan adanya pembentukan struktur karbon (Setiyoningsih, 2021).

Aktivasi kimia yaitu aktivasi yang menggunakan proses perendaman bahan dasar terlebih dahulu pada aktivator yang digunakan. Aktivator yang digunakan dapat berupa bahan kimia yang bersifat basa dan asam (Setiyoningsih, 2021). Seperti larutan KOH, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dan ZnCl<sub>2</sub> yang dapat menghasilkan karbon aktif dengan permukaan yang luas dan pori-pori yang besar (Ayu, 2017).

Aktivator yang digunakan untuk mengaktivasi *hydrochar* yaitu ZnCl<sub>2</sub>. Seng klorida adalah nama senyawa kimia dengan rumus ZnCl<sub>2</sub>. Senyawa ini bersifat higroskopis dan mudah mencair, sehingga perlu dilindungi dari kelembaban, termasuk udara. Seng klorida banyak digunakan dalam industri tekstil, metalurgi sebagai fluks, dan sintesis kimia. *IUPAC*-nya adalah seng klorida, dan memiliki nama alternatif yaitu seng (II) klorida dan seng diklorida (Ayu, 2017). Adapun sifat-sifatnya adalah:

- Rumus molekul : ZnCl<sub>2</sub>
- Berat molekul : 136,315 g/mol



- Penampilan : Zat padat putih berbentuk kristal
- Bau : Tidak berbau
- Densitas : 2,907 g/cm<sup>3</sup>
- Titik lebur : 292 °C; 558 °F; 565 K
- Titik didih : 756 °C; 1393 °F; 1029 K
- Kelarutan dalam air : 4320 g/L (25°C)
- Kelarutan dalam alkohol : 4300 g/L
- Kelarutan dalam pelarut lain : Larut dalam etanol, gliserol dan aseton
- Geometri koordinasi : Tetrahedral, linier dalam fase gas
- Klasifikasi Uni Eropa : Berbahaya (Xn); Korosif (C); Berbahaya bagi lingkungan.

Garam ZnCl<sub>2</sub> mempengaruhi keaktifan karbon dengan adanya unsur-unsur mineral memasuki ruang antara plat-plat heksagonal kristalit karbon dan menutupi serta melapisi permukaan karbon yang sebelumnya tertutup. mencegah terbentuknya persenyawaan hidrokarbon pada permukaan arang, sehingga akhirnya diperoleh struktur bahan yang memiliki daya serap yang lebih tinggi. ZnCl<sub>2</sub> mempunyai keunggulan yaitu energi hidrasi besar, bersifat tajam dan melekat kuat pada permukaan

arang, pori-pori terbuka, daya adsorpsi tinggi, hidrokarbon, menghilangkan senyawa tar (Kholid, 2020). Aktivator ini memiliki kemampuan untuk menghambat pembentukan senyawa volatil, yang pada akhirnya meningkatkan rendemen karbon yang dihasilkan (Gani *et al.*, 2021).

Yunus *et al* (2021) mensintesis karbon aktif menggunakan enceng gondok dengan membandingkan aktivator  $H_3PO_4$ ,  $ZnCl_2$ , dan  $KOH$ . Menyatakan bahwa aktivator  $ZnCl_2$  menghasilkan rendemen paling tinggi yaitu sebesar 75,34%, pada  $H_3PO_4$  58,65%,  $KOH$  64,22%.

#### **F. Adsorpsi**

Adsorpsi merupakan peristiwa ketika partikel terikat pada permukaan suatu bahan atau material. Sedangkan menurut Rohmatul (2020) Adsorpsi adalah proses di mana molekul-molekul dalam fase cairan atau gas berinteraksi dengan molekul-molekul dalam fase padatan. Interaksi ini terjadi karena adanya gaya tarik menarik antara atom atau molekul pada permukaan padatan dengan molekul-molekul yang teradsorpsi. Adsorpsi adalah proses ketika molekul dari fase cair atau gas menempel pada permukaan padat melalui gaya tarik-menarik antar

molekul. Permukaan padat yang digunakan disebut adsorben, sedangkan zat yang teradsorpsi disebut adsorbat. Adsorpsi terjadi karena adanya interaksi molekuler antara permukaan padat dan molekul adsorbat, yang memungkinkan penyerapan zat dari lingkungan sekitar (Rohmatul, 2020).

Adsorpsi adalah metode efektif dalam mengatasi pencemaran lingkungan. Metode ini memiliki keunggulan seperti proses yang sederhana dan mudah dilakukan, biaya yang terjangkau, kemampuan adsorben untuk diregenerasi, serta tingkat efisiensi dan efektivitas yang tinggi dalam menghilangkan zat pencemar. Adsorpsi memungkinkan zat pencemar untuk diambil atau teradsorpsi dari lingkungan, membantu membersihkan air, udara, atau tanah yang terkontaminasi (Rohmatul, 2020).

Adsorpsi terjadi di permukaan padatan dan terutama terjadi pada pori-pori kecil yang disebut mikropori. Transfer molekul adsorbat dari permukaan luar ke permukaan mikropori dapat melalui pori-pori yang lebih besar yang disebut makropori. Dengan demikian, adsorpsi terjadi secara selektif di

permukaan dan pori-pori adsorben yang memiliki ukuran dan struktur yang sesuai (Ayu, 2017).

Ditinjau dari mekanismenya, adsorpsi dibedakan menjadi adsorpsi secara fisika dan adsorpsi secara kimia. adsorpsi fisika terjadi ketika molekul adsorbat terikat pada permukaan padatan melalui gaya tarik menarik antar molekul yang relatif lemah, seperti gaya van der Waals atau gaya dipol-dipol. Ini adalah ikatan fisik yang bersifat reversibel, di mana molekul adsorbat dapat dengan mudah berpindah keluar dari permukaan padatan. Gaya tarik menarik antar fluida dalam molekul itu sendiri disebut juga gaya tarik menarik intermolekul. Dalam mekanisme adsorpsi fisika, gaya Van der Waals berperan dalam mengikat molekul adsorbat ke permukaan adsorben. Ikatan antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben sangat lemah, dan energi yang dilepaskan dalam proses ini hanya sekitar 20 kJ/mol (Rohmatul, 2020).

Pada adsorpsi secara kimia, terjadi interaksi melalui pembentukan ikatan kimia antara adsorbat dan adsorben. Mekanisme awalnya adalah adsorpsi secara fisika, di mana molekul-molekul adsorbat mendekati permukaan adsorben dengan bantuan gaya

Van der Waals atau ikatan hidrogen. Selanjutnya, terjadi reaksi kimia antara molekul adsorbat dan permukaan adsorben, yang melibatkan pembentukan ikatan kimia. Pada tahap adsorpsi secara kimia, molekul-molekul adsorbat menempel pada permukaan adsorben melalui pembentukan ikatan kimia, yang umumnya berupa ikatan kovalen. Molekul adsorbat cenderung mencari pasangan atau posisi yang memaksimalkan bilangan koordinasinya dengan substrat, sehingga terjadi pengikatan yang lebih kuat antara adsorbat dan adsorben (Rohmatul, 2020).

Dalam proses adsorpsi, terdapat beberapa faktor yang mempengaruhi kapasitas adsorpsi, antara lain pH larutan, waktu kontak, suhu, dan jumlah adsorben yang digunakan. Faktor berat adsorben memiliki pengaruh pada kapasitas adsorpsi karena berhubungan dengan luas permukaan yang tersedia untuk adsorbat. Semakin banyak jumlah adsorben yang digunakan, semakin besar luas permukaan yang tersedia bagi adsorbat untuk teradsorpsi. Kapasitas adsorpsi menggambarkan jumlah maksimum adsorbat yang dapat terikat pada permukaan adsorben dalam keadaan yang optimal. Faktor-faktor seperti luas permukaan adsorben, jenis adsorbat,

konsentrasi awal adsorbat, dan kondisi operasional lainnya dapat memengaruhi kapasitas adsorpsi (Damayanti, 2020).

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi daya adsorpsi menurut Nurliza (2020) yaitu:

1. Jenis adsorbat, dapat ditinjau dari :
  - a. Ukuran molekul adsorbat, harus sesuai dengan ukuran pori adsorben agar dapat terjadi adsorpsi. Molekul-molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter pori adsorben dapat teradsorpsi secara efektif.
  - b. Molekul-molekul dengan polaritas tinggi cenderung lebih kuat diadsorpsi daripada molekul-molekul yang kurang polar. Jika molekul-molekul yang lebih polar hadir, mereka dapat menggantikan molekul-molekul yang kurang polar yang telah teradsorpsi sebelumnya.
2. Sifat adsorben, dapat ditinjau dari :
  - a. Kemurnian adsorben  
Adsorben yang lebih murni memiliki kemampuan adsorpsi yang lebih baik. Luas permukaan.

b. Luas permukaan adsorben secara langsung mempengaruhi besarnya adsorpsi yang terjadi. Semakin luas permukaan adsorben, semakin besar kapasitas adsorpsi yang dapat terjadi.

c. Temperatur

Faktor-faktor yang memengaruhi proses adsorpsi terhadap suhu meliputi viskositas dan stabilitas termal senyawa adsorben. Jika suhu tidak mempengaruhi sifat-sifat senyawa adsorben, seperti warna atau dekomposisi, maka proses adsorpsi dapat dilakukan pada titik didihnya. Untuk senyawa yang mudah menguap, adsorpsi dapat dilakukan pada suhu kamar atau bahkan pada suhu yang lebih rendah jika memungkinkan.

d. Waktu kontak

Waktu yang diperlukan untuk mencapai kesetimbangan dalam proses adsorpsi dipengaruhi oleh jumlah adsorben yang digunakan. Semakin banyak adsorben yang ditambahkan, maka waktu yang dibutuhkan akan semakin singkat. Selain itu, pengadukan

juga memainkan peran penting dalam proses ini.

e. Kecepatan pengadukan

Pengadukan yang terlalu lambat dapat memperlambat proses adsorpsi, sedangkan pengadukan yang terlalu cepat dapat merusak struktur adsorben. Pemilihan kecepatan pengadukan yang tepat harus mempertimbangkan sifat adsorben dan adsorbat yang terlibat.

Penggunaan adsorben dalam proses adsorpsi memiliki beberapa keuntungan yaitu adsorben memiliki pori yang luas, adsorben bersifat hidrofobik, artinya lebih mudah berinteraksi dengan senyawa non-polar, adsorben memiliki stabilitas yang tinggi dalam temperatur tinggi, adsorben umumnya tidak memiliki aktivitas katalitik, sehingga tidak akan mempengaruhi reaksi kimia yang terjadi, dan adsorben mudah diregenerasi, artinya dapat dipulihkan kembali setelah jenuh dengan adsorbat, sehingga dapat digunakan kembali dalam proses adsorpsi (Zannah, 2020).



Adsorben yang sering digunakan dapat dibagi menjadi 3 jenis berdasarkan komponen penyusunnya, yaitu :

1. *Oxygen-containing compounds* (jenis senyawa yang mengandung oksigen) yang umumnya bersifat hidrofil dan polar. Contohnya adalah silika gel dan zeolit.
2. *Carbon-based compounds* (senyawa berbasis karbon) umumnya bersifat hidrofobik dan nonpolar. Contohnya adalah karbon aktif dan grafit.
3. *Polymer-based compounds* (senyawa berbasis polimer) terdiri dari matriks polimer berpori yang memiliki gugus fungsi polar atau nonpolar. (Ayu, 2017).

Persamaan kapasitas adsorpsi maksimum dapat dilihat pada persamaan 2.1.

$$Q_e = \frac{(C_0 - C_e)}{w} \times V \quad (2.1)$$

Dimana :

$Q_e$  = jumlah besi(III) teradsorpsi (mg/g)

$C_0$  = konsentrasi besi(III) sebelum adsorpsi (ppm)

$C_e$  = konsentrasi besi(III) setelah adsorpsi (ppm)

V = volume larutan total besi(III) (mL)

W = berat adsorben (g)

(Anita *et al.*, 2020)

Persamaan penurunan kadar ion besi(III) dapat dilihat pada persamaan 2.

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100 \quad (2)$$

Dimana :

C<sub>o</sub> = konsentrasi besi(III) sebelum adsorpsi (ppm)

C<sub>e</sub> = konsentrasi besi(III) setelah adsorpsi (ppm)

(Sanjaya & Agustine, 2015)

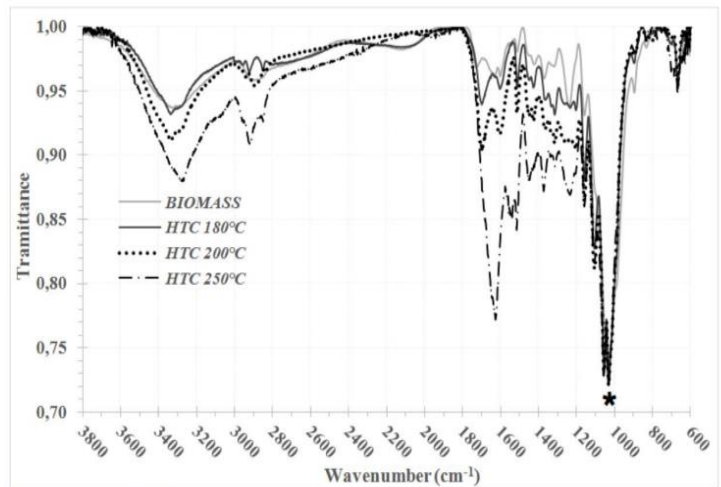
## G. Karakterisasi *Hydrochar* Tongkol Jagung

### 1. Karakterisasi *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Pada tahun 1965, Cooley dan Turkey memperkenalkan teknik spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infrared*). Teknik ini mirip dengan spektroskopi inframerah konvensional, tetapi dilengkapi dengan perhitungan *transformasi fourier* dan pengolahan data untuk meningkatkan resolusi dan sensitivitas. Peralatan interferometer, yang awalnya dikembangkan oleh

Michelson pada akhir abad ke-19, digunakan dalam pelaksanaan teknik ini (Ayu, 2017).

