

# Pembuatan Karbon Aktif dari Ampas Kelapa Menggunakan Aktivator Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) untuk Adsorpsi Ion Logam Besi (Fe)

Yulizar Prawiranti<sup>1\*</sup>, Weni Mandasari<sup>1</sup>, Sofi S. Shofiyah<sup>1</sup>, Irma R. Febriaty<sup>1</sup>, Naniek T. Utami<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Program Studi Kimia, Fakultas Ilmu Pengetahuan Alam Dan Kelautan  
Universitas Oso, Pontianak, Indonesia 78113

\*alamat email korespondensi: [yulizarprawiranti@oso.ac.id](mailto:yulizarprawiranti@oso.ac.id)

## Abstract

Peat water contains high levels of iron and has a reddish-brown color. Consuming iron in doses exceeding the threshold can harm health and even cause sudden death. Moreover, iron pollution can disrupt aquatic ecosystems. Coconut pulp waste has the potential to absorb heavy metals such as iron due to its content of cellulose, mannan, and galactomannan. The process of producing adsorbents from coconut pulp waste includes sample preparation, carbonization, activation, testing the properties of activated carbon (moisture content, volatile matter, ash content, and pure carbon), FTIR analysis, and determining the % adsorption efficiency and adsorption capacity of iron (Fe) ions using Atomic Absorption Spectrophotometry (AAS). The carbonization process involves heating the material at 400°C for 2 hours, and activation is performed using 3 N phosphoric acid for 24 hours. FTIR results of coconut pulp activated carbon (CPAC) showed a slight increase in the C=O stretching absorption peak and a decrease in almost all other absorption peaks, including O-H stretching, aromatic C=C, =C-H aromatic, C-H bonds, and C=O stretching. A new absorption peak appeared in KAAK at 908.47  $cm^{-1}$ , indicating the formation of aromatic =C-H bonds. The adsorption efficiency percentage revealed that KAAK could adsorb Fe ions at 99.16% efficiency with an adsorption capacity of 0.22 mg/g, while coconut pulp carbon (CPC) could adsorb Fe ions at 34.66% efficiency with an adsorption capacity of 0.08 mg/g.

**Keyword:** Coconut pulp, Phosphoric Acid Activator, Metal Adsorption, Adsorbent, Iron.

## Abstrak

*Air gambut mengandung kadar besi yang tinggi dan berwarna coklat kemerahan. Konsumsi besi dalam dosis di atas ambang batas dapat membahayakan kesehatan dan bahkan menyebabkan kematian mendadak. Selain itu, pencemaran besi dapat mengganggu ekosistem perairan. Ampas kelapa memiliki potensi untuk menyerap logam berat besi karena kandungan selulosa, mannan, dan galaktomannan di dalamnya. Proses pembuatan adsorben dari ampas kelapa mencakup persiapan sampel, karbonisasi, aktivasi, pengujian sifat karbon aktif (kadar air, zat mudah menguap, abu, karbon murni), dan uji FTIR, serta penentuan efisiensi % adsorpsi ion logam besi (Fe) dan kapasitas adsorpsi ion logam besi (Fe) menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA). Proses karbonisasi dilakukan dengan memanaskan material pada suhu 400°C selama durasi 2 jam, Aktivasi dilakukan dengan asam fosfat 3 N selama 24 jam. Hasil FTIR dari karbon aktif ampas kelapa (KAAK) menunjukkan sedikit peningkatan pada puncak serapan peregangan C=O dan penurunan pada hampir semua puncak serapan, seperti peregangan O-H, gugus aromatik C=C, =C-H aromatik, ikatan C-H, dan peregangan C=O, dan. Puncak serapan baru muncul pada KAAK di wilayah serapan 908,47 cm<sup>-1</sup>, yang menunjukkan pembentukan ikatan =C-H aromatik. Persentase efisiensi menunjukkan bahwa KAAK dapat menyerap ion logam Fe sebesar 99,16% dengan kapasitas adsorpsi 0,22 mg/g, sedangkan karbon ampas kelapa (KAK) dapat menyerap ion logam Fe sebesar 34,66% dan memiliki kapasitas adsorpsi sebesar 0,08 mg/g.*

**Kata Kunci:** Ampas Kelapa, Aktivator Asam Fosfat, Adsorpsi Logam, Adsorben, Besi.

## I. PENDAHULUAN

Manusia memerlukan air sebagai kebutuhan pokok untuk melakukan segala aktivitas. Air tidak hanya menjadi sumber air bersih untuk kebutuhan minum, tetapi juga untuk mandi, mencuci, dan aktivitas lainnya. Daerah ini memiliki banyak lahan gambut yang memengaruhi tinggi muka air permukaan. Berdasarkan analisis, luas lahan gambut di Kalimantan Barat mencapai 940.125,81 hektar atau sekitar 6,38% dari total wilayahnya. Air gambut yang mengandung besi (Fe) tinggi dan berwarna

merah kecoklatan menandakan sifatnya yang asam akibat pH rendah. Konsumsi besi dalam kadar yang melebihi ambang batas dapat menyebabkan efek toksik yang berpotensi memicu keracunan hingga kematian mendadak. [2]. Selain itu pencemaran zat besi dapat mengganggu ekosistem perairan dan mengganggu ketahanan tanaman air. Air gambut menjadi masalah bagi masyarakat karena kualitasnya yang rendah dan sulit dimanfaatkan. Akibatnya, masyarakat lebih mengandalkan air hujan dan membeli air galon untuk kebutuhan sehari-hari [3].

