



Quality Properties Of Bidara Wood (*Ziziphus mauritiana*) Active Charcoal With The Addition Of H_3PO_4 Solution Based On Activation Temperature Variations

Sifat Mutu Arang Aktif Kayu Bidara (*Ziziphus mauritiana*) Dengan Penambahan Larutan H_3PO_4 Berdasarkan Variasi Suhu Aktivasi

Naurah Fadillah Azzahra¹, Devi Tanggsari^{2*}

^{1,2}Teknologi Industri Pertanian, Universitas Teknologi Sumbawa, Indonesia

Corresponding Author: devitanggsari@gmail.com

Article History:

Received : 09-07-2024
Revised : 15-07-2024
Accepted : 15-07-2024
Online : 17-07-2024

Keywords:

*Activated Charcoal;
Charcoal Activation;
Bidara Wood.*

Kata Kunci:

Arang Aktif;
Aktivasi Arang;
Kayu Bidara;



Abstract: One of the materials that can be used to make activated charcoal is bidara wood. Bidara wood has a high carbon content and a good pore structure. In addition, bidara wood also contains several minerals such as calcium, potassium, and magnesium in small amounts. The content of these compounds and elements makes bidara wood very suitable to be used as a raw material for activated charcoal. One of the activation materials is an H_3PO_4 solution. In the activation process, bidara wood activated charcoal can improve its quality properties, such as surface area, pore volume, and adsorption capacity. Therefore, the aim of this research is to determine the effect of heating temperature variations on the quality properties of bidara wood activated charcoal using chemical activation with an H_3PO_4 solution. The experimental design used in this study is a Completely Randomized Design with one factor, which is the activation temperature (500, 600, and 700°C). The results of the study showed that the use of H_3PO_4 solution at a temperature variation of 700°C resulted in better properties for moisture content (5.41%), ash content (43.29%), and iodine adsorption capacity (4,737 mg/g) compared to the temperature variations of 500°C and 600°C.

Abstrak: Salah satu bahan yang dapat dibuat arang aktif adalah kayu bidara. Kayu bidara memiliki kandungan karbon yang tinggi dan memiliki struktur pori-pori yang baik. Selain itu kayu bidara juga mengandung beberapa mineral seperti kalsium, kalium dan magnesium dalam jumlah yang kecil. Kandungan senyawa dan unsur ini membuat kayu bidara sangat cocok untuk dijadikan bahan baku arang aktif. Salah satu bahan untuk aktifasi adalah larutan H_3PO_4 . Pada proses aktivasi arang aktif kayu bidara dapat meningkatkan sifat mutu arang aktif, seperti luas permukaan, volume pori, dan kemampuan adsorpsi, sehingga tujuan dari penelitian ini yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi suhu pemanasan terhadap sifat mutu arang aktif kayu bidara menggunakan aktivasi kimia larutan H_3PO_4 . Rancangan percobaan ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap satu faktor yaitu suhu aktifasi (500, 600 dan 700°C). Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan larutan H_3PO_4 pada variasi suhu 700°C untuk kadar air (5,41%), kadar abu (43,29%) dan tingkat daya penyerapan iodine (4,737mg/g) terlihat lebih baik dibandingkan dengan variasi suhu 500°C dan 600°C.

A. LATAR BELAKANG

Tanaman bidara yang dikenal dengan nama latin *Ziziphus mauritiana* merupakan tanaman yang memiliki banyak manfaat. Tanaman bidara memiliki banyak kandungan yang bermanfaat antara lain protein, kalsium, zat besi, magnesium, vitamin, senyawa aktif seperti flavonoid, karotenoid, alkaloid, fenol, kuercetin, metil ester, terpenoid, saponin, dan lain sebagainya (Suharno, 2013) (Chairunnisa et al., 2019). Kayu bidara (*Ziziphus mauritiana*) merupakan jenis kayu yang umumnya ditemukan di wilayah tropis dan subtropis. Kayu bidara memiliki kandungan karbon yang tinggi dan memiliki struktur pori-pori yang baik (Chandrasekhar, 2011) (Yolanda Simamora et al., 2021). Selain itu kayu bidara juga mengandung beberapa mineral seperti kalsium, kalium dan magnesium dalam jumlah yang kecil. Kandungan senyawa dan unsur ini membuat kayu bidara sangat cocok untuk dijadikan bahan baku arang aktif.

