

## ***PEMBUATAN KARBON AKTIF BUNGA PINUS MENGGUNAKAN AKTIVASI MEKANIK DENGAN METODE HIGH ENERGY MILLING***

**Anwar Ma'ruf<sup>1\*</sup>, Sheren Liana Saputri<sup>2</sup>**

Program Studi S1 Teknik Kimia, Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Muhammadiyah Purwokerto

---

### **Informasi Makalah**

Dikirim, 24 Januari 2023  
Direvisi, 14 Februari 2023  
Diterima, 15 Februari 2023

---

### **Kata Kunci:**

*Karbon Aktif  
Bunga Pinus  
HEM  
Daya Serap Iodine*

---

### **INTISARI**

Karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben yang dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang industri, seperti industri makanan, obat-obatan dan industri pengolahan minyak bumi dan gas alam. Salah satu bahan alam yang potensi sebagai bahan baku pembuatan karbon aktif adalah bunga pinus. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu karbonisasi terhadap karbon aktif bunga pinus, mengetahui pengaruh waktu selama high energy milling (HEM) terhadap karbon aktif bunga pinus, dan mengetahui struktur senyawa karbon aktif bunga pinus menggunakan metode HEM. Hasil penelitian menunjukkan penyerapan iodine karbon tertinggi diperoleh pada sampel berputar 800 °C dengan waktu HEM 90 menit 577,395 mg/g dengan peningkatan penyerapan 12,1 %. Pada spektra IR karbon bunga pinus setelah karbonisasi terbentuk peak atau puncak serapan pada bilangan gelombang 1743,65 dan 1751,36 cm<sup>-1</sup> pada sampel karbon setelah HEM yang mengindikasikan adanya gugus khas dari karbon yaitu C=O. Peak kedua sampel terlihat pada gelombang 1103,28 cm<sup>-1</sup> gugus fungsi C-O, 1350,17 cm<sup>-1</sup> gugus fungsi C-N, dan 2738,92 cm<sup>-1</sup> gugus fungsi -COOH. Ketiga gugus tersebut merupakan gugus yang berperan penting dalam adsorpsi.

---

### **ABSTRACT**

Activated carbon is a type of adsorbent that can be used in various industrial fields, such as the food, pharmaceutical, and oil and natural gas processing industries. One of the potential natural ingredients as a raw material for making activated carbon is pine flower. This study aims to determine the effect of carbonization temperature on pine flower activated carbon, determine the effect of time during high energy milling (HEM) on pine flower activated carbon, and determine the structure of pine flower activated carbon compound using the HEM method. The results showed that the highest absorption of iodine carbon was obtained in a rotating sample of 800 °C with a HEM time of 90 minutes 577.395 mg/g with an increase in absorption of 12.1 %. In the pine flower carbon spectra after carbonization, an absorption peak was formed at wave numbers 1743.65 and 1751.36 cm<sup>-1</sup> in the carbon sample after HEM which indicated the presence of a distinctive group of carbon, namely C=O. The peaks of the two samples were seen at waves of 1103.28 cm<sup>-1</sup> functional group C-O, 1350.17 cm<sup>-1</sup> functional group C-N, and 2738.92 cm<sup>-1</sup> functional group -COOH. The three groups are groups that play an important role in adsorption.

---

### **Korespondensi Penulis:**

Anwar Ma'ruf  
Program Studi Teknik Kimia  
Universitas Muhammadiyah Purwokerto  
JL. Raya Dukuwaluh Purwokerto, 53182  
Email: [anwarump@yahoo.com](mailto:anwarump@yahoo.com)

## 1. PENDAHULUAN

Karbon aktif merupakan salah satu jenis adsorben yang dapat dimanfaatkan pada berbagai bidang industri, seperti industri makanan, obat-obatan dan industri pengolahan minyak bumi dan gas alam. Selain dimanfaatkan pada proses industri, karbon aktif juga banyak dimanfaatkan pada pengolahan limbah, terutama limbah cair [1]. Karbon aktif dapat juga dimanfaatkan sebagai katalis pada suatu reaksi [2][3].