Menurut Kroschwitz dalam Ayu (2017), salah satu hasil kemajuan instrumentasi IR adalah pemrosesan data seperti *Fourier Transform Infra Red* (FTIR). Teknik ini memberikan informasi dalam hal kimia, seperti struktur dan konformasional pada polimer dan polipaduan, perubahan induksi tekanan dan reaksi kimia. Dalam teknik ini padatan diuji dengan cara merefleksikan sinar infra merah yang melalui tempat kristal sehingga terjadi kontak dengan permukaan cuplikan. Degradasi atau induksi oleh oksidasi, panas, maupun cahaya, dapat diikuti dengan cepat melalui infra merah. Sensitivitas FTIR adalah 80-200 kali lebih tinggi dari instrumentasi dispersi standar karena resolusinya lebih tinggi (Ayu, 2017).



Gambar 3: Spektrum FTIR sampel biomassa mentah dan arang hidro. Untuk visualisasi yang lebih baik, spectre dinormalisasi menjadi 1030-1040cm<sup>-1</sup>.

### Gambar 2. 3. Spektra FTIR yang dihasilkan dari *hydrochar* tongkol jagung.

Sumber : (Arellano *et al.*, 2016)

Spektra infra merah dari sampel biomassa mentah dan arang hidro mengungkapkan struktur ikatan kimia kompleksnya yang terdiri dari campuran mineral dan bahan organik. Hasil spektrum menunjukkan untuk semua sampel, terdapat pita serapan dari 1030 hingga 1040 cm<sup>-1</sup>. Perbedaan utama dalam spektrum FTIR untuk biomassa mentah dan sampel *hydrochar* terjadi peningkatan sinyal ikatan oksigen pada puncak

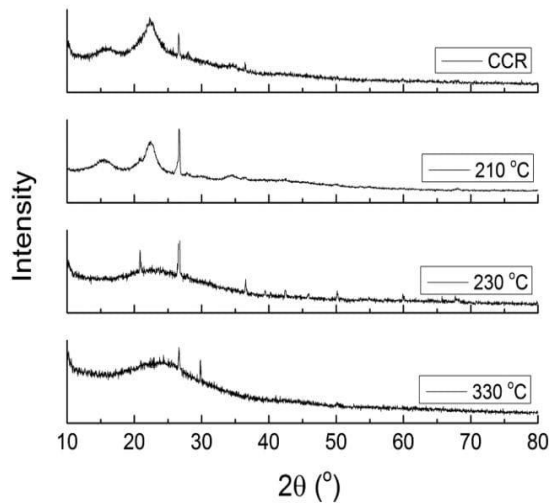
3300, 1700, 1600, 1220, dan 1140  $\text{cm}^{-1}$  terjadi secara bertahap, dengan terjadinya peningkatan suhu *hydrochar* dengan biomassa. Pita lebar di wilayah 3600–3200  $\text{cm}^{-1}$  disebabkan oleh adanya gugus OH (misalnya air, alkohol, dan fenol) dan NH (amina). Gugus CH ( $\text{CH}_3$  dan  $\text{CH}_2$ ) terjadi peregangan vibrasi antara 3000 dan 2800  $\text{cm}^{-1}$ , terdapat dalam sampel biomassa dan *hydrochar* (Arellano *et al.*, 2016).

## 2. Difraksi Sinar-X (XRD)

Sinar-X pertama kali ditemukan oleh fisikawan Wilhelm Conrad Rontgen pada tahun 1895. Rontgen melakukan eksperimen dengan melewatkan arus listrik melalui tabung yang ditempati dengan gas dalam keadaan vakum tinggi, dan pada saat itu ia menemukan adanya sinar yang tidak terlihat sebelumnya. Difraksi sinar-X (XRD) adalah salah satu instrumen dalam bidang kimia yang digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan suatu senyawa. Teknik ini melibatkan pengamatan pola pembiasan cahaya yang terjadi ketika sinar-X dibiaskan oleh materi dengan susunan atom dalam kristal. Melalui analisis pola difraksi,

informasi tentang struktur kristal dan keberadaan senyawa dapat diperoleh (Zannah, 2020).

Prinsip kerja XRD (Difraksi Sinar-X) dapat dijelaskan secara sederhana sebagai berikut: Setiap senyawa memiliki susunan atom yang membentuk bidang-bidang tertentu. Ketika sinar-X datang pada sudut tertentu ke suatu bahan, sinar-X tersebut akan mengalami difraksi dan pembiasan yang khas. Dalam XRD, pola difraksi terbentuk oleh sudut-sudut tertentu yang muncul sebagai hasil dari difraksi sinar-X oleh kristal dalam bahan. Sudut-sudut ini dinyatakan dalam  $2\theta$ , di mana  $\theta$  adalah sudut datang cahaya, dan  $2\theta$  adalah besar sudut datang yang terdeteksi oleh detektor. Pola difraksi ini mencerminkan susunan atom dalam bahan dan dapat digunakan untuk mengidentifikasi keberadaan senyawa serta menganalisis struktur kristalnya (Zannah, 2020).



**Gambar 2. 4.** Difraktogram XRD yang dihasilkan dari *hydrochar* tongkol jagung dengan perbandingan suhu hidrotermal

Sumber : (Zhang *et al.*, 2015)

Difraktogram XRD yang dihasilkan CCR (*Corn cob Residue*) atau tanpa pemanasan menunjukkan dua puncak karakteristik pada  $2\theta$  dari  $16^\circ$  dan  $22,7^\circ$  merupakan puncak khas selulosa, Setelah karbonisasi hidrotermal pada  $210^\circ\text{C}$ , arang hidro menunjukkan pola XRD yang mirip dengan CCR, menunjukkan bahwa struktur selulosa dipertahankan. Peningkatan suhu dinaikkan menjadi  $230$  dan  $330^\circ\text{C}$  menyebabkan struktur mikrokristalin menghilang. Pengamatan ini

menegaskan bahwa dekomposisi struktur mikrokristalin terjadi pada suhu 230 °C.

### 3. *Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS)*

Metode AAS (spektrofotometri serapan atom) bekerja berdasarkan prinsip absorpsi cahaya oleh atom. Atom-atom dalam sampel menyerap cahaya pada panjang gelombang tertentu, yang tergantung pada sifat unsur yang ada. Prinsip dasar spektrofotometri serapan atom melibatkan interaksi antara radiasi elektromagnetik (biasanya sinar tampak atau ultraviolet) dengan sampel. Metode ini, cahaya yang melewati sampel akan diserap oleh atom-atom di dalamnya, dan intensitas cahaya yang tersisa akan diukur. Pengukuran besarnya penyerapan cahaya pada panjang gelombang tertentu, kita dapat mengidentifikasi dan mengkuantifikasi unsur-unsur yang ada dalam sampel. Spektrofotometri serapan atom sangat berguna untuk analisis zat pada konsentrasi rendah dan merupakan salah satu metode yang paling umum digunakan untuk analisis unsur dalam berbagai aplikasi. Terdapat beberapa teknik dalam metode spektrofotometri serapan atom yang didasarkan pada emisi dan



absorbansi uap atom. Komponen utama dalam metode ini adalah sistem yang digunakan untuk menghasilkan uap atom dalam sampel (Suryati, 2011).

Spektrofotometri serapan atom bekerja dengan cara menguapkan larutan sampel sehingga logam yang terkandung di dalamnya berubah menjadi atom bebas. Atom-atom ini kemudian menyerap radiasi dari sumber cahaya yang dipancarkan oleh lampu katoda (*Hollow Cathode Lamp*) yang mengandung unsur yang ingin ditentukan. Jumlah penyerapan radiasi ini kemudian diukur pada panjang gelombang tertentu sesuai dengan jenis logam yang sedang dianalisis. Dengan mengukur besarnya penyerapan radiasi, kita dapat menentukan konsentrasi unsur yang ada dalam sampel tersebut. Metode ini sangat sensitif dan dapat memberikan informasi yang akurat tentang komposisi unsur dalam sampel (Suryati, 2011).

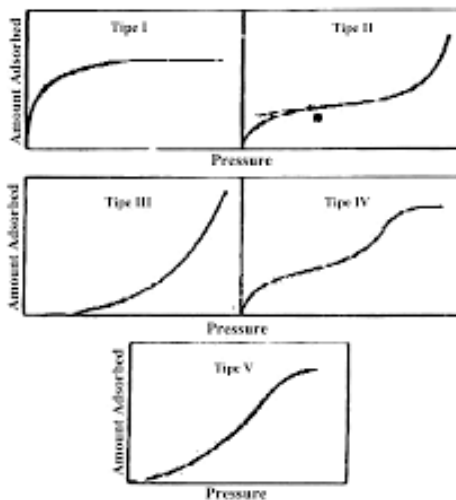
#### 4. *Surface Area Analyzer (SAA)*

*Surface Area Analyzer (SAA)* sering disebut juga analisis BET (Brunauer-Emmett-Teller). Metode ini digunakan untuk karakterisasi material dengan

menentukan luas permukaan dan distribusi pori suatu bahan. Dalam analisis BET, sampel material diuji dengan mengadsorpsi gas pada permukaannya. Gas yang umum digunakan adalah nitrogen. Ketika gas tersebut diadsorpsi, molekul gas akan terdistribusi pada permukaan dan pori-pori sampel, kemudian, jumlah gas yang teradsorpsi diukur dengan mengamati perubahan tekanan atau volume gas. Luas permukaan material dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk ukuran partikel atau pori, bentuk pori, dan susunan pori dalam partikel. Analisis BET memberikan informasi yang penting dalam karakterisasi material, seperti bahan adsorben, katalis, dan material berpori lainnya (Sugesti, 2018).

Pada instrumen *Surface Area Analyzer* (SAA), prinsip kerjanya didasarkan pada adsorpsi gas (seperti nitrogen, argon, atau helium) oleh permukaan bahan padat yang akan dikarakterisasi. Proses ini dilakukan pada suhu konstan, sering kali pada suhu didih gas yang digunakan. Selama pengukuran, jumlah gas yang diadsorpsi oleh permukaan padatan diukur pada

tekanan dan suhu tertentu. Data hasil yang diperoleh memberikan informasi tentang luas permukaan material tersebut. Semakin besar jumlah gas yang diadsorpsi, semakin besar luas permukaan yang dimiliki oleh bahan padat tersebut (Sugesti, 2018). Menurut Syamsudin, (2017) *IUPAC* mengklasifikasikan adsorpsi isotermis ke dalam lima jenis kurva seperti gambar 2.4 berikut:



**Gambar 2. 5.** Kurva adsorpsi isotermis BET

Sumber : (Syamsudin, 2017)

a. Tipe I

Langmuir Isotherm menggambarkan adsorpsi satu lapis (monolayer) pada permukaan padatan. Banyaknya adsorbat mendekati harga pembatas saat  $P/P_0$  mendekati satu. Isotherm ini umumnya diperoleh dari adsorben berpori kecil mikropori kurang dari 2 nm seperti karbon aktif dan zeolit *molecular sieve*.

b. Tipe II

Jenis ini merupakan bentuk normal dari isotherm adsorpsi yang ditemukan pada adsorben tak berpori (nonpori) atau padatan berpori besar (makropori) dengan ukuran lebih besar dari 50 nm. Adsorpsi ini terjadi sebagai kombinasi dari lapisan monolayer dan multilayer. Titik B yang ditunjukkan pada **Gambar 2.4** Kondisi awal tahap linear isotherm menunjukkan pembentukan monolayer pada permukaan padatan, yang mengindikasikan tekanan relatif saat pelapisan monolayer selesai.

c. Tipe III

Tipe ini menunjukkan kuantitas adsorben yang meningkat seiring dengan peningkatan tekanan relatif. Tidak ada titik jenuh (titik B) karena adanya interaksi adsorbat-adsorbat yang lebih kuat daripada adsorben-adsorben. Adsorpsi berlanjut tanpa batas lapisan (multilayer).

d. Tipe IV

Jenis ini hampir sama dengan tipe II menggambarkan adsorpsi dengan kondensasi kapiler pada rentang tekanan relatif rendah hingga menengah. Ini terjadi pada padatan adsorben berukuran mesopori (2-50 nm). Pada tekanan yang lebih rendah, lapisan adsorben mulai mengisi pori-pori secara menyeluruh hingga mencapai kapasitas maksimum.

e. Tipe V

Jenis ini hampir sama dengan tipe III, Isotherm tipe V menggambarkan adsorpsi dengan kuantitas adsorben yang terus meningkat seiring peningkatan tekanan relatif, tanpa mencapai titik jenuh (titik B). Ini bisa terjadi

pada pori dengan ukuran yang sama seperti isotherm tipe IV (mesopori, 2-50 nm).

#### **H. Kajian Hasil Penelitian yang Relevan**

1. Jian *et al* (2018) dalam penelitiannya telah membandingkan antara biochar dari sekam padi yang diproduksi secara hidrotermal (*hydrochar*) dengan metode pirolisis (pirochar) dengan uji kapasitas adsorpsi metilen biru, iodin dan tembaga. Hasil menunjukkan bahwa kandungan karbon pada *hydrochar* lebih tinggi daripada pirochar serta kandungan oksigen pada *hydrochar* lebih rendah daripada pirochar. Selain itu, daya serap *hydrochar* dari sekam padi untuk metilen biru, iodin dan tembaga menghasilkan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi daripada biochar yang diproduksi secara pirolisis (pirochar).
2. Liu *et al* (2016) membandingkan tongkol jagung pirolisis dengan *hydrochar* tongkol jagung yang diaktivasi secara fisika untuk mengadsorp fenol yang menyatakan bahwa *hydrochar* tongkol jagung memiliki daya adsorpsi yang tinggi daripada tongkol jagung pirolisis.