Arang aktif adalah bahan karbon yang memiliki luas permukaan yang besar dan sangat berpori sehingga memiliki kemampuan adsorpsi yang tinggi. Arang aktif umumnya dibuat dari bahan baku seperti kayu, tempurung kayu, tempurung kelapa dan batu bara. Salah satu jenis kayu yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan arang aktif adalah kayu bidara (Huang, 2013) (Dungir et al., 2012). Arang aktif banyak dimanfaatkan oleh pabrik-pabrik untuk berbagai tujuan, diantaranya sebagai pembersih air, pemurnian gas, atau pengolahan limbah cair. Dalam perindustrian, arang aktif sangat berguna karena dapat mengadsorpsi bau, warna, gas serta logam berat. Banyaknya perkembangan pada proses industri meningkatkan resiko pencemaran lingkungan sehingga meningkatkan pula kebutuhan akan arang aktif (Sahara, dkk., 2017) (Arang et al., 2021).

Banyak penelitian yang telah dilakukan untuk mengoptimalkan proses pembuatan arang aktif dari kayu bidara dengan tujuan meningkatkan kualitas arang aktif. Salah satu cara yang umum dilakukan untuk meningkatkan sifat mutu arang aktif kayu bidara adalah dengan penambahan larutan H_3PO_4 pada proses aktivasi. Penambahan larutan H_3PO_4 pada proses aktivasi arang aktif kayu bidara dapat meningkatkan sifat mutu arang aktif, seperti luas permukaan, volume pori, dan kemampuan adsorpsi. Namun, pengaruh penambahan H_3PO_4 pada sifat mutu arang aktif dapat bervariasi tergantung pada suhu pemanasan selama proses aktivasi (Indraswati, 2011) (Rizaldi et al., 2023).

Arang aktif yang dihasilkan dari kayu bidara memiliki beberapa sifat mutu yang baik dan berbeda dengan arang aktif dari bahan baku lainnya, seperti luas permukaan yang besar, kekuatan mekanik yang tinggi, daya serap yang tinggi, kemampuan adsorpsi yang tinggi, dan kemurnian yang baik. Namun, perlu diingat bahwa sifat mutu arang aktif dapat bervariasi tergantung pada kondisi proses pembuatan dan bahan baku yang digunakan (Sari dan Sitorus, 2019) (Po et al., 2017).

Arang aktif diperoleh dengan proses aktivasi. Proses aktivasi merupakan proses untuk menghilangkan hidrokarbon yang melapisi permukaan arang sehingga dapat meningkatkan porositas karbon. Aktivasi arang aktif dapat dilakukan dengan 2 cara, yaitu proses aktivasi secara fisik dan proses aktivasi secara kimia. Prinsip aktivasi fisik adalah pemberian uap air atau gas CO_2 kepada arang yang telah dipanaskan. Prinsip aktivasi kimia adalah perendaman arang dalam senyawa kimia sebelum dipanaskan (Jamilatun, dkk., 2014) (So et al., 2014). Pemanasan arang aktif juga sangat mempengaruhi karakteristik mutu arang aktif, peningkatan suhu dapat meningkatkan daya serap arang aktif. Pada suhu yang lebih tinggi, porositas arang aktif dapat meningkat,

memungkinkan lebih banyak molekul air untuk diserap, suhu juga dapat mempengaruhi kemampuan arang aktif untuk mengadsorpsi air, gas dan cairan limbah.

B. METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Kegiatan penelitian ini berlangsung pada tanggal 12 sampai 30 bulan Juni 2023. Pembuatan arang aktif dilakukan di Laboratorium Pangan dan Agroindustri Fakultas Ilmu dan Teknologi Pertanian dan Laboratorium kimia Fakultas MIPA Universitas Mataram.

a. Alat

Peralatan yang diperlukan adalah gelas ukur (*beaker*), *aluminium foil*, *muffle furnace* 1100°C, mortar dan aluh, spatula, timbangan analitik, kertas saring, *centrifuge tube*, *Erlenmeyer*, pipet tetes.

