



Optimasi Daya Adsorpsi Karbon Aktif Cangkang Biji Pala Papua (*Myristica argentea* Warb) melalui Variasi Metode Aktivasi Fisika, Kimia, dan Fisika-Kimia

Optimization of Adsorption Power of Papuan Nutmeg Shell (*Myristica argentea* Warb) Activated Carbon through Variations in Physical, Chemical, and Physico-Chemical Activation Methods

Maryati ^{*,1}, Andi Patimang ¹

¹ Program Studi Agroindustri, Politeknik Negeri Fakfak, Fakfak, Indonesia

*Penulis Korespondensi

Email: maryati.polinef@gmail.com

Abstrak. Kondisi krisis air bersih yang memprihatinkan di Kota Fakfak membuat masyarakat bergantung pada air hujan, yang rentan terkontaminasi secara fisik, kimia, dan mikrobiologi. Salah satu upaya penjernihan air yang potensial adalah dengan menggunakan karbon dari cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan daya adsorpsi optimum karbon cangkang biji pala Papua melalui metode aktivasi fisik, kimia, dan fisika-kimia. Prosedur penelitian meliputi persiapan sampel, pembuatan arang, dan aktivasi arang. Analisis mencakup penentuan rendemen, kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, dan daya serap iodium. Penelitian ini menggunakan desain eksperimen dengan empat perlakuan: tanpa aktivasi (TA), aktivasi fisik (AF), aktivasi kimia (AK), dan aktivasi fisik-kimia (AFK). Teknik analisis data dilakukan dengan tiga kali pengulangan dan hasilnya dibandingkan dengan standar SNI 06-3730-1995 tentang karbon aktif teknis. Pembuatan arang cangkang biji pala menggunakan drum Retort Kiln. Daya serap iodium yang tertinggi pada karbon cangkang biji pala Papua pada waktu kontak 24 jam sebesar $979,71 \pm 0,16$ mg/g dan waktu kontak 96 jam sebesar $1171,09 \pm 0,06$ mg/g. Karbon aktif cangkang biji pala dengan aktivasi fisika-kimia memiliki kadar air $3,61 \pm 0,15\%$; kadar abu $4,03 \pm 0,09\%$; zat mudah menguap $6,43 \pm 0,16\%$; dan rendemen $39,19 \pm 0,23\%$; yang telah memenuhi standar mutu SNI 06-3730-1995. Karbon aktif cangkang biji pala Papua dengan daya adsorpsi iodium yang optimum adalah aktivasi fisika-kimia.

Kata kunci: adsorpsi, karbon aktif, cangkang biji pala.

Abstract. The worrying condition of the clean water crisis in Fakfak City makes people dependent on rainwater, which is susceptible to physical, chemical, and microbiological contamination. One potential water purification effort is to use carbon from Papuan nutmeg shells (*Myristica argentea* Warb). This research aims to obtain the optimum carbon adsorption capacity of Papuan nutmeg shells through physical, chemical, and physico-chemical activation methods. Research procedures include sample preparation, charcoal making, and charcoal activation. The analysis includes determining the yield, water content, ash content, volatile substance content, and iodine absorption capacity. This research used an experimental design with four treatments: no activation (TA), physical activation (AF), chemical activation (AK), and physical-chemical activation (AFK). The data analysis technique was carried out three times, and the results were compared with the SNI 06-3730-1995 standard regarding technical activated carbon. Making nutmeg shell charcoal using a Retort Kiln drum. The highest iodine absorption capacity in Papuan nutmeg shell carbon at a contact time of 24 hours was 979.71 ± 0.16 mg/g, and at a contact time

of 96 hours, it was 1171.09 ± 0.06 mg/g. Nutmeg shell activated carbon with physico-chemical activation has a water content of $3.61 \pm 0.15\%$, an ash content of $4.03 \pm 0.09\%$, volatile substances of $6.43 \pm 0.16\%$, and a yield of $39.19 \pm 0.23\%$, which meets the SNI 06-3730-1995 quality standards. Papuan nutmeg shell activated carbon with optimum iodine adsorption capacity is physico-chemically activated.

Keywords: *activated carbon, adsorption, nutmeg seed shells.*

1. Pendahuluan

Kabupaten Fakfak telah mengalami krisis air bersih karena belum masuknya PDAM ke daerah-daerah. Adapun dibagian kota Fakfak hanya mengalir dua kali dalam seminggu. Ditambah lagi musim kering melanda daerah Fakfak membuat masyarakat Fakfak mengambil air sungai yang tidak diketahui standar kelayakannya sebagai air bersih. Selain itu, alternatif pembangunan sumur dapat menjadi solusi, tetapi karena daerah Fakfak merupakan daerah tanah berkarang, maka sangat susah membuat sebuah sumur. Kondisi air bersih yang memprihatinkan kota Fakfak membuat masyarakat mengandalkan air hujan. Namun, air hujan yang diperoleh dari hasil tampungan masyarakat Fakfak tidak layak dijadikan air bersih. Air hujan terkontaminasi dengan atap atau penangkap hujan yang terbuat dari seng sehingga dapat tercemar logam berbahaya. Penangkap hujan juga tercemari daun-daun diatas atap sehingga air hujan tercemar kotoran. Selain itu, daun-daun yang jatuh pada penangkap hujan membusuk menyebabkan terjadinya kontaminasi jamur atau bakteri. Selain itu, masyarakat Kabupaten Fakfak juga mengandalkan air hujan sebagai sumber air minum tanpa mengalami proses penjernihan ([Bimantara, 2024](#)).

Air hujan dapat dimurnikan dari pencemaran fisik, kimia, dan mikrobiologi dengan menggunakan proses penyaringan air yang mengandalkan karbon aktif. Karbon aktif memiliki banyak manfaat, seperti sebagai alat pejernih air ([Zuo et al., 2019](#)), penyaring air ([Karri et al., 2021](#)), penyaring udara ([Sepahvand et al., 2023](#)) dan mengadsorpsi logam-logam berat seperti tembaga ([Neisan et al., 2023](#)), besi ([Das et al., 2023](#)), dan nikel ([Caliskan et al., 2023](#)). Salah satu metode untuk memurnikan air dengan menggunakan arang yang berasal dari cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) asal Kabupaten Fakfak Provinsi Papua Barat. Kabupaten Fakfak memiliki ketersediaan buah pala yang melimpah. Menurut data dari [BPS Kabupaten Fakfak \(2021\)](#), luas tanaman pala mencapai 17.810 hektar dengan produksi sebanyak 1.462 ton. Seluruh bagian buah pala, termasuk biji, fuli, daging buah, dan cangkang, dapat diolah dan dimanfaatkan.

