



Pengaruh aktivasi temperatur dan waktu terhadap karakteristik arang aktif dari tandan aren (*Arenga longipes moglea*)

*The influence of temperature and time activation on activated charcoal characteristic made from sugar palm bunches (*Arenga longipes moglea*)*

Naudi Hayati Siregar¹, Fani Putri Nabila¹, Ulfa Zahara Hasibuan¹, Yunida Syafriani Lubis², Luthfi Hakim^{1*}

¹Program Studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, Deli Serdang, Sumatera Utara, Indonesia

²Pusat Riset Botani Terapan, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Cibinong, Jawa Barat, Indonesia

*corresponding author: luthfi@usu.ac.id

Received: 12nd March, 2025 | accepted: 01st May, 2025

ABSTRAK

Arang aktif merupakan material berpori dengan volume pori yang tinggi. Limbah tandan kosong aren berpotensi menjadi bahan baku produksi arang aktif sebagai penyerap. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh suhu dan waktu aktivasi arang aktif dari limbah tandan kosong aren terhadap karakteristiknya. Pirolisis tandan kosong aren dilakukan pada suhu 350-400 °C selama 6 jam. Arang hasil pirolisis diaktivasi menggunakan metode fisika dengan suhu (575°C dan 625°C) dan waktu (30 dan 50 menit). Karakteristik arang aktif dievaluasi pada parameter hasil rendemen, uji proksimat, dan bilangan iodin. Hasil penelitian dari perlakuan suhu dan waktu aktivasi yang digunakan diperoleh rendemen arang aktif berkisar antara 79,56– 82,17%; kadar air 1,55-8,51%; kadar abu 6,63-9,96%; zat mudah menguap 0,86-1,40%; karbon tetap 83,81-89,59%; iodin 841,97-944,44 mg/g. Secara statistik, menunjukkan bahwa perlakuan suhu berpengaruh signifikan terhadap semua parameter, sedangkan pengaruh waktu dan interaksi kedua perlakuan tidak berpengaruh signifikan pada nilai rendemen, kadar abu, dan bilangan iodin. Berdasarkan standar mutu arang aktif, semua nilai uji proksimat dan bilangan iodin yang dihasilkan masuk dalam standar mutu SNI 06-3730-1995.

Kata kunci: arang aktif; suhu; tandan aren; waktu

ABSTRACT

How to cite: Siregar, N.H., Nabila, F.P., Hasibuan, U.Z., Lubis, Y.S., Hakim, L. (2025). Pengaruh aktivasi temperatur dan waktu terhadap karakteristik arang aktif dari tandan aren (*Arenga longipes moglea*). *Jurnal Agrotek Ummat*, 12(2), 131-141

Activated charcoal is a porous material with a high pore volume. Sugar palm bunches waste has the potential to be a raw material for the activated charcoal production as an absorbent. This study aims to evaluate the effect of temperature and time activation on activated charcoal from sugar palm bunches. Pyrolysis of sugar palm bunches was conducted at 350-400 °C for 6 hours. The pyrolyzed charcoal was activated using physical method with temperature (575 °C and 625 °C) and time (30 and 50 minutes). The characteristics of activated charcoal were evaluated in terms of yield, proximate test, and iodine number. The results from the temperature and time activation showed that the yield of activated charcoal ranged from 79.56 - 82.17%; moisture content of 1.55-8.51%; ash content of 6.63-9.96%; volatile matter of 0.86-1.40%; fixed carbon 83.81-89.59%; as well as iodine number of 841.97-944.44 mg/g, respectively. Statistically, showed that the temperature treatment had a significant effect on all parameters, while the time treatment and the interaction of the both treatments had no significant effect on the yield value, ash content, and iodine number. Based on the quality standards of activated charcoal, all proximate test values and iodine number produced are included in the quality standards of SNI 06-3730-1995.

Keywords: *activated charcoal; sugar palm fruit bunch; temperature; time*

PENDAHULUAN

Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) merujuk pada produk hutan yang berasal dari sumber nabati maupun hewani, beserta turunannya, yang tidak termasuk kayu. Beberapa jenis HHBK adalah rotan, bambu, gaharu, dan aren yang berpotensi untuk dikembangkan dan dimanfaatkan sebagai mata pencaharian. Aren merupakan salah satu jenis tanaman yang memiliki potensi besar untuk dibudidayakan. Tanaman ini dikenal sebagai tanaman serba guna yang telah lama dimanfaatkan (Azhar *et al.*, 2019).

Tanaman aren memiliki peran penting secara ekologis, yaitu melindungi sumber daya alam, khususnya tanah. Akar serabut pada tanaman aren memiliki struktur yang sangat kokoh, mendalam, dan tersebar, sehingga berfungsi secara signifikan dalam menahan erosi tanah. Terdapat sejumlah produk yang dapat dikembangkan oleh masyarakat dari aren yang memiliki nilai ekonomis.