b. Bahan

Bahan yang diperlukan adalah arang kayu bidara, larutan H₃PO₄ 30%, larutan natrium thiosulfate 0,1 N, aquadest, larutan iodine 0,01 N dan amilum.

c. Prosedur Penelitian

1. Karbonisasi

Karbonisasi ialah proses pembakaran yang tidak sempurna dari bahan yang mengandung karbon dengan udara yang terbatas (Suherman, dkk., 2021) (Variation, 2024). Sebagian besar komponen arang terdiri dari senyawa karbon yang terurai akibat perlakuan panas (Zuliani, dkk., 2015) (Variation, 2024). Kayu bidara dipotong dan dijemur sebelum dibakar, untuk membantu proses pembakarannya kayu disiram bensin secukupnya kemudian dibakar sampai menjadi arang. Lalu, padamkan api menggunakan air dan dijemur sampai kering.

2. Aktivasi Kimia (H₃PO₄)

Proses aktivasi kimia arang aktif dilakukan dengan aktivator H₃PO₄. Arang aktif dicampurkan dengan rendeman H₃PO₄ 30%. Campuran diaduk setelah itu didiamkan selama 24 jam lalu disaring dan dibilas dengan aquades sehingga didapatkan pH netral. Arang aktif yang sudah di aktivasi kemudian dikeringkan dan ditimbang.

3. Pengujian Kadar Air

Untuk menguji kadar air dilakukan dengan cara pengovenan arang aktif sebanyak 5 gr arang aktif ditempatkan pada cawan porselin, setelah itu dimasukkan ke furnace pada suhu 110°C selama 1 jam untuk menghilangkan kelebihan air yang ada, lalu arang aktif didinginkan dalam desikator suhu ruangan terakhir ditimbang untuk mengetahui masa akhirnya. Kadar air (KA) diperoleh dengan persamaan sebagai berikut (Manurung, dkk., 2019) (Variation, 2024) :

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{a-b}{a} \times 100\% \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan :

a = berat arang sebelum di *furnace* (gram).

b = berat arang setelah di *furnace* (gram).

4. Pengujian Kadar Abu

Pengujian kadar abu menggunakan sampel yang sama dari sisa sampel kadar air diletakkan didalam cawan porselin, dipanaskan dalam furnace pada suhu 815°C selama 1 jam untuk menghilangkan semua bahan organik yang terkandung dalam arang aktif dan diperoleh massa kolstan. Kemudian didinginkan dalam desikator dengan suhu ruangan terakhir abu ditimbang. Kadar abu arang aktif diperoleh dengan persamaan sebagai berikut (Adawi, dkk., 2011) (Arang et al., 2021) :

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{(z-x)}{y} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan :

X = berat crucible (g).

Y = berat sampel (g).

Z = berat crucible dan abu (g).

5. Pengujian Iodine

Uji iodine dilakukan dengan menimbang 0,250 gr arang aktif yang ditambahkan larutan iodine 0,1 N sebanyak 25 ml didalam wadah yang ditutup setelah itu di kocok selama 15 menit. Setelah 15 menit arang aktif di saring menggunakan kertas saring. Lalu titrasikan larutan dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N dengan menggunakan indikator amilum sehingga terjadi perubahan warna menjadi biru, baru kemudian di titrasi dengan thiosulfate hingga bening. Besarnya daya serap arang aktif terhadap yodium dihitung dengan persamaan sebagai berikut (Turmiya, dkk., 2011) (Arang et al., 2021) :

$$\text{Bilangan iodine} = A \frac{B \cdot N_{Na_2S_2O_3}}{N_{iodine}} \times \frac{126,93fp}{a}$$

Keterangan :

A = Volume larutan iodine (mL)

B = Volume natrium thiosulfate yang digunakan

fp = faktor pengenceran

a = Berat karbon aktif (g)

N (Na₂S₂O₃) = konsentrasi Na₂S₂O₃ (N)

N (iodin) = konsentrasi iodin (N)

126,93 = Jumlah iodine dalam 1 ml sodium thiosulfate.

6. Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan SPSS dan tingkat kepercayaan 95% (α=0,05) dengan perlakuan variasi suhu aktivasi 500°C (N1), 600°C (N2), 700°C (N3), dengan 3 kali pengulangan sehingga didapatkan 9 percobaan.