3. Multhaupt *et al* (2021) mensintesis *hydrochar* tempurung kelapa yang teraktivasi teraktivasi  $ZnCl_2$  sebagai adsorben metilen biru menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 70,13 mg/g.
4. Rahayu (2014) melakukan penelitian yang mensintesis adsorben tongkol jagung diaktivasi dengan HCl untuk mengadsorp Fe dalam air tanah. Hasilnya menunjukkan kapasitas adsorpsi menggunakan adsorben tongkol jagung untuk mengadsorp Fe dalam air tanah mencapai 87,2 mg/g.
5. Arellano *et al* (2016) juga mensintesis *hydrochar* dari tongkol jagung sebagai adsorben metilen biru menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 3,1 mg/g.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, menunjukkan bahwa limbah tongkol jagung berpotensi menjadi *hydrochar* sebagai adsorben yang mampu menurunkan ion besi(III). Kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang terdapat dalam limbah tongkol jagung, mampu menyerap ion besi(III) dalam larutan, namun *hydrochar* tongkol jagung memiliki kapasitas adsorpsi

yang masih rendah, sehingga untuk meningkatkan kapasitas adsorpsi arang aktif, dalam penelitian ini dilakukan penggunaan aktivator  $\text{ZnCl}_2$ . Penelitian ini dilakukan proses adsorpsi dengan pembuatan *hydrochar* tongkol jagung teraktivasi  $\text{ZnCl}_2$  untuk menentukan kapasitas adsorpsi terbaik yang diharapkan dapat menurunkan kadar ion besi(III).

### **I. Hipotesis**

*Hydrochar* tongkol jagung teraktivasi  $\text{ZnCl}_2$  yang dihasilkan akan menghasilkan luas permukaan dan ukuran pori yang besar. *Hydrochar* tongkol jagung dari teraktivasi  $\text{ZnCl}_2$  yang dihasilkan akan memiliki kapasitas adsorpsi yang baik untuk mengadsorpsi ion besi(III).



## **BAB III**

### **METODE PENELITIAN**

#### **A. Alat**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini antara lain gelas beaker, gelas arloji, gelas ukur, batang pengaduk, erlenmeyer 100 mL, pipet tetes, corong, lumpang alu, labu ukur 100 mL, necara analitik, furnace, desikator, oven, ayakan 200 mesh, *magnetic stirrer*, cawan porselen, spatula, reaktor autoklaf, shaker (DLAB SK-0330-Pro), FTIR (*PerkinElmer Spectrum IR Version 10.6.1*), XRD (*D2 Phaser BRUKER*), AAS (*Thermo Scientific iCE 3000 AA05194702*), dan SAA (*Quantachrome*).

#### **B. Bahan**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain limbah serbuk tongkol jagung, larutan  $\text{ZnCl}_2$  (p.a, Merck) konsentrasi 4%, 8%, 10% (% b/V), HCl 3M, (p.a, Merck 37%),  $\text{HNO}_3$  (p.a, Merck) 0,35% (% V/V), akuades, sampel buatan limbah Fe(III) dari senyawa  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (p.a, Merck), pH universal, kertas saring.

### C. Prosedur penelitian

#### 1. Preparasi Serbuk Limbah Tongkol Jagung

Serbuk limbah tongkol jagung dicuci dengan air untuk menghilangkan pengotor yang masih terbawa pada limbah tersebut. Serbuk tongkol jagung kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari selama 10 jam dan dioven pada suhu 100 °C selama 2 jam, ditumbuk menggunakan lumpang dan alu, selanjutnya diayak dengan ayakan 200 mesh (Kusuma *et al.*, 2020).

#### 2. Preparasi HTJ (*Hydrochar* Tongkol Jagung)

Sebanyak 10 g serbuk tongkol jagung yang sudah dihancurkan dan diayak, kemudian ditambahkan 100 mL (perbandingan 1:10) akuades dan dimasukkan ke dalam reaktor autoklaf. Sampel ditempatkan dalam *furnace* dengan suhu 175°C selama 1 jam (Gao *et al.*, 2021). Reaktor autoklaf didinginkan sampai suhu kamar kemudian dituang dan disaring dengan kertas saring untuk memisahkan produk dan pelarut, padatan yang telah dihasilkan yaitu *hydrochar* tongkol jagung (HTJ). HTJ yang diperoleh, dioven pada suhu 100 °C sampai berat konstan (4,5 jam).

### 3. Preparasi HTJ Teraktivasi Larutan $ZnCl_2$

Sampel HTJ yang sudah kering ditimbang masing-masing 5 g HTJ yang akan diaktivasi, kemudian dimasukkan ke dalam 3 buah gelas beaker 100 mL. Masing-masing variasi ditambahkan 50 mL larutan  $ZnCl_2$  dengan konsentrasi 4%, 8%, 10% (Prasetyo & Nasrudin, 2013). Campuran tersebut didiamkan selama 4 jam sambil diaduk dengan *magnetic stirrer*, kemudian disaring dan dibilas dengan aquades hingga diperoleh pH netral (Manurung *et al.*, 2019).

*Hydrochar* tongkol jagung teraktivasi  $ZnCl_2$  dicuci dengan larutan asam, yaitu dengan larutan 3 M HCl untuk menghilangkan residu Zn dalam *hydrochar*. *Hydrochar* yang diperoleh, kembali dicuci dengan air panas, kemudian dicuci dengan akuades (Sulistyaningsih, 2017). Masing-masing sampel HTJ dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 3 jam, selanjutnya didinginkan dalam desikator (Alfiany & Bahri, 2013). Masing-masing HTJ diberi kode HTJ-0 (HTJ tanpa aktivasi), HTJ-1 (HTJ teraktivasi  $ZnCl_2$  dengan konsentrasi 4%), HTJ-2 (HTJ teraktivasi  $ZnCl_2$

dengan konsentrasi 8%), HTJ-3 (HTJ teraktivasi  $ZnCl_2$  dengan konsentrasi 10%).

4. Karakterisasi *Hydrochar* dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR)

Tujuan dilakukan analisis ini adalah untuk melihat perubahan gugus fungsi yang terjadi selama proses pembuatan *hydrochar*. Selain itu, untuk dapat melihat pergeseran gugus fungsi yang terjadi selama proses aktivasi yang terbentuk dari HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3.

5. Karakterisasi *Hydrochar* dengan Difraksi Sinar-X (XRD)

Tujuan dilakukan analisis ini yaitu untuk mengidentifikasi kristalinitas dari material HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3, dengan mengamati pola pembiasan cahaya sebagai akibat dari berkas cahaya yang dibiaskan oleh material yang memiliki susunan atom pada kisi kristalnya, sehingga dapat mengetahui sifat dari HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3 yang bersifat *amorf* atau kristalin dan untuk melihat atom Zn pada saat sesudah terjadinya proses aktivasi.

6. Karakterisasi *Hydrochar* dengan *Surface Area Analyzer* (SAA)

Tujuan dilakukan analisis ini yaitu untuk menentukan luas permukaan material yang terdapat dalam HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3. Analisis ini dapat digunakan untuk menentukan volume pori, dan ukuran pori.

7. Pembuatan Kurva Standar Fe(III)

a. Pembuatan Larutan Induk Fe(III) 1000 ppm

Padatan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  ditimbang sebanyak 0,4827 g, kemudian dilarutkan dengan larutan  $\text{HNO}_3$  0,35% (% V/V) dalam beaker. Larutan yang telah dibuat dimasukkan dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,35% (% V/V) sampai tanda batas (Djarot, 2013).

b. Pembuatan Larutan Standar Fe(III) 100 ppm

Sebanyak 10 mL diambil dari larutan induk 1000 ppm. dilarutkan dengan  $\text{HNO}_3$  0,35% sampai volumenya 100 mL.

c. Pembuatan larutan standar Fe 2, 4, 6, 8, dan 10 ppm

Larutan konsentrasi 2 ppm dengan mengambil larutan standar Fe 100 ppm

sebanyak 2 mL, dimasukkan ke dalam labu takar 100 mL. ditambahkan  $\text{HNO}_3$  0,35% sampai garis batas. Konsentrasi Fe 4 ppm, 6 ppm, 8 ppm, 10 ppm dilakukan perlakuan yang sama dengan mengambil larutan standar Fe 100 ppm sebanyak 4mL, 6mL, 8mL, dan 10 mL, lalu dimasukkan ke dalam labu takar masing-masing 100 mL dan ditambahkan  $\text{HNO}_3$  0,35% sampai garis batas.

- d. Hasil pengukuran absorbansi masing-masing larutan standar. Ditentukan persamaan garis yang di peroleh.

#### 8. Uji Kapasitas Adsorpsi Terhadap Logam Ion Besi(III)

Sebanyak 0,1 g HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3 dimasukkan ke dalam gelas beaker yang berisi 25 mL limbah Fe(III) konsentrasi 20 ppm. Larutan dikondisikan pada pH 3 dengan larutan NaOH 1 M. Campuran dikocok selama 60 menit dengan *shaker* dengan kecepatan 180 rpm. Campuran disaring dan filtrat dianalisis kadar Fe-nya dengan AAS.

## BAB IV

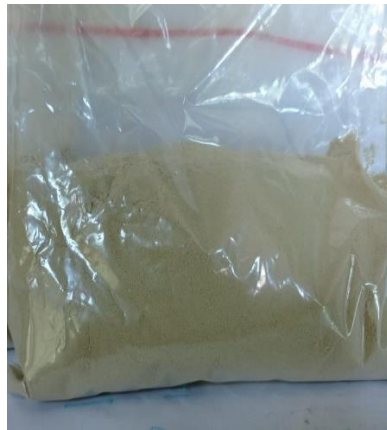
### HASIL DAN PEMBAHASAN

*Hydrochar* tongkol jagung (HTJ) berhasil disintesis dengan metode hidrotermal yang diaktivasi dengan menggunakan  $ZnCl_2$ . Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari bagaimana pengaruh aktivator  $ZnCl_2$  pada HTJ terhadap kapasitas adsorpsi ion besi(III). Produk HTJ yang dihasilkan kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui gugus fungsi yang terdapat pada adsorben dengan menggunakan instrumen FTIR. Perubahan kristalinitas yang terjadi selama proses aktivasi kimia dapat dikarakterisasi dengan XRD. Luas permukaan, volume pori, dan diameter pori dapat dikarakterisasi dengan SAA. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan produk HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3 adalah padatan berupa serbuk berwarna coklat tua.

#### A. Preparasi Serbuk Limbah Tongkol Jagung

Pembuatan HTJ diawali dengan melakukan preparasi terhadap serbuk tongkol jagung, yaitu dengan melakukan pencucian serta penjemuran dan pengovenan dengan tujuan untuk menghilangkan pengotor yang terdapat dalam serbuk tongkol jagung (Kusuma *et al.*, 2020). Tongkol jagung yang sudah bersih ditumbuk dengan menggunakan lumpang dan alu kemudian diayak dengan ayakan 200 mesh, untuk memperkecil ukuran

partikel. Semakin kecil ukuran partikel maka luas permukaan adsorben akan bertambah luas sehingga adsorbat akan semakin banyak yang terserap pada permukaan adsorben (Rahayu, 2014). Serbuk tongkol jagung hasil preparasi dapat dilihat pada gambar 4.1.



**Gambar 4. 1** Serbuk tongkol jagung hasil preparasi

Berdasarkan gambar 4.1 dihasilkan serbuk tongkol jagung dengan warna coklat muda dengan tekstur padatan yang halus. Warna coklat muda disebabkan karena hilangnya pengotor yang ada di serbuk tongkol jagung. Tahap yang selanjutnya yaitu mensintesis serbuk tersebut agar menjadi HTJ.



## **B. Sintesis dan Aktivasi HTJ (*Hydrochar* Tongkol Jagung) dengan $ZnCl_2$**

Sintesis HTJ dilakukan setelah preparasi serbuk tongkol jagung dengan pemanasan menggunakan *furnace* dalam reaktor autoklaf yang berisi air dengan suhu  $175^\circ C$  selama 1 jam. Pemanasan ini merupakan proses karbonisasi hidrotermal berbahan biomassa yang kaya karbon dan terdapat pelarut air dengan kondisi kurang oksigen (Siti, 2022), sehingga serbuk tongkol jagung akan terdekomposisi menjadi bahan karbon berpori dan senyawa hidrokarbon (Syauqiah *et al.*, 2022). Proses karbonisasi dilakukan pada suhu  $175^\circ C$  menyebabkan penyusutan massa, jika semakin tinggi suhu karbonisasi hidrotermal maka akan semakin kuat untuk dapat merusak ikatan hidrogen dan dapat membentuk gugus hidroksil dan gugus fungsi lainnya (Gao *et al.*, 2021). Jika proses karbonisasi dilakukan pada suhu yang tinggi dapat menghilangkan mineral-mineral di dalam HTJ, sehingga membentuk abu dan akan mengurangi jumlah karbon yang dihasilkan (Syauqiah *et al.*, 2022). Proses selanjutnya yaitu penyaringan HTJ yang dihasilkan dengan tujuan untuk memisahkan antara filtrat (air) dan residu (HTJ) (Khanifa *et al.*, 2019). Tahap selanjutnya yaitu melakukan pengeringan residu pada suhu  $100^\circ C$  sampai berat

konstan bertujuan untuk mengurangi kadar air yang tersisa pada HTJ. HTJ yang dihasilkan dapat dilihat pada gambar 4.2.



**Gambar 4. 2.** Serbuk HTJ hasil sintesis

Berdasarkan gambar 4.2 terdapat perbedaan warna dari serbuk tongkol jagung dengan serbuk HTJ-0, yaitu serbuk tongkol jagung berwarna coklat muda sedangkan pada serbuk HTJ berwarna coklat kekuningan, tetapi untuk tekstur padatannya sama. Hal ini dikarenakan saat pemanasan mineral-mineral yang terdapat dalam serbuk tongkol jagung menghilang, sehingga padatan berwarna coklat

kekuningan. Tahap selanjutnya yaitu proses aktivasi HTJ menggunakan  $\text{ZnCl}_2$  konsentrasi 4%, 8%, dan 10%. Tujuan aktivasi pada HTJ adalah untuk menghilangkan atau melarutkan senyawa-senyawa sisa pemanasan yang masih terdapat dalam pori-pori arang. Senyawa-senyawa ini dapat menghambat atau mengurangi daya adsorpsi arang, sehingga melalui aktivasi, pori-pori arang dibersihkan dan daya adsorpsi arang dapat ditingkatkan (Manurung *et al.*, 2019). Proses aktivasi ini menggunakan  $\text{ZnCl}_2$ , karena mempunyai energi hidrasi besar, bersifat tajam dan melekat kuat pada permukaan HTJ, dapat membuka pori-pori pada HTJ, sehingga HTJ memiliki daya adsorpsi tinggi (Kholid, 2020). Penggunaan variasi konsentrasi  $\text{ZnCl}_2$  bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator terhadap kapasitas adsorpsi pada adsorben HTJ.