Salah satunya adalah buah muda yang dikenal sebagai kolang-kaling, ijuk yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan tali, atap rumah, serta saringan penyerapan air pada bangunan (Azhar *et al.*, 2021). Air nira dari tanaman aren dimanfaatkan untuk menghasilkan produk gula aren (Wangiyana *et al.*, 2024).

Tanaman aren mengandung unsur karbon sehingga memiliki potensi untuk dijadikan arang aktif (Esterlita dan Herlina, 2015). Salah satu aspek penting dalam pembuatan arang aktif adalah pemanfaatan berbagai bagian dari tanaman, seperti inti, batang, cangkang, kulit, bunga, buah, biji, dan daun. Memproduksi arang aktif dari biomassa lignoselulosa memiliki banyak keuntungan; bahannya beragam, melimpah, dan dapat diperbarui. Sintesisnya merupakan proses yang relatif sederhana karena reaktivitas biomassa yang tinggi; dan berkontribusi pada penurunan biaya pembuangan limbah dan dampak

negatif terhadap lingkungan (González-García, 2018).

Tanaman aren menghasilkan buah kolang-kaling yang ditemukan dalam tandan yang menggantung di ujung tanaman di antara pelepah. Dalam satu tandan dapat menghasilkan hingga 100 buah kolang-kaling. Meskipun potensi tandan kosong, yang terakumulasi dengan laju 5-10 per tanaman dan dapat dipanen setiap bulan menyebabkan kurangnya pemanfaatan setelah pemanenan buah hingga menjadi limbah. Tandan aren bersifat biodegradabilitas, tidak beracun, dan merupakan serat alami (Hakim *et al.*, 2024).

Arang aktif banyak digunakan sebagai adsorben karena memiliki kapasitas adsorpsi yang kuat dan struktur berpori yang melimpah (Sultana *et al.*, 2022). Proses adsorpsi merupakan fenomena di mana zat kimia terlarut (adsorbat) terpisah dari suatu cairan melalui interaksi dengan permukaan padat (adsorben). Pendekatan ini memiliki potensi yang signifikan dalam penghilangan senyawa organik maupun anorganik yang bersifat persisten (Titchou *et al.*, 2021). Adsorpsi telah lama dijadikan sebagai metode pemurnian dan pemisahan pada skala industri. Adsorben yang memiliki porositas tinggi serta selektivitas yang baik, seperti arang aktif, telah terbukti memiliki efektivitas yang sangat baik dalam menghilangkan senyawa organik, termasuk zat warna, senyawa fenolik, senyawa pengganggu endokrin, pestisida, bahan farmasi,

serta beberapa ion logam (Saleem *et al.*, 2019).

Arang aktif dari tandan *Arenga pinnata* diteliti oleh Adrianto *et al.* (2019) sebagai adsorben logam berat dengan suhu aktivasi 600°C, 700°C, dan 800°C. Penelitian sebelumnya belum pernah memanfaatkan tandan aren (*Arenga longipes*) sebagai bahan baku untuk pembuatan arang aktif. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan dengan memanfaatkan limbah tandan buah aren sebagai bahan baku dalam proses pembuatan arang aktif. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh suhu dan waktu terhadap karakteristik arang aktif yang dihasilkan dari tandan kosong aren sebagai adsorben.

METODOLOGI

1. Persiapan Bahan Baku

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tandan aren yang diperoleh dari tanaman aren yang dibudidayakan dengan metode sistem agroforestri oleh masyarakat di Desa Sei Limbat, Kecamatan Selesai, Kabupaten Langkat, Provinsi Sumatera Utara. Tandan kosong aren yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari limbah pengolahan buah kolang-kaling. Tandan kosong dipotong sepanjang kurang lebih 10-15 cm dan dikeringkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 2 minggu, sampai dengan mencapai kadar air 10-15%.

2. Proses Pengarangan dan Aktivasi

Proses pengarangan dilakukan pada kondisi suhu antara 350-400°C selama 6 jam. Pengondisian (diangin-anginkan) arang dilakukan kurang lebih 2 minggu. Arang yang diperoleh kemudian dihancurkan menggunakan herb

grinder sampai menjadi bubuk arang dan diayak menggunakan ayakan 100 mesh. Bubuk arang yang lolos 100 mesh diaktivasi menggunakan *furnace* dengan suhu dan waktu perlakuan seperti ditampilkan pada **Tabel 1**.

Tabel 1.

Perlakuan suhu dan waktu aktivasi		
Perlakuan		Jumlah Ulangan
Suhu (°C)	Waktu (menit)	
575	30	Maing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali
	50	
	30	
625	50	

Setelah aktivasi, secara berturut-turut bubuk arang dicuci dengan 100 ml HCl 5% dan 1 liter air panas sampai dengan mempunyai pH antara 6-7. Selanjutnya, bubuk arang dioven dengan suhu 103°C selama 3 jam.