Menurut Permenkes Republik Indonesia No. 492 tahun 2010, kadar besi pada perairan alami seharusnya tidak melebihi 0,3 mg/l, dan pH air limbah ideal berada di rentang 6,5–8,5. Oleh karena itu, kadar besi dalam air gambut perlu dikurangi karena dampak logam ini dapat membahayakan kesehatan.

Ampas kelapa merupakan salah satu adsorben yang memiliki potensi mengadsorpsi logam berat besi. Ampas kelapa memiliki potensi sebagai adsorben karena mengandung selulosa, manan, dan galaktomanan. Selulosa dan galaktomanan memiliki situs aktif yang efektif dalam mengikat ion logam berat [4]. Ampas kelapa sebagian besar dibuang begitu saja disembarang tempat. Pemanfaatan ampas kelapa yang telah dilakukan adalah sumber pangan [5], dan juga sebagai adsorben ion logam berat seperti ion Cu (II) [6] dan ion logam berat Cd (II) [7]. Ampas kelapa juga telah dimanfaatkan untuk adsorpsi amonia pada lumpur IPAL industri es krim. Karbon aktif dari ampas kelapa yang diaktivasi dengan larutan asam klorida (HCl) 15% dan natrium klorida 20% memiliki daya adsorpsi sebesar 83,58% pada pH 7 [8]. Menurut [9], penggunaan aktivator mempengaruhi morfologi pori adsorben. Hal ini terlihat dari hasil uji daya adsorpsi menunjukkan bahwa karbon aktif tempurung kelapa dengan aktivator asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) memiliki daya

adsorpsi sebesar 92,926%, sementara dengan aktivator asam klorida (HCl) mencapai 77,813%.

Penelitian mengenai pembuatan dan karakterisasi karbon aktif dari ampas kelapa dengan aktivator asam fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebagai adsorben timbal telah dilakukan, tetapi masih terbatas pada analisis perubahan gugus fungsi pada karbon setelah mengadsorpsi timbal [10]. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan pembuatan karbon aktif dari ampas kelapa, serta menentukan persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi ion logam besi (Fe) menggunakan karbon aktif yang diaktivasi dengan asam fosfat ( $H_3PO_4$ ).

## II. METODELOGI

### 2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini menggunakan berbagai bahan, antara lain ampas kelapa, asam fosfat ( $H_3PO_4$ ), akuades, besi [III] klorida heksahidrat ( $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ ). Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi *Furnace, Prestige 21 Shimadzu Fourier Transform Infrared Spectrophotometer*, dan Spektrofotometer Serapan Atom (SSA) Shimadzu tipe AA-7000.

### 2.2. Preparasi Ampas Kelapa

Ampas kelapa sebagai bahan utama dibersihkan melalui proses pencucian untuk menghilangkan kotoran, lalu dikeringkan

dengan cara dijemur di bawah sinar matahari hingga kadar airnya hilang sepenuhnya.

### 2.3. Pembuatan Karbon Ampas Kelapa

Ampas kelapa yang telah kering dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 400°C selama 2 jam. Setelah itu, ampas kelapa dihaluskan menggunakan blender dan diayak dengan ayakan 100 mesh untuk menghasilkan karbon ampas kelapa (KAK).

### 2.4. Aktivasi Karbon Aktif

Sebanyak 20 gram karbon ampas kelapa (KAK) ditimbang dan direndam dalam 100 mL larutan asam fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) 3N selama 1 hari. Setelah itu, sampel disaring dan dibilas dengan akuades hingga pH mendekati netral. Proses pengeringan dilakukan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 3 jam, kemudian didinginkan dalam desikator untuk menghasilkan karbon aktif ampas kelapa (KAAK) [9].

### 2.5. Tahap Uji Karbon Aktif

#### 2.5.1. Uji Sifat Fisis

##### a) Penentuan Kadar Air (SNI 06-3730-1995)

Uji kadar air dilakukan pada karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK), masing-masing dengan berat 1 gram. Sampel diletakkan dalam cawan porselin, kemudian dipanaskan menggunakan oven pada suhu 115°C selama 3 jam. Setelah pemanasan, sampel didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kadar air dihitung menggunakan persamaan berikut:

Kadar Air (%)

$$= \frac{\text{Berat awal} - \text{Berat setelah pemanasan}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \quad (1)$$

##### b) Penentuan Kadar Zat Mudah Menguap (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak 1 gram karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK) masing-masing ditimbang dan dimasukkan ke dalam cawan porselen. Sampel kemudian dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 950°C. Setelah suhu tercapai, karbon didiamkan di dalam *furnace* tanpa kontak dengan udara luar. Setelah proses pendinginan, sampel dipindahkan ke desikator untuk mendingin lebih lanjut, lalu ditimbang kembali. Kadar zat mudah menguap dihitung menggunakan persamaan berikut:

Kadar zat mudah menguap (%) =

$$\frac{\text{Berat awal} - \text{Berat setelah pemanasan}}{\text{Berat awal}} \times 100\% \quad (2)$$

##### c) Penentuan kadar abu (SNI 06-3730-1995)

Kadar abu merupakan sisa yang dihasilkan dari proses karbonisasi, yang tidak mengandung unsur karbon maupun nilai kalor [11]. Proses pengujian dilakukan dengan menimbang masing-masing 1 gram karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK), kemudian dimasukkan ke dalam cawan porselen. Sampel dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 800°C selama 2 jam,

didinginkan dalam desikator, dan ditimbang kembali.

