

SYNTHESIS OF *HOLLOW CARBON FIBER* FROM ACACIA LEAVES (*ACACIA MANGIUM WILLD*) AS *LOW COST BIOSORBEN*

Maura Mayrizki¹, Lita Darmayanti^{1*}, Elvi Yenie¹

¹Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Riau

*Email: litadarmayanti@eng.unri.ac.id

Received: 03 Januari 2023. Accepted: 17 Juni 2023. Published: 31 Juli 2023

DOI: 10.30870/educhemia.v8i1.18693

Abstract: Acacia leaves have a cellulose, hemicellulose, and lignin content of 50.77%. The high content of cellulose can help the formation of hollow fiber structures. The hollow fiber structure makes it possible to carry out greater absorption. This study aims to determine the influence of chemical activator concentration and temperature on the physical activation of hollow carbon fiber characteristics and their ability to adsorb Fe. The synthesis of hollow fiber begins with drying the acacia using sunlight, followed by drying using an oven. Furthermore, the acacia is grounded and sifted with a 60-mesh sieve. Acacia leaves were chemically activated with concentrations KOH of 0.5, 0.75, and 1 M was carbonized with a temperature of 500°C in a gas environment N₂ and continued physical activation with a temperature of 700°C and 750°C using a flow of CO₂ gas for 1 hour. The sample was characterized by proximate analysis, SEM, FTIR, and adsorption on Fe. The proximate analysis showed that the water content was 3.5%, ash content was 8.3%, volatile content was 15.4%, and iodine absorption was 761.4 mg/g. The highest Fe metal removal result obtained was 98.8%, with an adsorption capacity of 9,88 mg/g. The results showed that acacia leaf-based hollow carbon fiber has the potential to be an adsorbent to remove ion Fe in solution.

Keywords: activator concentration; activation temperature; hollow carbon fiber; adsorption; Fe metal

Abstrak: Daun akasia memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin sebesar 50,77%. Tingginya kandungan selulosa dapat membantu pembentukan struktur *hollow fiber*. Struktur *hollow fiber* memungkinkan untuk melakukan penyerapan yang lebih besar. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator kimia dan suhu aktivasi pada karakteristik *hollow carbon fiber* serta kemampuannya mengadsorpsi logam Fe. Pembuatan hollow fiber dimulai dengan menjemur daun akasia dilanjutkan dengan pengeringan dengan oven. Selanjutnya daun akasia dihaluskan dan diayak dengan saringan ukuran 60 mesh. Daun akasia diaktivasi secara kimia dengan KOH variasi konsentrasi 0,5; 0,75; dan 1 M kemudian dikarbonisasi dengan suhu 500°C dalam lingkungan gas N₂ dan dilanjutkan aktivasi fisika dengan suhu 700°C dan 750°C dengan menggunakan aliran gas CO₂ selama 1 jam. Sampel dikarakterisasi dengan uji proksimat, SEM, FTIR, dan uji adsorpsi pada logam Fe. Dari hasil uji proksimat didapatkan nilai kadar air sebesar 3,5%, kadar abu 8,3%, kadar volatil 15,4% dan daya serap iodin 761,4 mg/g. Penyisihan logam Fe

tertinggi didapatkan sebesar 98,8% dengan kapasitas adsorpsi sebesar 9,88 mg/g. Hasil penelitian menunjukkan *hollow carbon fiber* berbahan dasar daun akasia berpotensi sebagai adsorben untuk menyisihkan logam Fe dalam larutan.

Kata kunci: konsentrasi aktivator, suhu aktivasi, hollow carbon fiber, adsorpsi, logam Fe

PENDAHULUAN

Akasia (*Acacia mangium Willd.*) atau yang dikenal dengan sebutan mangium adalah salah satu jenis pohon cepat tumbuh dan tetap hidup pada lahan yang tidak subur (Aprillia dkk, 2019) Hal ini dikarenakan pertumbuhan akasia tidak terpengaruh oleh jenis tanah dan lingkungan di sekitarnya (Wasis dan Islamika, 2019). Umumnya di Indonesia tanaman akasia dikembangkan dengan tujuan untuk dimanfaatkan sebagai bahan baku *pulp* dan kertas serta mebel seperti kerangka pintu, jendela maupun peti atau kotak (Elfarisna dkk, 2016). Namun tidak semua bagian dari tanaman akasia dapat dimanfaatkan, misalnya daun akasia yang hanya dibiarkan menjadi limbah begitu saja tanpa diolah, padahal daun akasia kaya akan polifenol alami sebesar 50,77%. Angka ini lebih tinggi dibandingkan dengan limbah organik lain seperti tandan kosong kelapa sawit yang memiliki kandungan selulosa hanya sebesar 48,64% (Sirajuddin dan Bith, 2021). Tingginya kandungan selulosa pada daun akasia membuat daun akasia

berpotensi dimanfaatkan sebagai biosorben (Hasfita, 2012).

Biosorben merupakan padatan yang berasal dari bahan organik yang dapat menyerap partikel (adsorbat) dari suatu cairan. Limbah pertanian atau perkebunan dapat dimanfaatkan sebagai biosorben karena mengandung selulosa. Selulosa adalah senyawa organik yang ditemukan di dinding sel bersama dengan lignin yang berperan dalam memperkuat struktur tanaman. Dari strukturnya, selulosa memiliki potensi yang cukup besar untuk digunakan sebagai adsorben karena ikatan gugus OH^- dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat (Suhas dkk, 2016).