3. Rendemen Arang Aktif

Perhitungan rendemen arang aktif dilakukan dengan cara membandingkan berat awal sebelum aktivasi (berat sebelum dimasukkan *furnace*) dengan berat akhir setelah aktivasi (setelah pengovenan akhir). Persentasi rendemen arang aktif dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{berat setelah aktivasi}}{\text{berat sebelum aktivasi}} \times 100\% \dots (1)$$

4. Kadar Air (ASTM D2867-09)

Sebanyak 1-2 g arang aktif dimasukkan ke dalam cawan porselen kemudian di oven dengan suhu 155°C selama 3 jam. Kadar air dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{C-D}{C-B} \times 100 \dots (2)$$

Keterangan:

B : Berat cawan

C : Berat cawan dengan arang aktif sebelum di oven

D : Berat cawan dengan arang aktif setelah di oven

5. Kadar Abu (ASTM D2866-98)

Sebanyak 1 g arang aktif dimasukkan ke dalam cawan kemudian difurnace dengan suhu 900°C selama 6 jam. Kadar abu dihitung berdasarkan persamaan:

$$\text{Kadar abu (\%)} = \frac{D-B}{C-B} \times 100 \dots (3)$$

Keterangan:

B = Berat cawan

C = Berat cawan dengan arang aktif sebelum di furnace

D = Berat cawan dengan arang aktif setelah di furnace.

6. Kadar Zat Mudah Menguap (ASTM D5832-98)

Sebanyak 1 g arang aktif dimasukkan ke dalam cawan

kemudian difurnace dengan suhu 950°C selama 30 menit. Kadar zat mudah menguap dihitung berdasarkan persamaan:

Kadar Zat Mudah Menguap

$$(\%) = \frac{a-b}{a} \times 100 \dots (4)$$

Keterangan

a = Berat cawan dengan arang aktif sebelum di furnace

b = Berat cawan dengan arang aktif setelah di furnace

7. Karbon Tetap

Karbon tetap dihitung berdasarkan persamaan:

Karbon Tetap = 100% - (kadar air + kadar abu + kadar zat mudah menguap)(5)

8. Daya Jerap terhadap Iodin (SNI 06-3730-1995)

Sebanyak 1 gram arang dicampurkan dengan 10 mL larutan asam klorida (HCl) 5%. Campuran ini diaduk dan dipanaskan di atas hotplate selama satu menit. Setelah itu, ditambahkan 100 mL larutan iodin 0,1 N dan diaduk hingga homogen. Selanjutnya, campuran tersebut dipindahkan ke dalam tabung sentrifugasi sampai karbon aktif mengendap. Filtrat yang diambil sebanyak 30 mL kemudian dititrasi dengan larutan natrium tiosulfat 0,1 N hingga warna kuning pudar, kemudian ditambahkan 1 mL larutan amilum 1%. Proses titrasi dilanjutkan sampai diperoleh perubahan warna dari biru tua menjadi tidak berwarna. Daya

serap terhadap iodin dapat dihitung dengan persamaan:

$$\text{Daya Jerap Iodin (mg/g)} = \frac{A-(DF)(B)(S)}{M} \dots (6)$$

Keterangan:

A = Konsentrasi larutan iodin x 12693,0

DF = Faktor pengenceran

B = Konsentrasi natrium tiosulfat x 126,93

S = Volume natrium tiosulfat (mL)

M = Massa arang aktif (g)

9. Analisis Data

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial 2 faktor. Faktor A adalah suhu dan faktor B adalah waktu. Analisis data dilakukan menggunakan perangkat lunak R Studio versi 4.0 untuk pengolahan data statistik. Jika ANOVA menunjukkan berpengaruh nyata baik faktor suhu, faktor waktu, maupun interaksi antar faktor maka akan dilakukan uji lanjut Duncan Multiple Range Test (DMRT)

