

## Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Prekursor Batubara

Atut Reni Septiana<sup>1\*</sup>, Yosef Christian Riki Teluma<sup>1</sup>, Agus Rifani<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Physics, Institut Teknologi Kalimantan, Indonesia. E-mail: [atutrenis.fj@itk.ac.id](mailto:atutrenis.fj@itk.ac.id)

---

### ARTICLE INFO

#### Article Info:

Received: 23-08-2021

Revised: 09-09-2021

Accepted: 27-01-2022

#### Keywords:

Coal; Activated carbon;  
Activation temperature;  
Moisture content; Iodine  
adsorption; Methylene blue  
adsorption.

#### How To Cite:

Septiana, A.R., Teluma,  
Y.C.R., Rifani, A. (2022).  
Sintesis dan Karakterisasi  
Karbon Aktif dari  
Prekursor Batubara.  
Indonesian Physical  
Review 5(1) pp 15-22

#### DOI:

<https://doi.org/ipr.v5i1.121>

### ABSTRACT

In this work, coal derived activated carbon has been synthesized successfully. The activated carbon was prepared by soaking coal powder in KOH solution and continued by activation at varied temperature, i.e. 400, 500, and 600 °C. The performance of the activated carbon was examined by X-Ray Diffraction (XRD), Fourier Transform Infrared spectroscopy (FTIR), moisture content, and iodine adsorption. The XRD data analysis results indicated the amorphous structure of carbon and revealed the more amorphous carbon as the higher of the activation temperature. The characterization using FTIR exhibited the presence of functional groups such as hydroxyl, carboxylic acid, ketone, amino, and so on. The lowest moisture content was achieved by activated carbon which was activated at 400 °C, namely 3.77%, while the moisture content for activation temperature at 500 and 600 °C were 5.3 and 7.74 % respectively. Moreover, the adsorption of iodine increased by the increase of the activation temperature due to high pore surfaces of the activated carbon.

Copyright © 2022 Authors. All rights reserved.

---

### Pendahuluan

Dalam beberapa dekade terakhir, penggunaan karbon aktif sebagai adsorben maupun katalis terus meningkat karena struktur pori dan sifat permukaan kimianya yang baik, yang dapat dimodifikasi dengan berbagai proses perlakuan [1]. Karbon aktif telah banyak digunakan dalam berbagai aplikasi penting seperti adsorpsi CO<sub>2</sub>, superkapasitor, *water treatment*, menghilangkan zat pewarna, dan katalis [2-6].

Sifat fisis dan kimia karbon aktif bergantung pada beberapa faktor seperti prekursor yang digunakan dan proses aktivasi. Proses aktivasi kimia dan aktivasi fisika merupakan proses aktivasi yang dapat digunakan untuk mensintesis karbon aktif. Aktivasi fisika melibatkan pemanasan konvensional menggunakan furnace [7,8], sedangkan pada proses aktivasi kimia, prekursor diimpregnasi ke dalam agen aktivator seperti HNO<sub>3</sub>, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, KOH, NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, K<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, dan ZnCl<sub>2</sub> [1,2,9-15].

Penelitian ini melaporkan mengenai pemanfaatan batubara sebagai prekursor dalam pembuatan karbon aktif. Batubara sangat berpotensi menghasilkan karbon aktif karena beberapa keunggulan yang dimilikinya, di antaranya yaitu kaya akan sumber karbon, murah dan masih memiliki cadangan yang melimpah meskipun merupakan sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui [8,16,17].

Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh suhu aktivasi terhadap kandungan kadar air karbon aktif yang telah disintesis serta performanya terhadap daya serap iodin. Selain itu struktur kristal dan gugus fungsi karbon aktif tersebut juga akan diinvestigasi masing-masing melalui karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) dan *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

### Metode Eksperimen

Pada penelitian ini, prekursor batubara yang digunakan berasal dari Kalimantan Tengah. Pembuatan karbon aktif dimulai dengan menghaluskan bongkahan batubara menggunakan mesin *milling* hingga menjadi serbuk batubara halus kemudian mengayak serbuk tersebut menggunakan ayakan 200 mesh. Serbuk batubara dengan ukuran kurang dari 200 mesh tersebut diimpregnasi dalam larutan KOH selama 24 jam dan selanjutnya dikeringkan pada suhu 110°C untuk menguapkan kandungan air di dalamnya. Sampel tersebut kemudian dipanaskan pada suhu dengan variasi 400, 500, dan 600°C selama 2 jam. Setelah proses pemanasan selesai, sampel dicuci menggunakan larutan HCl selama 30 menit dilanjutkan pencucian menggunakan akuades hingga mencapai pH netral. Sampel tersebut kemudian dikeringkan kembali pada suhu 110°C.