Pembudidaya biji pala di Kabupaten Fakfak menggunakan arang cangkang biji pala sebagai bahan bakar untuk mengeringkan biji pala mentah. Selain itu, rumah makan juga membeli arang cangkang biji pala dari pengumpul untuk digunakan sebagai bahan bakar. Namun, sebagian besar penduduk Kabupaten Fakfak belum mengetahui potensi lain dari arang cangkang biji pala sebagai media penyaring air. Proses pembuatan arang melalui pirolisis melibatkan pembakaran tidak sempurna, yang mengubah bahan baku menjadi karbon hitam dalam ruang tertutup dengan udara

terbatas (Hartanto *et al.*, 2010). Arang cangkang biji pala pada penelitian ini melalui proses aktivasi untuk meningkatkan kemampuan daya serapnya. Aktivasi dilakukan dengan metode fisika, kimia, dan fisika kimia. Riset ini bertujuan untuk memperoleh informasi mengenai kemampuan arang cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) dalam menyerap iodium melalui metode aktivasi fisika, kimia, dan fisika-kimia. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan daya adsorpsi optimum karbon cangkang biji pala Papua melalui metode aktivasi fisik, kimia, dan fisika-kimia. Metode aktivasi dengan kemampuan daya serap yang optimum diharapkan dapat diterapkan dalam penjernihan air di Kabupaten Fakfak.

2. Bahan dan Metode

2.1. Bahan

Buah pala diperoleh dari Kampung Kayuni, Kabupaten Fakfak, Papua Barat dengan kematangan 6 bulan dan kapur sirih ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) diperoleh dari toko di Lamongan. KI, Iodium, serta $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ diperoleh dari toko kimia Jaya Labora, Cilacap.

2.2. Metode

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian arang cangkang biji pala menggunakan metode eksperimen dengan empat perlakuan yaitu tanpa aktivasi (TA), aktivasi fisik (AF), aktivasi kimia (AK), dan aktivasi fisika-kimia (AFK).

Prosedur Penelitian

Persiapan Sampel

Cangkang dipisahkan dari biji pala, lalu dibersihkan menggunakan air yang mengalir untuk menghilangkan kotoran, pasir, dan debu yang menempel. Selanjutnya, cangkang pala dikeringkan dengan sinar matahari selama 3 hari (Gambar 1) (Sagita *et al.*, 2020), sehingga menghasilkan cangkang kering yang siap untuk tahap pembuatan arang.



Gambar 1. Cangkang Biji Pala Papua (Dokumentasi Pribadi, 2023)

Pembuatan dan Persiapan Arang

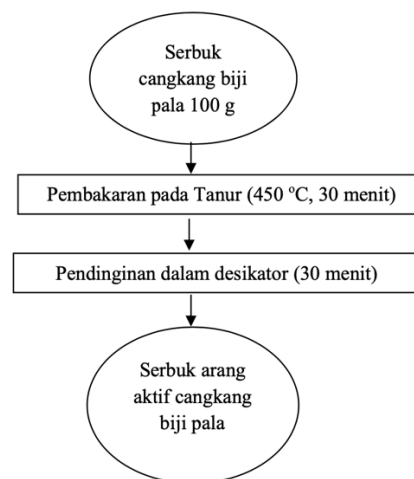
Produksi arang yang berasal dari cangkang biji pala Papua menggunakan teknik *Kon Tiki*. Bahan baku yang telah dikeringkan dimasukkan ke dalam drum *retort kiln*, lalu dinyalakan api di

bagian atas drum untuk pembakaran. Proses ini dilakukan dengan membatasi masuknya udara dengan menutup bagian atas drum. Pembakaran juga dikendalikan dengan mengatur udara yang masuk melalui lubang bagian bawah drum *retort kiln* (Ibrahim *et al.*, 2021). Arang cangkang biji pala dari hasil pembakaran *drum retort kiln* dihaluskan menggunakan blender, selanjutnya arang diayak dengan ukuran 80 mesh (Kurniawan *et al.*, 2021).

Aktivasi Arang

1) Aktivasi Fisika

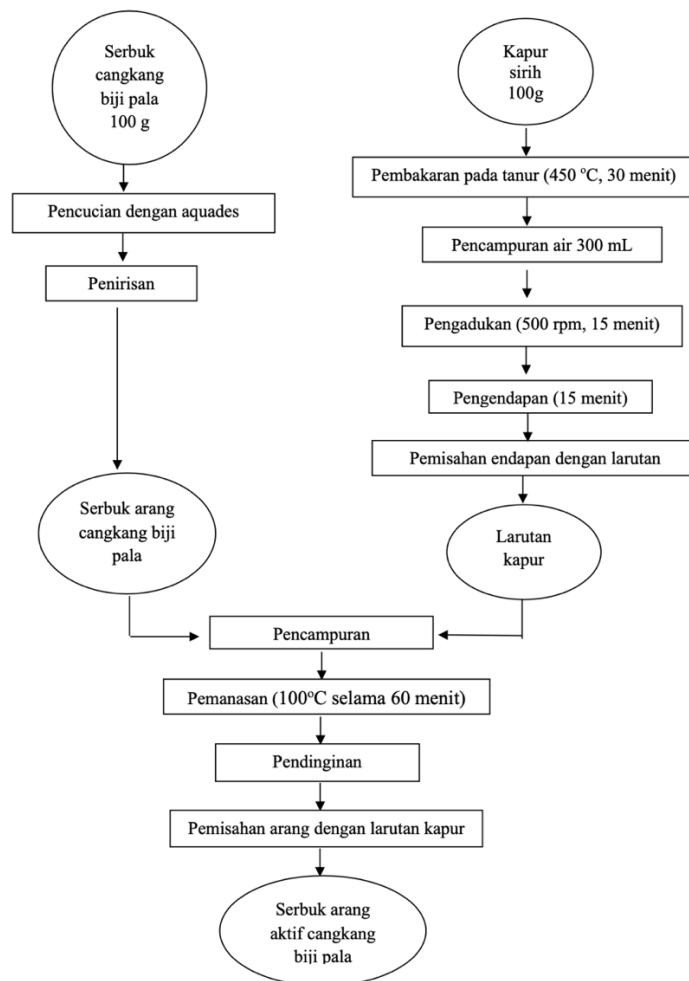
Metode aktivasi fisika pada arang cangkang biji pala (Gambar 2) yaitu serbuk cangkang biji pala ditimbang 100 g, lalu diatur tanur pembakaran pada 450 °C selama 30 menit yang sebelumnya telah dimasukkan serbuk cangkang biji pala tersebut. Arang yang telah diaktivasi fisika, selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 30 menit (Lekatompessy *et al.*, 2022).