Bahan baku yang dapat diproses menjadi karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, baik yang berasal dari tumbuhan, hewan maupun hasil pertambangan [4][5]. Salah satu biomassa yang potensial adalah bunga pohon pinus. Pohon pinus banyak tumbuh di Indonesia, salah satunya adalah pinus merkusii yang merupakan pohon asli Indonesia. Pinus merupakan spesies yang banyak tumbuh di daerah dingin. Pinus merkusii Jungh et deVries (Pinus) adalah pohon yang berkayu karena mengandung lignin, umumnya tidak keras dan tidak berwarna hijau dengan satu batang utama [6]. Meski keberadaan bunga pinus melimpah di alam, namun pemanfaatannya belum meluas dan optimal.

Tahapan pembuatan karbon aktif dimulai dengan proses karbonisasi, yaitu proses pemanasan suatu material dari bahan-bahan organik pada suhu tertentu dengan oksigen yang sangat terbatas. Pada proses ini terjadi penguraian senyawa organik yang menyusun struktur material kemudian membentuk air, uap asam asetat, tar, dan hidrokarbon [7]. Faktor penting proses karbonisasi adalah temperatur dan waktu karbonisasi [8][9].

Setelah tahap karbonisasi, untuk menjadikan karbon aktif menjadi karbon aktif, maka diperlukan proses aktivasi, baik dengan proses fisik atau proses kimiawi [10][11][12]. Aktivasi merupakan suatu proses penghilangan senyawa pengotor yang melekat pada permukaan dan pori-pori adsorben baik secara fisika maupun secara kimia yang bertujuan untuk memperbesar pori serta memperluas permukaan dari arang dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan [13][14]. Proses aktivasi dilakukan dengan metode High Energy Milling (HEM), bertujuan untuk memperoleh serbuk yang lebih kecil, memperluas permukaan karbon, dan sebagai proses aktivasi karbon [15].

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji proses pembuatan karbon aktif dari bunga pohon pinus. Variabel yang dikaji pada proses karbonisasi adalah temperatur karbonisasi. Proses aktivasi karbon dilakukan dengan menggunakan metode fisika, yaitu dengan proses milling dengan menggunakan HEM.

## 2. BAHAN DAN METODE

### 2.1. Bahan Penelitian

Cangkang bunga pinus diperoleh dari hutan pinus daerah Pagedongan, Kabupaten Banjarnegara, Jawa Tengah.

### 2.2. Preparasi Sampel Bunga Pinus

Sampel bunga pinus dibersihkan terlebih dahulu, kemudian dipotong-potong menjadi ukuran kecil dengan diameter 0,5 cm. Setelah itu, dikeringkan di bawah sinar matahari selama  $\pm 2$  hari.

### 2.3. Proses Karbonasi Bunga Pinus

Bunga pinus dikarbonisasi dengan menggunakan furnace pada suhu karbonisasi 400 °C, 500 °C, 600 °C, 700 °C, dan 800 °C selama 150 menit [4][8] (Dewi dkk., 2020; Hendrawan dkk., 2019). Pada karbonisasi, terjadi proses penguapan air dan penguraian dari komponen yang terdapat di dalam tempurung yaitu selulosa, hemiselulosa dan lignin. Proses penguraian hemiselulosa berlangsung pada suhu 200 °C hingga 250 °C ditandai dengan keluarnya asap tipis berwarna putih dari cerobong furnace.

Proses penguraian selulosa dimulai pada suhu 280 °C dan berakhir pada suhu antara 300 °C hingga 350 °C. Tahap ini ditandai dengan keluarnya asap yang lebih tebal dan berwarna lebih gelap, hitam kecoklatan. Proses penguraian lignin dimulai pada suhu antara 300 °C hingga 350 °C dan berakhir pada suhu antara 400 °C hingga 450 °C, pada proses ini warna asap yang dihasilkan kembali putih dan tipis, dan lama kelamaan hilang [16]. Hasil karbonisasi bunga pinus didiamkan terlebih dahulu selama 24 jam hingga kering. Bunga pinus yang telah kering ditumbuk, kemudian diayak bertingkat ukuran 40-60 mesh.

### 2.4. Proses High Energy Milling (HEM)

Karbon bunga pinus di-milling menggunakan fasilitas HEM. Sampel sebanyak 20 gram diambil kemudian dimasukan ke dalam alat HEM dengan selang waktu proses milling 90 menit, 180 menit, 270 menit, 360 menit, dan 450 menit [15] (Ngafwan dkk., 2018).