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{\text{berat abu}}{\text{berat sampel}} \times 100\% \quad (3)$$

#### d) Penentuan kadar karbon murni (SNI 06-3730-1995)

Penentuan kadar karbon murni dipengaruhi oleh kadar abu dan kadar zat mudah menguap yang dihasilkan. Nilai karbon murni diperoleh dengan mengurangi kadar zat mudah menguap dari kadar abu. Rumus untuk menghitung kadar karbon murni adalah:

$$\begin{aligned} &\text{Karbon aktif murni (\%)} \\ &= 100\% - (\text{Kadar Abu (\%)} + \text{kadar zat mudah menguap (\%)}) \end{aligned} \quad (4)$$

### 2.5.2. Pengujian Karakterisasi dengan *Fourier Transform Infra Red (FTIR)*

*Fourier Transform Infra Red (FTIR)* adalah perangkat karakterisasi yang menggunakan sinar inframerah untuk analisis. Teknik spektroskopi ini digunakan untuk mengidentifikasi gugus fungsi dalam suatu senyawa serta menentukan jenis ikatan kimia yang ada pada sampel [12]. Dilakukan pengujian FTIR (Prestige 21 Shimadzu) pada sampel karbon ampas kelapa (KAK) dan sampel karbon aktif ampas kelapa (KAAK).

### 2.5.3. Adsorpsi Karbon Aktif Ampas Kelapa terhadap Ion Logam Besi (Fe)

Karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK) ditimbang masing-masing sebanyak 2 gram dan ditambahkan dalam limbah artifisial Fe yaitu  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  dengan konsentrasi 5 ppm. Campuran diaduk menggunakan *magnetic stirrer* dengan kecepatan 200 rpm selama 2 jam, kemudian dilakukan penyaringan. Tahap akhir melibatkan pengujian karbon aktif, termasuk penentuan persentase efisiensi dan kapasitas adsorpsi ion logam besi (Fe). Kandungan ion logam besi (Fe) serta efektivitas adsorpsi dalam limbah artifisial besi (Fe) dianalisis berdasarkan SNI 6989.84:2019 menggunakan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA) pada panjang gelombang maksimum 248,3 nm. Persentase efisiensi adsorpsi dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Efisiensi adsorpsi (\%)} = \frac{C_{\text{awal}} - C_{\text{akhir}}}{C_{\text{awal}}} \times 100\% \quad (5)$$

Dimana:

C awal: Konsentrasi ion logam sebelum proses adsorpsi (mg/L).

C akhir: Konsentrasi ion logam setelah proses adsorpsi (mg/L).

Kapasitas adsorpsi ( $q_e$ ) dapat dihitung menggunakan rumus berikut:

$$q_e = \frac{C_0 - C_e}{m} \times V \quad (6)$$

Dimana:

$q_e$  = Fe yang teradsorpsi oleh adsorben (mg/g)

$C_0$  = Konsentrasi awal ion logam Fe (mg/L)

$C_e$  = Konsentrasi akhir ion logam Fe (mg/L)

$m$  = massa adsorben yang digunakan (g)

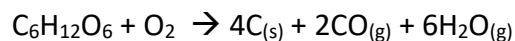
$V$  = Volume larutan yang diadsorpsi (L)

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Pembuatan Karbon Ampas Kelapa (KAK) dan Karbon Aktif Ampas Kelapa (KAAK)

Proses pembuatan karbon aktif dari ampas kelapa terdiri dari beberapa langkah, yaitu *pretreatment*, penghilangan air (dehidrasi), karbonisasi, aktivasi, dan netralisasi. Pengumpulan dan penyiapan sampel dimulai dari mengambil sampel ampas kelapa di salah satu toko penjual santan. Ampas kelapa yang dikumpulkan sebanyak 1153 gram dan dibersihkan dari kotoran dengan cara dicuci hingga mendekati jernih. Proses berikutnya adalah proses dehidrasi, Ampas kelapa dijemur di bawah sinar matahari untuk mengurangi kadar airnya, mencegah pertumbuhan jamur, dan memastikan proses karbonisasi tidak terganggu. Dalam penelitian ini, karbonisasi dilakukan melalui pemanasan pada suhu tinggi yaitu 400°C selama 2 jam dalam kondisi tanpa oksigen. Pada suhu karbonisasi, air dan komponen lain seperti selulosa di dalam bahan baku menguap dan terurai menjadi karbon. Proses ini diperlukan untuk

mengubah ampas kelapa menjadi arang atau karbon dengan menghilangkan zat-zat yang mudah menguap dan meningkatkan kandungan karbon. Proses karbonisasi dapat dilihat dari reaksi berikut [13]:



Hasil karbon ini masih memiliki pori-pori yang tertutup oleh pengotor-pengotor [14]. Karbon ampas kelapa (KAK) yang dihasilkan dihaluskan menggunakan blender untuk meningkatkan luas permukaannya. Karbon ampas kelapa kemudian diayak menggunakan ayakan 100 mesh untuk mendapatkan partikel serbuk dengan ukuran yang seragam.