Gambar 2. Aktivasi Fisika pada Arang Cangkang Biji Pala Papua

2) Aktivasi Kimia

Metode aktivasi kimia pada arang cangkang biji pala Papua (Gambar 3) yaitu serbuk cangkang biji pala ditimbang 100 g, lalu dicuci dengan aquades kemudian ditiriskan. Bagian yang lain, kapur sirih dimasukkan dalam tanur dengan suhu 850°C selama 15 menit, kemudian dimasukkan kedalam air sebanyak 300 mL, selanjutnya dilakukan pencampuran menggunakan stirer magnetik dengan kecepatan pengadukan 500 rpm selama 15 menit. Kapur tohor didiamkan selama 15 menit hingga terpisah dari endapannya. Larutan kapur tohor diambil untuk dicampurkan pada serbuk arang cangkang biji pala. Campuran antara serbuk cangkang biji pala dan larutan kapur tohor tersebut, kemudian dimasukkan dalam oven dengan suhu 100°C selama 60 menit. Setelah campuran arang dan larutan kapur telah dingin, lalu dipisahkan larutan dengan karbon aktif. Arang aktif dinetralkan dengan aquades untuk mendapatkan pH sebesar 7. Pada bagian akhir aktivasi kimia ini, serbuk arang cangkang biji pala dimasukkan dalam oven pada suhu 125°C selama 120 menit, kemudian didinginkan dalam desikator (Qin *et al.*, 2014).



Gambar 3. Aktivasi Kimia pada Arang Cangkang Biji Pala Papua

3) Aktivasi Fisika-Kimia

Serbuk arang cangkang biji pala Papua sebanyak 100 g diaktivasi secara fisika dengan dipanaskan dalam tanur menggunakan suhu 450 °C selama 30 menit (Lekatompessy *et al*, 2022). Selanjutnya, serbuk cangkang biji pala telah diaktivasi secara fisika kemudian dilanjutkan dengan aktivasi secara kimia menggunakan kapur sirih dan dipanaskan dalam tanur pada suhu 850 °C selama 15 menit. arang yang telah melalui proses aktivasi fisika dan kimia ini (Gambar 4), kemudian disimpan dalam desikator untuk tahap analisis (Qin *et al.*, 2014).

Prosedur Analisis

Perhitungan Rendemen

Penentuan rendemen dihitung sesuai standar SNI 06-373-1995 (SNI, 1995) menggunakan persamaan rumus (1).

$$\text{Rendemen} = \frac{\text{Berat arang aktif}}{\text{Berat arang}} \times 100\% \quad (1)$$

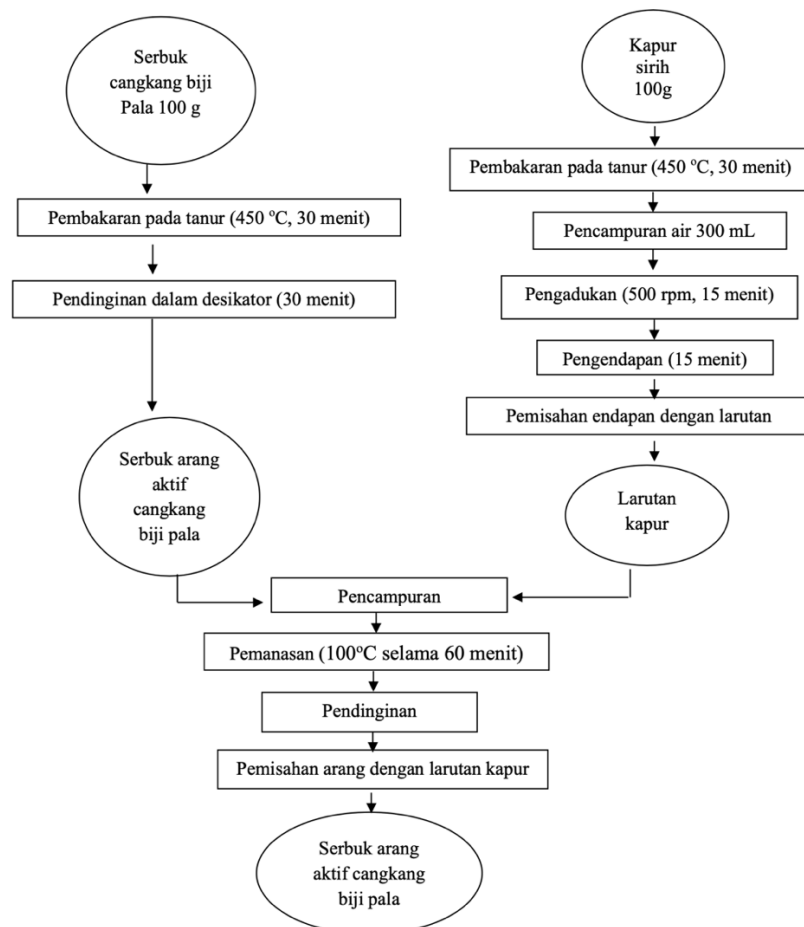
Penentuan Kadar Air

Penentuan kadar air pada sampel ini melibatkan pengukuran pada serbuk arang tanpa aktivasi dan arang yang telah mengalami aktivasi. Masing-masing sampel sebanyak 1 gram ditimbang,

kemudian cawan porselin kosong dipanaskan dalam oven dan ditimbang beratnya. Selanjutnya, serbuk arang dimasukkan ke dalam cawan tersebut dan ditempatkan dalam oven pada suhu 105 °C selama 1 jam. Setelah itu, arang didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan timbang kembali beratnya hingga beratnya konstan. Kadar air dari arang cangkang biji pala dihitung sesuai standar SNI 06-373-1995 (SNI, 1995) menggunakan persamaan rumus (2).