Table 1 Rancangan Percobaan Penelitian

Perlakuan (P) (Variasi Suhu Pemanasan)	Ulangan		
	U1	U2	U3
N1 (500°C)	N1U1	N1U2	N1U3
N2 (600°C)	N2U1	N2U2	N2U3
N3 (700°C)	N3U1	N3U2	N3U3

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Arang Aktif Kayu Bidara

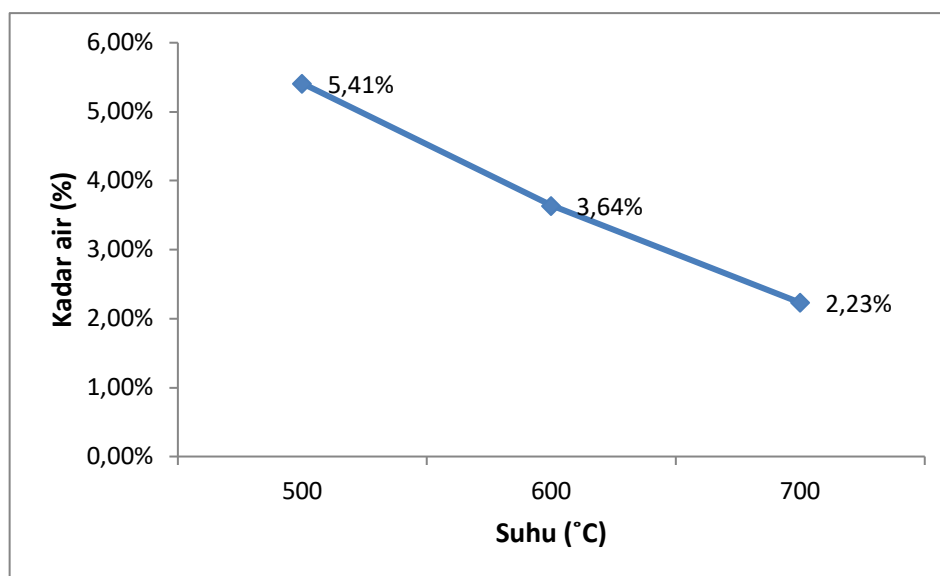
Arang aktif pada penelitian ini menggunakan perlakuan 3 variasi suhu aktivasi yakni 500°C, 600°C, 800°C, dengan tujuan untuk melihat pengaruh variasi suhu aktivasi terhadap kualitas arang aktif. Sifat mutu yang diamati pada penelitian ini adalah kadar air, kadar abu dan pengujian daya serap iodine. Arang aktif kayu bidarayang dihasilkan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 1. Arang aktif sesudah diaktivasi

2. Kadar Air

Kadar air merupakan salah satu komponen karbon yang mempengaruhi kualitas karbon aktif. Uji kadar air ini untuk mengetahui seberapa banyak air yang menguap sehingga air yang terkandung dalam karbon aktif tidak menyumbat pori-pori karbon aktif. Semakin rendah kadar air maka pori-pori semakin terbuka, dan semakin tinggi kadar air maka air akan semakin banyak menutupi pori-pori sehingga menyebabkan pori-pori tertutup.



Gambar 2. Nilai rata-rata kadar air

Hasil analisis *one way* (ANOVA) menunjukkan bahwa pengaruh variasi suhu aktivasi ($\alpha = 0,05$) berpengaruh nyata terhadap kadar air arang aktif kayu bidara yang dihasilkan ($0 < 0,05$). Berdasarkan uji lanjutan Duncan suhu 500°C berbeda nyata terhadap suhu 600°C dan 700°C. Pada penelitian ini dimana kadar air pada suhu 500°C sangat tinggi, pada suhu 600°C rendah dan pada suhu 700°C sangat rendah. Semakin besar suhu yang diberikan maka kadar air akan semakin kecil. Kadar air yang rendah pada aktivasi kimia karena pada proses pencucian ukuran partikelnya