## 2.5. Analisis Daya Serap Iodine (SNI 06-3730-1995)

Sampel diambil sebanyak 0,5 gram dimasukkan ke erlenmeyer bertutup. Kemudian ditambahkan 25 ml larutan iod 0,1 N dan dikocok 15 menit, selanjutnya larutan langsung disaring. Filtrat hasil penyaring dipipet 5 ml dan dititrasikan dengan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N hingga larutan berwarna kuning lalu ditambahkan indikator kanji 1 % sebanyak 1 ml. Larutan dititrasikan kembali hingga warna biru dalam larutan hilang. Daya serap iodine dihitung dengan Persamaan (1).

$$\text{Daya Serap Iod} = \frac{A - (B \times N_1) / N_2}{\alpha} \times 12,69 \times fp \quad (1)$$

Keterangan :

- A : Volume larutan iodine (ml)
- B : Volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang terpakai (ml)
- N1 : Konsentrasi Normalitas  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  (N)
- N2 : Konsentrasi Iodine (N)
- $\alpha$  : Berat karbon (gr)
- 12,69 : Jumlah iodine = 1 ml  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0,1 N
- fp : faktor pengeceran

Analisa daya serap iodine dilakukan untuk sampel variasi suhu karbonisasi, sampel variasi waktu HEM, sampel variasi suhu dari waktu terbaik HEM.

## 2.6. Analisis FTIR

Sampel dari masing-masing selang waktu proses High Energy Milling diambil sebanyak 0,1 gram, kemudian dilakukan uji FTIR dengan bilangan gelombang 500 - 4000  $\text{cm}^{-1}$ .

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1. Proses Karbonisasi Bunga Pinus

Karbonisasi atau pengarangangan merupakan proses pemanasan suatu material dari bahan-bahan organik pada suhu tertentu dengan oksigen yang sangat terbatas. Setelah ini berlangsung, bunga pinus yang menjadi karbon didiamkan selama 24 jam agar suhunya kembali normal (suhu kamar). Kemudian karbon bunga pinus dihaluskan menggunakan alat penumbuk. Hasil penghalusan diayak menggunakan ayakan 40-60 mesh dan diambil karbon yang tertinggal pada ayakan 60 mesh. Hal ini bertujuan agar karbon memiliki ukuran partikel yang seragam yaitu mempunyai luas permukaan per satuan luas yang tetap. Secara teoritis, efisiensi adsorpsi akan semakin meningkat dengan semakin kecilnya ukuran partikel [17]. Hal ini disebabkan karena efisiensi adsorpsi adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben.

### 3.2. Karakteristik Daya Serap Iodine Karbon

Karakteristik karbon hasil karbonisasi dianalisis berdasarkan daya serap iodine. Standar kualitas karbon aktif menurut SNI-06-3730-1995 untuk menetapkan daya serap iodine persyaratan umum untuk menentukan kualitas karbon aktif tersebut. Semakin besar angka bilangan iodine semakin besar juga kemampuan mengabsorpsi adsorbat dan zat terlarut [4]. Tabel 1 menunjukkan data daya serap iodine pada berbagai temperatur karbonisasi.

Berdasarkan hasil perhitungan uji *Anova One Way* pada diperoleh *P value* sebesar 0,000 dimana nilai tersebut  $< P \text{ value } \alpha 0,05$ . Hal ini berarti bertambahnya suhu karbonisasi pada karbon berpengaruh terhadap nilai daya serap iodine, yaitu tingginya suhu karbonisasi meningkatkan nilai daya serap iodine. Besarnya daya serap terhadap iodine menunjukkan banyaknya struktur mikropori yang terbentuk pada karbon aktif [4].