Karakterisasi *X-Ray Diffraction* (XRD) digunakan untuk mengetahui struktur kristal karbon aktif yang dihasilkan. Selanjutnya, gugus fungsi karbon aktif dipelajari menggunakan spektroskopi *Fourier Transform Infrared* (FTIR).

Dalam menentukan kadar air karbon aktif yang telah selesai disintesis, maka karbon aktif sebanyak 0.5 gram diletakkan di krusibel kemudian massa total karbon aktif dan krusibel ditimbang. Karbon aktif dalam krusibel tersebut dipanaskan dalam *furnace* pada suhu 105°C hingga massanya menjadi konstan. Sampel selanjutnya disimpan dalam desikator hingga suhunya mencapai suhu kamar. Kadar air ditentukan dengan menggunakan persamaan (1) [18].

$$\text{Kadar Air} = \frac{B-F}{B-G} \times 100\% \quad (1)$$

dengan  $B$  merupakan massa awal karbon karbon aktif dan krusibel sebelum dipanaskan,  $F$  merupakan massa akhir karbon aktif dan krusibel setelah dipanaskan, dan  $G$  merupakan massa krusibel.

Dalam menentukan daya serap iodin, larutan iodin 0.1 N sebanyak 25 ml ditambahkan ke dalam 0.5 gram sampel karbon aktif. Larutan diaduk selama 15 menit kemudian disimpan di tempat gelap selama 2 jam, selanjutnya larutan tersebut disaring menggunakan kertas saring. Sebanyak 10 ml filtrat dititrasi dengan larutan  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  0.1 N hingga larutannya berubah warna menjadi kuning muda. Selanjutnya 1 ml indikator amilum 1% ditambahkan ke dalam

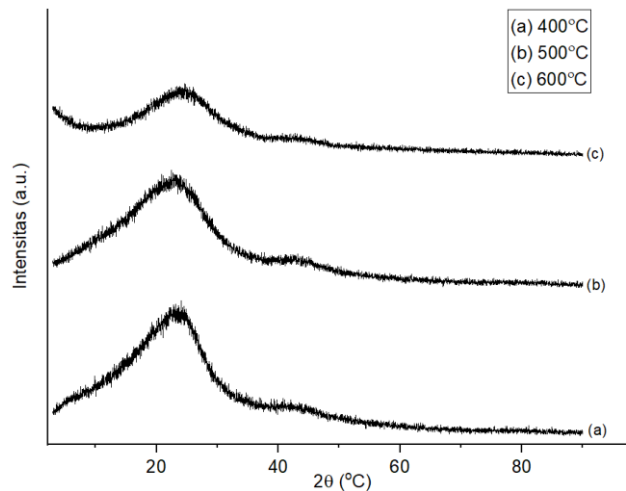
filtrat dan titrasi dilanjutkan hingga warna biru kehitaman tepat hilang dan larutan berubah menjadi bening. Daya serap iodin (DSI) ditentukan dengan persamaan (2) [19].

$$DSI = \frac{\left(V - \frac{T \cdot C_1}{C_2}\right) \cdot w \cdot F_p}{m} \quad (2)$$

dengan  $V$  merupakan volume filtrat yang digunakan dalam titrasi,  $T$  merupakan volume  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  yang terpakai dalam titrasi,  $C_1$  merupakan konsentrasi dari  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ,  $C_2$  merupakan konsentrasi dari iodin,  $w$  merupakan berat ekuivalen iodin,  $F_p$  merupakan faktor pengenceran, dan  $m$  merupakan massa sampel karbon aktif yang digunakan.