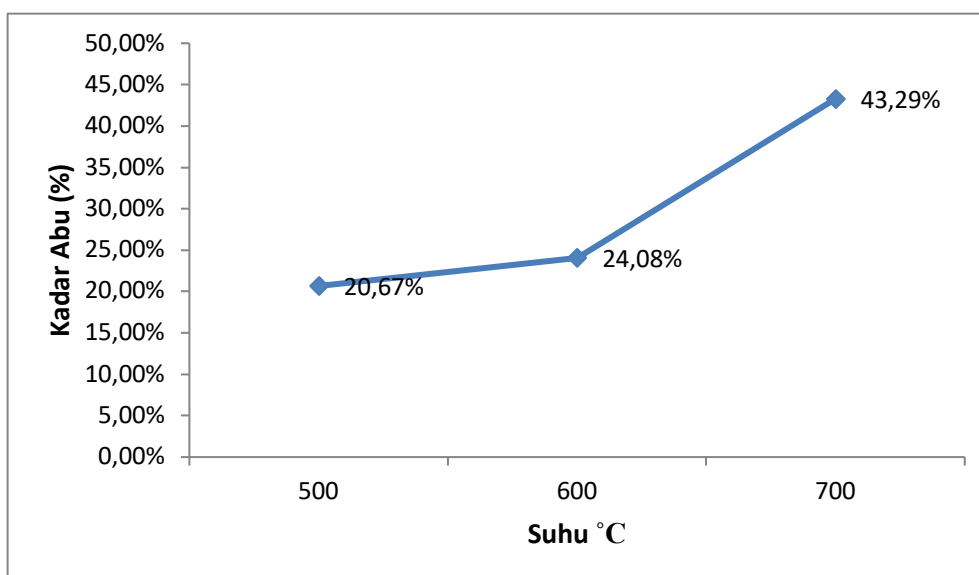
menjadi lebih kecil. Hal ini yang menyebabkan kadar air lebih kecil yang mana pendapat ini diperkuat oleh (Ramdja, dkk., 2008) (Chairunnisa et al., 2019) yang mana dikatakan bahwa semakin kecil ukuran partikel maka kadar air arang aktif semakin menurun.

Dari grafik diatas menunjukkan bahwa, kadar air yang tinggi didapatkan pada suhu 700°C, yang terendah didapatkan pada suhu 600°C dan yang paling terendah didapatkan pada suhu 500°C. Hal ini terjadi karena proses karbonisasi dan aktivasi yang tidak merata sehingga menyebabkan air yang terikat pada kayu bidara tidak menguap secara merata. Kadar air arang aktif kayu bidara optimal diperoleh pada perubahan suhu 700°C karena semakin rendah kadar air maka kualitas arang aktif yang digunakan sebagai adsorben semakin baik. Pada penelitian ini, kadar air paling rendah terdapat pada aktivator suhu 500°C dengan berat kandungan airnya mencapai 2,23%, kadar air rendah terdapat pada aktivator suhu 600°C dengan berat kandungan airnya mencapai 3,64% dan kadar air tinggi terdapat pada aktivator suhu 700°C dengan berat kandungan airnya yakni mencapai 5,41%. Nilai kadar air dari berbagai perlakuan ini telah memenuhi standar kualitas berdasar Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995 tentang syarat mutu dan pengujian arang aktif yang berkualitas baik yaitu maksimal 15%. Sedangkan yang diperoleh pada penelitian ini berkisar antara 2,23% sampai dengan 5,41%. Sehingga secara keseluruhan kadar air arang aktif yang dihasilkan pada penelitian ini relatif kecil yaitu <15% sesuai SNI.

3. Kadar Abu

Penetapan kadar abu bertujuan menentukan kandungan oksida logam dalam karbon aktif. Abu adalah oksida-oksida logam dalam karbon yang terdiri dari mineral yang tidak dapat menguap (*nonvolatile*) pada karbonasi. Kandungan abu sangat berpengaruh pada kualitas karbon aktif (Tri Turisna, 2011). Keberadaan abu yang berlebih akan menyumbat pori-pori sehingga luas permukaan karbon menjadi belrkurang (Scroldelr, 2006) (Dewi et al., 2020).

Arang aktif memiliki beberapa lapisan bertumpuk satu sama lain sehingga membentuk pori-pori, pada pori-pori arang aktif biasanya terdapat mineral anorganik dan oksidasi logam yang menutupi pori-pori. Pada proses aktivasi mineral anorganik dan oksidasi logam tersebut larut pada aktivator yang menyebabkan permukaan pori-pori membesar karena adanya pembentukan pori-pori yang baru.