**Tabel 1.** Daya serap iodine karbon pada berbagai temperatur

Variasi Suhu	Daya Serap Iodine (mg/g)
400	427,653 <sup>d</sup> ± 1,79
500	444,15 <sup>c</sup> ± 0,00
600	450,495 <sup>c</sup> ± 8,97
700	482,22 <sup>b</sup> ± 0,00
800	515,214 <sup>a</sup> ± 0,00

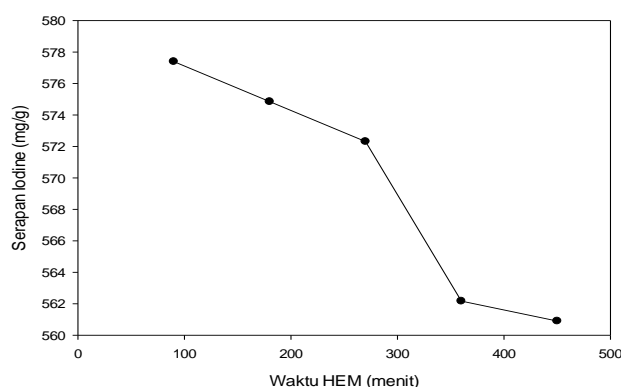
Data bilangan iodine diatas menunjukkan bilangan terendah yaitu 427,653 mg/g pada suhu 400 °C sedangkan bilangan iodine tertinggi adalah 515,214 mg/g pada suhu 800 °C. Menurut Aryani [5], semakin

tinggi suhu dan waktu aktivasi maka semakin tinggi bilangan iodine karena semakin banyak permukaan karbon yang teraktivasi. Berdasarkan analisis post hoc terjadi perbedaan signifikan pada suhu 800 °C dan pada range 500-600 °C memiliki respon yang sama hal ini terlihat pada kolom tabel yang sama.

### 3.3. Karakteristik Daya Serap Iodine Karbon Setelah Aktivitas HEM

Hasil karbonisasi terbaik (800 °C) diaktivasi dengan menggunakan HEM. Proses milling dilakukan dengan penambahan 20 buah bola besi dengan diameter 2 mm. dengan kecepatan 300 rpm. Diameter bola besi berpengaruh pada ukuran karbon yang dihasilkan. Penggunaan bola dengan diameter berbeda (kecil dan besar) ternyata dapat memberikan efek penggilingan lebih maksimal [18].

Berdasarkan hasil analisis anova one way diperoleh P value sebesar 0,000 dimana nilai tersebut <P value  $\alpha$  0,05. Hal ini berarti bertambahnya waktu HEM pada karbon berpengaruh terhadap nilai daya serap iodine, yaitu bertambahnya waktu menurunkan nilai daya serap iodine. Hasil ini menunjukkan bahwa lama waktu dalam proses HEM menurunkan daya serap iodine terlihat pada Gambar 1 menunjukkan pengaruh waktu terhadap daya serap iodine.



**Gambar 1.** Pengaruh waktu terhadap daya serap iodine

Hasil daya serap iodine dengan variasi waktu menunjukkan bahwa waktu yang paling optimal yaitu 90 menit dengan daya serap iodine karbon aktif sebanyak 577,395 mg/g (**Tabel 2**). Hasil pengaruh variasi waktu HEM terhadap daya serap iodine tidak berbanding lurus dengan teori yang ada. Semakin lama proses milling maka akan memperkecil ukuran bahan. Ukuran atau diameter karbon yang digunakan semakin kecil maka daya serap karbon aktif akan semakin besar karena semakin banyak pori-pori yang dimiliki. Namun hasil penelitian yang dilakukan [18][19] menjelaskan bahwa waktu milling yang terlalu lama akan membuat nanopartikel mengalami aglomerasi. Sehingga penurunan nilai hingga 560,898 mg/g dimungkinkan terjadi aglomerasi pada sampel.

Sedangkan analisis post hoc untuk waktu HEM 90 dan 180 menit memiliki respon daya serap yang sama. Hal ini terlihat kedua data berada pada kolom tabel yang sama. Analisis post hoc juga memperlihatkan perbedaan pengaruh waktu yang signifikan di setiap kolom tabelnya. Data dalam satu kolom tabel memiliki respon yang sama sedangkan data berbeda kolom tabel memiliki respon yang berbeda. Huruf pada data menandakan perbedaan kolom tabel, huruf (a) merupakan respon paling tinggi. Berdasarkan analisa daya serap iodine waktu 90 menit memberi kenaikan penyerapan sebesar 12,1 %, sehingga waktu ini dijadikan variabel tetap untuk analisa sampel variasi suhu karbonisasi.