### Hasil dan Diskusi

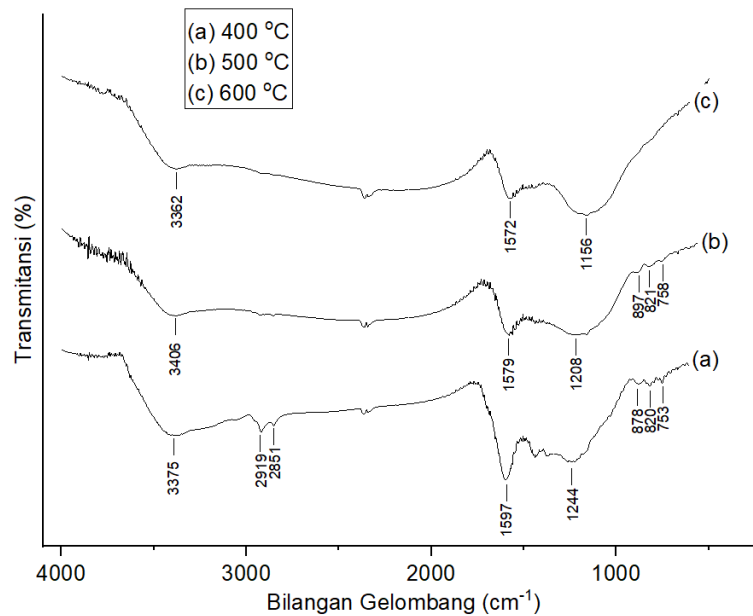
Pola difraksi sinar-X karbon aktif pada suhu aktivasi yang berbeda ditunjukkan pada Gambar 1. Ketiga sampel tersebut menunjukkan adanya puncak melebar pada sudut  $2\theta$  sekitar  $23^\circ$ - $25^\circ$  dan  $42^\circ$ - $44^\circ$  yang mengkonfirmasi bahwa material tersebut merupakan karbon dengan struktur amorf yang menunjukkan hasil serupa dengan penelitian yang pernah dilaporkan sebelumnya [8], [20]. Berdasarkan pola difraksi tersebut, dapat terlihat bahwa terjadi penurunan intensitas difraksi seiring dengan kenaikan suhu aktivasi yang mengindikasikan bahwa material tersebut bersifat lebih amorf. Hal itu terjadi karena kenaikan suhu aktivasi dari  $400^\circ\text{C}$  hingga  $600^\circ\text{C}$  menunjukkan kenaikan energi aktivasi yang mampu memutus beberapa ikatan kimia yang terdapat dalam material tersebut. Penjelasan tersebut dapat dikonfirmasi berdasarkan hasil analisis FTIR yang mengindikasikan hilangnya beberapa gugus fungsi karbon aktif seiring dengan kenaikan suhu aktivasi seperti ditunjukkan pada Gambar 2.



**Gambar 1.** Pola XRD karbon aktif pada suhu aktivasi (a)  $400^\circ\text{C}$ , (b)  $500^\circ\text{C}$  dan (c)  $600^\circ\text{C}$ .

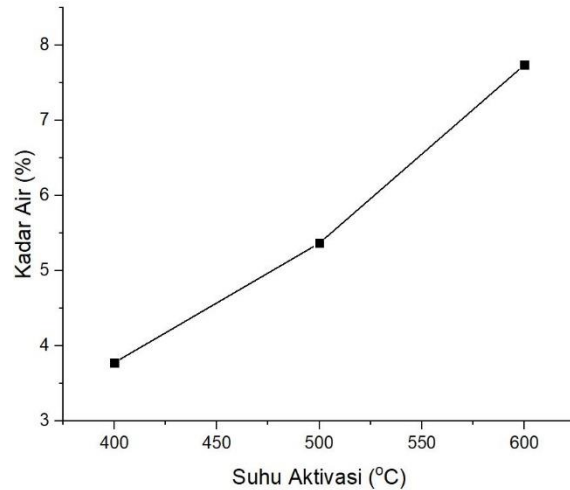
Gambar 2 di bawah ini merupakan spektrum FTIR karbon aktif yang diaktivasi pada berbagai suhu aktivasi. Pita serapan melebar pada rentang  $3650$ - $3250\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur gugus fungsi hidroksil (O-H). Puncak absorpsi yang rendah pada  $2920$ - $2840\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya vibrasi ulur C-H dari hidrokarbon alifatik asimetrik yang