Tahap selanjutnya yaitu melakukan pembilasan dengan menggunakan HCl 3 M dan air panas, yang kemudian dibilas menggunakan akuades pada suhu ruang. Tujuan dilakukan pencucian menggunakan HCl 3 M untuk menghilangkan atom Zn yang masih menempel pada pori-pori karbon menyebabkan perluasan pori-pori, sehingga

menghasilkan daya adsorpsi semakin tinggi. Proses selanjutnya yaitu penghilangan HCl dengan melakukan pencucian menggunakan air panas, yang bertujuan untuk mempercepat penghilangan pengotor yang masih tersisa pada permukaan arang, dan untuk menetralkan HTJ dibilas dengan akuades (Febriyantri, 2017). Tahap pengeringan dilakukan pada suhu 110 °C selama 3 jam. Tujuan utama dari proses tersebut adalah untuk menghilangkan sisa kandungan air yang masih ada. Serbuk HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 dapat dilihat pada gambar 4.3.



**Gambar 4. 3.** Serbuk HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3

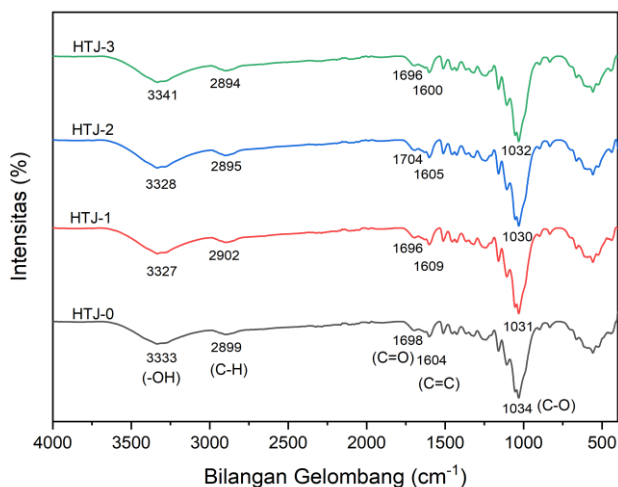
Berdasarkan gambar 4.3 dihasilkan serbuk HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 berwarna sama yaitu coklat tua dengan tekstur yang sama yaitu serbuk halus. Perubahan warna dari coklat kekuningan menjadi coklat tua ini dikarenakan

aramg HTJ telah terbentuk. Tahap selanjutnya yaitu karakterisasi menggunakan FTIR, XRD, dan SAA.

### C. Karakterisasi HTJ

#### 1. Karakterisasi HTJ dengan *Fourier Transform Infra-Red (FTIR)*

Analisis dengan menggunakan instrumen FTIR (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*) bertujuan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada adsorben HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3. Spektrum FTIR hasil karakterisasi HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 dapat dilihat pada gambar 4.4.



**Gambar 4. 4.** Spektrum FTIR (a) HTJ-0 (b) HTJ-1 (c) HTJ-2 (d) HTJ-3

Berdasarkan Gambar 4.4 pada HTJ-0 menunjukkan adanya vibrasi O-H *stretching* yang melebar dan menurun tajam pada bilangan gelombang 3333  $\text{cm}^{-1}$  (Ramadani, 2022). Pada bilangan gelombang 1698  $\text{cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi *stretching* C=O karbonil (Zhang *et al.*, 2018). Bilangan gelombang 2899  $\text{cm}^{-1}$  merupakan gugus C-H (Ramadani, 2022). Bilangan gelombang 1034  $\text{cm}^{-1}$  merupakan C-O dari selulosa dan hemiselulosa (Li *et al.*, 2020). Perengangan terjadi pada gugus C=C cincin aromatik dalam lignin terjadi pada bilangan gelombang 1604  $\text{cm}^{-1}$  (Li *et al.*, 2020). Serapan pada bilangan gelombang tersebut juga dimungkinkan berasal dari gugus C=C aromatik pada senyawa yang dihasilkan dari pemanasan selulosa (Budiman *et al.*, 2019).

HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 menunjukkan kemiripan spektrum dengan HTJ-0 atau tidak terdapat perbedaan yang signifikan antara HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 dengan HTJ-0. Hal ini menunjukkan bahwa dalam HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 masih terdapat senyawa selulosa. Penggunaan aktivator  $\text{ZnCl}_2$  pada HTJ menghasilkan produk arang hidro dengan gugus fungsi yang sama dan menghasilkan senyawa

aromatik dari lignin saat sebelum diaktivasi, karena menunjukkan kesamaan puncak IR yang dihasilkan (Li *et al.*, 2020). Bilangan gelombang hanya mengalami pergeseran pada spektrum FTIR arang HTJ dan tidak menyebabkan terjadinya pembentukan gugus baru. Perbedaan bilangan gelombang HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 dapat dilihat pada tabel 4.1.

**Tabel 4. 1.** Perbedaan bilangan gelombang HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3

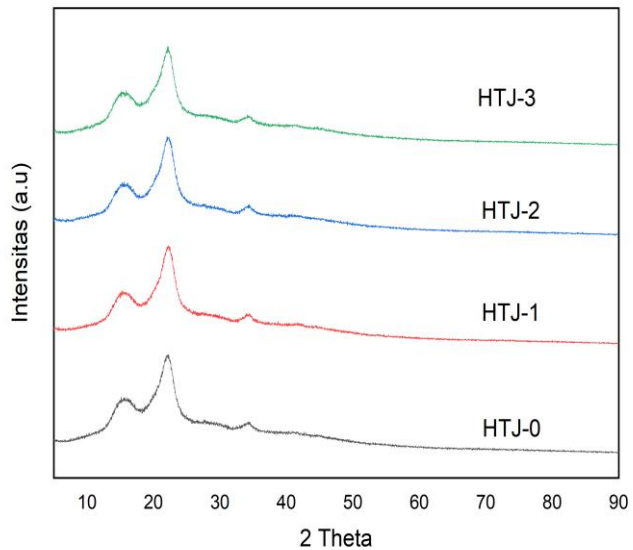
Gugus fungsi	Bilangan gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )				
	HTJ-0	HTJ-1	HTJ-2	HTJ-3	Pustaka
C-O	1034	1031	1030	1032	1035-1282 $\text{cm}^{-1}$ (Limbong, 2017)
O-H	3333	3327	3328	3341	3800 -3300 $\text{cm}^{-1}$ (Ramadani, 2022)
C = O	1698	1696	1704	1696	1760-1660 $\text{cm}^{-1}$ (Ramadani, 2022)
C=C aromatik	1604	1609	1605	1600	1500-1600 $\text{cm}^{-1}$ (Andamari, 2022)
C-H	2899	2902	2895	2894	2970-2845 $\text{cm}^{-1}$ (Ramadani, 2022)

Berdasarkan tabel 4.1 menunjukkan bahwa dari bilangan gelombang HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 tidak ada perbedaan secara signifikan. Masing-masing mempunyai puncak yang hampir sama, hanya saja ada beberapa puncak yang mengalami pergeseran bilangan gelombang (Fauziyati, 2019).

## **2. Karakterisasi HTJ dengan Difraksi Sinar-X (XRD)**

Analisis menggunakan instrumen XRD (*X-Ray Diffraction*) dalam penelitian ini bertujuan untuk menentukan tingkat kristalinitas pada sampel HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3. Difraktogram yang dihasilkan mengindikasikan bahwa terbentuk struktur mikrokristalin yang terdapat dalam HTJ tersebut. Sebagai pembanding, digunakan data XRD HTJ-0. Difraktogram untuk HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 dapat dilihat pada gambar 4.5.





**Gambar 4. 5.** Difraktogram HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3

Analisis XRD yang dilakukan terhadap HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 bertujuan untuk mengidentifikasi dan menganalisis perubahan struktur kristalinitas yang terjadi selama proses aktivasi kimia pada sampel HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 (Darmawan *et al.*, 2015). Berdasarkan gambar 4.5 difraktogram XRD dari HTJ-0 terletak di sekitar  $15,60^\circ$ ,  $22,26^\circ$ , dan  $34,25^\circ$  sesuai dengan selulosa yang berasal dari bahan baku serbuk tongkol jagung. Puncak yang dihasilkan ini kemudian dibandingkan dengan database XRD oleh *Joint Comitte on Powder*

*Difraction* (JCPDS). Data JCPDS digunakan untuk mengetahui apakah HTJ hasil sintesis mengandung puncak-puncak khas untuk selulosa (Zannah, 2020).

Difraktogram HTJ-0 hasil sintesis menunjukkan adanya puncak yang mengindikasikan adanya senyawa selulosa. Hal ini karena ada beberapa sudut  $2\theta$   $22,26^\circ$  yang mendekati nilai JCPDS No .03-0226. Berdasarkan JCPDS No .03-0226 puncak difraksi selulosa pada serbuk tongkol jagung berada pada sudut  $2\theta$   $21,9^\circ$  dan  $22,2^\circ$  (Catherine *et al.*, 2020). Selulosa yang dihasilkan ini memiliki sruktur mikrokristalin (Zhang *et al.*, 2015).

Difraktogram yang dihasilkan dari HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 memiliki kemiripan puncak dengan HTJ-0. Masing-masing puncak difraktogram mengalami pergeseran. Puncak HTJ-1 berada di sekitar  $15,52^\circ$ ,  $22,32^\circ$ , dan  $34,41^\circ$ . HTJ-2 berada di puncak  $15,58^\circ$ ,  $22,43^\circ$ , dan  $34,27^\circ$ , serta HTJ-3 berada di puncak  $15,44^\circ$ ,  $22,26^\circ$  dan  $34,41^\circ$ . Hal ini menandakan bahwa HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 mengandung senyawa selulosa sama seperti HTJ-0. Difraktogram yang dihasilkan saat teraktivasi  $ZnCl_2$  terjadi pergeseran antara puncak yang dihasilkan dan tidak ada perbedaan secara signifikan antara difraktogram dari

ketiga *hydrochar* yang diaktivasi menunjukkan bahwa aktivator  $ZnCl_2$  tidak mengubah struktur kristal dari HTJ (Li *et al.*, 2020).

### 3. Karakterisasi HTJ dengan *Surface Area Analyzer* (SAA)

Prinsip kerja instrumen SAA (*Surface Area Analyzer*) didasarkan pada mekanisme adsorpsi gas (seperti nitrogen, argon, dan helium) pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi. Proses ini dilakukan pada suhu konstan, yang biasanya setara dengan suhu didih gas yang digunakan (Sugesti, 2018). Analisis hasil pengukuran SAA dapat dilihat pada tabel 4.2.

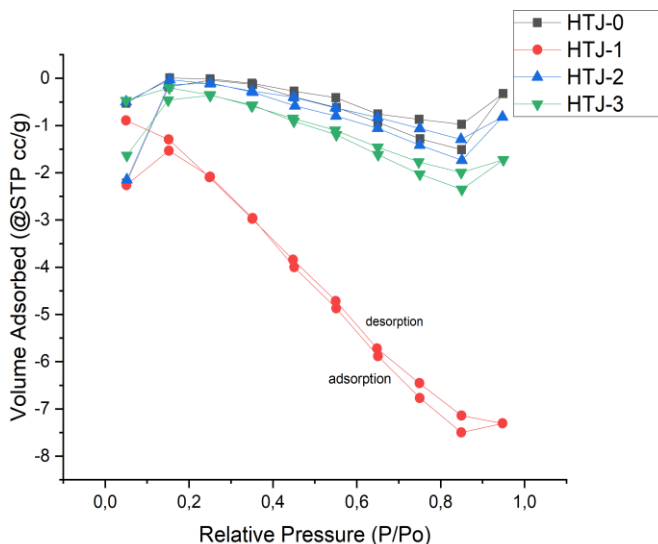
**Tabel 4. 2.** Hasil analisis SAA HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3

<b>Analisis</b>	<b>HCC-0</b>	<b>HCC-1</b>	<b>HCC-2</b>	<b>HCC-3</b>
Surface area ( $m^2/g$ )	0,3262	0,0546	0,2584	0,1713
Volume pori (cc/g)	0,0021	0,0003	0,0017	0,0011
Jari-jari pori (nm)	13,463	13,230	13,164	13,575
<i>Micropore area</i> ( $m^2/g$ )	4,085	21,630	5,436	6,317

Hasil pengukuran luas pori menyatakan bahwa jari-jari pori yang paling tinggi yaitu pada HTJ-3 sebesar 13,575 nm , sedangkan HTJ-0 13,463 nm, HTJ-1 sebesar 13,230 nm , HTJ-2 sebesar 13,164.

Perbedaan ini dimungkinkan karena adanya perbedaan kandungan mineral dari HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 (Pranoto *et al.*, 2020).

Menurut Syamsudin (2017) karbon aktif memiliki luas permukaan tinggi yang berkisar antara 100-2000 m<sup>2</sup>/g dan memiliki pori-pori kompleks dengan tiga kategori ukuran: mikro (< 20 Å), meso (20-500 Å), dan makro (> 500 Å) berdasarkan IUPAC. Volume pori-pori HTJ yang dihasilkan berukuran 13,575 nm atau 135,75 Å. HCC yang dihasilkan merupakan ukuran pori mesopori (20-500 Å) (Yagmur *et al.*, 2020).



**Gambar 4. 6.** Isoterm adsorpsi-desorpsi  $N_2$  HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3

Berdasarkan gambar 4.6 memperlihatkan Isoterm adsorpsi-desorpsi  $N_2$  pada HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3. Kurva isoterm adsorpsi-desorpsi  $N_2$  pada HTJ menyatakan bahwa material hasil sintesis adalah material berpori.