**Tabel 2.** Daya serap iodine karbon aktif setelah aktivasi dengan HEM

Variasi Waktu (menit)	Daya Serap Iodine (awal)	Daya Serap Iodine (mg/g)	% Kenaikan
90	515,214	577,395 <sup>a</sup> ± 1,79	12,1
180	515,214	574,857 <sup>ab</sup> ± 1,79	11,58
270	515,214	572,319 <sup>b</sup> ± 1,79	11,1
360	515,214	562,167 <sup>c</sup> ± 0,00	9,11
450	515,214	560,898 <sup>c</sup> ± 1,79	8,87

Pengaruh temperatur karbonisasi pada proses aktivasi dengan HEM dengan waktu optimum yaitu 90 menit dapat dilihat pada **Tabel 3**. Berdasarkan Tabel 3, dapat dilihat bahwa proses aktivasi dengan HEM dapat meningkatkan daya serap iodine. Kenaikan tertinggi, sebesar 21,36 % tercapai pada daya serap iodine yang paling rendah. Semakin tinggi daya serap iodine awal, maka semakin turun kenaikan daya serap iodine.

**Tabel 3.** Daya serap iodine karbon aktif pada berbagai temperatur karbonisasi

Variasi Suhu	Karbonisasi	HEM	% Kenaikan
	Daya Serap Iodine (mg/g)	Daya Serap Iodine (mg/g)	
400	427,653 ± 1,79	519,021 <sup>c</sup> ± 1,79	21,36
500	444,15 ± 0,00	525,366 <sup>d</sup> ± 0,00	18,28
600	450,495 ± 8,97	531,711 <sup>c</sup> ± 1,79	18,1
700	482,22 ± 0,00	552,015 <sup>b</sup> ± 1,79	14,47
800	515,214 ± 0,00	577,395 <sup>a</sup> ± 1,79	12,1

### 3.4. Karakteristik Daya Serap Iodine Karbon Setelah Aktivitas Asam dan Basa

Proses pembuatan karbon aktif bunga pinus juga dilakukan dengan metode aktivasi kimia, hal ini bertujuan untuk melihat seberapa besar daya serap iodinnya. Aktifator yang digunakan adalah NaOH bersifat basa dan HCl bersifat asam. Dalam proses aktivasi 10 gram karbon pada karbonisasi 800 °C direndam dalam 30 ml larutan NaOH dengan konsentrasi 1 % selama 24 jam. Sedangkan konsentrasi HCl yaitu 0,5 M, selanjutnya dilakukan penyaringan, penetralan pH, dan pengeringan dengan suhu 110 °C selama 3 jam.

**Tabel 4** menunjukkan bahwa aktifator HCl merupakan aktifator terbaik dibandingkan NaOH. Hal ini disebabkan karena zat asam memiliki kemampuan mengikat air lebih sempurna untuk melarutkan zat-zat organik maupun anorganik yang terikat dalam material karbon sehingga diperoleh karbon dengan pori-pori yang lebih bersih dan terbuka [20]. Aktivator HCl menghasilkan daya serap iodin sebesar 585,009 mg/g dengan kenaikan 13,55% dari sampel awal karbon variasi suhu 800 °C. Berdasarkan Tabel 3 dan Tabel 4 dapat dilihat bahwa aktivasi karbon dengan HEM selama 90 menit menghasilkan serap iodine yang lebih baik jika dibandingkan dengan aktivasi dengan NaOH 1 %.

**Tabel 4.** Data Hasil Penyerapan iodine karbon aktif dengan aktivasi asam dan basa

Jenis Aktivator	Daya Serap Iodine (awal)	Daya Serap Iodine (mg/g)	% Kenaikan
NaOH	515,214	567,243	10,1
HCl	515,214	585,009	13,55

### 3.5. Karakteristik Daya Serap Iodine Karbon Setelah Aktivitas Asam/ Basa dan HEM

Peningkatan daya serap iodine karbon aktif bunga pinus ini juga dilakukan penggabungan metode dengan cara karbon aktif yang sudah teraktivasi dengan metode kimia dilanjutkan dengan aktivasi dengan proses HEM dengan waktu milling 90 menit. **Tabel 5** menunjukkan data peningkatan nilai daya serap iodine pada karbon aktif bunga pinus.

