

## Optimasi Sintesis Karbon Aktif dari Bambu Buluh (*Schizostachyum brachycladum*) dengan Variasi Suhu Karbonisasi untuk Penyerapan Besi pada Air Sumur Gambut

Dwiria Wahyuni\*, Mega Nurhanisa, Abdurrahman Bahtiar, Rutdiyanti

Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Tanjungpura, Jl. Prof. Dr. H. Hadari Nawawi, Pontianak

### Info Artikel

#### Histori Artikel:

Diajukan: 30 Maret 2022

Direvisi: 20 April 2022

Diterima: 25 Mei 2022

#### Kata kunci:

Karbon aktif  
Suhu karbonisasi  
Bambu  
Adsorpsi

#### Keywords:

Activated carbon  
Carbonization temperature  
Bamboo  
Adsorption

#### Penulis Korespondensi:

Dwiria Wahyuni

Email:

[dwiriawahyuni@physics.untan.ac.id](mailto:dwiriawahyuni@physics.untan.ac.id)

### ABSTRAK

Karbon aktif merupakan salah satu adsorben yang banyak digunakan sebagai material penjernih air. Pada umumnya, karbon aktif dapat disintesis dari berbagai limbah biomassa yang tidak digunakan seperti bambu buluh (*Schizostachyum brachycladum*). Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan suhu karbonisasi optimum sintesis karbon aktif yang dilihat dari penyerapan tertinggi kadar besi pada air sumur gambut. Artikel ini juga menjabarkan hubungan antara suhu karbonisasi dan ukuran pori terhadap daya serap karbon aktif. Sintesis karbon aktif diawali dengan proses karbonisasi pada suhu bervariasi dari 400°C hingga 600°C (60 menit), kemudian dilanjutkan dengan proses aktivasi dengan mencampurkan bahan baku dengan larutan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10% (24 jam) dilanjutkan pemanasan pada 900°C (60 menit). Ukuran pori dan morfologi permukaan karbon aktif digambarkan dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM). Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, karbon aktif yang dikarbonisasi pada suhu 500°C memiliki daya serap dan ukuran pori optimal, dengan efektivitas serapan sebesar 73,03% dan ukuran pori sebesar 40 µm. Semakin besar ukuran pori karbon aktif, maka kemampuannya menyerap Fe dalam air semakin besar. Penggunaan suhu di atas 500°C dapat merusak dinding pori karbon aktif. Dengan demikian, sintesis karbon aktif dari bambu buluh akan optimal jika dilakukan karbonisasi pada suhu 500°C.

*Activated carbon is an adsorbent that is widely used in water purification. In general, activated carbon can be synthesized from various biomass wastes, such as buluh bamboo (Schizostachyum brachycladum). This research aims to obtain the optimum carbonization temperature determined from the highest ferrite absorbances in peat well's water. This article also describes the relation of carbonization temperature and carbon pores size to the adsorption properties. Synthesizing of activated carbon commenced with a carbonization process at varied temperature from 400°C to 600°C (60 minutes), followed by an activation process by mixing the raw materials with 10% H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> solution (24 hours) and a heating process at 900°C (60 minutes). The pore size and surface morphology of activated carbon were characterized using a scanning electron microscope (SEM). The result showed that the activated carbon carbonized at 500 °C has optimal adsorption and pore size, with effectiveness of adsorption of 73.03% and a pore size of 40 µm. The bigger the pore size, the higher the adsorption of ferrite in water. The use of a temperature higher than 500°C could cause the pore to collapse. In short, the optimum carbonization temperature for synthesizing activated carbon from buluh bamboo is 500°C.*

Copyright © 2020 Author(s). All rights reserved

## I. PENDAHULUAN

Sebagai negara tropis dengan curah hujan yang tinggi, Indonesia memiliki sumber daya bambu yang cukup potensial. Tanaman bambu dapat tumbuh baik di dataran tinggi maupun rendah. Indonesia diperkirakan memiliki 60 jenis bambu, salah satunya adalah bambu buluh (*Schizostachyum brachycladum*). Bambu buluh, atau oleh masyarakat lokal disebut juga buro'k, tumbuh di daerah Landak, Kalimantan Barat. Bambu buluh masih dimanfaatkan secara tradisional seperti untuk bahan kerajinan tangan dan alat masak (Linda et al., 2017), sehingga terbuka potensi untuk mensintesis bambu jenis ini menjadi material termodifikasi.

Beberapa jenis bambu yang ada di Indonesia sudah pernah dimanfaatkan untuk sintesis material termodifikasi. Bambu betung, bambu andong, dan bambu tali sudah pernah digunakan sebagai bahan pembuatan papan komposit baik sebagai bahan tunggal (Febrianto et al., 2016; Subiyakto et al., 2016; Suhasman et al., 2010), maupun sebagai bahan campuran dengan sampah kayu (Kusuma et al., 2011). Beberapa jenis bambu juga pernah disintesis menjadi karbon aktif untuk beberapa aplikasi, seperti karbon aktif bambu betung sebagai adsorben metilen biru (Hutapea et al., 2017), karbon aktif bambu swat untuk *adsorbed natural gas* (ANG) (Negara et al., 2017), dan karbon aktif bambu sebagai material elektroda (Tumimomor et al., 2017).