HASIL DAN PEMBAHASAN

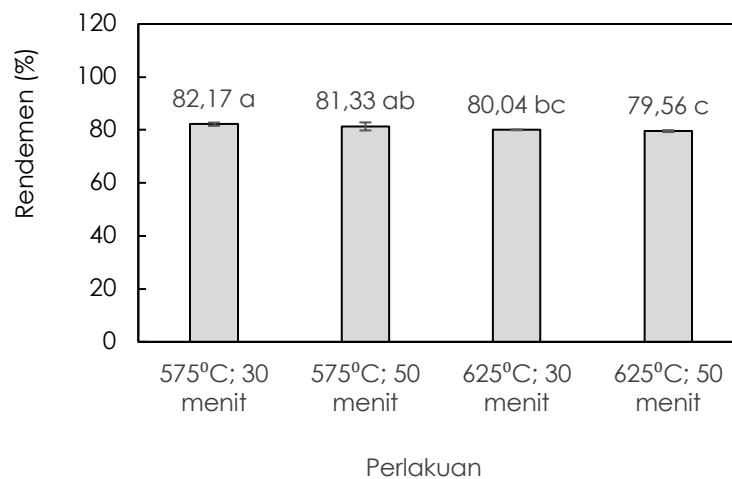
1. Rendemen Arang Aktif

Rendemen arang aktif memiliki tujuan untuk mengetahui jumlah karbon aktif yang dihasilkan setelah proses karbonisasi dan aktivasi (Maulina *et al.*, 2020). **Gambar 1** memperlihatkan hasil arang aktif yang diperoleh melalui aktivasi pada berbagai suhu dan durasi. Hasil menunjukkan bahwa rendemen tertinggi tercapai pada suhu 575°C dengan waktu 30 menit,

yaitu sebesar 82,17%. Sebaliknya, rendemen terendah diperoleh pada suhu 625°C dengan durasi 50 menit, yang hanya mencapai 79,56%. Temuan ini mengindikasikan bahwa peningkatan suhu dan waktu aktivasi akan berdampak pada penurunan persentase rendemen yang dihasilkan.

Bahan komposit kompleks seperti polimer yang diproduksi secara spontan dalam karbonisasi pada suhu tinggi, struktur polimer ini

terurai dan melepaskan sebagian besar unsur non-karbon, pada waktu aktivasi yang lebih lama mendorong redistribusi biopolimer dan mendukung perubahan molekul alifatik menjadi aromatik, serta dehidrasi, sehingga meningkatkan hasil karbon aktif (Ibrahim *et al.*, 2023). Secara statistik, perlakuan suhu dan waktu aktivasi menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antar keduanya. Namun, faktor suhu menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan suhu 575°C dan 625°C.

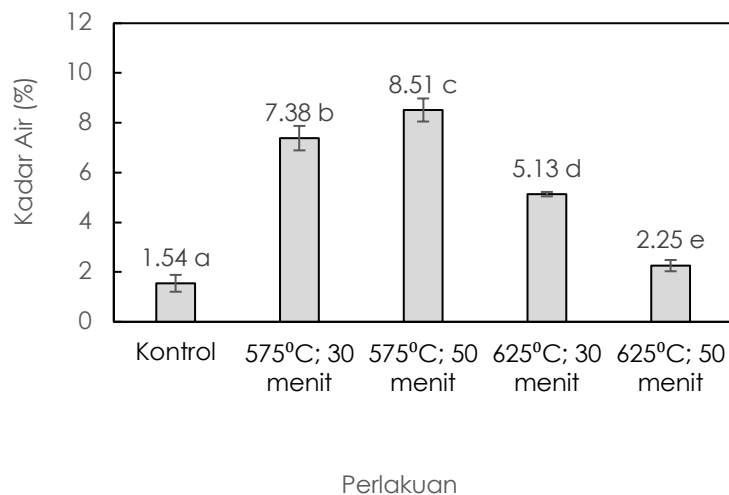


Gambar 1. Histogram rendemen arang aktif

2. Kadar Air Arang Aktif

Kadar air pada arang aktif merujuk pada jumlah air yang terkandung di dalamnya (Maulina *et al.*, 2020).

Gambar 2 memperlihatkan hasil analisis kadar air arang aktif yang diperoleh melalui proses aktivasi pada berbagai suhu dan waktu.



Gambar 2. Histogram kadar air arang aktif

Gambar 2 menunjukkan hasil bahwa kadar air tertinggi dicapai pada suhu 575°C selama 50 menit, yaitu sebesar 8,51%, sementara kadar air terendah ditemukan pada kontrol dengan nilai 1,55%. Peningkatan kadar air pada arang aktif disebabkan oleh meningkatnya sifat higroskopis terhadap uap air serta adanya pengikatan molekul air. Sementara itu, rendahnya kadar air dalam arang aktif menunjukkan bahwa baik air bebas maupun air terikat telah menguap selama proses karbonisasi (Mongkito *et al.*, 2020).

Nilai-nilai yang dihasilkan sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, yang menetapkan ambang batas kadar air di bawah 15%. Temuan ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, kadar air yang dihasilkan semakin rendah. Peningkatan suhu berpengaruh langsung pada penurunan kadar air, yang pada gilirannya dapat

meningkatkan pembentukan pori-pori pada arang aktif (Maulina dan Anwari, 2019).

Secara statistik, perlakuan suhu dan waktu aktivasi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antar keduanya. Faktor suhu dan waktu menunjukkan pengaruh nyata antara perlakuan suhu 575°C dan 625°C dengan masing-masing waktu 30 menit dan 50 menit.