#### **D. Uji Kapasitas Adsorpsi Terhadap Ion Besi(III)**

Metode adsorpsi merupakan salah satu metode yang digunakan untuk mengurangi konsentrasi ion besi(III) dalam larutan. Metode ini dipilih karena memiliki biaya yang relatif lebih murah, mudah dilakukan, dan

memiliki efektivitas yang tinggi. Proses adsorpsi dilakukan dengan mencampurkan HTJ yang dihasilkan dengan ion besi(III) dengan konsentrasi yang sudah diketahui yaitu 18,193 ppm. Massa adsorben yang digunakan yaitu 0,1 g dengan volume limbah 25 mL yang diatur pH 3. Proses adsorpsi dilakukan dengan pengadukan selama 1 jam menggunakan *shaker* dengan kecepatan 180 rpm. Pengadukan dilakukan dengan tujuan untuk menghomogenkan larutan, sehingga proses penyerapan dapat terjadi secara maksimal. Dengan mengaduk larutan, partikel-partikel yang terlarut di dalamnya akan tersebar secara merata dan tercampur dengan baik (Fauziyati, 2019a). Pengaturan pH sesuai dengan bentuk spesiasi ion besi(III) (gambar 2.1) yang berada pada rentang 1-3. Sejalan dengan hal tersebut, Elewa *et al* (2023) menyatakan bahwa karbon aktif sekam padi efektif digunakan untuk mengadsorp ion besi(III) pada pH 3. Sehingga dilakukan proses adsorpsi ion besi(III) pada pH tersebut. Data yang dihasilkan dari analisis menggunakan AAS (*Atomic Absorption Spectroscopy*) digunakan untuk membuat kurva kalibrasi larutan ion besi(III), yang merupakan hubungan antara absorbansi dan konsentrasi larutan ion besi(III). Dengan menggunakan persamaan regresi linier yang dihasilkan

dari kurva kalibrasi, absorbansi larutan setelah teradsorpsi dapat dikonversi menjadi konsentrasi larutan. Proses ini melibatkan substitusi nilai absorbansi larutan ke dalam persamaan garis pada kurva kalibrasi, dimana absorbansi larutan merupakan variabel  $y$  dan konsentrasi larutan merupakan variabel  $x$ . Dengan demikian, dapat dihitung konsentrasi akhir larutan setelah teradsorpsi. Nilai kapasitas adsorpsi dengan menggunakan rumus (2.1) dan persentase penurunan adsorpsi dihitung dengan menggunakan rumus (2.2) (Fauziyati, 2019). Kapasitas adsorpsi dan persentase adsorpsi untuk ion besi(III) dapat dilihat pada tabel 4.3.

**Tabel 4. 3.** Kapasitas adsorpsi dan % penurunan

Sampel	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	Persentase penurunan (%)
HTJ-0	18,193	15,008	0,796	17,50 %
HTJ-1	18,193	10,746	1,861	40,93 %
HTJ-2	18,193	11,685	1,627	35,77 %
HTJ-3	18,193	11,117	1,769	38,89 %

Berdasarkan pada gambar 4.6. HTJ-0 menghasilkan kapasitas adsorpsi sebesar 0,796 mg/g dan persentase penurunan 17,50%, pada HTJ-1

menghasilkan kapasitas adsorpsi 1,861 mg/g dan persentase penurunan 40,93%, HTJ-2 menghasilkan kapasitas adsorpsi 1,626 mg/g dan persentase penurunan 35,77%, dan HTJ-3 menghasilkan kapasitas adsorpsi 1,768 mg/g dan persentase penurunan 38,89 %. Hasil yang paling tinggi adalah HTJ-1 yang menghasilkan kapasitas adsorpsi dan persentase penurunan yang tinggi. HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3 akan menunjukkan kemungkinan peningkatan kemampuan untuk menyerap ion besi(III) (Li *et al.*, 2020). HTJ yang menggunakan aktivator  $ZnCl_2$  menghasilkan ukuran karbon mesopori. Ukuran mesopori HTJ yaitu berukuran 20 nm sampai 50 nm (Yue *et al.*, 2003).

Ukuran pori HTJ lebih besar dari ion besi(III) sehingga mampu menyerap ion besi(III). Beberapa penelitian menyebutkan dalam aktivasi kimia, peningkatan massa aktivator dapat meningkatkan aktivasi sampai rasio impregnasi optimum. Peningkatan rasio impregnasi yang terlalu besar memiliki pengaruh yang merugikan, yaitu menyebabkan terjadinya pembakaran dan membuat pori - pori tersumbat karena reagen yang berlebihan sehingga akses area adsorpsi menjadi berkurang (Ao



*et al.*, 2018). Selain itu, pada konsentrasi yang terlalu tinggi menyebabkan larutan menjadi lewat jenuh dan permukaan gugus aktif HTJ banyak yang tertutupi sehingga kapasitas adsorpsinya menurun (Fauziyati, 2019)



## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Dirangkumkan dari hasil FTIR, XRD, SAA. *hydrochar* tongkol jagung (HTJ) yang dihasilkan memiliki gugus aktif yang dihasilkan dari adanya selulosa dengan struktur mikrokristalin serta HTJ yang dihasilkan memiliki ukuran pori yaitu mesopori (2 nm sampai 50 nm). Penggunaan aktivator  $ZnCl_2$  tidak berpengaruh terhadap pembentukan gugus fungsi yang dihasilkan.
2. Penambahan aktivator  $ZnCl_2$  berpengaruh terhadap peningkatan kapasitas adsorpsi ion besi(III) dari *hydrochar* tongkol jagung (HTJ) hasil sintesis. Kapasitas adsorpsi terbaik dimiliki oleh HTJ-1 yang teraktivasi dengan  $ZnCl_2$  4%. Kapasitas adsorpsi yang dihasilkan yaitu 1,861 mg/g dan penurunan sebesar 40,93 %.

#### **B. Saran**

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut terkait sintesis HTJ sebagai adsorben untuk adsorpsi ion besi(III) yang membandingkan dengan aktivator

lainnya. proses aktivasi dilakukan dengan waktu yang lebih lama agar pori arang dapat lebih terbuka. Lama waktu atau suhu sintesis HTJ yang digunakan lebih tinggi agar dapat menghilangkan selulosa yang ada agar menghasilkan kristalinitas lebih tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Alfiandy, H., & Bahri, S. 2013. Kajian Penggunaan Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Logam Pb Dengan Beberapa Aktivator Asam. *Jurnal Natural Science*, 2(3), 75–86.
- Amanda, I. R., Putri, K., Artika, N., Julia, R. R. D., & Sanjaya, A. S. 2019. Aktivasi Biochar Dari Kayu Macaranga Gigantea Menggunakan  $ZnCl_2$  (Activation Of Biochar From macaranga Gigantea Wood Using  $ZnCl_2$ ). *Jurnal Kimia Mulawarman*, 17(1), 6–10.
- Andamari, D. 2022. *Efektifitas Adsorben Arang Aktif Dari Ampas Kopi Untuk Mengurangi Kandungan Kadmium (Cd) Dalam Media Air*.
- Andini, A. 2018. Analisa Kadar Fe (III) Air Di Kecamatan Tanggulangin Sidoarjo. *Medical Technology and Public Health Journal*, 2(1), 19–24. <https://doi.org/10.33086/mtphj.v2i1.313>
- Anggraeni, I. S., & Yuliana, L. E. 2015. Pembuatan Karbon Aktif dari Limbah Tempurung Siwalan (*Borassus Flabellifer* L.) dengan Menggunakan Aktivator Seng Klorida ( $ZnCl_2$ ) dan Natrium Karbonat ( $Na_2CO_3$ ). *Tugas Akhir*, 1–19.
- Anita, Zaharah, T. A., & Sapar, A. 2020. Kapasitas Adsorpsi Biomassa Paku Air ( *Lemna minor* Linn ) Teresterifikasi Oleh Asam Sitrat Terhadap Mangan ( II ). *Al-Kimia*, 11, 177–188. <https://doi.org/10.24252/al-kimiav8i2.16144>
- Antika, R., Siregar, D. S., & Pane, Y. P. 2019. Efektivitas Karbon Aktif Tongkol Jagung Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Pada Air Sumur Gali Di Desa Amplas Kecamatan Percut Sei Tuan Kabupaten Deli Serdang. *Kesehatan Global*, 2(2), 81–92.

<http://ejournal.helvetia.ac.id/index.php/jkg/article/view/4263>

- Ao, W., Fu, J., Mao, X., Kang, Q., Ran, C., Liu, Y., Zhang, H., Gao, Z., Li, J., Liu, G., & Dai, J. 2018. Microwave assisted preparation of activated carbon from biomass: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 92(April), 958–979. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2018.04.051>
- Arellano, O., Flores, M., Guerra, J., Hidalgo, A., Rojas, D., & Strubinger, A. 2016. Hydrothermal carbonization of corncob and characterization of the obtained hydrochar. *Chemical Engineering Transactions*, 50(June), 235–240. <https://doi.org/10.3303/CET1650040>
- Asadiya, A. 2018. *Pengolahan Air Limbah Domestik Menggunakan Proses Aerasi, Pengendapan, Dan Filtrasi Media Zeolit- Arang Aktif*.
- Augustiara, E., Kimia, J., Matematika, F., Ilmu, D. A. N., Alam, P., & Sriwijaya, U. 2020. *Sebagai Adsorben Zat Warna Kongo Merah Dan Direct Merah*.
- Ayu, G. E. 2017. *Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa (Coconut shell) dengan Proses Pengaktifan Kimia ZnCl<sub>2</sub> Menggunakan Microwave*. April.
- Bempa, S. H. L. 2020. Karbon Aktif Teraktivasi ZnCl<sub>2</sub> sebagai Adsorben Logam Fe(III) Di Limbah Laboratorium Universitas Negeri Gorontalo. *Jambura Journal of Chemistry*, 2(1), 17–26. <https://doi.org/10.34312/jambchem.v2i1.7055>
- Budiman, I., Hermawan, D., Febrianto, F., & Pari, G. 2019. Optimasi Aktivasi Arang Aktif dari Arang Hidro Tempurung Buah Kelapa Sawit Menggunakan Metodologi Permukaan Respon (Optimization of Activated Carbon from Oil Palm Shell Hydrochar Using Response Surface Methodology). *J. Ilmu Teknol. Kayu*

*Tropis*, 17(1).

- Catherine, A., Louis, F., & Venkatachalam, S. 2020. International Journal of Biological Macromolecules Energy efficient process for valorization of corn cob as a source for nanocrystalline cellulose and hemicellulose production. *International Journal of Biological Macromolecules*, 163, 260-269. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.06.276>
- Chandrakant, K., Suryakant, V., & Goyal, A. 2021. Bioconversion of sugarcane tops to bioethanol and other value added products: An overview Bioconversion of sugarcane tops to bioethanol and other value added products: An overview. *Materials Science for Energy Technologies*, 4(January), 54-68. <https://doi.org/10.1016/j.mset.2020.12.004>
- Chen, C., Wei, L., Zhao, P., Li, Y., Hu, H., & Qin, Y. 2011. Study on preparation of activated carbon from corncob furfural residue with ZnCl<sub>2</sub> by microwave irradiation. *Advanced Materials Research*, 152-153, 1322-1327. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.152-153.1322>
- Chen, J., Zhang, L., Liu, S., Wang, B., Wang, Q., & Yang, G. 2015. *Effect of Residence Time on Hydrothermal Carbonization of Corn Cob Residual*. 10(3), 3979-3986.
- Damayanti, T. 2020. "Pengaruh Variasi Massa Biochar dari Kulit Singkong ( Manihot esculenta Crantz ) Termodifikasi Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Terhadap Adsorpsi Limbah Methylene Blue." *Skripsi*, 62 Hal(Universitas Islam Indonesia, Yogyakarta, Indonesia, Mei 2020).
- Darmawan, S., Syafii, W., Wistara, N. J., Maddu, A., & Pari, G. 2015. Kajian Struktur Arang -Pirolisis , Arang-Hidro Dan Karbon Aktif Dari Kayu Acacia Mangium Willd . Menggunakan Difraksi Sinar-X ( X-Ray Diffraction

- Observation O F Pyrolized - Char , Hydro-Char A Nd Activated Carbon Made O F Acacia Mangium Willd . Wood ). *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 33(2), 81–92.
- Dinda, S., Maulana Yusuf, T. G., Utami, L. I., & Wahyusi, K. N. 2020. Pemanfaatan Biochar dari Sabut Siwalan sebagai Adsorben Larutan Cu. *ChemPro*, 1(02), 1–7. <https://doi.org/10.33005/chempro.v1i2.36>
- Ding, L., Zou, B., Liu, H., Li, Y., Wang, Z., Su, Y., Guo, Y., & Wang, X. 2013. A new route for conversion of corncob to porous carbon by hydrolysis and activation. *Chemical Engineering Journal*, 225, 300–305. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2013.03.090>
- Djarot, R. andreana dan r. s. k. s. 2013. Pengaruh Penambahan Al 3 + dalam Penentuan Spektrofotometri Sinar Tampak. *Jurnal Sains Dan Seni ITS*, 2(2), 11–14.
- Duan, X. L., Yuan, C. G., Jing, T. T., & Yuan, X. D. 2019. Removal of elemental mercury using large surface area micro-porous corn cob activated carbon by zinc chloride activation. *Fuel*, 239(August 2018), 830–840. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.11.017>
- Dzikrul, K. 2018. *Penurunan Kadar Fe Pada Pengolahan Limbah Cair Laboratorium Menggunakan Pengendapan Basa Dan Biosorben Batang Jagung*. 2(2), 2016. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00539%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.06.029%0Ahttp://www.cpsg.org/sites/cbsg.org/files/documents/Sunda>  
Pangolin National Conservation Strategy and Action Plan %28LoRes%29.pdf%0Ahttps://doi.org/10.1016/j.forec
- Elewa, A. M., Amer, A. A., Attallah, M. F., Gad, H. A., Al-Ahmed, Z. A. M., & Ahmed, I. A. 2023. Chemically Activated Carbon Based on Biomass for Adsorption of Fe(III) and Mn(II) Ions from Aqueous Solution. *Materials*, 16(3). <https://doi.org/10.3390/ma16031251>