Karbon aktif ampas kelapa (KAAK) diperoleh dengan mengaktivasi karbon ampas kelapa (KAK). Aktivator yang digunakan adalah asam fosfat. Aktivasi adalah proses untuk meningkatkan luas permukaan karbon yang dihasilkan dari karbonisasi dengan menghilangkan hidrokarbon dan ter yang menempel pada karbon. Penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi konsentrasi asam fosfat, semakin besar jumlah karbon aktif yang dapat dihasilkan. Tetapi, konsentrasi asam fosfat yang terlalu tinggi akan meningkatkan air dan abu karbon aktif sehingga perlu dipertimbangkan selama proses aktivasi [15]. Selain itu, asam fosfat berperan melindungi arang dari suhu tinggi

dan menghilangkan senyawa non-karbon yang melekat pada permukaan karbon aktif. Hal ini menyebabkan pori-pori karbon aktif terbuka lebih lebar, sehingga luas permukaannya meningkat [16]. Reaksi kimia antara bahan baku dan aktivator memicu oksidasi yang merusak struktur internal karbon, sehingga jumlah pori yang terbentuk menjadi lebih banyak [15]. Dengan demikian, aktivator asam fosfat dipilih karena kemampuannya dalam meningkatkan porositas, mengurangi senyawa non-karbon, dan meningkatkan daya serap logam, serta pengaruhnya terhadap karakteristik karbon aktif secara keseluruhan.

Proses aktivasi dilakukan selama 24 jam dengan asam fosfat 3N. Setelah diaktivasi KAAK perlu dinetralkan karena dapat meninggalkan residu atau pengotor pada permukaan karbon aktif. Proses ini dilakukan dengan cara mencuci karbon aktif ampas kelapa (KAAK) dengan akuades sampai pH 6 [17]. Adsorpsi logam berat cenderung meningkat pada pH sedang, yaitu pH 5-7, karena pada rentang pH ini permukaan adsorben menjadi bermuatan negatif akibat pelepasan proton. Muatan negatif ini akan menarik kompleks hidroksida logam bermuatan positif melalui gaya elektrostatik, yang mengakibatkan peningkatan proses adsorpsi. Selain itu KAAK dengan pH mendekati netral (pH 7) dapat diaplikasikan di berbagai

lingkungan, khususnya dalam pengolahan air dan limbah. KAAK dengan pH yang terlalu rendah atau tinggi dapat mengganggu kemampuan adsorpsi karbon aktif, karena dapat mempengaruhi interaksi antara karbon aktif dan zat yang akan diadsorpsi [18]. Karbon aktif ampas kelapa (KAAK) kemudian dikeringkan menggunakan oven pada suhu 110°C selama 3 jam untuk menghilangkan kadar air, sehingga menghasilkan KAAK yang kering.

### **3.2. Uji Sifat Fisis Karbon Ampas Kelapa (KAK) dan Karbon Aktif Ampas Kelapa (KAAK)**

Karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK) dapat diketahui kualitasnya berdasarkan hasil analisa proksimat dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 yaitu pada uji Kadar air, kadar zat mudah menguap, kadar abu, dan kadar karbon murni telah dianalisis. Hasil analisis proksimat untuk karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK) disajikan dalam **Tabel 1**.

Menurut Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, karbon aktif yang berkualitas baik harus memiliki kadar air tidak lebih dari 15%. Berdasarkan **Tabel 1**, kadar air KAK dan KAAK telah memenuhi standar yang ditetapkan oleh Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, dengan nilai

masing-masing sebesar 11,14% untuk KAK dan 3,84% untuk KAAK. Karbon aktif ampas kelapa (KAAK) memiliki nilai kadar air lebih rendah dari KAK. Menurut [11], proses aktivasi mampu menurunkan kadar air pada sampel. Kadar air yang rendah menunjukkan sedikitnya molekul air yang menempati pori-

pori karbon aktif dari ampas kelapa. Penentuan kadar air bertujuan untuk memahami sifat higroskopis arang. Faktor-faktor yang memengaruhi kadar air meliputi kelembapan udara, durasi pendinginan, dan sifat higroskopis dari arang itu sendiri.

**Tabel 1.** Perbandingan hasil analisa proksimat karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK) terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995

Sampel	Kadar Air (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Zat Mudah Menguap (%)	Kadar Karbon Murni (%)
KAK	11,14	2,20	98,42	-0,62
KAAK	3,84	1,02	94,86	4,12
SNI 06-3703-1995	Maks. 15	Maks. 10	Maks. 25	Min. 65

Karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK) telah memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 dengan kadar abu masing-masing sebesar 2,20% untuk KAK dan 1,02% untuk KAAK, karena keduanya berada di bawah batas maksimum 10%. Kadar abu KAAK yang lebih rendah dibandingkan KAK menunjukkan tingkat kemurnian yang lebih tinggi dan kandungan kontaminan mineral yang lebih sedikit. Kadar abu yang rendah penting karena abu yang berlebihan dapat menyumbat pori-pori karbon aktif, mengurangi luas permukaan, dan menurunkan efektivitas adsorpsi. Hal ini berarti bahwa

karbon aktif tersebut lebih efektif dalam aplikasi adsorpsi karena lebih sedikit pengotor yang mengganggu proses. Karbon aktif dengan kadar abu rendah cenderung memiliki daya serap yang lebih baik terhadap berbagai zat, termasuk gas dan larutan, karena pori-pori tidak terhalang oleh mineral dari abu.