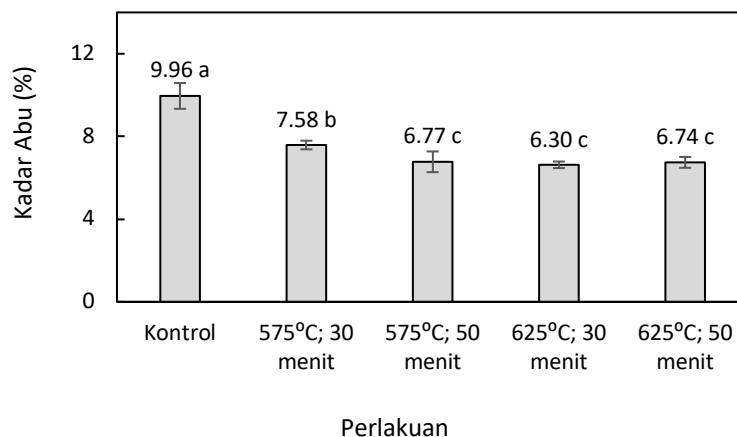
3. Kadar Abu Arang Aktif

Kadar abu merupakan sisa residu yang dihasilkan setelah proses pembakaran bahan berbasis karbon. Tingkat kadar abu dari produk padat sangat dipengaruhi oleh komposisi kimia bahan baku, khususnya senyawa anorganik, serta tingkat karbonisasi yang diterapkan (Yakout *et al.*, 2015). Pada **Gambar 3**, ditampilkan hasil kadar abu arang aktif yang dihasilkan melalui proses aktivasi pada berbagai suhu dan durasi waktu.

Gambar 3 menunjukkan hasil bahwa kadar abu tertinggi diperoleh pada kondisi kontrol, yaitu sebesar 9,96%, sementara kadar abu terendah tercatat pada suhu 625°C dengan waktu aktivasi 30 menit, yakni sebesar 6,63%. Nilai-nilai yang diperoleh ini sesuai dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 06-3730-1995, yang menetapkan batas kadar abu di bawah 10%. Data ini juga menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, semakin rendah kadar abu yang dihasilkan. Penurunan kadar abu sejalan dengan meningkatnya suhu aktivasi yang terjadi akibat proses devolatilisasi saat aktivasi. Proses ini

menghasilkan arang dengan kadar abu yang lebih rendah. Tingginya kadar abu pada arang aktif disebabkan oleh masih adanya sisa-sisa bahan organik yang belum sepenuhnya menguap, sehingga jumlahnya lebih banyak dibandingkan dengan kadar abu (Mongkito *et al.*, 2020).

Secara statistik, perlakuan suhu dan waktu aktivasi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antar keduanya. Faktor suhu menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan suhu 575°C dan 625°C, namun faktor waktu tidak menunjukkan pengaruh nyata.



Gambar 3. Histogram kadar abu arang aktif

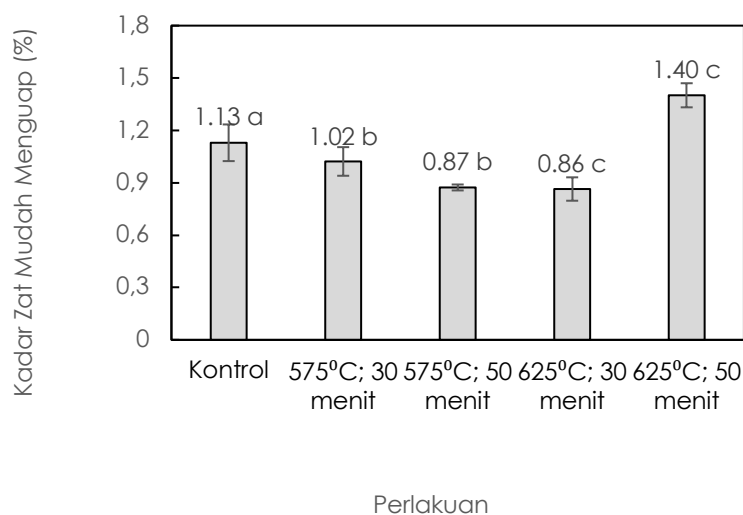
4. Kadar Zat Mudah Menguap

Kadar zat mudah menguap merupakan parameter yang menggambarkan banyaknya material yang terurai dari karbon aktif pada kisaran suhu tertentu (Budianto *et al.*, 2019). Nilai kadar zat mudah menguap arang aktif paling tinggi diperoleh pada suhu 625°C dengan waktu 50 menit yaitu

sebesar 1,40%, sedangkan nilai kadar zat mudah menguap dari arang aktif yang terendah diperoleh pada suhu 625°C dengan waktu lama proses selama 30 menit, yaitu sebesar 0,86% (**Gambar 4**). Nilai ini sesuai dengan ketentuan yang tercantum dalam SNI (Standar Nasional Indonesia) 06-3730-1995, yang menetapkan

bahwa kadar tersebut harus lebih rendah dari 25%. **Gambar 4** menunjukkan Hasil yang diperoleh bahwa suhu aktivasi sebesar 625°C menghasilkan kadar zat mudah menguap dengan nilai terendah serta tertinggi. Hal ini berbeda dengan pernyataan yang disampaikan oleh (Maulina *et al.*, 2020), yang menyatakan bahwa kandungan zat mudah menguap cenderung menurun seiring

dengan meningkatnya suhu aktivasi. Ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu karbonisasi, akan semakin baik dekomposisi senyawa nonkarbon dalam arang aktif. Penemuan ini mengindikasikan adanya produksi zat mudah menguap dan pembakaran karbon, sehingga menyebabkan kandungan zat mudah menguap semakin menurun.