Kinerja partikel karbon sedikit banyaknya dipengaruhi oleh morfologinya. Partikel karbon memiliki berbagai macam morfologi yaitu karbon koloidal, *nanotube*, *fullerenese*, grafit, grafen, *colloidal sphere*, *nanofiber*, *porous carbon*, dan *nanowire* (Rahman dkk, 2015). Karbon dengan struktur *hollow fiber* lebih banyak digunakan sebagai superkapasitor. Apriwandi dkk, (2020) menemukan struktur *hollow fiber*

pada morfologi karbon aktif berbahan dasar daun akasia. Struktur tersebut memungkinkan untuk melakukan penyerapan yang lebih besar daripada jenis karbon lainnya. Hal ini tentunya tidak terlepas dari daun akasia yang memiliki kandungan polifenol alami yang tinggi (Hasfita, 2012). Polifenol alami khususnya selulosa dapat membantu pembentukan struktur *hollow fiber* dan apabila dilakukan aktivasi menyebabkan jumlah pori yang dihasilkan semakin besar dan daya serapnya menjadi semakin tinggi (Apriwandi dkk, 2020). Saat ini *hollow nanofiber* lebih banyak digunakan untuk aplikasi super kapasitor, belum banyak literatur yang menggunakannya untuk adsorben. Penelitian ini sangat penting dilakukan untuk memperluas aplikasi *hollow carbon nanofiber*.

Dalam pembuatannya *hollow carbon fiber* terdapat tiga proses secara berurutan yaitu aktivasi kimia, karbonisasi dan aktivasi fisika. Proses aktivasi bertujuan untuk memutus rantai karbon sehingga menyebabkan terbentuknya pori, sedangkan proses karbonisasi dilakukan untuk menghilangkan unsur selain karbon (Rifani dkk, 2018). Proses karbonisasi yang didukung dengan metode hidrotermal memiliki peranan dalam

pembuatan karbon aktif karena dapat mengatur bentuk morfologi karbon aktif sesuai dengan temperatur aktivasi (Rahman dkk, 2015). Selain itu konsentrasi aktivator dan suhu aktivasi fisika dapat memberikan pengaruh yang lebih besar dalam proses pembuatan karbon aktif. Sebelum melakukan ketiga proses tersebut, perlu dilakukan tahap dehidrasi atau pengurangan kadar air yang terdapat pada bahan baku karbon aktif. Setiap proses pembuatan *hollow carbon fiber* memiliki faktor pengaruh yang berbeda-beda seperti suhu (Efendi dan Astuti, 2016), waktu (Turmuzi dan Syaputra, 2015) dan konsentrasi aktivator (Rahmadani dan Kurniawati, 2017).

Adsorben merupakan media yang sangat baik untuk pengolahan limbah logam. Salah satu logam yang sering dijumpai pada badan air yaitu logam Fe. Tidak hanya pada air limbah, logam Fe juga terkadang dapat dijumpai pada air tanah. Logam Fe termasuk golongan logam berat yang kurang beracun. Meskipun begitu, jika keberadaan logam Fe pada air limbah melebihi baku mutu maka akan menimbulkan efek negatif terhadap siklus biologi seperti terganggunya kehidupan biota perairan (Hardyanti dkk, 2017).

Penelitian ini penting dilakukan untuk memanfaatkan limbah (daun akasia) menjadi bahan yang berguna untuk mengendalikan pencemaran logam berat dalam air. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh konsentrasi aktivator dan suhu aktivasi terhadap karakteristik *hollow carbon fiber* serta kemampuannya dalam mengadsorpsi logam Fe dalam larutan.

METODE

Pembuatan Hollow Carbon Fiber

Daun akasia diambil di lingkungan Universitas Riau. Proses pembuatan *hollow carbon fiber* terdiri dari tiga tahapan utama, (i) daun akasia dikeringkan di bawah sinar matahari selama dua hari dan dilanjutkan dengan pengeringan menggunakan oven bersuhu 150°C selama 3,5 jam. Setelah pengeringan, sampel daun akasia dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan berukuran 60 mesh. (ii) aktivasi kimia, dilakukan dengan perendaman menggunakan aktivator KOH dengan variasi konsentrasi 0,5; 0,75 dan 1 M. Proses aktivasi dilakukan dengan perbandingan 1:5 (gram/ml). Setelah aktivasi selesai dilakukan, sampel dicuci dengan akuades hingga pH menjadi netral. (iii) karbonisasi dan aktivasi fisika, dilakukan dengan menggunakan

furnace yang dialiri gas N₂ dengan suhu karbonisasi 500°C dan dilanjutkan dengan aktivasi fisika menggunakan aliran gas CO₂ dengan variasi suhu 700°C dan 750°C.

Karakterisasi Hollow Carbon Fiber Daun Akasia

Karakterisasi ini dilakukan untuk mengetahui kualitas dari *hollow carbon fiber* yang dihasilkan berdasarkan SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif teknis. Pengujian karakterisasi ini meliputi kadar air, kadar abu, kadar zat terbang dan daya serap iodine. Selain itu juga dilakukan uji SEM untuk melihat struktur *hollow* yang terbentuk, dan analisis FTIR untuk mengetahui gugus fungsinya.

Uji Adsorpsi Hollow Carbon Fiber

Sebanyak 0,05 gram adsorben dari daun akasia ditimbang dan dimasukkan ke dalam 50 ml sampel air limbah logam Fe dalam erlenmeyer 100 ml. Sampel kemudian diaduk dan didiamkan, kemudian sampel disaring untuk memisahkan padatan dan larutan.