Kadar zat mudah menguap pada KAK dan KAAK masing-masing sebesar 98,42% dan 94,86%, jauh melebihi batas maksimal 25% yang ditetapkan dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995. Hasil penelitian [19], menunjukkan kesamaan dengan kadar zat mudah menguap karbon aktif ampas kelapa yang diaktivasi dengan



HCl, yaitu sebesar 92,22%. Menurut [20], Kadar zat mudah menguap yang tinggi mengindikasikan masih adanya sejumlah besar komponen organik dan air yang tersisa dalam material. Selain itu mengindikasikan bahwa karbon yang dihasilkan tidak stabil dalam struktur pori karbon, yang dapat mengurangi efektivitas karbon aktif dalam aplikasi seperti penyaringan atau adsorpsi sehingga tidak memenuhi standar kualitas yang diperlukan untuk aplikasi industri. Fakta bahwa air dan senyawa organik tidak menguap meskipun terkena suhu tinggi selama karbonisasi menunjukkan bahwa molekul tersebut terikat kuat pada permukaan semua karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK).

Kadar karbon murni pada KAK sebesar 0,62% dan pada KAAK sebesar 4,12% tidak memenuhi persyaratan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, yang mensyaratkan kadar karbon murni minimal 65%. Menurut [11], Tingkat kadar karbon murni yang dihasilkan dipengaruhi tidak hanya oleh kadar zat mudah menguap dan kadar abu, tetapi juga oleh kandungan selulosa dan lignin dalam bahan, yang dapat dikonversi menjadi atom karbon. Kadar karbon yang rendah menunjukkan bahwa banyak atom karbon telah bereaksi dengan uap air, menghasilkan gas CO dan CO<sub>2</sub>.

### 3.3. Uji Karakterisasi KAK dan KAAK Menggunakan *Fourier Transform Infra Red* (FTIR)

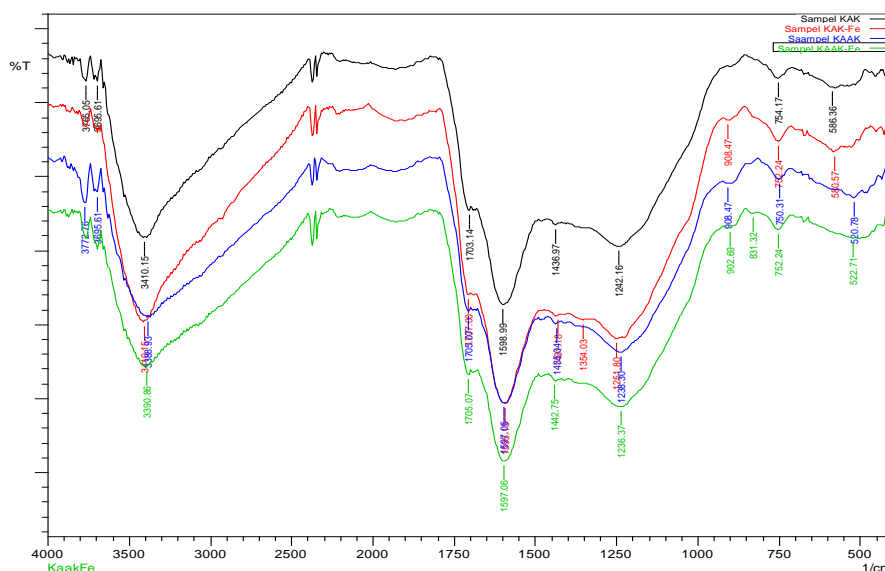
Uji FTIR (*Fourier Transform Infrared*) dilakukan untuk mengidentifikasi gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif. Spektrum hasil karakterisasi karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK), baik sebelum maupun sesudah mengadsorpsi ion logam Fe, ditampilkan pada **Gambar 1**. Berdasarkan **Gambar 1**, spektrum FTIR untuk sampel KAK, KAK-Fe, KAAK, dan KAAK-Fe menunjukkan pola yang hampir serupa. Data hasil analisis gugus fungsi dari sampel tersebut disajikan pada **Tabel 2**.

Berdasarkan **Tabel 2** Spektrum FTIR KAK, KAK-Fe, KAAK dan KAAK-Fe terdapat puncak serapan gugus hidroksil (O-H), C=O *stretching*, C=C cincin aromatik, -C-H *bending* pada gugus alkil, C-O *stretching* dan =C-H aromatik. [6] juga melakukan FTIR dari karbon ampas kelapa dan menemukan puncak serapan gugus fungsi O-H, -C-H *bending* pada gugus alkil, C-O *stretching* dan =C-H aromatik, sedangkan pada penelitian [10] ditemukan gugus fungsi O-H, C=O, C=C, =C-H pada hasil FTIR karbon aktif ampas kelapa.

Proses aktivasi karbon ampas kelapa dengan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> menunjukkan sedikit kenaikan terjadi pada puncak serapan C=O *stretching*

dan penurunan pada hampir seluruh puncak serapan seperti O-H *stretching*, C=C cincin aromatik, C-H *bending*, C=O *stretching* dan =C-H aromatik. Penurunan ini menunjukkan penghilangan kontaminan yang tidak diinginkan, serta peningkatan kemurnian karbon aktif. Puncak serapan baru muncul

pada KAAK yaitu pada daerah serapan 908.47  $\text{cm}^{-1}$ , menandakan pembentukan ikatan atau gugus fungsi =C-H aromatik yang dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif. [10] juga melaporkan pembentukan ikatan baru =C-H aromatik..