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% \quad (2)$$

Dimana: m_1 = berat cawan kosong
 m_2 = berat wadah + sampel (sebelum di oven)
 m_3 = berat wadah + sampel (setelah di oven)



Gambar 4. Aktivasi Fisika-Kimia pada Arang Cangkang Biji Pala Papua

Penentuan Kadar Abu

Penentuan kadar abu pada sampel ini melibatkan pengukuran pada serbuk arang tanpa aktivasi dan arang telah mengalami aktivasi. Masing-masing sampel sebanyak 1 gram ditimbang, kemudian cawan porselin kosong dipanaskan dalam oven dan ditimbang beratnya. Selanjutnya, serbuk arang dimasukkan ke dalam cawan tersebut untuk diabukan pada suhu 750 °C selama 2 jam. Setelah itu, abu cangkang biji pala didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan timbang beratnya. Perhitungan abu pada serbuk arang cangkang biji pala menggunakan rumus (3).

$$\text{Kadar abu} = \frac{\text{Berat abu (g)}}{\text{Berat arang mula-mula (g)}} \times 100\% \quad (3)$$

Penentuan Kadar Zat Menguap/*Volatile Matter*

Penentuan kadar zat menguap pada sampel ini melibatkan pengukuran pada serbuk arang tanpa aktivasi dan arang telah aktivasi. Masing-masing sampel seberat 1 gram ditimbang, kemudian cawan porselin kosong dipanaskan dalam oven dan ditimbang beratnya. Selanjutnya, serbuk arang dimasukkan ke dalam cawan tersebut untuk ditanur pada suhu 950 °C selama 7 menit. Setelah itu, sampel didinginkan dalam desikator selama 15 menit dan ditimbang beratnya. Perhitungan kadar zat menguap pada serbuk arang cangkang biji pala dihitung sesuai standar SNI 06-373-1995 (SNI, 1995) menggunakan persamaan rumus (4).

$$\text{Kadar zat mudah menguap (\%)} = \frac{m_2 - m_3}{m_2 - m_1} \times 100\% - \% \text{ moisture} \quad (4)$$

Dimana: m_1 = berat cawan kosong
 m_2 = berat arang sebelum pemanasan
 m_3 = berat arang sesudah pemanasan
 $\% \text{ moisture}$ = persentase kadar air

Uji Daya Serap terhadap Iodium

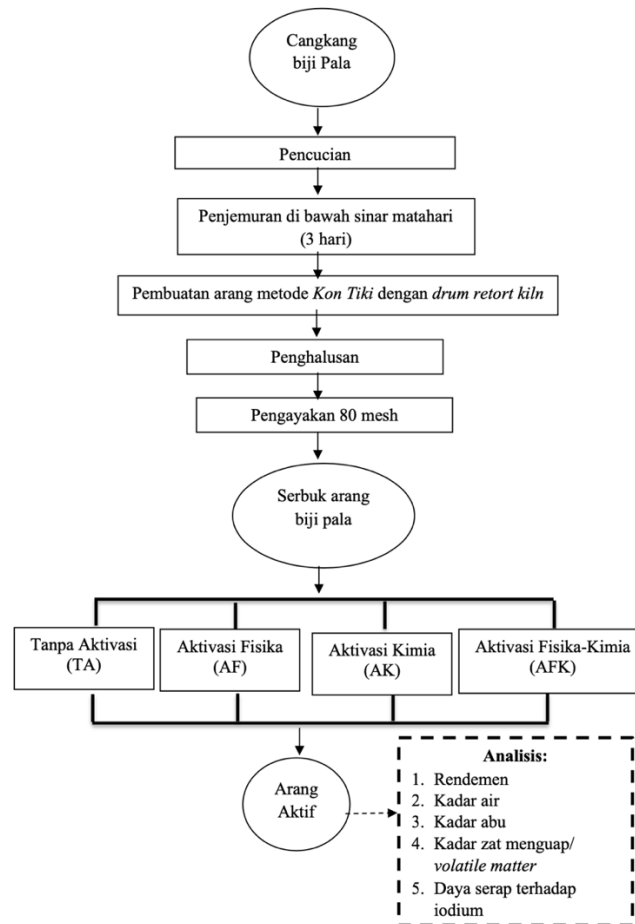
Pengujian daya serap atau adsorpsi arang cangkang biji pala melibatkan serbuk arang tanpa aktivasi dan arang yang telah aktivasi, yang masing-masing ditimbang sebanyak 1 gram. Arang kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer, selanjutnya arang ditambahkan 25 mL larutan iodin (I_2) 0,1 N. Larutan diaduk selama 15 menit menggunakan stirer, kemudian ditutup dan disimpan pada tempat yang gelap selama 24 jam (1 hari) dan 96 jam (4 hari). Larutan hasil kontak arang dengan iodium, kemudian disaring, selanjutnya filtratnya diambil 10 mL. Larutan dititrasi menggunakan larutan natrium tiosulfat ($Na_2S_2O_3$) 0,1 N. Jika larutan warna kuning pada larutan mulai samar, maka tambahkan larutan amilum 1% sebagai indikator titrasi. Titrasi kembali warna biru tua dalam larutan hingga menjadi bening (larutan dalam erlenmyer). Catat volume $Na_2S_2O_3$ (larutan dalam buret) yang digunakan. Uji daya serap arang terhadap iodium (mg/g) dihitung sesuai dengan Sulaiman *et al.*, (2017) yang menggunakan persamaan rumus (5).

$$\text{Daya serap iod} = \frac{A - \left[\frac{B \times N \times Na_2S_2O_3}{N I_2} \right] \times 126,93 \times fp}{w} \quad (5)$$

Dimana : w = massa karbon (g)
 A = volume larutan I_2 (mL)
 B = volume larutan $Na_2S_2O_3$ (mL)
 $N \text{ } Na_2S_2O_3$ = normalitas larutan $Na_2S_2O_3$ (N)
 $N \text{ } I_2$ = normalitas larutan I_2 (N)
126,93 = jumlah iodin sesuai 1 mL larutan $Na_2S_2O_3$
 fp = faktor pengenceran

Analisis Data

Rata-rata data yang diperoleh dari setiap perlakuan dianalisis tiga kali pengulangan yang dibandingkan dengan data dari SNI 06-3730-1995. Diagram alir penelitian dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram Alir Penelitian

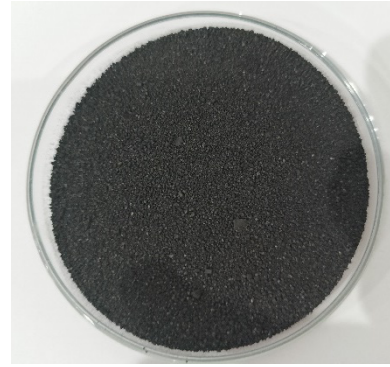
3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Rendemen