Gambar 4. Histogram kadar zat mudah menguap arang aktif

Secara statistik, perlakuan suhu dan waktu aktivasi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antar keduanya. Faktor suhu dan waktu menunjukkan pengaruh nyata antara perlakuan suhu 575°C dan 625°C dengan masing-masing waktu 30 menit dan 50 menit.

5. Karbon Tetap Arang Aktif

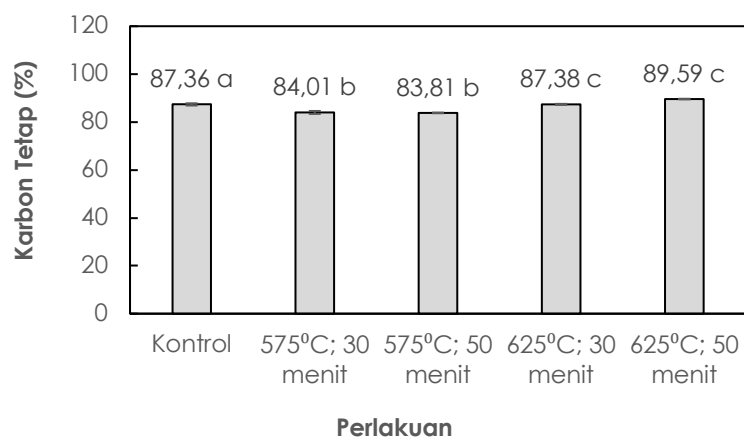
Karbon tetap merupakan parameter yang menggambarkan jumlah karbon terikat dari karbon aktif pada rentang suhu tertentu (Budianto *et al.*, 2019). Nilai karbon

tetap arang aktif tertinggi diperoleh pada suhu 625°C dengan waktu 50 menit, yaitu sebesar 89,59%, sedangkan nilai karbon tetap terendah diperoleh pada suhu 575°C dengan waktu 50 menit, yaitu sebesar 83,81% (**Gambar 5**). Nilai-nilai yang diperoleh ini sejalan dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) 06-3730-1995, yang menetapkan bahwa nilai karbon tetap harus lebih tinggi dari 65%. Hasil yang didapat menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, semakin tinggi pula nilai

karbon tetap yang dapat diperoleh. Kandungan karbon tetap dipengaruhi oleh kadar air, kadar abu, dan zat mudah menguap (Njewa *et al.*, 2022). Selain itu, kadar karbon tetap juga dipengaruhi oleh kandungan bahan lignoselulosa seperti lignin dan selulosa, yang dapat diubah

menjadi atom karbon (Saucier *et al.*, 2015).

Secara statistik, perlakuan suhu dan waktu aktivasi menunjukkan bahwa terdapat interaksi antar keduanya. Faktor suhu dan waktu menunjukkan pengaruh nyata antara perlakuan suhu 575°C dan 625°C dengan masing-masing waktu 30 menit dan 50 menit.

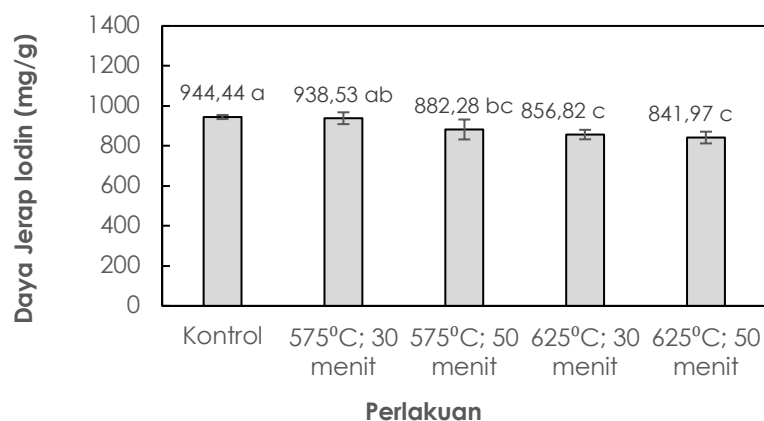


Gambar 5. Histogram karbon tetap arang aktif

6. Daya Jerap Iodin

Daya jerap iodin merupakan angka yang menunjukkan kemampuan 1 gram karbon aktif dalam menyerap iodium dalam

satuan mg seperti yang ditunjukkan **Gambar 6**. Angka iodin ini merupakan syarat mutlak SNI yang harus dipenuhi oleh karbon aktif (Budianto *et al.*, 2019).