Efisiensi Penyerapan

Efisiensi penyerapan *hollow carbon fiber* daun akasia dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\text{Efisiensi (\%)} = \frac{C_{\text{in}} - C_{\text{ef}}}{C_{\text{in}}} \times 100\%$$

Keterangan:

C_{in} = Konsentrasi awal logam Fe (mg/L)

C_{ef} = Konsentrasi akhir logam Fe (mg/L)

Kapasitas Adsorpsi

Perhitungan kapasitas adsorpsi (Q) dilakukan untuk mengetahui kemampuan adsorpsi maksimum dari variasi sintesis adsorben yang dilakukan. Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan menggunakan rumus:

$$Q = \frac{(C_{in} - C_{ef}) \times V}{m}$$

Keterangan:

Q = kapasitas adsorpsi (mg/g)

V = volume sampel (L)

m = massa adsorben yang digunakan (g)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Hollow Carbon Fiber

Uji Proksimat

Hasil uji kadar air *hollow carbon fiber* dari daun akasia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji Kadar Air

Suhu Aktivasi (°C)	Konsentrasi Aktivator (M)	Kadar Air (%)
700	0,5	5,9
	0,75	5,1
	1	4,4
750	0,5	8,4
	0,75	4,3
	1	3,5
SNI 06-3730-1995		Maks 15%

Pada uji proksimat, penentuan kadar air bertujuan untuk mengetahui

banyaknya jumlah air yang terkandung dalam karbon aktif. Pada hasil uji kadar air *hollow carbon fiber* yang dapat dilihat pada Tabel 1 di atas diperoleh kadar air berkisar antara 3,5% - 8,4%. Semakin tinggi temperatur maka akan semakin sedikit kadar air yang terkandung di dalam karbon aktif sehingga dapat menghasilkan ukuran pori yang besar. Namun, pada konsentrasi 0,5 M terjadi kenaikan nilai kadar air. Hal ini terjadi karena adanya kemungkinan masih adanya KOH yang tertinggal pada permukaan karbon aktif tersebut (Hendrawan dkk, 2019).

Hasil uji kadar abu dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Kadar Abu

Suhu Aktivasi (°C)	Konsentrasi Aktivator (M)	Kadar Abu (%)
700	0,5	14,1
	0,75	11,5
	1	8,3
750	0,5	13,8
	0,75	9,5
	1	6,6
SNI 06-3730-1995		Maks 10%

Pengujian kadar abu bertujuan untuk mengetahui jumlah sisa pembakaran yang mengandung oksida logam berupa mineral-mineral yang terdapat pada *hollow carbon fiber* daun akasia yang tidak menguap pada proses pengabuan. Hasil pengujian kadar abu dapat dilihat pada Tabel 2 dengan nilai berkisar antara

14,1% - 6,6%. Terdapat 3 sampel yang melebihi ketentuan SNI 06-3730-1995 yaitu maksimum 10%. Hal ini dapat diasumsikan bahwa masih adanya kandungan mineral dan aktivator KOH yang tertinggal pada permukaan karbon aktif.

Banyaknya kandungan mineral dan aktivator KOH yang tertinggal dapat disebabkan oleh proses penetrasi karbon aktif tidak dapat menghilangkan mineral secara keseluruhan sehingga menyebabkan penyumbatan pada pori karbon aktif (Hendrawan dkk, 2019).

Pengujian kadar zat terbang dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Uji Kadar Zat Terbang

Suhu Aktivasi (°C)	Konsentrasi Aktivator (M)	Kadar Zat Terbang (%)
700	0,5	24
	0,75	20,3
	1	16,5
750	0,5	22,1
	0,75	15,6
	1	15,4
SNI 06-3730-1995		Maks 25%

Pengujian kadar zat terbang dilakukan untuk mengetahui jumlah zat yang menguap pada proses pemanasan. Zat yang menguap ini merupakan hasil dekomposisi senyawa-senyawa yang terkandung dalam karbon aktif selain air (Rahman dkk, 2015). Berdasarkan hasil pengujian yang telah dilakukan sebagaimana terlihat pada Tabel 3

didapatkan nilai kadar zat terbang berkisar antara 24% - 15,4%, nilai ini sudah memenuhi ketentuan SNI 06-3730-1995. Menurut Nitsae dkk, (2020) penentuan nilai kadar zat terbang akan mempengaruhi kemampuan adsorpsi karbon aktif. Apabila semakin tinggi nilai kadar zat terbang dari suatu karbon aktif, maka akan mengurangi kemampuan karbon aktif dalam melakukan proses adsorpsi.

Hasil uji daya serap iodin dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Hasil Uji Daya Serap Iodin dan Luas Permukaan Spesifik

Suhu Aktivasi (°C)	Konsentrasi Aktivator (M)	Daya Serap Iodin (mg/g)	Luas Permukaan Spesifik (m ² /g)
700	0,5	482,2	915,5
	0,75	539,3	1023,9
	1	602,8	1144,4
750	0,5	621,8	1180,5
	0,75	755,1	1433,5
	1	761,4	1445,5
SNI 06-3730-1995		Min 750 mg/g	