- Eskandari, S., Mohammadi, A., Sandberg, M., Eckstein, R. L., Hedberg, K., & Granström, K. 2019. Hydrochar-amended substrates for production of containerized pine tree seedlings under different fertilization regimes. *Agronomy*, 9(7). <https://doi.org/10.3390/agronomy9070350>
- Esterlita, M. O., & Herlina, N. 2015. Pengaruh penambahan aktivator ZnCl<sub>2</sub>, KOH, Dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> dalam pembuatan karbon aktif dari pelepah aren (*Arenga Pinnata*). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 47–52.
- Fahrudin, F. 2020. *Isolasi dan Karakteristik Bakteri Pendegradasi Selulosa dari Limbah Pusat Industri Mebel Antang Makassar*. V(2), 951–956.
- Fajri, S. 2021. *Karbonisasi Hidrotermal Sekam Padi dan Proses Aktivasi Dengan NaOH Serta Aplikasinya Sebagai Adsorben Zat Warna Malasit Hijau dan Rhodamin- B*. 6.
- Fauziyati, M. R. 2019a. Uji Adsorpsi Bentonit Teraktivasi KOH Terhadap Logam Cu(II). *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(2), 80. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.6028>
- Fauziyati, M. R. 2019b. *Uji Adsorpsi Bentonit Teraktivasi KOH Terhadap Logam Cu ( II ) Kimia , UIN Walisongo Semarang*. 2(2), 80–88.
- Febriyantri, H. Z. 2017. *Sintesis Dan Karakterisasi Karbon Tandan Pisang Sebagai Adsorben Dengan Aktivator ZnCl<sub>2</sub> Untuk Adsorpsi Larutan Fenol*.
- Gani, R. A. A., Sokoy, Y. D., Samolo, D. L., & Togibasa, O. 2021. Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Sagu Menggunakan Aktivator ZnCl<sub>2</sub>. *Jurnal Fisika Flux: Jurnal Ilmiah Fisika FMIPA Universitas Lambung Mangkurat*, 18(1), 50. <https://doi.org/10.20527/flux.v18i1.6933>
- Gao, M., Zou, H., Tian, W., Shi, D., Chai, H., Gu, L., He, Q., & Tang,

- W. Z. 2021. Co-digestive performance of food waste and hydrothermal pretreated corn cob. *Science of the Total Environment*, 768. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.144448>
- Gelyaman, G. D. 2018. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Bioavailabilitas bagi Tumbuhan. *Gebhardus Djugian Gelyaman / JSLK*, 1(1), 17–19. <https://mysite.du.edu/~jcalvert/phys/iron.htm>
- Jian, X., Zhuang, X., Li, B., Xu, X., Wei, Z., Song, Y., & Jiang, E. 2018. Comparison of characterization and adsorption of biochars produced from hydrothermal carbonization and pyrolysis. *Environmental Technology and Innovation*, 10, 27–35. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.01.004>
- Kemenkes RI. 1990. Permenkes No. 416 Tahun 1990 Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air. *Hukum Online*, (416), 1–16. [www.ptsmi.co.id](http://www.ptsmi.co.id)
- Khanifa, L. N., Mulyatun, M., & Suryandari, E. T. 2019. Uji Kapasitas Adsorpsi Ion Logam Cu<sup>2+</sup> Menggunakan Hidrochar Eichhornia Crassipes Termodifikasi H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. *Walisongo Journal of Chemistry*, 2(2), 64. <https://doi.org/10.21580/wjc.v2i2.6026>
- Kholid, W. ahnad. 2020. Aktivasi Arang Tempurung Biji Melinjo (Gnetum Gnemon) Menggunakan Berbagai Konsentrasi Zncl<sub>2</sub> Activation. *Mahasiswa, Teknologi Pangan Dan Hasil Pertanian*.
- Kurniawan, Y. dan L. N. 2014. Pengaruh Variasi Temperatur Hidrotermal pada Sintesis Lithium Mangan Oksida (LiMn<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) Spinel terhadap Efisiensi Adsorpsi dan Desorpsi Ion Lithium dari Lumpur Sidoarjo. *Jurnal Teknik Pomits*, 3(2), 191–196.
- Kusuma, A. A., Lathifaturrohmah, B., & Dyah Lestari, E. E. 2020. Pengaruh Penambahan Arang Aktif Limbah

- Tongkol Jagung Untuk Mengurangi Kadar Kesadahan Total. *Walisongo Journal of Chemistry*, 3(1), 31. <https://doi.org/10.21580/wjc.v3i1.6128>
- Li, F., Zimmerman, A. R., Hu, X., Yu, Z., Huang, J., & Gao, B. 2020. One-pot synthesis and characterization of engineered hydrochar by hydrothermal carbonization of biomass with ZnCl<sub>2</sub>. *Chemosphere*, 254, 126866. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.126866>
- Limbong, H. P. 2017. *Identifikasi Gugus Fungsi Senyawa Kimia Pulp Batang Pisang Berdasarkan Spektrum FTIR*. 44–50.
- Liu, B., Li, Y., Gai, X., Yang, R., & Mao, J. 2016. *Exceptional Adsorption of Phenol and p -Nitrophenol from Water on Carbon Materials Prepared via Hydrothermal Carbonization of Corncob Residues*. 11, 7566–7579.
- Mantong, J. O., Argo, D., Susilo, B., Keteknik, J., Teknologi, P.-F., Brawijaya, P.-U., Veteran, J., & Korespondensi, P. 2018. Pembuatan Arang Aktif Dari Limbah Tongkol Jagung Sebagai Adsorben Pada Limbah Cair Tahu Making Active Charcoal From Corn Cob Waste As Adsorbent At Liquid Waste Tofu. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 6(2), 100–106.
- Manurung, M., Ratnayani, O., & Prawira, R. A. 2019. Sintesis dan Karakterisasi Arang dari Limbah Bambu. *Cakra Kimia*, 7(1), 69–77. <https://ojs.unud.ac.id/index.php/cakra/article/view/51644/30624>
- Maulana. 2015. *Kemampuan Karbon Aktif Tongkol Jagung Dalam Menurunkan Kekeruhan Air*. 151(2), 10–17.
- Mohamed, G. M., El-Shafey, O. I., & Fathy, N. A. 2017. Preparation of carbonaceous hydrochar adsorbents from cellulose and lignin derived from rice straw. *Egyptian Journal of Chemistry*, 60(5), 793–804.

<https://doi.org/10.21608/ejchem.2017.1311.1080>

- Multhaupt, H., Bottke, P., & Wark, M. 2021. Enhanced Breaking of Lignin and Mesopore Formation in Zinc Chloride Assisted Hydrothermal Carbonization of Waste Biomasses. *C*, 7(4), 77. <https://doi.org/10.3390/c7040077>
- Nurliza. 2020. Pemanfaatan Limbah Ampas tebu (*Saccharum officinarum*) sebagai Bioadsorben Penyeram Logam Besi (II) pada Air Sumur di desa Baet Kabupaten Aceh Besar. *Skripsi, Sains dan(Ii)*, Universitas Islam Negeri Ar-Raniry Banda Aceh.
- Permana, D. 2008. *Pengolahan Limbah Cair Yang Mengandung Amonia Dengan Menggunakan Zeolit Alam Lampung Sebagai Bahan Pengikat Dengan Metode Flotasi Udara : Studi Kasus Pengaruh pH, Koagulan PAC, Dan Surfaktan SLS.*
- Pranoto, P., Martini, T., & Maharditya, W. 2020. Uji Efektivitas dan Karakterisasi Komposit Tanah Andisol/Arang Tempurung Kelapa Untuk Adsorpsi Logam Berat Besi (Fe). *ALCHEMY Jurnal Penelitian Kimia*, 16(1), 50. <https://doi.org/10.20961/alchemy.16.1.33286.50-65>
- Prasetyo, Y., & Nasrudin, H. 2013. Penentuan Konsentrasi  $ZnCl_2$  pada Proses Pembuatan Karbon Aktif Tongkol Jagung dan Penurunan Konsentrasi Surfaktan Linier Alkyl Benzene Sulphonate (LAS). *UNESA Journal of Chemistry*, 2(3), 231–235.
- Rahayu, A. N. 2014. *pemanfaatan tongkol jagung sebagai adsorben besi pada air tanah.* 09(20), 100000.
- Rahman, T., Fadhlulloh, M. A., Bayu, A., Nandiyanto, D., Mudzakir, A., Kunci, K., Karbon, :, & Metode, A. 2015. Review: Sintesis Karbon Nanopartikel. *Jurnal Integrasi Proses*, 5(3), 120–131.

- Ramadani, F. D. 2022. *Hidrochar Ampas Kopi Termodifikasi H2O2 Sebagai Adsorben Untuk Ion Logam Berat Cd ( II )*. 5(1), 21-32.
- Ramadhani, L. F., Imaya M. Nurjannah, Ratna Yulistiani, & Erwan A. Saputro. 2020. Review: teknologi aktivasi fisika pada pembuatan karbon aktif dari limbah tempurung kelapa. *Jurnal Teknik Kimia*, 26(2), 42-53. <https://doi.org/10.36706/jtk.v26i2.518>
- Richards, H. L., Baker, P. G. L., & Iwuoha, E. 2012. *Metal Nanoparticle Modified Polysulfone Membranes for Use in Wastewater Treatment: A Critical Review*. 2012(July), 183-193.
- Rohmatul, ulya annisa. 2020. *pemanfaatan adsorben dari limbah koran bekas dan bentonit untuk mengurangi kadar timbal (II)*. Ii, 151-156.
- Sanjaya, A. S., & Agustine, R. P. 2015. Studi Kinetika Adsorpsi Pb Menggunakan Arang Aktif Dari Kulit Pisang. *Konversi*, 4(1), 17. <https://doi.org/10.20527/k.v4i1.261>
- Setiyoningsih, L. A. 2021. Pembuatan Dan Karakteristik Arang Aktif Kulit Singkong Menggunakan Aktivator ZnCl<sub>2</sub>. *Tantangan Dan Peluang Menuju Pertanian Berkelanjutan*, September 2019, 1-61.
- Siti, F. 2022. *Sintesis dan Karakterisasi TIO<sub>2</sub>/CSH (Coconut Shell Hydrochar) Sebagai Fotokatalis Dalam Defradasi Metilen Biru*.
- Sugesti, U. 2018. Pembuatan dan Karakterisasi ZnO/Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit Teraktivasi ZnCl<sub>2</sub> Menggunakan Metode Hidrotermal untuk Penjerapan Fenol. *Skripsi*, 19.
- Sulistyaningsih, E. 2017. Karbon Aktif Termodifikasi ZnCl<sub>2</sub> untuk Adsorpsi Ion Logam Fe(II) dalam Limbah Batik.

*Jurnal Teknologi*, 10(1), 47–52.  
<https://ejournal.akprind.ac.id/index.php/jurtek/article/view/1166>

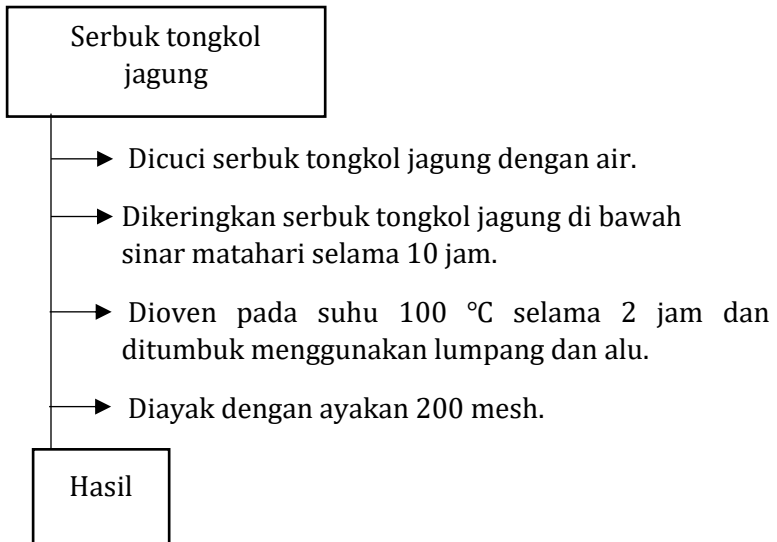
- Surbakti, C. . 2018. Pemanfaatan Karbon Aktif Dari Tongkol Jagung (*Zea Mays*) Sebagai Adsorben Larutan Asam Dan Logam Berat Pada Limbah Industri. In *Jurnal Pembangunan Wilayah & Kota*.
- Suryati. 2011. Analisa kandungan logam berat Pb dan Cu dengan metode SSA (Spektrofotometri Serapan Atom) terhadap ikan baung (*Hemibagrus Nemurus*) di sungai kampar kanan desa muara takus kecamatan XIII koto kampar kabupaten kampar. *Pekanbaru : Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.*, 1–92.
- Suwantiningsih, S., Khambali, K., & Narwati, N. 2020. Daya Serap Arang Aktif Tongkol Jagung Sebagai Media Filter Dalam Menurunkan Kadar Besi (Fe) Pada Air. *Ruwa Jurai: Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 14(1), 33. <https://doi.org/10.26630/rj.v14i1.2170>
- Syamsudin, K. W. A. 2017. *Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif Tandan Pisang Dengan Aktivator H3PO4 10% untuk Adsorpsi Logam Pb (II) Dan Cr (VI) Dalam Larutan*. li, 1–109.
- Syauqiah, I., Sir, A., Harivram, K., Elma, M., Amryna, D., & Putri, C. 2022. Pemanfaatan Ampas Sagu ( *Metroxylon sp .* ) Sebagai Karbon Aktif Untuk Penurunan Kadar Fe Pada Laruran Artifisial Fe 2 ( SO 4 ) 3. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 7(April), 216–221.
- Xie, L., Ding, K., Liu, Y., Zou, M., & Han, C. 2019. Experimental, Thermodynamic and Kinetic Studies for the Adsorption of Phenolic Compounds Derived from Oilfield Wastewater by the Corncob Hydrochar. *Open Journal of Yangtze Oil and Gas*, 04(04), 285–300. <https://doi.org/10.4236/ojogas.2019.44023>