Hasil rendemen arang cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) yang diperoleh dari proses pembakaran telah disajikan dalam Tabel 1. Rendemen cangkang biji pala berkisar antara $39,19 \pm 0,23$ hingga $42,61 \pm 0,11\%$. Berdasarkan penelitian Kurniawan *et al.* (2021), rendemen cangkang biji pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt) mencapai 24,40 %. Perbandingan ini menunjukkan bahwa rendemen cangkang biji pala Papua lebih tinggi dibandingkan cangkang biji pala Banda, yang mungkin disebabkan oleh perbedaan ukuran dan proses pengarangan cangkang. Ukuran cangkang biji pala Papua cenderung lebih besar, sehingga memiliki serat yang lebih tinggi dibandingkan cangkang biji pala Banda. Adnan (2018) menyatakan bahwa panas yang dihasilkan saat pembakaran arang kayu dipengaruhi oleh ukuran partikel arang kayu tersebut. Partikel yang lebih besar cenderung memiliki rongga antar partikel lebih besar. Meskipun begitu, rongga antar partikel yang lebih besar pada arang dapat meningkatkan nilai kalor yang dihasilkan, sehingga meningkatkan kecepatan pembakaran. Penampakan serpihan dan serbuk cangkang biji pala dapat dilihat pada Gambar 6.



a. Serpihan Arang Cangkang Biji Pala



b. Serbuk Arang Cangkang Biji Pala

Gambar 6. a. Serpihan, dan b. Serbuk Cangkang Biji Pala

Proses pengarangan dari cangkang biji pala menggunakan *drum retort kiln*, pengendalian pasokan oksigen menjadi kunci untuk menghasilkan arang dengan kualitas yang memenuhi standar yang ditetapkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [Maryono et al. \(2013\)](#), kualitas briket arang yang dihasilkan dipengaruhi oleh jumlah udara yang disuplai selama proses karbonasi. Jika pasokan udara rendah, maka nilai kalor dan kemampuan pembakaran arang cenderung menurun. Oleh karena itu, pengaturan yang cermat terhadap pasokan udara merupakan hal yang sangat penting dalam memastikan arang yang dihasilkan sesuai dengan standar yang ditargetkan.

Tabel 1. Data Hasil Rendemen Arang Cangkang Biji Pala Papua

Perlakuan	Rendemen (%)
TA (Tanpa Aktivasi)	42,61±0,11
AF (Aktivasi Fisik)	41,64±0,27
AK (Aktivasi Kimia)	40,52±0,31
AFK (Aktivasi Fisika-Kimia)	39,19±0,23

Langkah awal dalam proses karbonasi ini yaitu penghilangan air melalui penguapan, diikuti dengan pembuangan komponen yang mudah menguap pada rentang suhu antara 100 °C hingga 600 °C. Reaksi karbonasi terjadi saat zat arang dari cangkang biji pala beraksi dengan oksigen yang menghasilkan air ([Ardiwinata, 2020](#)). Selain itu, tingkat rendemen dalam proses karbonasi dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti kondisi iklim, musim, unsur tanah, jenis bahan baku, dan teknik pembakaran ([Kasmudjo, 1992](#)).

Rendemen karbon aktif juga dipengaruhi oleh suhu, semakin tinggi suhu maka semakin rendah rendemennya. Hal ini disebabkan oleh dekomposisi komponen kompleks pada suhu tinggi, menghasilkan produk sederhana berupa padatan, gas, dan cairan ([Lempang & Tikupadang, 2013](#)).

3.2. Kadar Air

Penentuan kandungan air dalam serbuk arang dari cangkang biji pala bertujuan untuk mengevaluasi sifat higroskopisnya, yang secara langsung mempengaruhi kualitas arang yang dihasilkan. Menurut [Sugiyati & Sutiya \(2021\)](#) bahwa semakin rendah kadar air, maka nilai kalor dan kemampuan pembakaran arang juga cenderung menurun.

Data hasil kadar air dari arang cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) yang diperoleh dari proses pembakaran dapat dilihat pada [Tabel 2](#). Kadar air biji pala Papua berkisar antara $3,61 \pm 0,15$ hingga $7,65 \pm 0,38\%$. Berdasarkan standar mutu karbon aktif yang mengacu pada standar SNI 06-3730-1995, dimana kadar air maksimal yang diperbolehkan adalah 15 %, hal ini menunjukkan bahwa arang dari cangkang biji pala telah aktivasi secara fisika, kimia, dan fisika kimia, dan masing-masing telah memenuhi standar yang ditetapkan. Namun, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [Kurniawan et al. \(2021\)](#), rendemen cangkang biji pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt) sebesar 2,00%.

Metode aktivasi fisika-kimia diketahui memiliki kadar air arang dari cangkang biji pala yang paling rendah, sedangkan metode tanpa aktivasi memiliki kadar air yang paling tinggi. Hal ini disebabkan oleh adanya aktivasi dengan bahan kimia berupa kapur sirih ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) yang bereaksi dengan arang. Pernyataan ini juga diperkuat oleh [Pari \(2006\)](#), yang menyebutkan bahwa bahan pengaktif yang bersifat higroskopis dapat menurunkan kadar air. Kandungan air yang lebih rendah menunjukkan jumlah air yang lebih sedikit yang tersisa menutupi pori-pori arang, sehingga meningkatkan luas karbon aktif dan kemampuannya dalam menyerap zat terlarut dibandingkan dengan karbon aktif yang memiliki kandungan air yang lebih tinggi.

Tabel 2. Data Hasil Kadar Air Arang Cangkang Biji Pala Papua

Perlakuan	Kadar Air (%)	Syarat Mutu Kadar Air (%) (SNI 06-3730-1995)
TA (Tanpa Aktivasi)	$7,65 \pm 0,38$	Maksimal 15
AF (Aktivasi Fisik)	$4,81 \pm 0,24$	
AK (Aktivasi Kimia)	$4,23 \pm 0,28$	
AFK (Aktivasi Fisika-Kimia)	$3,61 \pm 0,15$	

3.3. Kadar Abu

Penetapan kandungan abu dalam serbuk arang dari cangkang biji pala bertujuan untuk mengidentifikasi bagian yang tidak terbakar dan tidak mengandung unsur karbon setelah arang mengalami proses pembakaran. Kandungan abu dalam cangkang biji pala mencerminkan jumlah komponen anorganik yang terdapat dalam arang tersebut.

Data mengenai kandungan abu dalam arang dari cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) yang diperoleh dari proses pembakaran tersaji dalam [Tabel 3](#). Kandungan abu dalam arang cangkang biji pala Papua berkisar antara $4,03 \pm 0,09$ hingga $4,95 \pm 0,07\%$. Berdasarkan standar mutu karbon aktif yang mengacu pada standar SNI 06-3730-1995, dimana kadar abu maksimal yang diperbolehkan adalah 10 %. Hal ini menunjukkan bahwa arang dari cangkang biji pala telah mengalami aktivasi secara fisika, kimia, dan fisika-kimia, dan masing-masing telah memenuhi standar yang ditetapkan. Namun, berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh [Kurniawan et al. \(2021\)](#), rendemen dari cangkang biji pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt)

adalah sebesar 2,00%. Perbedaan kadar abu antara cangkang biji pala Papua dan Banda diduga disebabkan oleh perbedaan dalam ukuran cangkang dan proses pengarangan yang berbeda.