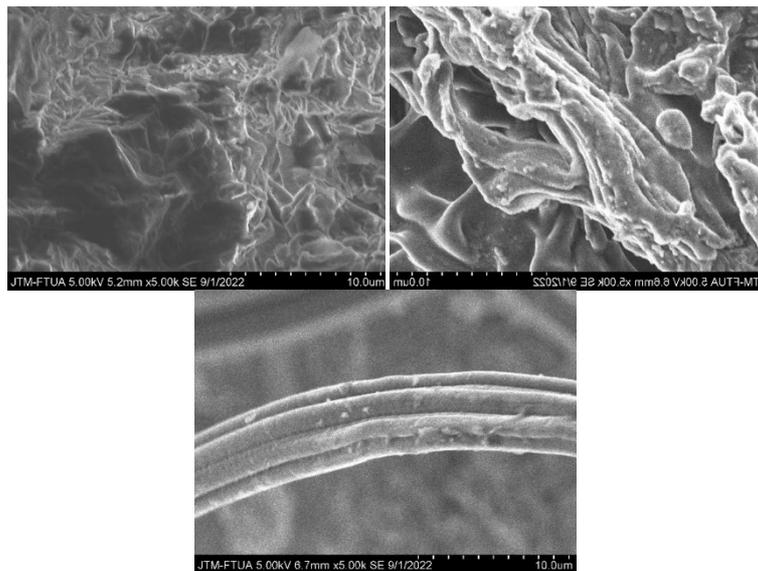
Kemampuan adsorpsi dari karbon aktif terhadap daya serap iodin memiliki hubungan yang erat dengan luas permukaan karbon aktif. Apabila nilai bilangan iodin semakin besar, maka akan semakin besar pula luas permukaan dari karbon aktif tersebut sehingga kemampuan adsorpsi karbon aktif juga semakin besar (Yuningsih dkk, 2016).

Hasil pengujian daya serap iodine yang dapat dilihat pada Tabel 4 berkisar antara 479,6 mg/g – 757,3 mg/g. Dari Tabel 4 dapat dilihat bahwa semakin besar konsentrasi aktivator maka akan semakin besar nilai bilangan iodine yang didapatkan, hal ini juga berbanding lurus

dengan suhu aktivasi fisika yang digunakan.

Analisis SEM

Hasil pengujian *Scanning Electron Microscope* (SEM) dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Morfologi *Hollow Carbon Fiber*
 (a) sampel awal (b) sampel tahap karbonisasi
 (c) hollow fiber

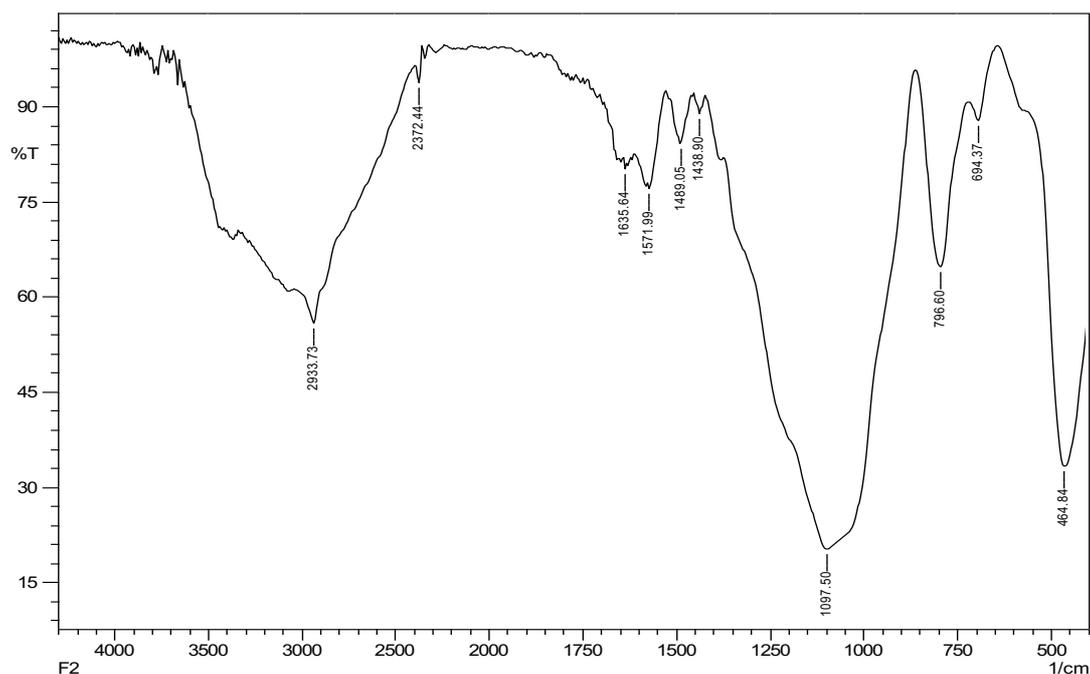
Terdapat tiga sampel pengujian (SEM) yaitu sampel daun akasia yang belum mendapat perlakuan apapun yang dapat dilihat pada Gambar 1 bagian (a). Sampel kedua merupakan sampel karbon aktif dengan konsentrasi aktivator KOH 1 M yang telah mengalami karbonisasi yaitu pemanasan dengan suhu 500°C dan dialirkan gas N₂ (Gambar 1b). Pada Gambar 1 bagian (a) dan (b) terlihat

perubahan morfologi karbon aktif, namun struktur *hollow fiber* belum terbentuk.

Sampel ketiga yaitu karbon aktif dengan konsentrasi aktivator 1 M dan suhu aktivasi fisika 750°C. Pada sampel ketiga ini dijumpai struktur *hollow fiber*.

Analisis FTIR

Hasil uji analisis FTIR dapat dilihat pada Gambar 2 berikut dan gugus fungsinya pada Tabel 5.