- Yagmur, E., Gokce, Y., Tekin, S., Semerci, N. I., & Aktas, Z. 2020. Characteristics and comparison of activated carbons prepared from oleaster (*Elaeagnus angustifolia* L.) fruit using KOH and ZnCl<sub>2</sub>. *Fuel*, 267(December 2019), 117232. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.117232>
- Yue, Z., Economy, J., & Mangun, C. L. 2003. Preparation of fibrous porous materials by chemical activation 2. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> activation of polymer coated fibers. *Carbon*, 41(9), 1809–1817. [https://doi.org/10.1016/S0008-6223\(03\)00151-9](https://doi.org/10.1016/S0008-6223(03)00151-9)
- Yunus, R., Mikrianto, E., Abdurrahman, H., & Jaya, A. K. 2021. Karakteristik Arang Aktif Eceng Gondok (*Eichornia crassipes*) dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, ZnCl<sub>2</sub>, dan KOH. *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*, 6(3).
- Zannah, M. 2020. *Isoterm Adsorpsi Metilen Biru Oleh Biochar Dari Kulit Singkong (Manihot Esculenta Crantz) Yang Dimodifikasi Menggunakan Magnetit (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)*.
- Zhang, H., Xue, G., Chen, H., & Li, X. 2018. Magnetic biochar catalyst derived from biological sludge and ferric sludge using hydrothermal carbonization: Preparation, characterization and its circulation in Fenton process for dyeing wastewater treatment. *Chemosphere*, 191, 64–71. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.10.026>
- Zhang, L., Wang, Q., Wang, B., Yang, G., Lucia, L. A., & Chen, J. 2015. Hydrothermal carbonization of corncob residues for hydrochar production. *Energy and Fuels*, 29(2), 872–876. <https://doi.org/10.1021/ef502462p>
- Zhang, X., Wang, Y., Cai, J., Wilson, K., & Lee, A. F. 2020. Bio/hydrochar Sorbents for Environmental Remediation. *Energy and Environmental Materials*, 3(4), 453–468. <https://doi.org/10.1002/eem2.12074>

## LAMPIRAN

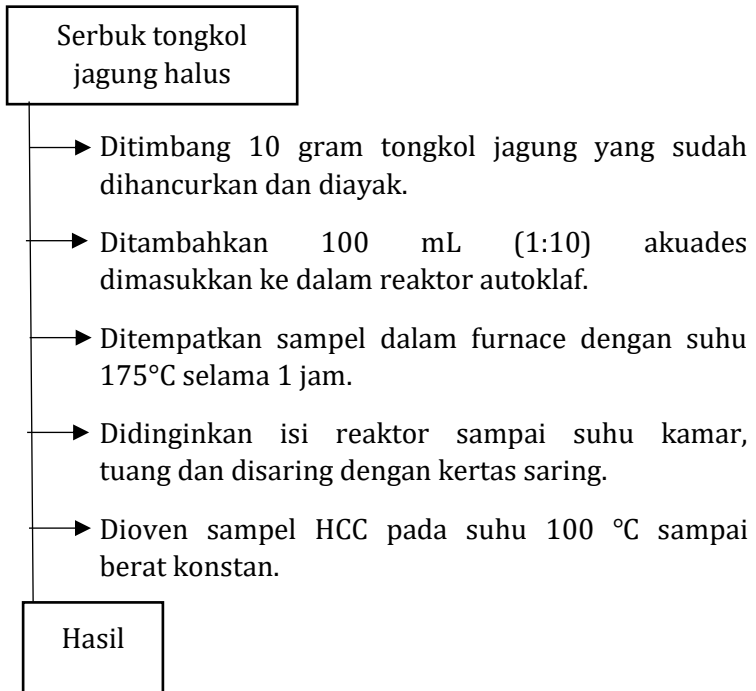
### Lampiran 1: Diagram Alir Penelitian

#### 1. Preparasi Serbuk Limbah Tongkol Jagung

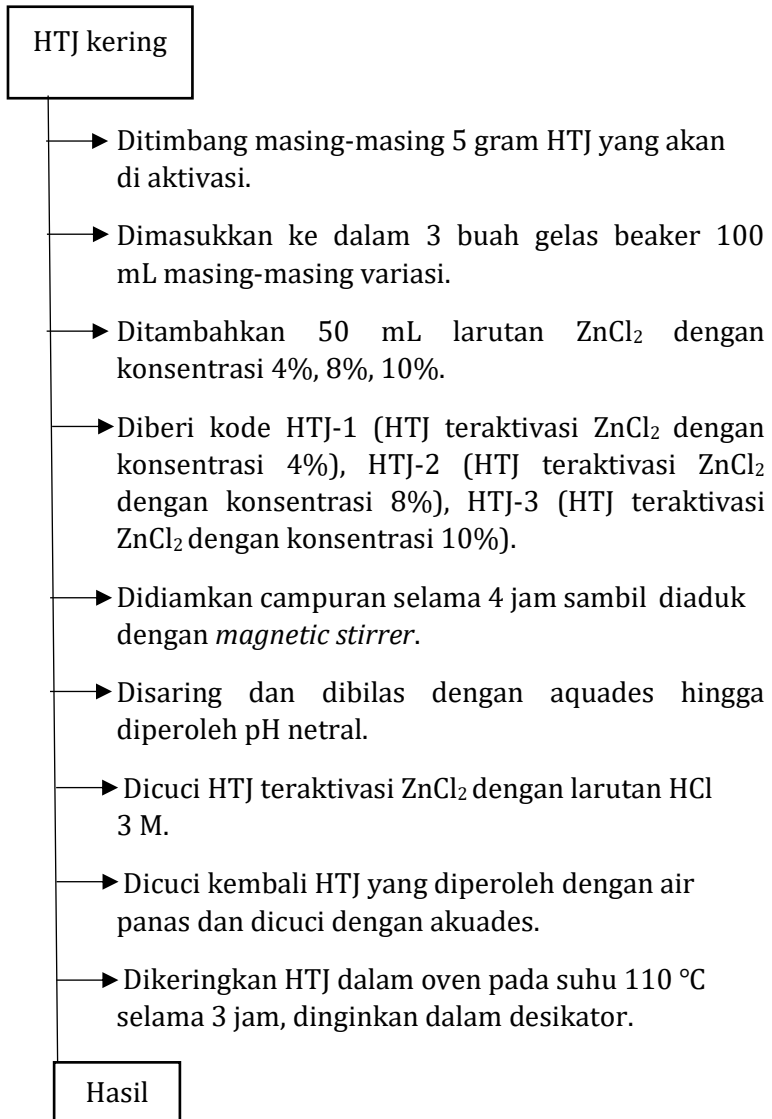




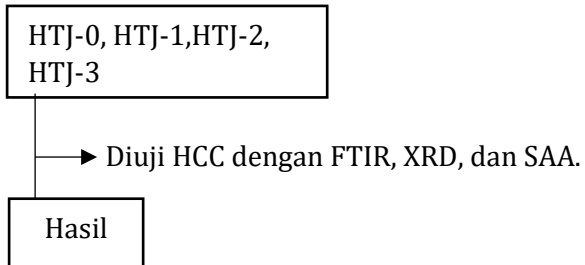
## 2. Preparasi HTJ (*Hydrochar* Tongkol Jagung)



### 3. Preparasi HTJ Teraktivasi Larutan $\text{ZnCl}_2$

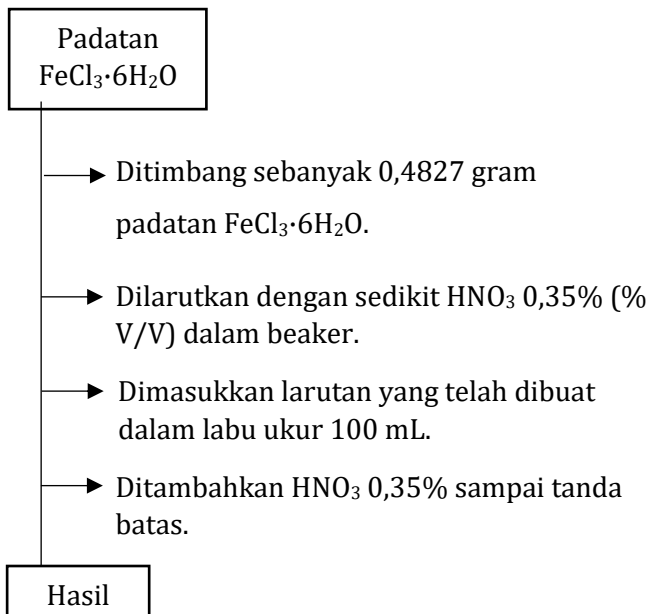


#### 4. Karakterisasi HTJ (*Hydrochar* Tongkol Jagung)

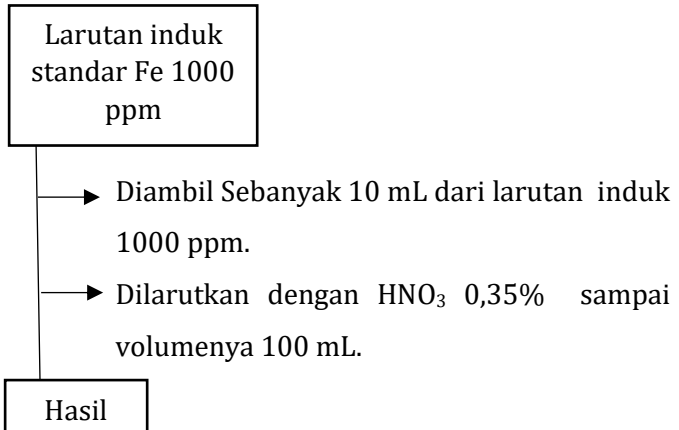


#### 5. Pembuatan Kurva Standar Fe(III)

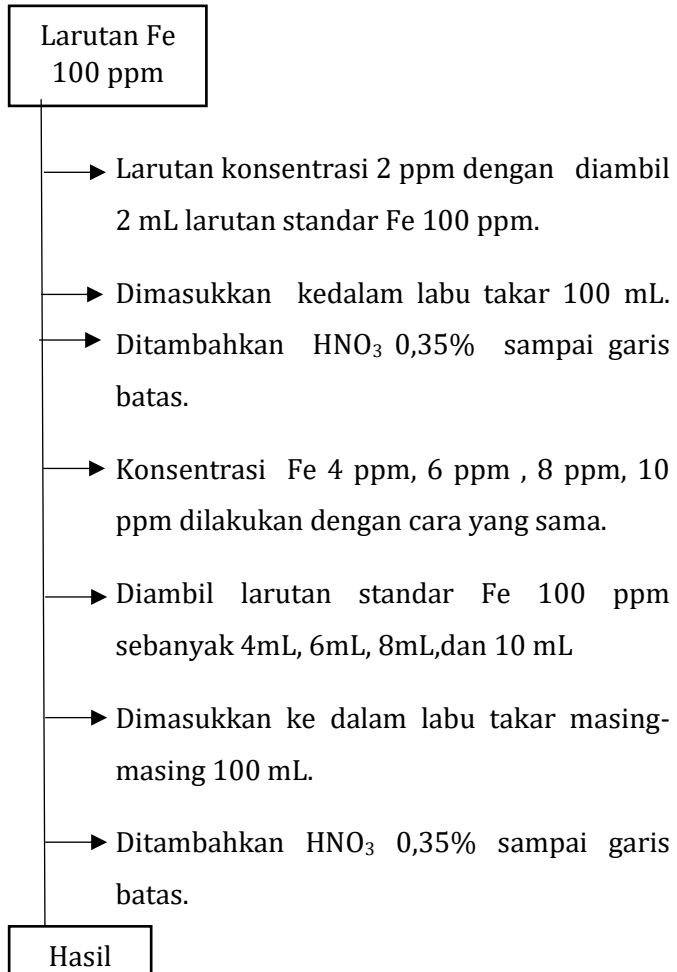
##### a. Pembuatan Larutan Induk Fe(III) 1000 ppm



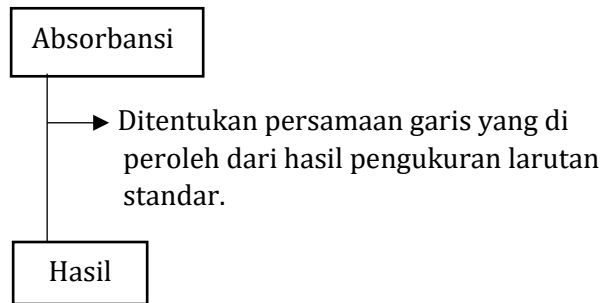
## b. Pembuatan Larutan Standar Fe(III) 100 ppm



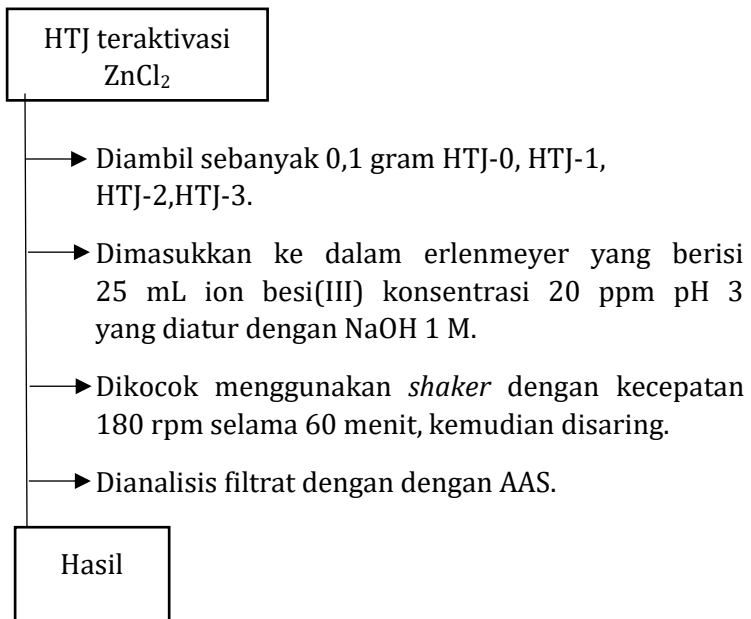
- c. Pembuatan larutan standar Fe 2, 4, 6, 8, 10 ppm