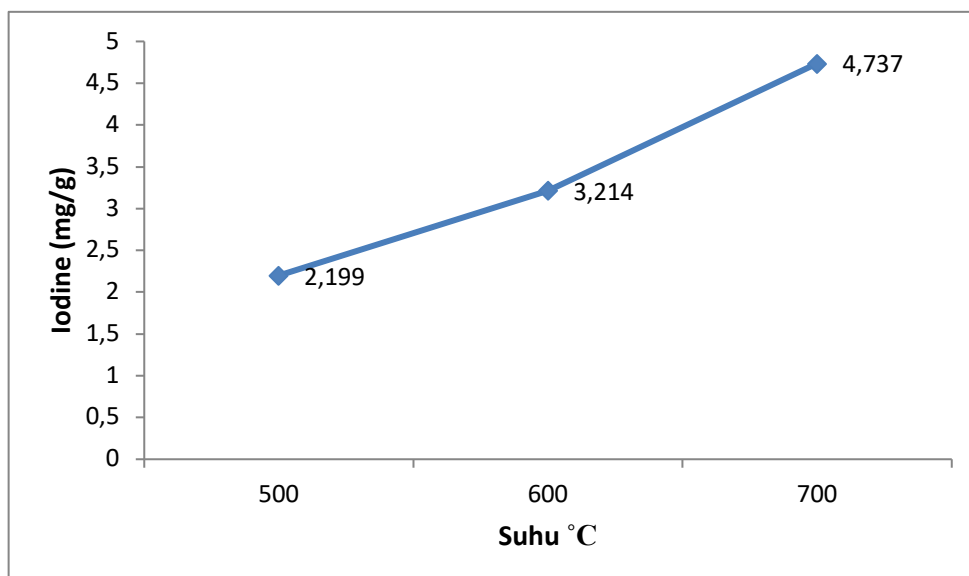
Gambar 3. Grafik nilai rata-rata kadar abu

Hasil analisis *one way* (ANOVA) menunjukkan bahwa pengaruh variasi suhu ($\alpha=0,05$) berpengaruh nyata terhadap kadar abu arang aktif kayu bidara yang dihasilkan ($0<0,05$). Berdasarkan uji lanjutan Duncan pada suhu 500°C dan 600°C tidak berbeda nyata, sedangkan suhu 700°C berbeda nyata dengan suhu 500°C dan 600°C. Kadar abu yang dihasilkan pada penelitian ini tidak stabil, dengan kadar abu paling rendah pada suhu 500°C, rendah pada suhu 600°C, dan kadar abu tinggi pada suhu 700°C. Nilai kadar abu dari keseluruhan perlakuan ini semuanya tidak memenuhi standar kualitas arang aktif berdasar Standar Nasional Indonesia (SNI), karena kadar abu arang aktif <10%, yaitu berkisar antara 20,67 – 43,29% (SNI 06-3730-1995).

Dari grafik diatas kadar abu terhadap suhu menunjukkan bahwa, kadar abu yang tinggi didapatkan pada suhu 700°C dan yang paling rendah didapatkan pada suhu 500°C. Hal ini disebabkan karena pada proses pengabuan pada suhu tinggi terdapat kandungan oksida-oksida logam seperti mineral yang lebih tinggi pada suhu 700°C dibandingkan pada suhu 500°C dan 600°C. Pada penelitian ini, kadar abu paling rendah terdapat pada aktivator suhu 500°C dengan nilai mencapai 20,67%, kadar abu rendah terdapat pada aktivator suhu 600°C nilai mencapai 24,08% dan kadar abu tinggi terdapat pada aktivator suhu 700°C dengan nilai mencapai 43,29%. Pada suhu 600°C dan suhu 700°C, kadar abu yang diperoleh semakin meningkat dengan bertambahnya temperature suhu. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian Purwanto (2011) (Siahaan et al., 2013) yang dilakukan pada tempurung kelapa sawit, dimana semakin tinggi suhu yang diberikan maka kadar abu yang dihasilkan semakin meningkat. Kadar abu rata-rata arang aktif kayu bidara yakni 43,29%, hasil diperoleh tidak sesuai dengan kadar abu untuk aktivasi fisika dan kimia dari arang aktif yaitu <10%. Nilai kadar abu yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah jika dibandingkan dengan kadar abu arang aktif Hendra (2014) dan Hendrawan et al (2017) berkisar antara 20,34 – 46,85%. Namun, nilainya lebih tinggi jika dibandingkan dengan kadar abu penelitian (Hanavia, 2022) (Selan, 2016) berkisar antara 13% - 22%.