Gambar 2. Hasil Analisa FTIR *Hollow Carbon Fiber*

Tabel 5. Hasil Spektrum FTIR pada *Hollow Carbon Fiber*

No	Gugus Fungsi	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	
		Rentang Bilangan Gelombang ^{*)}	<i>Hollow Carbon Fiber</i>
1.	O – H asam karboksilat	3400 – 2400	2933,7
2.	C = O amida	1680 – 1630	1635,6
3.	C – O alkohol, ester, eter, asam karboksilat, anhidrida.	1300 – 1000	1097,5
4.	C – N amida	1640 – 1550	1635,6

Sumber: ^{*)} Pavia dkk, 2000

Berdasarkan Tabel 5 dapat dilihat bahwa terdapat gugus fungsi O–H yang merupakan senyawa alkana pada rentang bilangan gelombang 3400–2400 cm^{-1} dengan panjang gelombang 2933,7 cm^{-1} . Gugus fungsi O–H yang terdapat pada *hollow carbon fiber* ini berasal dari selulosa daun akasia. Gugus O–H inilah yang nantinya akan berinteraksi dengan adsorbat dalam proses adsorpsi.

Adanya spektrum gelombang 1635,6 cm^{-1} yang termasuk pada rentang bilangan gelombang 1680–1630 cm^{-1} yang mengidentifikasi adanya gugus C=O amida yang merupakan gugus paling umum dijumpai pada karbon aktif. Selain itu pada spektrum 1097,5 cm^{-1} yang merupakan bagian dari rentang panjang gelombang 1300–1000 cm^{-1} menunjukkan bahwa adanya ikatan C–O

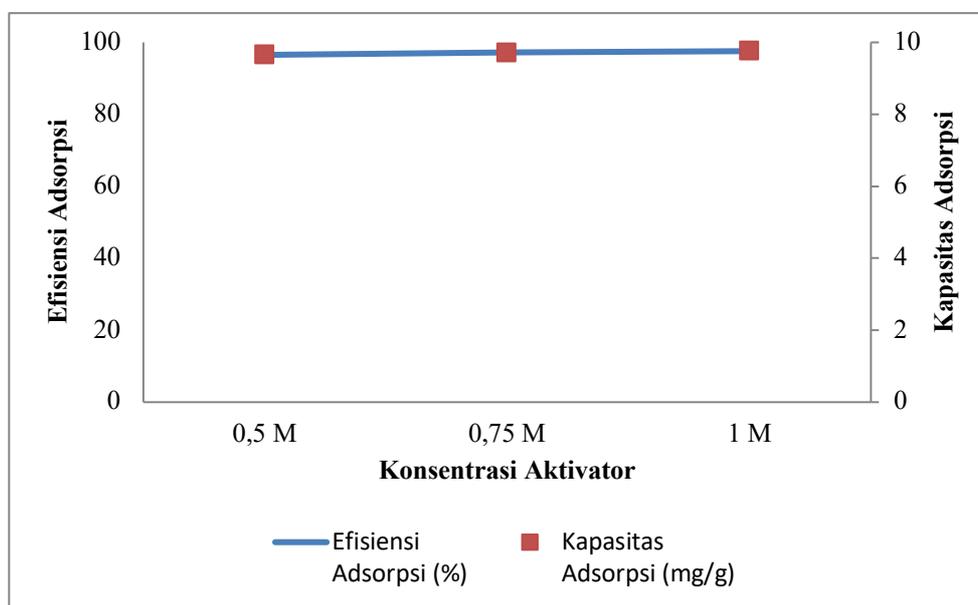
alkohol, ester, eter, asam karboksilat, anhidrida.

Terdapatnya gugus O–H dan C–O pada *hollow carbon fiber* menandakan bahwa *hollow carbon fiber* yang dihasilkan bersifat polar. Hal ini menunjukkan bahwa *hollow carbon fiber* dapat digunakan sebagai adsorben (Paviddk, 2000). *Hollow carbon fiber* yang dikarbonisasi dengan mengalirkan gas N₂

membentuk ikatan gugus C–N amida, hal ini dapat dilihat dari panjang gelombang yang dihasilkan yaitu 1635,6 cm⁻¹ yang termasuk pada rentang gelombang 1640 – 1550 cm⁻¹.

Adsorpsi Logam Fe

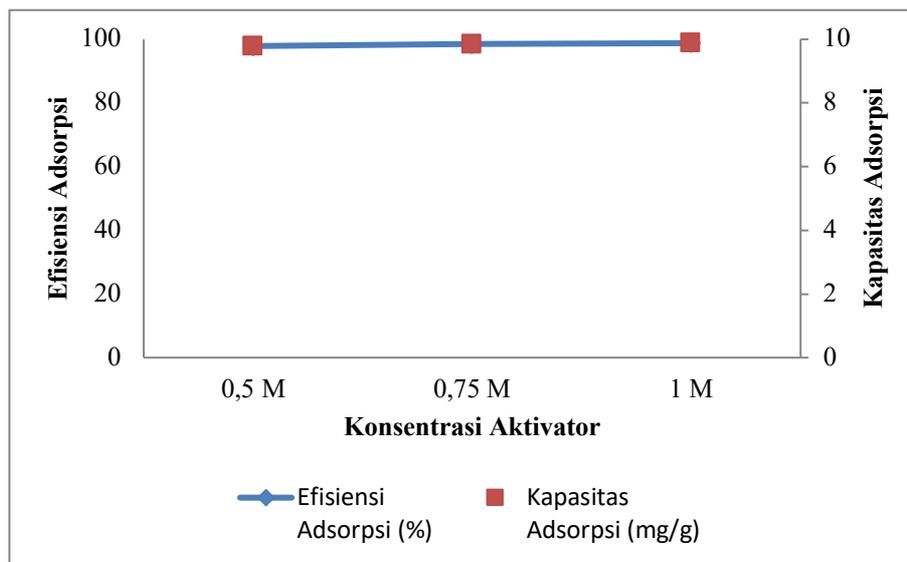
Pengaruh konsentrasi aktivator pada suhu aktivasi fisika 700°C dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Penyisihan Logam Fe pada Suhu 700°C