Tabel 3. Data Hasil Kadar Abu Arang Cangkang Biji Pala Papua

Perlakuan	Kadar Abu (%)	Syarat Mutu Kadar Abu (%) (SNI 06-3730-1995)
TA (Tanpa Aktivasi)	4,95±0,07	Maksimal 10
AF (Aktivasi Fisik)	4,46±0,25	
AK (Aktivasi Kimia)	4,27±0,35	
AFK (Aktivasi Fisika-Kimia)	4,03±0,09	

Kandungan abu dalam serbuk arang dari cangkang biji pala yang telah mengalami aktivasi cenderung lebih rendah daripada arang yang belum mengalami aktivasi. Kadar abu yang rendah ini mengindikasikan kualitas yang lebih baik dari karbon aktif sebagai adsorben. Pori-pori karbon aktif tetap terbuka karena tidak tertutupi oleh abu, sehingga kemampuannya dalam menyerap zat terlarut dapat maksimal.

3.4. Kadar Zat Mudah Menguap/*Volatile Matter*

Data hasil *volatile matter* dalam arang dari cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) terdapat dalam Tabel 4. Kandungan zat mudah menguap dalam arang cangkang biji pala Papua berkisar antara 6,43±0,16 hingga 8,57±0,35%. Sesuai dengan standar mutu karbon aktif yang mengacu pada standar SNI 06-3730-1995, dimana kadar *volatile matter* maksimal yang diperbolehkan adalah 25 %. Hal ini menunjukkan bahwa arang dari cangkang biji pala telah aktivasi secara fisika, kimia, dan fisika-kimia, dan masing-masing telah memenuhi standar yang ditetapkan. Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Kurniawan *et al.* (2021), rendemen dari cangkang biji pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt) adalah sebesar 7,14%.

Tabel 4. Data Hasil Kadar Abu Arang Cangkang Biji Pala Papua

Perlakuan	<i>Volatile Matter</i> (%)	Syarat Mutu <i>Volatile Matter</i> (%) (SNI 06-3730-1995)
TA (Tanpa Aktivasi)	8,57±0,35	Maksimal 25
AF (Aktivasi Fisik)	7,65±0,19	
AK (Aktivasi Kimia)	7,13±0,11	
AFK (Aktivasi Fisika-Kimia)	6,43±0,16	

Kandungan komponen volatil dalam karbon mencerminkan tingkat mutu karbon tersebut. Semakin tinggi konsentrasi komponen volatil, maka mutu karbon cenderung lebih rendah. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa konsentrasi komponen volatil yang tinggi dapat mempercepat proses pembakaran dan menghasilkan lebih banyak asap.

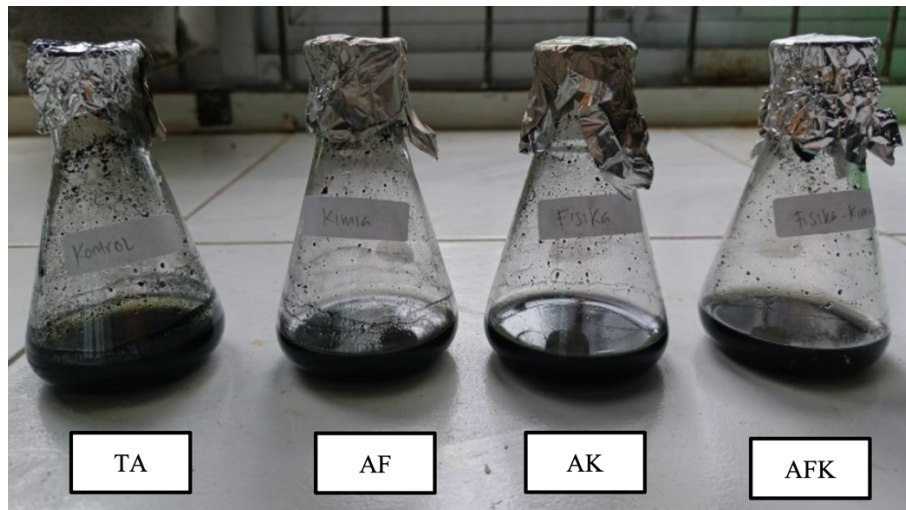
Jumlah komponen volatil dalam arang dipengaruhi oleh suhu dan durasi proses karbonasi. Konsentrasi yang tinggi dari komponen volatil umumnya disebabkan oleh proses karbonasi yang tidak sempurna. Semakin tinggi suhu dan semakin lama proses karbonasi berlangsung, semakin banyak komponen volatil yang terbang. Oleh karena itu, pada pengujian kadar zat menguap yaitu

diperoleh nilai yang rendah karena sebagian besar zat menguap telah hilang selama proses karbonasi.

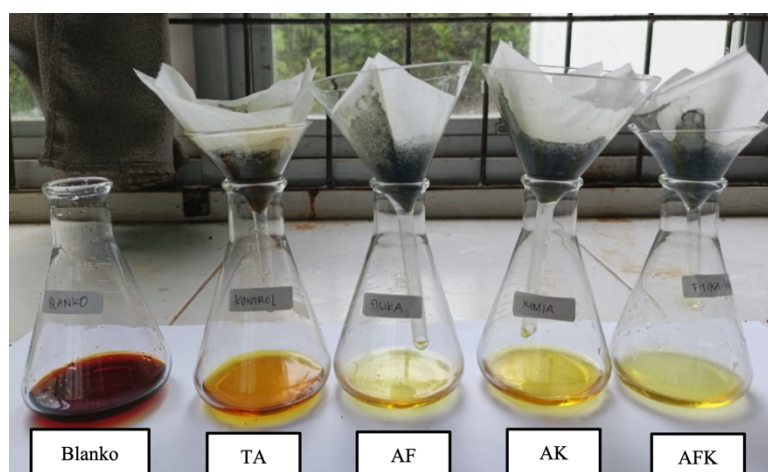
3.5. Daya Serap terhadap Iodium

Penentuan daya serap terhadap iodium pada arang bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan karbon aktif dalam menyerap larutan berwarna dengan ukuran molekul kurang dari 10 Å atau 1 nm (Pari, 2009). Tingkat kapasitas penyerapan iodium pada karbon mengindikasikan jumlah mikropori yang terbentuk dalam karbon aktif. Semakin tinggi kapasitas penyerapan iodium pada karbon, semakin banyak pula mikropori yang terbentuk dalam karbon aktif (Previanti *et al.*, 2015).