**Tabel 5.** Data Hasil Penyerapan iodine karbon aktif dengan aktivasi asam/basa dan HEM

Jenis Aktivator	Daya Serap Iodine (awal)	Daya Serap Iodine (mg/g)	% Kenaikan
NaOH	567,243	602,775	6,26
HCl	585,009	609,12	4,12

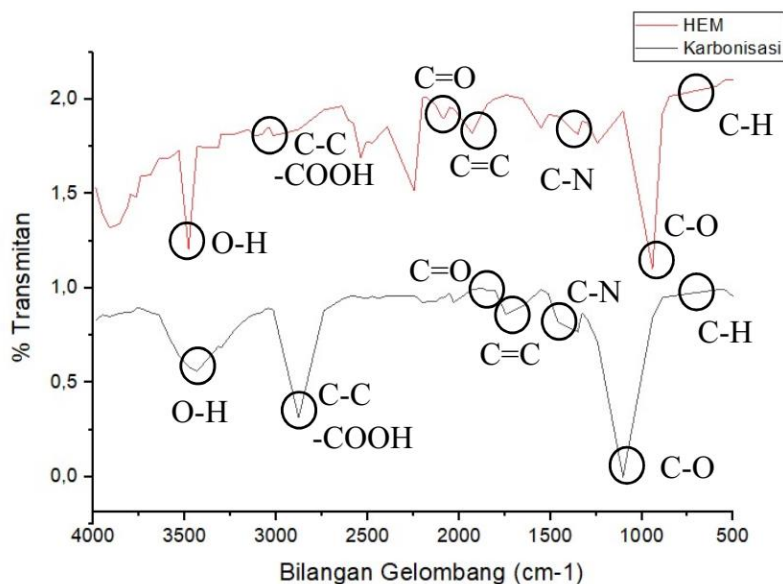
Berdasarkan daya serap iodine, karbon aktif bunga pinus yang dihasilkan belum memenuhi standar mutu karbon aktif yang digunakan di Indonesia berdasarkan SNI 06-3730-1995 (minimal 750 mg/g karbon). Namun keseluruhan hasil analisis, daya serap iodine yang didapat masih memenuhi SNI No. 0258-79, dimana daya serap terhadap iodine minimum sebesar 200 mg/g karbon.

Penelitian yang dilakukan [20] menunjukkan bahwa jenis senyawa kimia pada proses aktivasi karbon sangat berpengaruh pada kualitas produk karbon aktif yang dihasilkan. Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> menghasilkan daya serap iodine sebesar 812,16 mg/g dan NaCl 786,78 mg/g. Sementara dengan NaOH, daya serap iodine karbon aktif hanya 278,18 mg/g.

Semakin luas permukaan karbon aktif maka daya serap karbon aktif tersebut akan semakin tinggi. Bilangan iodine dapat dipakai menjadi asumsi luas permukaan buat beberapa jenis karbon aktif. Namun dapat diingat bahwa korelasi antara luas permukaan dengan bilangan iodine tidak bisa disamaratakan. Berubah terhadap kondisi bahan baku, proses serta distribusi volume pori [21].

### 3.6. Uji FTIR

Karbon yang dihasilkan dari bunga pinus setelah proses karbonisasi dan setelah proses aktivasi dengan HEM diuji dengan menggunakan FTIR untuk mengetahui gugus fungsi yang terkandung di berdasarkan puncak serapan yang dihasilkan. Pola spektrum yang dihasilkan merupakan hasil serapan vibrasi dari seluruh konstituen yang ada dalam sel. Gugus fungsi yang dihasilkan dapat digunakan sebagai penciri dari karbon aktif tersebut. Gambar 5 menunjukkan spektrum FTIR karbon bunga pinus.