Gambar 3 memperlihatkan pengaruh konsentrasi aktivator terhadap penyisihan logam Fe pada suhu 700°C. Terjadi kenaikan efisiensi dan kapasitas adsorpsi seiring dengan bertambahnya nilai konsentrasi aktivator. Efisiensi dan kapasitas adsorpsi terbaik terdapat pada

hollow carbon fiber dengan konsentrasi 1 M yaitu efisiensi adsorpsi sebesar 97,6% dan kapasitas adsorpsi sebesar 9,757 mg/g. Kemampuan adsorpsi *hollow carbon fiber* yang disintesis pada suhu 750°C dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4 Pengaruh Konsentrasi Aktivator terhadap Penyisihan Logam Fe pada Suhu 750°C

Dari Gambar 4 dapat dilihat bahwa hasil yang diperoleh memiliki kesamaan kecenderungan dengan grafik suhu aktivasi 700°C yaitu terjadi peningkatan efisiensi dan kapasitas adsorpsi seiring dengan bertambahnya konsentrasi aktivator tetapi efisiensi dan kapasitas adsorpsi yang dihasilkan oleh variasi suhu aktivasi 750°C lebih tinggi dibandingkan dengan suhu 700°C. Nilai efisiensi adsorpsi terbaik yang diperoleh pada suhu aktivasi fisika 750°C ini adalah sebesar 98,8%, dengan kapasitas adsorpsi 9,88 mg/g.

Hasil penelitian ini hampir sama dengan yang didapatkan Bangun dkk, (2016) yang menggunakan cangkang buah karet sebagai bahan dasar karbon aktif yang disintesis dengan aktivator

H₂SO₄. Efisiensi penyisihan Fe yang didapatkan mencapai 99%. Efisiensi penyisihan logam Fe pada penelitian ini lebih tinggi dibandingkan yang didapatkan oleh Asmar dkk (2021) yang menggunakan kulit pisang muda sebagai bahan dasar karbon aktif. Efisiensi penyisihan logam Fe yang didapkannya 76,5%. Begitu juga dengan penelitian yang dilakukan Ketsela dkk, (2020) yang menggunakan adsorben sekam lupin putih yang mendapatkan efisiensi penyisihan logam Fe tertinggi 90,3%, dan Shavandi dkk, (2012) yang menggunakan zeolit alam untuk menyisihkan logam Fe. Hasil yang didapatkan efisiensi penyisihan tertinggi 64%.

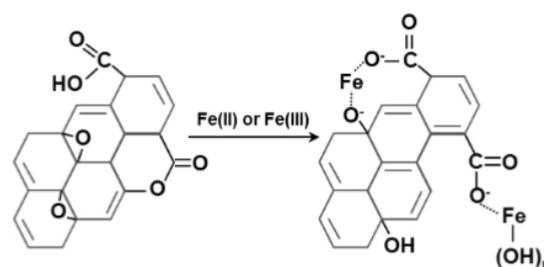
Salah satu faktor yang mempengaruhi kemampuan adsorpsi dari

suatu karbon aktif yaitu kandungan selulosa yang dimiliki oleh bahan dasar dari pembuatan karbon aktif tersebut. Selulosa mengandung ikatan gugus OH⁻ yang dapat berinteraksi dengan komponen adsorbat (Suhas dkk 2016). Beberapa bahan organik memiliki kandungan selulosa yang tinggi seperti tempurung kelapa 34% (Budi dkk, 2012), cangkang buah karet 48,64% (Sirajuddin dan Bith, 2021), kulit pisang 20,21% (Hatina dkk, 2021) dan daun akasia 50,77% (Hasfita, 2012) berpotensi untuk dijadikan karbon aktif. Semakin besar kandungan selulosa yang dimiliki oleh bahan organik maka akan semakin baik untuk digunakan sebagai biosorben.

Mekanisme Adsorpsi Logam Fe

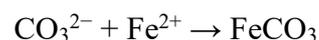
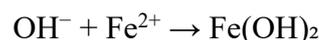
Mekanisme penyerapan logam terjadi berdasarkan interaksi antara ion logam dengan adsorben karbon (Yang dkk, 2019). Mekanisme yang terjadi pada proses adsorpsi logam Fe oleh *hollow carbon fiber* berbahan dasar daun akasia adalah interaksi elektrostatis. Interaksi elektrostatis ini berhubungan erat dengan gugus fungsi yang terdapat pada karbon aktif, dimana pada penelitian ini interaksi elektrostatis tersebut terjadi antara logam Fe yang bermuatan positif dan *hollow carbon fiber* yang bermuatan negatif.

Adanya ikatan karboksil akan membantu proses adsorpsi yang dilakukan oleh *hollow carbon fiber* terhadap logam Fe karena ikatan karboksil yang bermuatan negatif akan berikatan dengan logam Fe yang bermuatan positif sehingga membentuk ikatan ion antara Fe dan O (Kang dkk, 2020). Mekanisme adsorpsi yang terjadi dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Skema Adsorpsi Logam Fe
(Sumber: Kang dkk, 2020)

Berdasarkan skema adsorpsi logam Fe pada Gambar 5 di atas, maka reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut.