4. Iodine

Penetapan daya serap arang aktif kayu bidara terhadap iodine bertujuan untuk mengetahui kemampuan arang aktif kayu bidara menyerap larutan berwarna. Pengujian iodine dilakukan dengan pelarutan larutan iodine dengan konsentrasi 1 N menjadi 0,1 N yang kemudian arang aktif sebanyak 1 gr untuk diuji daya tingkat penyerapannya.



Gambar 4. Grafik nilai rata-rata iodine

Seiring dengan peningkatan suhu, pengotor-pengotor yang mulanya terdapat pada bagian pori dan menutupi pori, ikut terlepas atau teruapkan sehingga memperluas permukaan arang aktif. Semakin luas permukaan arang aktif maka semakin besar kemampuan adsorpsi arang aktif.

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa pengaruh variasi suhu ($\alpha=0,05$) berpengaruh nyata terhadap kadar abu arang aktif kayu bidara yang dihasilkan ($0,001<0,05$). Berdasarkan uji lanjutan Duncan pada suhu 600°C dan 700°C tidak berbeda nyata, sedangkan suhu 500°C berbeda nyata dengan suhu 600°C dan 700°C . Pada suhu 500°C diperoleh sebesar 1,522 mg/g, pada suhu 600°C diperoleh 3,891 mg/g dan pada suhu 700°C diperoleh 4,737 mg/g. Nilai daya serap yang diperoleh pada penelitian ini lebih rendah dibandingkan pada penelitian (Aryani, dkk., 2019) dan Aryani & Mardiana (2019) berkisar antara 317,25 mg/g – 555,32 mg/g.

D. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa perlakuan variasi suhu aktivasi berpengaruh nyata terhadap nilai kadar air berkisar antara 2,25%-5,42%, nilai kadar abu 20,67%-43,29%, dan nilai daya serap iodine 2,199mg/g-4,737mg/g. Dari uji kualitas arang aktif yang dilakukan, perlakuan terbaik sifat mutu arang aktif kayu bidara didapatkan pada suhu aktivasi 700°C menghasilkan arang aktif kayu bidara dengan karakteristik sesuai dengan standar SNI 06-3730-199, ditinjau dari beberapa parameter uji yakni kadar air, kadar abu dan uji daya serap iodine.

Perlu adanya penelitian lanjutan mengenai kandungan serta manfaat kayu bidara untuk menambah literatur yang ada serta mengembangkan penelitian tentang kayu bidara untuk mendapatkan hasil yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terimakasih kepada Program Studi Teknologi Industri Pertanian Universitas Teknologi Sumbawa atas sumbangan ilmu yang telah disumbangkan, sehingga penelitian ini dapat diselesaikan.

DAFTAR RUJUKAN

- Arang, K., Cabang, A., Duri, B., Ex, B. I., Adawi, T. F., Mahakam, I., Aji, L., & Rini, S. (2021). (*Effect of Temperature and Concentration of Phosphoric Acid (H₃PO₄) on the Quality of*. 5, 62–73.
- Aryani, F., & Mardiana, F. (2019). *ISSN 2655 4887 (Print), ISSN 2655 1624 (Online)*. 1(2), 16–20.
- Chairunnisa, S., Wartini, N. M., Suhendra, L., Pertanian, F. T., Udayana, U., & Bukit, K. (2019). *Pengaruh Suhu dan Waktu Maserasi terhadap Karakteristik Ekstrak Daun Bidara (Ziziphus mauritiana L.) sebagai Sumber Saponin*. 7(4), 551–560.
- Dewi, R., Dari, C., & Aktif, K. (2020). *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 2(Nopember), 12–22.
- Dungir, S. G., Katja, D. G., & Kamu, V. S. (2012). *Aktivitas Antioksidan Ekstrak Fenolik dari Kulit Buah Manggis (Garcinia mangostana L.)*. 1(1), 11–15.
- Hendrawan, Y., Sutan, S. M., & R, R. K. Y. (2017). *Pengaruh Variasi Suhu Karbonisasi dan Konsentrasi Aktivator terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Ampas Tebu (Bagasse) Menggunakan Activating Agent NaCl*. 5(3), 200–207.
- Mody Lempang, Wasrin Syafii, Gustan Pari. (2012). Sifat dan Mutu Arang Aktif Tempurung Kemiri. *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 100-113.
- Po, T. H., Hco, K. H. P. O., & Fax, T. (2017). *Website : http://ejournal.undip.ac.id/index.php/reaktor/ Produksi Karbon Aktif dari Batubara Bituminus dengan Aktivasi*.
- Rizaldi, L. H., Nasution, N. M., & Indriani, W. (2023). *Initial Characterization of Activated Charcoal from the Indigenous Ziziphus mauritiana Wood from Dryland of Sumbawa*. 11(2), 270–280. <https://doi.org/10.29303/jrpb.v11i2.536>
- Rozanna Dewi, Azhari dan Indra Nofriadi . (2020). Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh . *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 12-22.