Gambar 6. Histogram daya jerap iodin arang aktif

Nilai daya jerap iodin tertinggi dari arang aktif diperoleh pada kondisi kontrol, yaitu sebesar 944,44 mg/g. Sebaliknya, nilai terendah ditemukan pada suhu 625°C dengan waktu pemanasan selama 50 menit, yang menghasilkan daya jerap iodin sebesar 841,97 mg/g (**Gambar 6**). Hasil ini sesuai dengan SNI (Standar Nasional Indonesia) 06-3730-1995 yang menetapkan batas minimum daya jerap iodin di atas 750 mg/g.

Penemuan ini menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi, semakin rendah pula karbon tetap yang dihasilkan. Hal ini sejalan dengan pernyataan Maulina *et al.* (2020) yang menyatakan bahwa suhu karbonisasi yang lebih tinggi berhubungan dengan penyerapan iodin yang lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh kerusakan permukaan karbon karena suhu karbonisasi yang tinggi dan runtuhnya dinding karena pembakaran karbon. Secara statistik, perlakuan suhu dan waktu aktivasi menunjukkan bahwa tidak terdapat interaksi antar keduanya. Namun, faktor suhu dan waktu menunjukkan perbedaan nyata antara perlakuan suhu 575°C dan 625°C.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa setiap nilai arang aktif yang dihasilkan telah memenuhi standar SNI 06-3730-1995. Perlakuan suhu 625°C, 30 menit menunjukkan nilai data yang optimal pada sebagian besar parameter

pengujian. Kadar air, kadar zat mudah menguap, dan karbon tetap menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap variasi suhu, waktu, serta interaksinya. Sementara itu, rendemen hanya berpengaruh signifikan pada suhu. Kadar abu juga menunjukkan pengaruh yang nyata terhadap suhu dan interaksinya. Selain itu, daya jerap iodin dipengaruhi secara signifikan oleh suhu dan waktu. Hal ini menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan dari tandan kosong aren dapat digunakan sebagai bahan adsorben.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) atas dukungan pendanaan dalam skema hibah *Joint Collaboration* Rumah Program Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan tahun 2024, Nomor: 1/III.5/HK/2024 dan atas dukungan Hibah TALENTA USU, Skema Penelitian Kolaborasi Pemerintah Tahun 2023, Nomor: 41/UN5.2.3.1/PPM/KP-TALENTA/R/2023. Selain itu, penulis juga berterima kasih kepada Laboratorium Hasil Hutan Fakultas Kehutanan, Universitas Sumatera Utara, atas penyediaan fasilitas peralatan yang sangat mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 1998. D 5832 - 98. Standard Test Method for Volatile Matter Content of Activated Carbon Samples. West Conshohocken (US): ASTM International.

- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 2009. D 2867 - 09. Standard Test Methods for Moisture in Activated Carbon. West Conshohocken (US): ASTM International.
- [ASTM] American Society for Testing and Materials. 2011. D 2866 - 11: Standard Test Method for Total Ash Content of Activated Carbon. West Conshohocken (US): ASTM International.
- Adrianto, N., V. H. R. Mongkito, S. Fayanto, M. Anas, and R. Eso. 2019. "Characterization of Activated Charcoal from Sugar Palm Bunches (*Arenga Pinnata* (Wurmb) Merr) and the Application as Adsorbent Lead (Pb), Copper (Cu) and Chrome (Cr) in Solution." *Journal of Physics: Conference Series* 1321(2):1–6. doi: 10.1088/1742-6596/1321/2/022002.
- Azhar, I., Z. Nasution, Delvian, Agussabti, F. R. Aulin, and M. R. Sembiring. 2021. "Utilization of Sugar Palm (*Arenga Pinnata* Merr) by the Communities around the PT Toba Pulp Lestari." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 782(3):1–8. doi: 10.1088/1755-1315/782/3/032017.
- Azhar, I., I. Risnasari, Muhdi, M. F. Srena, and Riswan. 2019. "The Utilization of Sugar Palm (*Arenga Pinnata*) by the People Around Batang Gadis Nasional Park Area." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 305(1):1–9. doi: 10.1088/1755-1315/305/1/012016.
- Budianto, A., E. Kusdarini, S. S. W. Effendi, and M. Aziz. 2019. "The Production of Activated Carbon from Indonesian Mangrove Charcoal." *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 462(1):4–11. doi: 10.1088/1757-899X/462/1/012006.
- Esterlita, Marina Olivia, and Netti Herlina. 2015. "Pembuatan Karbon Aktif Dari Pelepah Aren (*Arenga Pinnata*)." *Jurnal Teknik Kimia USU* 4(1):47–52.
- González-García, P. 2018. "Activated Carbon from Lignocellulosics Precursors: A Review of the Synthesis Methods, Characterization Techniques and Applications." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 82:1393–1414. doi: 10.1016/j.rser.2017.04.117.
- Hakim, Luthfi, Apri Heri Iswanto, Evalina Herawati, Ridwanti Batubara, Yunida Syafriani Lubis, and Erlina Nurul Aini. 2024. "Characterization of Indonesian Sugar Palm Bunch (*Arenga Longipes* Mogeia) Properties for Various Utilization Purposes." *Forests* 15(2):1–16. doi: 10.3390/f15020239.
- Ibrahim, Aminu, Azimah Ismail, Hafizan Juahir, Yudi Nurul Ihsan, Sunardi Sudianto, Mark Ovinis, Azlina Md Kassim, Nur Hanis Mohd Hanapi, and Ahmad Danial Hafizi. 2023. "Preparation and Characterization of Activated Carbon Obtained from *Melaleuca Cajuputi* Leaves." *Carbon Trends* 13:1–6. doi: 10.1016/j.cartre.2023.100301.
- Maulina, Seri, and Fikri Naufal Anwari. 2019. "Comparing Characteristics of Charcoal and Activated Carbon from Oil Palm Fronds." *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 305(1):1–7. doi: 10.1088/1755-1315/305/1/012059.
- Maulina, Seri, Gewa Handika, Irvan, and Apri Heri Iswanto. 2020. "Quality Comparison of Activated Carbon Produced from Oil Palm Fronds by Chemical Activation Using Sodium Carbonate versus Sodium Chloride." *Journal of the Korean Wood Science and Technology* 48(4):503–12. doi: 10.5658/WOOD.2020.48.4.503.
- Mongkito, Vivi Hastuti Rufa, Muhammad Anas, Erniwati, La Ode Rusman, and Hasir Anjanihu. 2020. "Technology of Carbon: Effect of Activation Temperature on Characterization the Ultimate and Proximate Activated Carbon of Palm Bunches (*Arenga Pinnata* (Wurmb). Merr)." *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering* 9(4):1268–74. doi: 10.35940/ijitee.d1366.029420.
- Njewwa, Joel Brian, Ephraim Vunain, and Timothy Biswick. 2022. "Synthesis and

- Characterization of Activated Carbons Prepared from Agro-Wastes by Chemical Activation." *Journal of Chemistry* 1–13. doi: 10.1155/2022/9975444.
- Saleem, Junaid, Usman Bin Shahid, Mouhammad Hijab, Hamish Mackey, and Gordon McKay. 2019. "Production and Applications of Activated Carbons as Adsorbents from Olive Stones." *Biomass Conversion and Biorefinery* 9(4):775–802. doi: 10.1007/s13399-019-00473-7.
- Saucier, Caroline, Matthew A. Adebayo, Eder C. Lima, Renato Cataluña, Pascal S. Thue, Lizie D. T. Prola, M. J. Puchana-Rosero, Fernando M. Machado, Flavio A. Pavan, and G. L. Dotto. 2015. "Microwave-Assisted Activated Carbon from Cocoa Shell as Adsorbent for Removal of Sodium Diclofenac and Nimesulide from Aqueous Effluents." *Journal of Hazardous Materials* 289:18–27. doi: 10.1016/j.jhazmat.2015.02.026.
- Sultana, Marzia, Mahbub Hasan Rownok, Meherunnesa Sabrin, Md Hafezur Rahaman, and S. M. Nu. Alam. 2022. "A Review on Experimental Chemically Modified Activated Carbon to Enhance Dye and Heavy Metals Adsorption." *Cleaner Engineering and Technology* 6:100382. doi: 10.1016/j.clet.2021.100382.
- Titchou, Fatima Ezzahra, Hicham Zazou, Hanane Afanga, Jamila El Gaayda, Rachid Ait Akbour, and Mohamed Hamdani. 2021. "Removal of Persistent Organic Pollutants (POPs) from Water and Wastewater by Adsorption and Electrocoagulation Process." *Groundwater for Sustainable Development* 13:1–23. doi: 10.1016/j.gsd.2021.100575.
- Wangiyana, I. Gde Adi Suryawan, Nova Kurnia, I. Gusti Agung Ayu Hari Triandini, and Fatihatun Fatihatun. 2024. "Sensory Evaluation of Palm Sugar Candy from Arenga Sap Water and Agarwood Leaves Infusion Using a 9-Point Hedonic Scale." *Jurnal Agrotek Ummat* 11(2):142. doi: 10.31764/jau.v11i2.22756.
- Yakout, S. M., A. A. M. Daifullah, S. A. El-Reefy, and H. F. Ali. 2015. "Surface Modification and Characterization of a RS Activated Carbon: Density, Yield, XRD, Ash, and Moisture Content." *Desalination and Water Treatment* 53(3):718–26. doi: 10.1080/19443994.2013.846538.