## d. Pembuatan persamaan garis



## 6. Uji Kapasitas Adsorpsi Terhadap Logam Ion Fe(III)



## Lampiran 2: Data Hasil Pengamatan

### 1. Pengujian kapasitas adsorpsi

Sampel	Konsentrasi awal (ppm)	Konsentrasi akhir (ppm)	Kapasitas adsorpsi (mg/g)	% penurunan
HTJ-0	18,193	15,008	0,796	17,50 %
HTJ-1	18,193	10,746	1,861	40,93 %
HTJ-2	18,193	11,685	1,627	35,77 %
HTJ-3	18,193	11,117	1,769	38,89 %

Perhitungan kapaitas adsorpsi menggunakan persamaan :

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

Dimana :

$Q_e$  = jumlah Fe(III) teradsorpsi (mg/g)

$C_o$  = konsentrasi Fe(III) sebelum adsorpsi (ppm)

$C_e$  = konsentrasi Fe(III) setelah adsorpsi (ppm)

$V$  = volume larutan total Fe(III) (mL)

$W$  = berat adsorben (g)

a. Sampel HTJ-0

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

$$Q_e = \frac{(18,193 - 15,008)}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = \frac{3,185}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = 0,796 \text{ mg/g}$$

b. Sampel HTJ-1

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

$$Q_e = \frac{(18,193 - 10,746)}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = \frac{7,447}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = 1,861 \text{ mg/g}$$

c. Sampel HTJ-2

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

$$Q_e = \frac{(18,193 - 11,685)}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = \frac{6,508}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = 1,627 \text{ mg/g}$$

d. Sampel HTJ-3

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



$$Q_e = \frac{(18,193 - 11,117)}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = \frac{7,076}{0,1} \times 0,025 \text{ L}$$

$$Q_e = 1,769 \text{ mg/g}$$

Perhitungan % penurunan menggunakan persamaan :

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

Dimana :

$C_o$  = konsentrasi Fe(III) sebelum adsorpsi (ppm)

$C_e$  = konsentrasi Fe(III) setelah adsorpsi (ppm)

a. Sampel HTJ-0

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{18,193 - 15,008}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{3,185}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = 17,50\%$$

b. Sampel HTJ-1

$$\% \text{ penurunan} = \frac{C_o - C_e}{C_o} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{18,193 - 10,746}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{7,447}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = 40,93\%$$

c. Sampel HTJ-2

$$\% \text{ penurunan} = \frac{Co - Ce}{Co} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{18,193 - 11,685}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{6,508}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = 35,77\%$$

d. Sampel HTJ-3

$$\% \text{ penurunan} = \frac{Co - Ce}{Co} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{18,193 - 11,117}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = \frac{7,076}{18,193} \times 100$$

$$\% \text{ penurunan} = 38,89\%$$

### Lampiran 3: Pembuatan dan Perhitungan Pembuatan Reagen Kimia

#### 1. Pembuatan larutan HCl 3 M 100 mL H<sub>2</sub>O

Diambil HCl (p.a, Merck) sebanyak 24,8 mL, kemudian dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL selanjutnya ditambahkan aquades hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

Diketahui :	Jawab :
HCl : 37%	$M = \left( \frac{10x \% x \text{ berat jenis}}{BM} \right)$
Berat jenis = 1,19 g/mol	$M = \left( \frac{10 x 37\% x 1,19}{36,5} \right)$
V aquades = 100 mL	$M = 12,06 M$
BM HCl = 36,5 g/mol	$M_1 X V_1 = M_2 X V_2$
Ditanya: V1 HCl ?	$12,06 X V_1 = 3 X 100$
	$V_1 = \frac{100 X 3}{12,06}$
	$V_1 = 24,8 \text{ mL}$

#### 2. Pembuatan larutan NaOH 1 M 100 mL H<sub>2</sub>O

Ditimbang padatan NaOH (p.a, Merck) sebanyak 4g, kemudian dilarutkan dengan sedikit akuades dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL selanjutnya ditambahkan aquades hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

Diketahui :	Jawab :
$M = 1 \text{ M}$	$M = \frac{g}{Mr} \times \frac{1000}{V}$
$Mr \text{ NaOH} = 40 \text{ g/mol}$	$1 = \frac{g}{40} \times \frac{1000}{100}$
$V \text{ aquades} = 100 \text{ mL}$	$g = \frac{40}{10} \times 1$
Ditanya: g ?	$g = 4 \text{ g}$

### 3. Pembuatan larutan Fe(III) 1000 ppm

Ditimbang padatan  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  (p.a, Merck) sebanyak 0,4827g, kemudian dilarutkan dengan sedikit  $\text{HNO}_3$  0,35% (% V/V) dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL selanjutnya ditambahkan  $\text{HNO}_3$  0,35% hingga tanda batas lalu dihomogenkan.

Diketahui :	Jawab :
$1000 \text{ ppm} = 1000 \text{ mg/L}$	$\frac{Ar \text{ Fe}}{Mr \text{ FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}} =$
$= 100 \text{ mg/100}$	$\frac{massa \text{ Fe}}{massa \text{ FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}}$
mL	$\frac{56 \text{ g/mol}}{270,33 \text{ g/mol}} = \frac{100 \text{ mg}}{x}$
$Ar \text{ Fe} = 56 \text{ g/mol}$	$x = 482,732 \text{ mg}$
$Mr \text{ FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O} = 270,33$	$x = 0,4827 \text{ g}$
g/mol	
Ditanya: massa	
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ?	

## 4. Pembuatan larutan Fe(III) 20 ppm

Pengenceran larutan dengan rumus:

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

$$1000 \times V_1 = 20 \times 250$$

$$V_1 = \frac{5000}{1000}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

## 5. Pembuatan larutan standar 100 ppm

Rumus pengenceran larutan standar 1000 ppm :

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

$$1000 \times V_1 = 100 \times 100$$

$$V_1 = \frac{10000}{1000}$$

$$V_1 = 10 \text{ mL}$$

## 6. Larutan Fe(III) 2 ppm

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

$$100 \times V_1 = 2 \times 100$$

$$V_1 = \frac{200}{100}$$

$$V_1 = 2 \text{ mL}$$

## 7. Larutan Fe(III) 4 ppm

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

$$100 \times V_1 = 4 \times 100$$

$$V_1 = \frac{400}{100}$$

$$V_1 = 4 \text{ mL}$$

8. Larutan Fe(III) 6 ppm

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

$$100 \times V_1 = 6 \times 100$$

$$V_1 = \frac{600}{100}$$

$$V_1 = 6 \text{ mL}$$

9. Larutan Fe(III) 8 ppm

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

$$100 \times V_1 = 8 \times 100$$

$$V_1 = \frac{800}{100}$$

$$V_1 = 8 \text{ mL}$$

10. Larutan Fe(III) 10 ppm

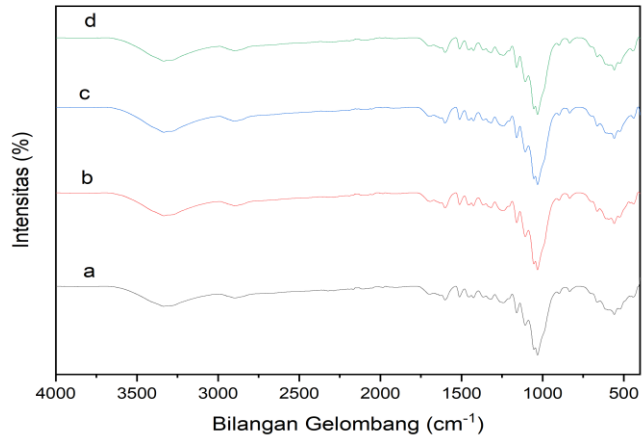
$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$100 \times V_1 = 10 \times 100$$

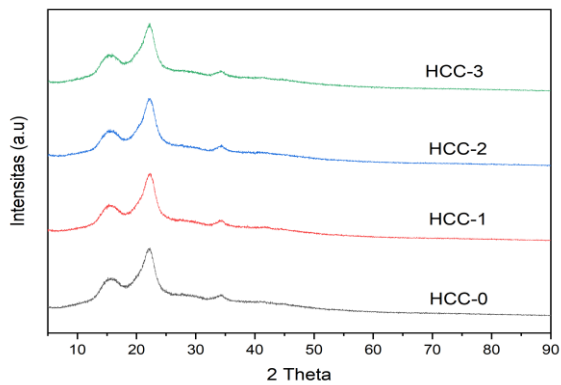
$$V_1 = \frac{1000}{100} = 10 \text{ mL}$$

## Lampiran 4: Karakterisasi HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3

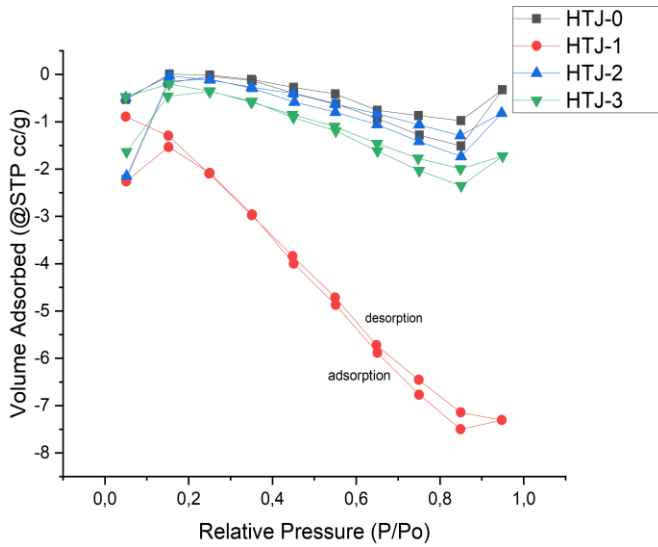
### 1. Spektra IR HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3



### 2. Difaktogram XRD HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3



3. Isoterm adsorpsi-desorpsi N<sub>2</sub> SAA HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, dan HTJ-3





**Lampiran 5: Dokumentasi Penelitian**

Preparasi penumbukan  
serbuk tongkol jagung



Serbuk setelah  
preparasi



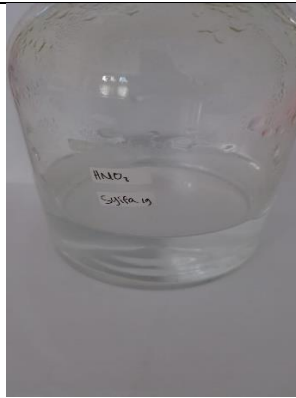
Penimbangan 10 g buat  
sintesis HTJ



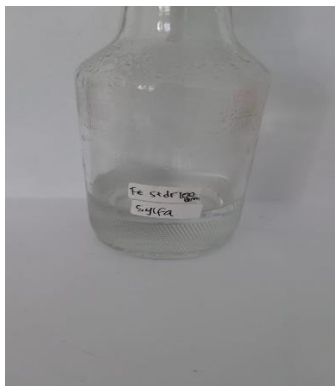
Sintesis HTJ



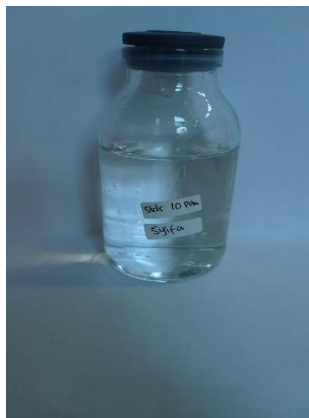
Serbuk HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3



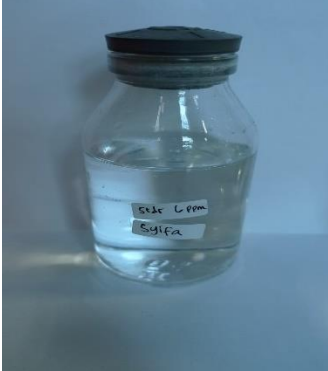
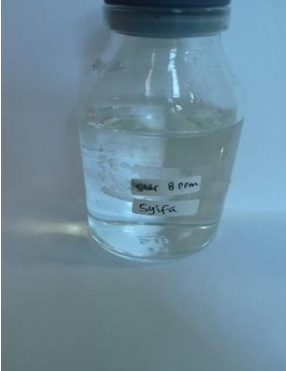
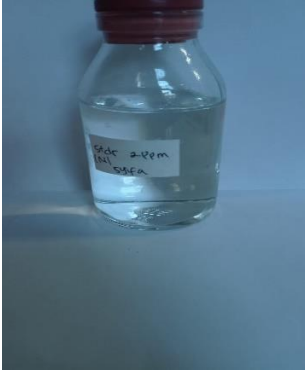
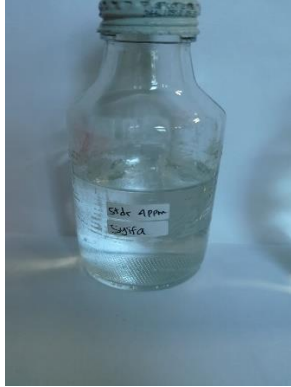
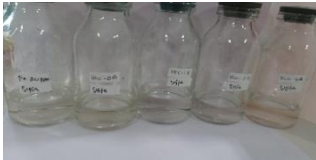
Larutan HNO<sub>3</sub> 0,35%



Larutan Fe(III) standar 100 ppm



Larutan Fe(III) standar 10 ppm

 <p>Larutan Fe(III) standar 6 ppm</p>	 <p>Larutan Fe(III) standar 8 ppm</p>
 <p>Larutan Fe(III) standar 2 ppm</p>	 <p>Larutan Fe(III) standar 4 ppm</p>
 <p>Hasil adsorpsi Fe(III) menggunakan HTJ-0, HTJ-1, HTJ-2, HTJ-3.</p>	

**DAFTAR RIWAYAT HIDUP****Identitas Diri**

NamaLengkap : Syifa Mudia  
Tempat &Tgl.Lahir : Demak, 16 Juli 2000  
Alamat : Ds. Jragung, Karanggondang  
RT.05/ 03 Kel. Jragung  
Kec. Karangawen Kab. Demak  
No. Hp : 081915228313  
Email : Syifamudia16@gmail.com

**Riwayat Pendidikan****Formal**

1. SDN Jragung 03
2. MTs Miftahul Ulum
3. SMA Ma'arif Karangawen
4. UIN Walisongo Semarang