menunjukkan bahwa karbon aktif tersebut mengandung beberapa grup  $-CH_2$  dan  $-CH_3$ . Pita absorpsi yang juga rendah pada daerah  $1600-1500\text{ cm}^{-1}$  merupakan vibrasi ulur dari ikatan  $C=O$  dan  $C=C$  atau vibrasi tekuk  $N-H$  yang mengindikasikan bahwa karbon aktif tersebut memiliki kandungan asam karboksilat, keton atau gugus fungsi kelompok amino. Selanjutnya, puncak absorpsi pada  $1300-1000\text{ cm}^{-1}$  merujuk pada vibrasi ulur  $C-O$ , yang merupakan hasil dari gugus fungsi hidroksil, ester dan eter pada karbon aktif [21]. Puncak absorpsi pada rentang  $900-700\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan adanya senyawa aromatik pada sampel tersebut [22]. Puncak-puncak absorpsi ketiga sampel karbon aktif tersebut memiliki kesamaan karakteristik meskipun intensitas puncak absorpsi menurun seiring kenaikan suhu aktivasi. Ketika suhu aktivasi mencapai  $600^\circ\text{C}$ , puncak absorpsi pada rentang  $2920-2840\text{ cm}^{-1}$  dan  $900-700\text{ cm}^{-1}$  menghilang. Hal ini terjadi karena sebagian rantai gugus fungsi pada material karbon putus dan terpisah dari kerangka karbon oleh aktivasi pada suhu tinggi yang menyebabkan menurunnya kandungan gugus fungsi pada material karbon tersebut. Dalam hal ini, terlihat jelas bahwa suhu aktivasi sangat mempengaruhi kandungan gugus fungsi suatu senyawa pada sampel karbon aktif.



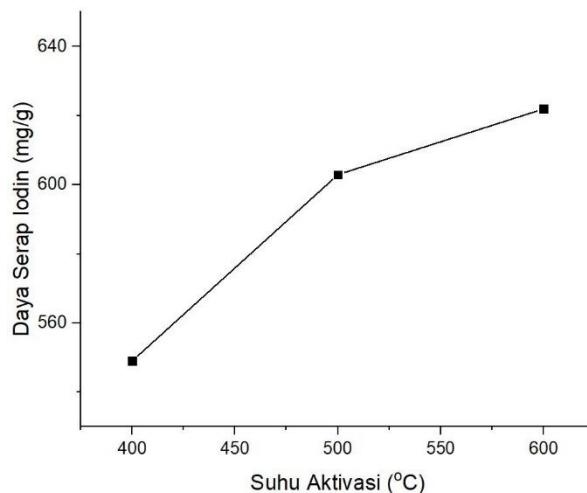
**Gambar 2.** Spektrum FTIR karbon aktif pada suhu aktivasi (a)  $400^\circ\text{C}$ , (b)  $500^\circ\text{C}$  dan (c)  $600^\circ\text{C}$ .

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara suhu aktivasi terhadap kadar air dalam karbon aktif. Berdasarkan grafik tersebut, terlihat bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, kadar air dalam karbon aktif semakin besar. Fenomena tersebut terjadi karena semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan dalam aktivasi fisika maka sifat higroskopis dari karbon aktif juga meningkat. Hasil penelitian serupa juga diperoleh oleh peneliti sebelumnya, kadar air karbon aktif yang terbuat dari serbuk kayu dengan aktivasi fisika pada suhu  $700$ ,  $800$ , dan  $900^\circ\text{C}$  selama 90 menit secara berturut-turut sebesar  $9.20$ ,  $18.75$ , dan  $19.26\%$  [23]. Kadar air yang telah diperoleh dari penelitian ini telah memenuhi SNI -07-3704-1995 dengan standar yang ditetapkan yaitu maksimal  $15\%$ .



**Gambar 3.** Hubungan antara suhu aktivasi dengan kadar air karbon aktif

Gambar 4 merupakan grafik kebergantungan daya serap iodin terhadap suhu aktivasi karbon aktif. Dari grafik tersebut, terlihat jelas bahwa suhu aktivasi yang digunakan mempengaruhi daya serap karbon aktif terhadap iodin. Pada suhu 400, 500, dan 600°C secara berturut-turut diperoleh daya serap iodin sebesar 548.97, 602.92, dan 621.96 mg/g. Semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan menyebabkan daya serap iodin juga semakin besar. Hal itu terjadi karena semakin tinggi suhu yang digunakan, maka pori-pori karbon aktif semakin besar pula sehingga luas permukaannya pun semakin besar. Luas permukaan yang lebih besar akan meningkatkan daya serap karbon aktif terhadap iodin [19], [24]. Besarnya daya serap iodin yang diperoleh pada penelitian ini memiliki kualitas yang lebih baik dibandingkan dengan penelitian serupa yang menggunakan batubara sebagai prekursor karbon aktif dan menggunakan suhu aktivasi yang lebih tinggi [16].