Uji Statistika

Untuk mengetahui pengaruh konsentrasi aktivator dan suhu aktivasi terhadap kemampuan adsorpsi hollow carbon fiber terhadap logam Fe perlu dilakukan uji statistik. Uji statistik yang dilakukan adalah analisis Kruskal-Wallis dan Man-Whitney. Analisis Kruskal-Wallis dan Man-Whitney dilakukan

untuk mengetahui ada atau tidaknya pengaruh dari variasi aktivasi yang dilakukan pada tingkat penyerapan logam Fe. Pada uji Kruskal-Wallis kelompok sampel independen harus berjumlah lebih dari 2 kelompok sampel, sedangkan uji Man-Whitney digunakan untuk 2 kelompok sampel independen. Kedua uji ini merupakan uji non parametrik dari uji Anova *one-way*. Hasil uji Kruskal-Wallis dengan menggunakan program SPSS dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Uji Kruskal-Wallis Variasi Konsentrasi Aktivator Terhadap Efisiensi Adsorpsi

Konsentrasi Aktivator	N	Mean Rank	Nilai Signifikan
0,5 M	4	4,50	
0,75 M	4	6,50	
1 M	4	8,50	
Total	12		0,292

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 6 jumlah sampel yang dilakukan pengujian yaitu berjumlah 12 sampel dengan tiga variasi konsentrasi aktivator yaitu dimana masing masing variasi konsentrasi memiliki sampel sebanyak 4 buah sampel. Nilai signifikansi yang didapatkan pada pengujian Kruskal-Wallis konsentrasi aktivator terhadap efisiensi adsorpsi adalah 0,29. Nilai signifikansi ini lebih besar dari tingkat risiko α , yaitu 0,05. Berdasarkan nilai signifikan ini, maka dapat diambil kesimpulan bahwa semua

populasi sampel identik atau dapat dikatakan tidak ada pengaruh variasi konsentrasi aktivator terhadap efisiensi adsorpsi.

Untuk mengetahui pengaruh suhu dilakukan uji Man-Whitney dengan menggunakan aplikasi SPSS dan hasilnya dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7. Hasil Uji Man-Whitney Variasi Suhu Aktivasi Terhadap Efisiensi Adsorpsi

Suhu Aktivasi	N	Mean Rank	Nilai Signifikan
700°C	6	3,50	
750°C	6	9,50	
Total	12		0,004

Berdasarkan data yang terdapat pada Tabel 7 jumlah sampel yang dilakukan pengujian yaitu berjumlah 12 sampel dengan dua variasi suhu aktivasi dimana masing masing variasi suhu memiliki sampel sebanyak 6 buah sampel. Hasil nilai signifikan yang didapatkan pada pengujian Man-Whitney variasi suhu aktivasi terhadap efisiensi adsorpsi adalah 0,004. Nilai signifikan yang didapat lebih kecil dari tingkat risiko α yaitu 0,05. Berdasarkan dari nilai signifikan dapat diambil kesimpulan bahwa semua populasi sampel tidak identik atau dapat dikatakan ada pengaruh yang signifikan dari variasi suhu aktivasi terhadap efisiensi adsorpsi.

KESIMPULAN

Penelitian ini menggunakan daun akasia sebagai bahan dasar untuk pembuatan *hollow carbon fiber*. Parameter sintesis yang divariasikan adalah konsentrasi aktivator KOH dan suhu aktivasi. *Hollow carbon fiber* yang disintesis telah memenuhi ketentuan SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif teknis dimana nilai kadar air sebesar 3,5%, kadar abu 8,3%, kadar volatil 15,4%, daya serap iodin 761,4 mg/g serta luas permukaan *hollow carbon fiber* 1445,5 m²/g. Morfologi *hollow fiber* didapatkan pada konsentrasi aktivator 1 M dan suhu aktivasi 750°C. *Hollow carbon fiber* mempunyai kemampuan adsorpsi yang

sangat baik terhadap logam Fe dengan efisiensi maksimum 98,8%. Dari analisis statistik diketahui parameter suhu memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan adsorpsi *hollow carbon fiber*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *hollow carbon fiber* tidak hanya bisa digunakan sebagai super kapasitor tapi juga berpotensi sebagai adsorben untuk menyisihkan logam berat seperti Fe dari larutan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Proyek AKSI ADB Universitas Riau Tahun 2021.

DAFTAR RUJUKAN

- Aprillia, D., M. Riniarti., dan A. Bintoro. (2019). Aplikasi Ektomikoriza pada Media Tanam Bekas Tambang Kapur untuk Membantu Pertumbuhan Mangium (*Acacia mangium*). *Jurnal Sylva Lestari ISSN*, 7(3), 332–341.
- Apriwandi, Agustino, Taer, E., & Taslim, R. (2020). A High Potential of Biomass Leaves Waste for Porous Activated Carbon Nanofiber/Nanosheet as Electrode Material of Supercapacitor. *Journal of Physics: Conference Series*, 1655(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1655/1/012007>
- Bangun, T. A., Zaharah, T. A., & Shofiyani, A. (2016). Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Buah Karet Untuk Adsorpsi Ion Besi(II) dalam Larutan. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*, 5(3), 18–24.
- Budi, E., Nasbey, H., Budi, S., Handoko, E., Suharmanto, P., Sinansari, R., Fisika, J., & Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan

- Alam, J. (2012). Kajian Pembentukan Karbon Aktif Berbahan Arang Tempurung Kelapa. *Seminar Nasional Fisika*, 62–66.
- Efendi, Z., & Astuti, A. (2016). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Morfologi dan Jumlah Pori Karbon Aktif Tempurung Kemiri sebagai Elektroda. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), 297–302. <https://doi.org/10.25077/jfu.5.4.297-302.2016>
- Elfarisna, E., Niaga, H., & Puspitasari, R. T. (2016). Toleransi Tanaman Akasia (*Acacia Mangium Wild.*) terhadap Tingkat Salinitas di Pembibitan. *Daun: Jurnal Ilmiah Pertanian Dan Kehutanan*, 3(2), 54–62. <https://doi.org/10.33084/daun.v3i2.146>
- Hardyanti, I. S., Nurani, I., Hardjono HP, D. S., Apriliani, E., & Wibowo, E. A. P. (2017). Pemanfaatan Silika (SiO₂) dan Bentonit sebagai Adsorben Logam Berat Fe pada Limbah Batik. *JST (Jurnal Sains Terapan)*, 3(2). <https://doi.org/10.32487/jst.v3i2.257>
- Hasfita, F. (2012). Study Pembuatan Biosorben Dari Limbah Daun Akasia Mangium (*Acacia Mangium Wild*) Untuk Aplikasi Penyisihan Logam. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 1, 36–48.
- Hatina, S., Winoto, E., Antoni, A., & Febriana, I. (2021). Pengaruh Karbon Aktif Kulit Pisang Putri Pada Limbah Ammonia. *Jurnal Redoks*, 6(1), 7. <https://doi.org/10.31851/redoks.v6i1.5244>
- Hendrawan, Y., Sutan, S. M., Kreative, R., Keteknikan, J., Teknologi, P.-F., Brawijaya, P.-U., & Malang, J. V. (2019). Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Activating Agent NaCl. *Jurnal Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 5(3), 200–207.
- Kang, Y. G., Chi Vu, H., Chang, Y. Y., & Chang, Y. S. (2020). Fe(III) Adsorption On Graphene Oxide: A Low-Cost And Simple Modification Method For Persulfate Activation. *Chemical Engineering Journal*, 387(January), 124012. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2020.124012>
- Ketsela, G., Animen, Z., & Talema, A. (2020). Adsorption of Lead (II), Cobalt (II) and Iron (II) From Aqueous Solution by Activated Carbon Prepared From White Lupine (GIBITO) HSUK. *Journal of Thermodynamics and Catalysis*,

- 11(2), 1–8.
<https://doi.org/10.4172/2157-7544.20.11.2.203>
- Nitsae, M., Lano, L. A., & Ledo, M. E. (2020). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Siwalan (*Borassus flabellifer* L.) yang Diaktivasi dengan Kalium Hidroksida (KOH). *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 5(1), 8–15.
<https://doi.org/10.24002/biota.v5i1.2948>
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. R. (2000). Chapter 5 Furans and benzo[b]furans. In *Tetrahedron Organic Chemistry Series* (Vol. 20, Issue C).
[https://doi.org/10.1016/S1460-1567\(00\)80010-0](https://doi.org/10.1016/S1460-1567(00)80010-0)
- Rahmadani, N., & Kurniawati, P. (2017). Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas. *Prosiding Seminar Nasional Kimia Dan Pembelajarannya 2017, November*, 154–161.
- 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.
- Rifani, Z. Al, Taer, E., & Taslim, R. (2018). Pengaruh Temperatur Aktivasi Fisika Terhadap Kinerja Superkapasitor Berbasis Elektroda Karbon Dari Ampas Sagu. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau*, 15(02), 71–76.
- Shavandi, M. A., Haddadian, Z., Ismail, M. H. S., Abdullah, N., & Abidin, Z. (2012). Removal of Fe(III), Mn(II) and Zn(II) from Palm Oil Mill Effluent (POME) by Natural Zeolite. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 43(5), 750–759.
<https://doi.org/10.1016/j.jtice.2012.02.014>
- Sirajuddin, & Bith, D. (2021). Pengaruh Konsentrasi H₃PO₄ Dan Gelombang Ultrasonik Terhadap Kualitas Karbon Aktif Dari Cangkang Karet. *Teknik Kimia*, 7(1), 174–181.
- Suhas, Gupta, V. K., Carrott, P. J. M., Singh, R., Chaudhary, M., & Kushwaha, S. (2016). Cellulose: A Review As Natural, Modified And Activated Carbon Adsorbent. *Bioresource Technology*, 216, 1066–1076.
<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2016.05.106>
- Turmuzy, M., & Syaputra, A. (2015). Pengaruh Suhu dalam Pembuatan Karbon Aktif Dari Kulit Salak (*Salacca Edulis*) Dengan Impregnasi

- Asam Fosfat (H₃PO₄). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 4(1), 42–46.
- Wasis, B., & Islamika, E. (2019). Pengaruh Penambahan Arang Tempurung Kelapa dan Bokashi Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan Semai Akasia (*Acacia Mangium Willd.*) di Media Bekas Tambang Kapur. *Journal of Tropical Silviculture*, 10(1), 29–34. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.10.1.29-34>
- Yang, X., Wan, Y., Zheng, Y., He, F., Yu, Z., Huang, J., Wang, H., Ok, Y. S., Jiang, Y., & Gao, B. (2019). Surface Functional Groups Of Carbon-Based Adsorbents And Their Roles In The Removal Of Heavy Metals From Aqueous Solutions: A critical review. *Chemical Engineering Journal*, 366(February), 608–621. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.119>
- Yuningsih, L. M., Mulyadi, D., & Kurnia, A. J. (2016). Pengaruh Aktivasi Arang Aktif dari Tongkol Jagung dan Tempurung Kelapa Terhadap Luas Permukaan dan Daya Jerap Iodin. *Jurnal Kimia VALENSI*, 2(1), 30–34. <https://doi.org/10.15408/jkv.v2i1.3091>