**Gambar 1.** Spektrum FTIR KAK, KAK-Fe, KAAK dan KAAK-Fe

**Tabel 2.** Analisis gugus fungsi karbon ampas kelapa (KAK), KAK-Fe, karbon aktif ampas kelapa (KAAK) dan KAAK-Fe

No.	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang ( $\text{cm}^{-1}$ )			
		KAK	KAAK	KAK-Fe	KAAK-Fe
1	O-H gugus hidroksi	3410,15; 3695.61; 3765.05	3388,93; 3695.61; 3772.76	3410,05	3390,86
2	C=O <i>stretching</i>	1703.14	1705.07	1707.00	1705.07
3	C=C cincin aromatik	1598,99	1597,06	1595,13	1597,06
4	-C-H <i>bending</i> pada gugus alkil	1436,97	1435,04	1431,18	1442,75
5	C-O <i>stretching</i>	1242.16	1238.30	1251.80	1236.37
6	=C-H aromatik	754,17	750,31 dan 908.47	752,24	752,24 dan 831,32

Aktivasi membantu menghilangkan zat pengotor dari permukaan karbon aktif, yang terlihat dari penurunan intensitas puncak serapan pada spektrum FTIR. Karbon aktif yang telah diaktivasi umumnya memiliki kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi, sehingga lebih efektif dalam mengadsorpsi berbagai jenis kontaminan [21].

Pengaruh adsorpsi KAK terhadap ion logam Fe berdasarkan hasil FTIR menunjukkan penurunan daerah serapan dari  $3410,15\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $3410,05\text{ cm}^{-1}$ . Sedangkan adsorpsi KAAK terhadap ion logam Fe mengalami kenaikan daerah serapan dari  $3388,93\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $3390,86\text{ cm}^{-1}$ . Terjadi pergeseran pada gugus fungsi C=O pada KAK-Fe, dari  $1703,14\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1707,00\text{ cm}^{-1}$ , sedangkan pada KAAK-Fe tidak ditemukan perubahan. Pada gugus fungsi C-O baik KAK-Fe maupun KAAK-Fe mengalami pergeseran. KAK-Fe mengalami kenaikan dari  $1242,16\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1251,80\text{ cm}^{-1}$  dan KAAK-Fe mengalami penurunan  $1238,30\text{ cm}^{-1}$  menjadi  $1236,37\text{ cm}^{-1}$ . Perubahan serapan gugus fungsi menunjukkan adanya interaksi antara ion logam Fe dengan gugus O-H, C=O, dan C-O. Selain itu, pergeseran ini juga dipengaruhi oleh kompleksasi pada permukaan melalui ikatan oksigen atau gaya lemah van der Waals, yang dikenal sebagai gaya tarik-menarik elektrostatik [10].

Hasil analisis gugus fungsi dari spektrum FTIR pada adsorpsi KAK dan KAAK terhadap ion logam Fe memberikan informasi bahwa daerah serapan gugus fungsi O-H setelah adsorpsi baik itu KAK-Fe maupun KAAK-Fe mengalami kehilangan puncak adsorpsi pada daerah serapan  $3695,61\text{ cm}^{-1}$  dan  $3765,05\text{ cm}^{-1}$  untuk KAK-Fe,  $3695,61\text{ cm}^{-1}$  dan  $3772,76\text{ cm}^{-1}$  untuk KAAK-Fe. Menurut [22], Interaksi ion logam dengan karbon aktif dapat membentuk ikatan hidrogen yang sangat kuat dengan gugus hidroksil. Ikatan ini dapat mengubah posisi dan orientasi molekul, sehingga vibrasi O-H menjadi tidak terdeteksi atau bahkan hilang.

#### **3.4. Adsorpsi KAK dan KAAK terhadap Ion Logam Fe**

Limbah artifisial besi (Fe) yang digunakan adalah besi [III] klorida heksahidrat. Padatan besi [III] klorida heksahidrat ditimbang  $0,0131\text{ gram}$  dan secara teoritis mengandung ion logam Fe sebesar  $5,4\text{ ppm}$ . Hasil uji AAS dari limbah artifisial besi (Fe) adalah sebesar  $4,79\text{ ppm}$ . Ion logam besi (Fe) diadsorpsi menggunakan karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa (KAAK). Adsorpsi dimulai dengan menimbang KAK dan KAAK berturut-turut sebanyak  $2,05\text{ gram}$  dan  $2,07\text{ gram}$ . Limbah artifisial besi (Fe) ditambahkan dengan Karbon ampas kelapa (KAK) dan karbon aktif ampas kelapa

(KAAK) diwadah yang berbeda. Campuran ini selanjutnya diaduk dengan *magnetic stirrer* 200 rpm selama 2 jam. Hasil adsorpsi disaring dan dikeringkan residunya dengan oven 110°C selama 3 jam. Residu hasil adsorpsi

dianalisis dengan FTIR, sedangkan filtratnya dianalisis dengan SSA. Hasil analisa SSA dari KAK-Fe dan KAAK-Fe ditampilkan pada **Tabel 3**.