Data hasil daya serap arang cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) yang diperoleh dari terhadap iodium tersaji dalam Tabel 5. Proses dan hasil penampakan daya serap cangkang biji pala terhadap iodium dapat dilihat pada Gambar 7, Gambar 8, dan Gambar 9.



Gambar 7. Proses Kontak Karbon aktif Cangkang Biji Pala dengan Iodium

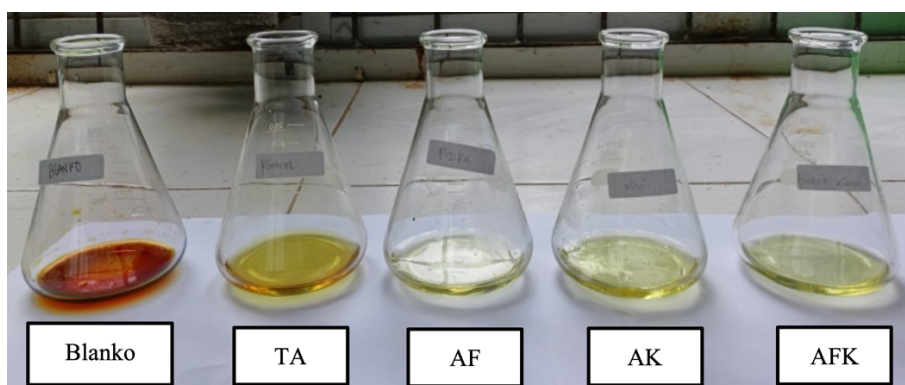


Gambar 8. Hasil Kontak 24 Jam Karbon aktif Cangkang Biji Pala dengan Iodium

Penambahan aktivator $\text{Ca}(\text{OH})_2$ dapat meningkatkan jumlah mineral yang teradsorpsi dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang terjadi selama proses karbonasi. Akibatnya,

bilangan iodin cenderung meningkat karena pori-pori karbon aktif menjadi lebih besar, yang berarti luas permukaan karbon aktif juga bertambah. Hal ini terbukti dari peningkatan daya serap arang terhadap iodin.

Berdasarkan syarat mutu karbon aktif yang mengacu pada standar SNI 06-3730-1995, dimana daya serap terhadap iodin minimal harus mencapai 750 mg/g, menunjukkan bahwa arang dari cangkang biji pala Papua tanpa aktivasi belum memenuhi standar tersebut, sedangkan arang dari cangkang biji pala Papua yang telah mengalami aktivasi fisika, kimia, dan fisika-kimia masing-masing telah memenuhi standar yang ditetapkan. Menurut penelitian yang dilakukan oleh [Kurniawan *et al.* \(2021\)](#), daya serap terhadap iodium pada cangkang biji pala Banda (*Myristica fragrans* Houtt) adalah sebanyak 847,64 mg/g dengan menggunakan aktivasi fisika. Perbedaan daya serap iodium antara cangkang biji pala Papua dan Banda diduga disebabkan oleh perbedaan ukuran cangkang dan proses pengarangan.



Gambar 9. Hasil Kontak 96 Jam Karbon aktif Cangkang Biji Pala dengan Iodium

Tabel 5. Data Hasil Daya Serap Arang Cangkang Biji Pala Papua terhadap Iodium

Perlakuan	Daya Serap Arang terhadap I ₂ (mg/g) waktu kontak 24 jam	Daya Serap Arang terhadap I ₂ (mg/g) waktu kontak 96 jam	Syarat Mutu Daya Serap Arang terhadap I ₂ (mg/g) (SNI 06-3730-1995)
TA (Tanpa Aktivasi)	560,35±0,19	768,37±0,27	Minimal 750
AF (Aktivasi Fisika)	889,61±0,23	1085,12±0,10	
AK (Aktivasi Kimia)	781,04±0,07	940,21±0,16	
AFK (Aktivasi Fisika-Kimia)	979,71±0,16	1171,09±0,06	

Angka iod yang semakin besar menunjukkan pula semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat terlarut. Daya serap iodin tertinggi terjadi pada arang biji pala Papua yang mengalami aktivasi fisika-kimia, sedangkan yang terendah terjadi pada arang biji pala Papua tanpa aktivasi. [Previanti *et al.* \(2015\)](#) menyatakan bahwa ujuan utama dari proses aktivasi adalah untuk memperluas volume dan memperbesar diameter pori-pori yang terbentuk selama proses karbonisasi, serta membentuk beberapa pori baru.

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa daya serap iodium yang tertinggi pada karbon cangkang biji pala Papua (*Myristica argentea* Warb) pada waktu kontak 24 jam sebesar $979,71 \pm 0,16$ mg/g dan waktu kontak 96 jam sebesar $1171,09 \pm 0,06$ mg/g. Karbon aktif cangkang biji pala dengan aktivasi fisika-kimia memiliki kadar air $3,61 \pm 0,15\%$; kadar abu $4,03 \pm 0,09\%$; zat mudah menguap $6,43 \pm 0,16\%$; dan rendemen $39,19 \pm 0,23\%$, yang telah memenuhi standar mutu SNI 06-3730-1995. Karbon aktif cangkang biji pala Papua dengan daya adsorpsi iodium yang optimum adalah aktivasi secara fisika-kimia.