**Gambar 4.** Hubungan antara suhu aktivasi karbon aktif dengan daya serap iodin

## Kesimpulan

Suhu aktivasi karbon aktif mempengaruhi performa karbon aktif dalam hal struktur kristal, kandungan gugus fungsi, kadar air, dan daya serap iodin. Berdasarkan analisis data XRD, material yang telah disintesis pada penelitian ini merupakan material karbon dengan struktur amorf. Semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan, material karbon tersebut semakin bersifat lebih amorf. Selanjutnya, hasil analisis FTIR menunjukkan bahwa sampel karbon yang diteliti mengandung beberapa gugus fungsi seperti hidroksil, ester, eter, keton, asam karboksilat, dan kelompok amino. Semakin tinggi suhu aktivasi yang digunakan dalam pembuatan karbon aktif, semakin tinggi pula kadar air dalam karbon aktif karena sifat higroskopis yang semakin meningkat. Selain itu, seiring meningkatnya suhu aktivasi karbon aktif, daya serap iodin akan semakin besar karena luas permukaan yang dimiliki karbon aktif semakin besar.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Kemenristekdikti yang telah mendanai penelitian melalui skema Hibah Penelitian Dosen Pemula dengan nomor surat keputusan 008/SP2H/LT/DRPM/2020 dan nomor kontrak 2838/IT10.II/PPM.01/2020.

## Referensi

- [1] J. J. Ternero-Hidalgo, J. M. Rosas, J. Palomo, M. J. Valero-Romero, J. Rodríguez-Mirasol, and T. Cordero, "Functionalization of activated carbons by HNO<sub>3</sub> treatment: Influence of phosphorus surface groups," *Carbon N. Y.*, vol. 101, pp. 409–419, 2016, doi: 10.1016/j.carbon.2016.02.015.
- [2] G. G. Huang, Y. F. Liu, X. X. Wu, and J. J. Cai, "Activated carbons prepared by the KOH activation of a hydrochar from garlic peel and their CO<sub>2</sub> adsorption performance," *Xinxing Tan Cailiao/New Carbon Mater.*, vol. 34, no. 3, pp. 247–257, 2019, doi: 10.1016/S1872-5805(19)60014-4.
- [3] X. He, T. Wang, R. Li, M. Zheng, and X. Zhang, "Activated carbon from bituminous coal by microwave-assisted heating in different gas media for supercapacitor electrodes," *Adv. Mater. Res.*, vol. 148–149, pp. 1230–1234, 2011, doi: 10.4028/www.scientific.net/AMR.148-149.1230.
- [4] C. Jiang *et al.*, "Study on Application of Activated Carbon in Water Treatment," *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.*, vol. 237, no. 2, pp. 8–13, 2019, doi: 10.1088/1755-1315/237/2/022049.
- [5] B. Acemioğlu, "Removal of a reactive dye using NaOH-activated biochar prepared from peanut shell by pyrolysis process," *Int. J. Coal Prep. Util.*, vol. 0, no. 0, pp. 1–23, 2019, doi: 10.1080/19392699.2019.1644326.
- [6] E. Bailón-García, F. J. Maldonado-Hódar, A. F. Pérez-Cadenas, and F. Carrasco-Marín, "Catalysts supported on carbon materials for the selective hydrogenation of citral," *Catalysts*, vol. 3, no. 4, pp. 853–877, 2013, doi: 10.3390/catal3040853.
- [7] M. J. Ahmed and S. K. Theydan, "Physical and chemical characteristics of activated