**Tabel 3.** Hasil Analisa SSA dari KAK-Fe dan KAAK-Fe

Sampel	Ion logam Fe (ppm)	% Efisiensi (%)	kapasitas adsorpsi (qe) (mg/g)
KAK-Fe	3,13	34,66	0,08
KAAK-Fe	<0,04	99,16	0,22
Limbah artifisial Fe	4,79	-	

Berdasarkan Permenkes RI No.492/Menkes/Per/IV/2010, batas maksimum kadar ion besi yang diperbolehkan adalah 0,3 ppm. Berdasarkan hasil analisa **Tabel 3**, kandungan ion logam besi yang memenuhi persyaratan kualitas tersebut adalah pada sampel KAAK-Fe yaitu <0,04 ppm. Penentuan kapasitas adsorpsi dilakukan untuk mengukur kemampuan KAK dan KAAK dalam menyerap larutan ion Fe (III). Persentase efisiensi menunjukkan bahwa KAAK dapat mengadsorpsi ion logam Fe hingga 99,16% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,22 mg/g, sedangkan KAK hanya mampu mengadsorpsi ion logam Fe sebesar 34,66% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 0,08 mg/g. Hal ini menegaskan bahwa karbon ampas kelapa yang diaktivasi menggunakan asam fosfat memiliki efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang lebih unggul.

Ampas kelapa memiliki potensi sebagai adsorben karena kandungan selulosa, manan, dan galaktomanan di dalamnya. Selulosa dan galaktomanan mengandung situs aktif berupa gugus hidroksil (-OH) yang bersifat polar dan mampu berinteraksi dengan ion logam berat. Gugus hidroksil pada galaktomanan juga dapat mendonorkan pasangan elektron untuk membentuk ikatan koordinasi dengan ion logam [4]. Reaksi yang terjadi pada ion logam besi yang berinteraksi dengan adsorben KAK dan KAAK dapat berupa pertukaran ion, ikatan hidrogen [6], dan pembentukan senyawa kompleks koordinasi [18]. Ion logam Fe<sup>3+</sup> yang bermuatan positif dapat berinteraksi dengan situs aktif bermuatan negatif (-OH) pada adsorben KAK dan KAAK, sehingga memungkinkan terjadinya proses pertukaran ion. Ion Fe<sup>3+</sup> dari larutan mendekati permukaan adsorben dan terjadi pertukaran

dengan ion bermuatan positif yang dilepaskan dari permukaan adsorben. Hasil akhirnya adalah  $\text{Fe}^{3+}$  yang terikat pada permukaan adsorben, sedangkan ion positif pada adsorben terlepas ke larutan.

Menurut [18], larutan pada rentang pH 6-8 memiliki kation dominan seperti  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$  dan  $\text{Fe}(\text{OH})_4^{2+}$ . Adsorpsi ion  $\text{Fe}^{3+}$  oleh karbon aktif terjadi melalui kompleksasi antara gugus fungsi bermuatan negatif, seperti gugus hidroksil (-OH), dengan spesies  $\text{Fe}(\text{OH})_2^+$  dan  $\text{Fe}(\text{OH})_4^{2-}$ . Pada pH di atas 4, gugus hidroksil mengalami deprotonasi menjadi bermuatan negatif (-OH<sup>-</sup>), sehingga meningkatkan kemampuan menarik ion  $\text{Fe}^{3+}$

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Karbon aktif dari ampas kelapa dicuci hingga air bilasannya bersih, kemudian dijemur di bawah sinar matahari. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 400°C selama 2 jam, diikuti dengan aktivasi menggunakan asam fosfat 3N selama 24 jam, dan pengeringan pada suhu 110°C selama 3 jam.
2. Aktivasi karbon ampas kelapa menggunakan  $\text{H}_3\text{PO}_4$  menyebabkan sedikit peningkatan pada puncak serapan C=O *stretching* dan penurunan pada hampir semua

puncak serapan, termasuk O-H *stretching*, C=C cincin aromatik, C-H *bending*, C=O *stretching*, dan =C-H aromatik. Puncak serapan baru muncul pada KAAK di area 908,47  $\text{cm}^{-1}$ , yang menunjukkan pembentukan gugus fungsi =C-H aromatik, sehingga meningkatkan kemampuan adsorpsi karbon aktif.

3. Persentase efisiensi menunjukkan bahwa KAAK mampu mengadsorpsi ion logam Fe hingga 99,16% dengan kapasitas adsorpsi 0,22 mg/g, sedangkan KAK hanya mengadsorpsi 34,66% dengan kapasitas adsorpsi 0,08 mg/g. Hal ini membuktikan bahwa karbon ampas kelapa yang diaktivasi menggunakan asam fosfat memiliki efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang lebih tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] SIAR 2024 "Luas lahan gambut kalbar." [Online]. Available: <https://siar.or.id/2024/03/05/bagaimana-kah-nasib-lahan-basah-di-kalimantan-barat>
- [2] M. J. Morales-Cruz, D. MejiasMorales, P. Hunsaker, E. Butler, and M. Tassone, "Ingestion of Toxic Iron Dose With Benign Outcome," *Cureus*, vol. 15, no. 6, pp. 8–10, 2023.
- [3] S. M. M. Ulfia and Astuti, "Sintesis Karbon Aktif Dari Kulit Durian Untuk