- Selan, A. (2016). *Pemanfaatan Kulit Singkong Sebagai Bahan Baku Karbon Aktif*. 32–36.
- Siahaan, S., Hutapea, M., Hasibuan, R., Kimia, D. T., Teknik, F., & Utara, U. S. (2013). *PENENTUAN KONDISI OPTIMUM SUHU DAN WAKTU KARBONISASI*. 2(1), 26–30.
- So, P. H., Suhu, V., & Waktu, D. A. N. (2014). *C selama 120 menit. Pengujian kadar abu dengan menimbang arang aktif sebanyak 1 gram lalu memasukkan pada furnace dengan suhu 500*. 31–38.
- Siti Jamilatun, Intan Dwi Isparulita, Elza Novita Putri . (2014). Karakteristik Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dengan Pengaktivasi H₂so₄ Variasi Suhu Dan Waktu. Simposium Nasional Teknologi Terapan, 31-38.
- Turmiya Fathal Adawi, Irwan Mahakam Lesmono Aji, Dwi Sukma Rini. (2021). Pengaruh Suhu Dan Konsentrasi Asam Fosfat (H₃po₄) Terhadap Kualitas Arang Aktif Cabang Bambu Duri (*Bambusa blumeana* Bl. Ex. Schult. F.) (Effect of Temperature and Concentration of Phosphoric Acid (H₃PO₄) on the Quality of Activated Charcoal of *Bambusa blu*. Jurnal Penelitian Kehutanan, 62-73.
- Variation, T. (2024). *Sifat Mutu Arang Aktif Kayu Bidara (Ziziphus Mauritiana) Dengan Larutan Kimia Natrium Hidroksida Berdasarkan Variasi Suhu Aktivasi Quality Characteristics of Bidara Wood (Ziziphus mauritiana) Activated Temperature Variation Open Access*. <https://doi.org/10.36761/fagi.v4i2.3583>
- Wahidin Nuriana, Nurfa Anisa dan Martana. (2013). Karakteristik Biobriket Kulit Durian Sebagai Bahan Bakar Alternatif Terbarukan. Jurnal Teknologi Industri Pertanian, 70-76.
- Winata, N.A.S.H., D.R.Lukiwati, dan E.D. Purbajanti. (2014). Peningkatan Produksidan Kualitas Jerami Sorgum Manis Dengan Pemberian Pupuk Organik Dan Fosfat Dari Sumber Yang Berbeda. Jurnal Litbang Provinsi Jawa Tengah, 7-14.
- Yustinah, Hartini, dan Zuliani. (2015). Pengaruh Konsentrasi Aktivator Naoh Pada Proses Pembuatan Arang Aktif Terhadap Kualitas Minyak Bekas Setelah Proses Pemurnian . Jurusan Teknik Kimia, 1-7.
- Yolanda Simamora, A. C., Yusasrini, N. L. A., & Kencana Putra, I. N. (2021). Pengaruh Jenis Pelarut Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Tenggulun (*Protium javanicum* Burm. F) Menggunakan Metode Maserasi. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Pangan (ITEPA)*, 10(4), 681. <https://doi.org/10.24843/itepa.2021.v10.i04.p13>