- carbon prepared by pyrolysis of chemically treated date stones and its ability to adsorb organics," *Powder Technol.*, vol. 229, pp. 237–245, 2012, doi: 10.1016/j.powtec.2012.06.043.
- [8] A. H. Wazir, I. ul Haq, A. Manan, and A. Khan, "Preparation and characterization of activated carbon from coal by chemical activation with KOH," *Int. J. Coal Prep. Util.*, vol. 00, no. 00, pp. 1–12, 2020, doi: 10.1080/19392699.2020.1727896.
- [9] S. Maulina and V. A. Mentari, "Comparison of Functional Group and Morphological Surface of Activated Carbon from Oil Palm Fronds Using Phosphoric Acid ( $H_3PO_4$ ) and Nitric Acid ( $HNO_3$ ) as an Activator," *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, vol. 505, no. 1, 2019, doi: 10.1088/1757-899X/505/1/012023.
- [10] S. Ayyalusamy and S. Mishra, "Optimization of preparation conditions for activated carbons from polyethylene terephthalate using response surface methodology," *Brazilian J. Chem. Eng.*, vol. 35, no. 3, pp. 1105–1116, 2018, doi: 10.1590/0104-6632.20180353s20160724.
- [11] K. Le Van, T. L. T. Thu, H. N. T. Thu, and H. Van Hoang, "Activated Carbon by KOH and NaOH Activation: Preparation and Electrochemical Performance in  $K_2SO_4$  and  $Na_2SO_4$  Electrolytes," *Russ. J. Electrochem.*, vol. 55, no. 9, pp. 900–907, 2019, doi: 10.1134/S1023193519070115.
- [12] L. Spessato *et al.*, "KOH-super activated carbon from biomass waste: Insights into the paracetamol adsorption mechanism and thermal regeneration cycles," *J. Hazard. Mater.*, vol. 371, no. December 2018, pp. 499–505, 2019, doi: 10.1016/j.jhazmat.2019.02.102.
- [13] M. A. Islam, M. J. Ahmed, W. A. Khanday, M. Asif, and B. H. Hameed, "Mesoporous activated carbon prepared from NaOH activation of rattan (*Lacosperma secundiflorum*) hydrochar for methylene blue removal," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 138, no. January, pp. 279–285, 2017, doi: 10.1016/j.ecoenv.2017.01.010.
- [14] H. Demiral and I. Uzun, "Preparation and characterization of activated carbons from poplar wood (*Populus L.*)," *Surf. Interface Anal.*, vol. 42, no. 6–7, pp. 1338–1341, 2010, doi: 10.1002/sia.3276.
- [15] T. Varil, D. Bergna, R. Lahti, H. Romar, T. Hu, and U. Lassi, "Activated carbon production from peat using  $ZnCl_2$ : Characterization and applications," *BioResources*, vol. 12, no. 4, pp. 8078–8092, 2017, doi: 10.15376/biores.12.4.8078-8092.
- [16] P. Méndez *et al.*, "Adsorption ability of activated carbon obtained from sub-bituminous coal (Lebu, Chile) to capture trimethylamine," *J. Chil. Chem. Soc.*, vol. 64, no. 3, pp. 4582–4585, 2019, doi: 10.4067/S0717-97072019000304582.
- [17] J. Zhou, S. Hao, L. Gao, and Y. Zhang, "Study on adsorption performance of coal based activated carbon to radioactive iodine and stable iodine," *Ann. Nucl. Energy*, vol. 72, pp. 237–241, 2014, doi: 10.1016/j.anucene.2014.05.028.
- [18] T. E. Oladimeji, B. O. Odunoye, F. B. Elehinafe, O. R. Obanla, and O. A. Odunlami, "Production of activated carbon from sawdust and its efficiency in the treatment of sewage water," *Heliyon*, vol. 7, no. 1, p. e05960, 2021, doi: 10.1016/j.heliyon.2021.e05960.
- [19] L. E. Laos, M. Masturi, and I. Yulianti, "Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri," vol. V, pp. SNF2016-MPS-135-SNF2016-MPS-140, 2016, doi: 10.21009/0305020226.

- [20] A. Kumar and H. Gupta, "Activated carbon from sawdust for naphthalene removal from contaminated water," *Environ. Technol. Innov.*, vol. 20, p. 101080, 2020, doi: 10.1016/j.eti.2020.101080.
- [21] X. Lan, X. Jiang, Y. Song, X. Jing, and X. Xing, "The effect of activation temperature on structure and properties of blue coke-based activated carbon by CO<sub>2</sub> activation," *Green Process Synth*, vol. 8, pp. 837-845, 2019, doi: <https://doi.org/10.1515/gps-2019-0054>.
- [22] D. Cuhadaroglu and O. A. Uygun, "Production and characterization of activated carbon from a bituminous coal by chemical activation," *African J. Biotechnol.*, vol. 7, no. 20, pp. 3706-3713, 2008, doi: 10.4314/ajb.v7i20.59416.
- [23] G. Pari, D. Tri Widayati, and M. Yoshida, "Mutu Arang Aktif dari Serbuk Gergaji Kayu," *J. Penelit. Has. Hutan*, vol. 27, no. 4, pp. 381-398, 2009, doi: 10.20886/jphh.2009.27.4.381-398.
- [24] F. Tumimomor, A. Maddu, and G. Pari, "Pemanfaatan Karbon Aktif dari Bambu sebagai Elektroda Superkapasitor," *J. Ilm. Sains*, vol. 17, no. 1, pp. 73-79, 2017.
- [25] Desi, A. Suharman, and R. Vinsiah, "Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Cangkang Kulit Buah Karet (*Hevea brasiliensis*)," *Pros. SEMIRATA 2015 Bid. MIPA BKS-PTN Barat*, pp. 294-303, 2015.