- Pemurnian Air Gambut,” *J. Fis. Unand*, vol. 3, no. 4, pp. 255–261, 2014.
- [4] F. Nur Aisyah, “Penurunan Konsentrasi Dodecyl Benzene Sulfonate (Dbs) Dari Limbah Deterjen Menggunakan Arang Ampas Kelapa,” *J. Chem. Process Eng.*, vol. 1, no. 1, p. 14, 2016.
- [5] D. Panjaitan, “Potensi Pemanfaatan Limbah Ampas Kelapa Sebagai Sumber Pangan Atau Bahan Substitusi Makanan Kesehatan,” *J. Ris. Teknol. Pangan Dan Has. Pertan.*, vol. 1, no. April, pp. 63–68, 2021.
- [6] A. Agusriyadin, “Karakterisasi, Kinetika, dan Isoterm Adsorpsi Limbah Ampas Kelapa sebagai Adsorben Ion Cu(II),” *Saintifik*, vol. 6, no. 2, pp. 104–115, 2020.
- [7] L. R. Ananda, “Pemanfaatan Limbah Ampas Kelapa (*Cocos nucifera*) Terimobilisasi Silika Sebagai Adsorben untuk Mereduksi Kadar Kadmium ( $Cd^{2+}$ ) dan Penerapannya Pada Air Limbah Elektroplating,” Universitas Airlangga, 2019.
- [8] T. C. Heriani, “Pemanfaatan Ampas Dan Sabut Kelapa Sebagai Adsorben Ammonia Pada Lumpur Ipal Industri Es Krim Tugas,” Universitas Bakrie Jakarta, 2020.
- [9] Verayana, M. Papatungan, and H. Iyabu, “Effect of HCl and  $H_3PO_4$  activators on the characteristics (*pore morphology*) of activated coconut shell charcoal and adsorption tests on lead (Pb) metal,” *J. Entropi*, vol. 13, no. 1, pp. 67–75, 2018.
- [10] L. Y. Anggraini, “Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Ampas Kelapa Dengan Aktivator Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) sebagai Adsorben Timbal (Pb),” Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga Yogyakarta, 2022.
- [11] D. Ghafarunnisa, A. Rauf, and B. T. S. Rukmana, “Pemanfaatan Batubara Menjadi Karbon Aktif dengan Proses Karbonisasi dan Aktivasi Menggunakan Reagen Asam Fosfat ( $H_3PO_4$ ) dan Ammonium Bikarbonat ( $NH_4HCO_3$ ),” *Prosiding Semin. Nas. XII*, vol. 1, no. 1, pp. 36–41, 2017.
- [12] dan H. N. Aji Pambudi, Moh. Farid, “Analisis Morfologi dan Spektroskopi Infra Merah Serat Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Hasil Proses Alkalisasi Sebagai Penguat Komposit Absorpsi Suara,” vol. 6, no. 2, pp. 441–444, 2017.
- [13] F. Jubilate, T. A. Zaharah, and I. Syahbanu, “Pengaruh Aktivasi Arang Dari Limbah Kulit Pisang Kepok Sebagai Adsorben Besi (II) Pada Air Tanah,” *J. Kim. Khatulistiwa*, vol. 5, no. 4, pp. 14–21, 2016.

- [14] L. A. Simbolon, B. N. Widarti, and E. Sarwono, "Pemanfaatan Sabut Kelapa Sebagai Bioadsorben Untuk Penurunan Konsentrasi Besi (Fe) Dan Kromium (Cr) Air Lindi Dengan Variasi Waktu Kontak Dan Kecepatan Pengadukan Menggunakan Sistem Batch," *J. Teknol. Lingkung. UNMUL*, vol. 6, no. 1, p. 12, 2022.
- [15] Putri Miftakhul Rohmah and Athiek Sri Redjeki, "Pengaruh Waktu Karbonisasi Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Baku Sekam Padi Dengan Aktivator KOH," *Jurnal Konversi*, vol. 3, no. 1, pp. 19–27, 2016.
- [16] Sirajuddin and Atasa, "Karbon Aktif dari Tandan Kosong Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis*)," *Pros. Semin. Nas. Teknol. Ind. X*, pp. 3–6, 2023.
- [17] A. A. Erprihana and D. Hartanto, "Pembuatan Karbon Aktif dari Kulit Jeruk Keprok (*Citrus reticulata*) untuk Adsorpsi Pewarna Remazol Brilliant Blue," *J. Bahan Alam Terbarukan*, vol. 3, no. 2, 2014.
- [18] F. A. R. P. and C. Asnadi, "Pemisahan Ion Besi dalam Larutan dengan Teknik Adsorpsi Menggunakan Karbon Aktif," *War. Akab*, vol. 45, no. 2, pp. 51–55, 2021.
- [19] M. H. Aldofraji, "Penetapan Karbon Aktif dari Ampas Kelapa dengan Variasi Jenis dan Jumlah Konsentrasi Senyawa Zat Aktivator," Universitas Muhammadiyah Palembang, 2020.
- [20] L. Efiyanti, S. Darmawan, N. A. Saputra, H. S. Wibisono, D. Hendra, and G. Pari, "Quality Evaluation of Coconut Shell Activated Carbon and Its Application As Precursor for Citronellal-Scented Aromatic Briquette," *Rasayan J. Chem.*, vol. 15, no. 3, pp. 1608–1618, 2022.
- [21] W. W. Nandari, N. Zabrina, and M. P. Sitta, "Pengaruh Jenis dan Konsentrasi Aktivator Pada Pembuatan Karbon Aktif Berbahan Dasar Tempurung Kelapa," *J. Kim. Dan Rekayasa*, vol. 4, no. 2, pp. 71–77, 2024.
- [22] A. Masykur *et al.*, "Modifikasi Membran Kitosan Tertaut Silang Tripolifosfat Untuk Deteksi Ion Cu(II)," *ALCHEMY J. Penelit. Kim.*, vol. 19, no. 1, p. 86, 2023.