**Gambar 5.** Spektrum FT-IR karbon bunga pinus

**Tabel 6.** Karakteristik Serapan IR pada Sampel

No	Gugus	Panjang Gelombang (cm <sup>-1</sup> )	Nama Sampel	
			Hasil Karbonisasi	Hasil aktivasi dengan HEM
1	C-H alkena	675-995	941,26	948,98
2	C-H aromatik	690-900	887,26	894,97
3	C-O alkohol/eter/ asam karboksil/ester	1050-1300	1103,28	1103,28
4	C-N amina/amida	1180-1360	1350,17	1350,17
5	C=C aromatik	1500-1600	1512,19	1512,19
6	C=C alkena	1610-1680	1651,07	1658,78
7	C=O aldehyd/aeton/ asam karboksil/ester	1690-1760	1743,65	1751,36
8	-COOH asam karboksil	2500-3000	2738,92	2738,92
9	C-H alifatik	2580-2970	2877,79	2877,79
10	O-H alkohol/fenol	3200-3650	3479,58	3479,58

Data peak karbon hasil karbonisasi dan setelah aktivasi dengan HEM dapat dilihat pada **Tabel 6**. Dapat dilihat bahwa tidak ada perbedaan gugus fungsi setelah proses karbonisasi dengan furnace dan setelah proses aktivasi dengan HEM.

Serapan pada bilangan gelombang 1743,65 cm<sup>-1</sup> dan 1751,36 cm<sup>-1</sup> pada sampel karbon setelah HEM yang mengindikasikan adanya gugus C=O. Menurut Mentari [22] dalam penelitiannya, puncak serapan yang dihasilkan pada bilangan gelombang 1820-1600 cm<sup>-1</sup> mengindikasikan keberadaan C=O, gugus ini merupakan gugus khas yang terdapat pada karbon aktif yang menunjukkan bahwa telah terbentuknya zat aktif karbon pada bahan baku yang digunakan. Keberadaan gugus fungsi asam karboksil (-COOH), gugus hidroksil (-OH) dan gugus amina (C-N) berperan penting dalam adsorpsi [23]. Peak kedua sampel terlihat pada gelombang 1103,28 cm<sup>-1</sup> gugus fungsi C-O, 1350,17 cm<sup>-1</sup> gugus fungsi C-N, dan 2738,92 cm<sup>-1</sup> gugus fungsi -COOH. Namun intensitas peak sampel HEM lebih tinggi yaitu 99,43 (C-O) dan 99,53 (C-N), sedangkan sampel karbonisasi yaitu 95,88 (C-O) dan 99,04 (C-N).