Daftar Pustaka

- Adnan, A. B., Subroto., & Putro, S. (2018). Analisis karakteristik pembakaran langsung (*co-combustion*) arang kayu dan daun cengkeh sisa destilasi minyak atsiri dengan variasi komposisi. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 19(2), 55-65. <https://doi.org/10.23917/mesin.v19i2.7496>
- Ardiwinata, A. N. (2020). Pemanfaatan arang aktif dalam pengendalian residu pestisida di tanah: prospek dan masalahnya. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 14(1), 49-62. <http://10.21082/jsdl.v14n1.2020.49-62>
- Bimantara, A. (2024, 30 Januari 2024). *Antisipasi Musim Kemarau 2024, Warga Fakfak Diimbau Hemat Air*. Retrieved from <https://papuabarat.tribunnawa.com/2024/01/11/antisipasi-musim-kemarau-2024-warga-fakfak-diimbau-hemat-air>
- BPS. (2021). *Kabupaten Fakfak dalam Angka 2021*. BPS Kabupaten Fakfak.
- Caliskan, C.E., Ciftci, H., Ciftci, T., Kariptas, E., Arslanoglu, H., & Erdem, M. (2023). Use of activated carbon obtained from waste vine shoots in nickel adsorption in simulated stomach medium. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s13399-021-01954-4>
- Das, S., Mishra, S., & Sahu, H. (2023). A review of activated carbon to counteract the effect of iron toxicity on the environment. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 5, 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.enceco.2023.02.002>
- Hartanto, S., & Ratnawati. (2010). Pembuatan Karbon Aktif dari Tempurung Kelapa Sawit dengan Metode Aktivasi Kimia. *Jurnal Sains Materi Indonesia*, 12(1), 12-16. <https://jurnal.batan.go.id/index.php/jsmi/article/view/4588/4002>
- Ibrahim, G. A., Hidayat, W., Haryanto, A., Hasanudin, U., Prayoga, S., Saputra, B., Rahman, A. F., & Tambunan, K. G. A. (2021). *Pelatihan pembuatan biochar dari limbah biomassa jagung menggunakan metode kon tiki dan drum retort kiln* [Laporan]. Pusat Riset Energi dan Biomassa, Lembaga Riset dan Pengabdian kepada Masyarakat, Universitas Lampung. http://repository.lppm.unila.ac.id/36393/1/Laporan%20Akhir%20Pengabdian%20Biochar_compressed.pdf
- Karri, S. N., Ega, S. P., Srinivasan, P., & Perupogu, V. (2021). Used carbon water filter—A source for high performance microporous activated carbon electrode for aqueous supercapacitor. *Journal of Energy Storage*, 44, 103399. <https://doi.org/10.1016/j.est.2021.103399>
- Kasmudjo. (1992). *Dasar-dasar Pengolahan Minyak Kayu Putih*. Yayasan Pembina Fakultas Kehutanan Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Kurniawan, I., Susanty., Hendrawati, T.Y., Rusanti, W.D. (2021). Pemanfaatan karbon aktif dari biji pala (*Myristica fragrans* Houtt.) untuk pemurnian minyak jelantah. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi, Universitas Muhammadiyah Jakarta*. 17 November 2021. <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/11460/6546>

- Lekatompessy, C. R., Sunaryanto, R., & Nurhayati. (2022). Efektifitas cangkang buah pala (*Myristica fragrans*) sebagai karbon aktif dalam pengolahan air limbah domestik. *Jurnal TechLINK*, 6(2), 36-42. <https://doi.org/10.59134/jtnk.v6i02.173>
- Lempang, M., & Tikupadang, H. (2013). Aplikasi karbon aktif tempurung kemiri sebagai komponen media tumbuh semai melina. *Jurnal Riset Kehutanan Wallacea*, 2(2), 121-137. <https://dx.doi.org/10.18330/jwallacea.2013.vol2iss2pp121-137>
- Maryono., Sudding., & Rahmawati. (2013). Pembuatan dan analisis mutu briket arang tempurung kelapa ditinjau dari kadar kanji. *Jurnal Chemica*, 14(1), 74-83. <https://ojs.unm.ac.id/chemica/article/view/795/130>
- Neisan, R. S., Saady, N. M. C., Bazan, C., Zendehboudi, S., & Albayati, T. M. (2023). Adsorption of copper from water using TiO₂-modified activated carbon derived from orange peels and date seeds: Response surface methodology optimization. *Heliyon*, 9(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21420>
- Pari, G., Tohir, D., Mahpudin, M., & Ferry, J. (2006). Karbon aktif serbuk gergaji kayu sebagai bahan adsorben pada pemurnian minyak goreng bekas. *Jurnal Riset Hasil Hutan*, 24(4), 309-322. [179125-ID-arang-aktif-serbuk-gergaji-kayu-sebagai.pdf](https://doi.org/10.179125-ID-arang-aktif-serbuk-gergaji-kayu-sebagai.pdf) (neliti.com)
- Pari, G., Widayati, T. D., & Yoshida, M. (2009). Mutu karbon aktif dari serbuk gergaji kayu. *Jurnal Riset Hasil Hutan*, 27(4), 381-398. <https://doi.org/10.20886/jphh.2009.27.4.381-398>
- Previanti, P., Sugiani, H., Pratomo, U., & Sukrido. (2015). Daya serap dan karakterisasi karbon aktif tulang sapi yang teraktivasi natrium karbonat terhadap logam tembaga. *Chemica et Natura Acta*, 3(2), 48-53. <https://doi.org/10.24198/cna.v3.n2.9182>
- Qin, C., Chen, Y., & Gao, J. (2014). Manufacture and characterization of activated carbon from marigold straw (*Tagetes erecta* L) by H₃PO₄ chemical activation. *Materials Letters*, 135, 123-126. <https://dx.doi.org/10.1016/j.matlet.2014.07.151>
- Sagita, N., Aprilia, H., & Arumsari, A. (2020). Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Pala (*Myristica Fragrans* houtt) Sebagai Adsorben Untuk Permurnian Minyak Goreng Bekas Pakai. *Jurnal Prosiding Farmasi*, 6(1), 74-80. [http://dx.doi.org/10.29313/v0i0.19881](https://dx.doi.org/10.29313/v0i0.19881) <https://karyailmiah.unisba.ac.id/index.php/farmasi/article/view/19881/pdf>
- Sepahvand, S., Ashori, A., & Jonoobi, M. (2023). Application of cellulose nanofiber as a promising air filter for adsorbing particulate matter and carbon dioxide. *International Journal of Biological Macromolecules*, 125344. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125344>
- SNI. (1995). *SNI 06-3730-1995: Karbon aktif Teknis*, Badan Standardisasi Nasional, Jakarta. http://sispk.bsn.go.id/SNI/ICS_Detail_list/1052
- Sugiyati, F. Y., & Sutiya, B. (2021). Karakteristik Briket Arang Campuran Arang Akasia Daun Kecil (*Acacia auliculiformis*) dan Arang Alaban (*Vitex pubescens* Vhal). *Jurnal Sylva Scientiae*, 4(2), 274-284. <https://doi.org/10.20527/jss.v4i2.3337>
- Sulaiman, N. H., Malau, L. A., Lubis, F. H., Harahap, N. B., Manalu, F. R., & Kembaren, A. (2017). Pengolahan tempurung kemiri sebagai karbon aktif dengan variasi aktivator asam fosfat. *Jurnal Einstein*, 5(2), 37-41. <https://dx.doi.org/10.24114/einstein.v5i2.11841>
- Zuo, Q., Zhang, Y., Zheng, H., Zhang, P., Yang, H., Yu, J., ... & Mai, J. (2019). A facile method to modify activated carbon fibers for drinking water purification. *Chemical Engineering Journal*, 365, 175-182. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2019.02.047>