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian dan pengolahan data analisa maka dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi maka semakin tinggi bilangan iodin. Serapan iodine tertinggi adalah 515,214 mg/g pada suhu 800 °C. Proses aktivasi dengan HEM membuat luas permukaan karbon semakin besar sehingga terjadi peningkatan serapan iodine. Diperoleh waktu HEM 90 menit sebesar 577,395 mg/g dengan kenaikan penyerapan 12,1%. Gugus fungsi C=O karbon aktif bunga pinus terdapat dipuncak serapan bilangan gelombang 1743,65 cm<sup>-1</sup> dan 1751,36 cm<sup>-1</sup>.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mopoung, S. and Dejang, N. 2021. Activated carbon preparation from eucalyptus wood chips using continuous carbonization–steam activation process in a batch intermittent rotary kiln. *Scientific Reports*, 11, 13948.
- [2] Mateo, W. et al., 2020. Synthesis and Characterization of Sulfonated Activated Carbon as a Catalyst for Bio-jet Fuel Production from Biomass and Waste Plastics. *Bioresources Technology*, 297.
- [3] Mallick, A., Mukhopadhyay, M. & Ash, S., 2019. Synthesis, characterization and performance evaluation of a solid acid catalyst prepared from coconut shell for hydrolyzing pretreated *Acacia nilotica* heartwood. *J. Inst. Eng. India Ser. E*. 101(1): 69–76.
- [4] Dewi R, Azhari, dan Nofriadi, I. 2020. Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia KOH. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 9(2): 12 – 22.
- [5] Aryani, F., Mardiana, F., dan Wartomo. 2019. Aplikasi Metode Aktivasi Fisika Dan Aktivasi Kimia Pada Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa (*Cocos Nucifera L.*). *Indonesian Journal of Laboratory*, 1(2): 16 – 20.
- [6] Imauddin, R. et al., 2020. Reforestation and Sustainable Management of Pinus merkusii Forest Plantation in Indonesia: A Review. *Forest*, 11(12).
- [7] Marsh, H., Reinoso, F.R. 2006. *Activated Carbon*. Elsevier Ltd. ISBN-13:978-0-08-044463-5. Typeset by CharonTec Ltd Chennai India.
- [8] Hendrawan, Y, Sajidah, N., Umam, C., Fauzi, M. R. Wibisono, Y., and Hawa, L. C. 2019. Effect of Carbonization Temperature Variations and Activator Agent Types on Activated Carbon Characteristics of Sengon Wood Waste (*Paraserianthes falcataria (L.) Nielsen*). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 239.
- [9] Lubis, R.A.F., Nasutio, H. I., dan Zubir, M. 2020. Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indonesian Journal of Chemical Science and Technology*, 3(2): 67 – 73.
- [10] Udyani, K., Purwaningsih, D. Y., Setiawan, R., dan Yahya, K. 2019. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Bakau Menggunakan Gabungan Aktivasi Kimia dan Fisika Dengan Microwave. *Jurnal IPTEK*, 23(1).
- [11] Meilianti. 2020. Pembuatan Karbon Aktif Dari Arang Tongkol Jagung Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>). *Distilasi*, 5(1): 14-20.
- [12] Taufik, M., dkk., 2021. Pembuatan Karbon Aktif Cangkang Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis*) Dengan Aktivator Gelombang Microwave. *Periodic*, 10(1): 40 – 44.
- [13] Ramdja, A. Fuadi., Halim M, dan Jo Handi. 2008. Pembuatan karbon aktif dari pelepah kelapa (*Cocos nucifera*). *Jurnal Teknik Kimia*, 15 (2): 1-8.
- [14] Sa'diyah, K., Suharti, P. H., Hendrawati, N., Pramatasari, F.A., Rahayu, O. M. 2021. Pemanfaatan Serbuk Gergaji Kayu sebagai Karbon Aktif melalui Proses Pirolisis dan Aktivasi Kimia. *CHEESA: Chemical Engineering Research Articles*, 4(2): 91-99.
- [15] Ngafwan, N., Wardhana, I. N. G., Wijayanti, W., Siswanto, E. 2018. The role of NaOH and papaya latex bio-activator during production of carbon nanoparticle from rice husks. *Adv. Nat. Sci: Nanosci. Nanotechnol.* 9 045011
- [16] Byrne, C.E. and Nagle, D.C. 1997. Carbonization Of Wood for Advanced Materials Applications. *Carbon*, 35(2): 259 - 266.
- [17] Nurhasni., Hendrawati dan Saniyyah, N. 2010. Penyerapan Ion Logam Cd dan Cr dalam Air Limbah Menggunakan Sekam Padi. *Jurnal Penelitian*. UIN Syarif Hidayatullah, Jakarta.
- [18] Ikono, R., dkk. 2012. Sintesis Nanopartikel ZnO dengan Metode Mechanochemical Milling. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Bahan*, 2012.
- [19] Jian-wu, Y., L. A-fang, A.P., and Quan-guo, L. 2009. Fabrication of nano crystalline W-Ni-Fe pre-alloyed powders by mechanical alloying technique. *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, 19: s711–s717.
- [20] Erawati, E. dan Fernando, A. 2018. Pengaruh Jenis Aktivator Dan Ukuran Karbon Aktif Terhadap Pembuatan Adsorbent Dari Serbuk Gergaji Kayu Sengon (*Paraserianthes Falcataria*). *Jurnal Integrsi Proses*, 7(2): 58 – 66.
- [21] Sudibandriyo, M., 2003. *A Generalized Ono-Kondolatic Model for High Pressure on Carbon Adsorben*. Oklahoma: Oklahoma State University.
- [22] Mentari, V. A., Handika, G., & Maulina, S. 2018. Perbandingan Gugus Fungsi dan Morfologi Permukaan Karbon Aktif dari Pelepah Kelapa Sawit Menggunakan Aktivator Asam Fosfat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) dan Asam Nitrat (HNO<sub>3</sub>). *Jurnal Teknik Kimia USU*, 7(1): 16-20.
- [23] Silaen, P.S. Karlina, D., Ismuyanto, B., & Hidayati, A. D. 2019. Sintesis Karbon Aktif dari Kulit Singkong untuk Menurunkan Kadar Cr (VI) dengan Variasi Konsentrasi Awal Limbah Cr (VI) dan Aktivator ZnCl<sub>2</sub>. *Jurnal Mahasiswa Teknik Kimia*