Karbon aktif dapat disintesis dari material yang mengandung lignoselulosa (Lubis et al., 2020). Batang bambu memiliki kandungan selulosa 40–50% dan lignin 20–26%, sehingga berpotensi untuk dijadikan karbon aktif. Lebih detail, bambu buluh memiliki alfa selulosa sebesar 44%, lebih sedikit dibanding bambu apus dengan kandungan 46% (Loiwatu and Manuhuwa, 2008). Karbon aktif adalah bahan karbon hitam padat dan berpori. Pembuatan karbon aktif terdiri dari tiga tahap, yaitu tahap dehidrasi, karbonisasi, dan aktivasi. Tahap dehidrasi adalah proses pengeringan air yang terkandung pada bahan baku. Tahap karbonisasi adalah proses pembakaran bahan baku pada suhu tertentu untuk memperoleh material karbon. Pada proses ini terjadi dekomposisi termal berupa pelepasan atom-atom non karbon dari unsur karbon sehingga terjadi karbonisasi. Tahap aktivasi adalah proses penghilangan pengotor dan membuka pori karbon yang tertutup. Aktivasi dapat dilakukan secara fisika dengan pemanasan, atau secara kimia dengan menggunakan aktivator seperti  $H_3PO_4$  (Nurull and Ulfindrayani, 2019).

Optimasi dalam sintesis karbon aktif dapat dilakukan dengan memvariasikan parameter eksperimen pada tahapan sintesis. Parameter yang menentukan optimasi dapat berupa suhu karbonisasi. Pada pembuatan karbon aktif dari bambu apus, diperoleh suhu karbonisasi optimum adalah 600°C selama 90 menit (Manurung et al., 2019). Parameter karbonisasi karbon aktif bambu, baik waktu ataupun suhu, bisa jadi berbeda pada tiap spesies bergantung pada kadar unsur bambu. Pada suhu 400°C, selulosa dan lignin pada bambu mengalami penguraian (Nurull and Ulfindrayani, 2019). Pada penelitian ini, digunakan bambu buluh untuk membuat karbon aktif dengan memvariasikan suhu karbonisasi.

Di Kalimantan Barat, air gambut merupakan salah satu sumber air bagi masyarakat. Namun demikian, air gambut umumnya memiliki kandungan besi (Fe) yang tinggi sehingga perlu diturunkan agar dapat digunakan untuk keperluan sanitasi. Karbon aktif dapat dimanfaatkan sebagai adsorben polutan pada air karena memiliki luas permukaan dan volume pori yang besar. Polutan besi dalam air gambut pernah diadsorpsi hingga 85% menggunakan karbon aktif dari kulit durian (Apriani et al., 2013). Pada penelitian ini, karbon aktif akan diaplikasikan pada air gambut yang berasal dari sumur bor milik warga di daerah selatan Pontianak pada 0°3'16" LS dan 109°17'13" BT. Daerah ini belum dilalui saluran instalasi pengolahan air bersih.

Berdasarkan penjabaran tersebut, pada penelitian ini dilakukan sintesis karbon aktif dari bambu buluh dengan memvariasikan suhu karbonisasi. Langkah variasi suhu tersebut adalah sebagai upaya untuk mendapatkan suhu optimum sintesis karbon aktif yang dilihat dari penyerapan tertinggi kadar besi pada air sumur gambut. Penelitian ini juga menganalisis hubungan antara suhu karbonisasi dan ukuran pori karbon aktif terhadap daya serap Fe oleh karbon aktif bambu buluh.

## II. METODE

### 2.1 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanur, gelas ukur, neraca digital, ayakan ukuran 6 dan 12 *mesh*, batang pengaduk, mesin pencacah, dan wadah sampel. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini batang bambu buluh varietas hijau yang diambil dari daerah Landak. Batang bambu buluh yang diambil memiliki diameter 8–10 cm, panjang ruas bambu 35–50 cm, dan ketebalan sekitar 4 mm. Aktivator yang digunakan adalah H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. Bahan lain yang digunakan adalah akuades dan sampel air sumur gambut.

### 2.2 Sintesis Karbon Aktif

Proses sintesis dimulai dengan mencuci batang bambu buluh dan melakukan tahap dehidrasi. Pada tahap dehidrasi, bambu dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari hingga kering (bobot konstan). Setelah kering, bambu dipotong cukup kecil agar masuk ke dalam mesin pencacah. Batang bambu dicacah dan dihaluskan hingga berbentuk serbuk. Serbuk bambu kemudian diayak hingga lolos ayakan 6 *mesh*, lalu serbuk lolos diayak kembali hingga tertahan di ayakan 12 *mesh*. Total serbuk bambu (ukuran 6–11 *mesh*) yang dibutuhkan adalah 100 gram. Serbuk bambu kemudian dibagi menjadi 5 sampel dan ditimbang masing-masing sebanyak 20 gram.

Tahap karbonisasi dilakukan dengan memvariasikan suhu yaitu dari 400°C hingga 600°C dengan rentang variasi 50°C selama 60 menit. Pada tahap ini terbentuk pori-pori awal yang masih sempit. Karbon yang dihasilkan kemudian dihaluskan (100 *mesh*) dan diaktivasi dengan larutan asam fosfat H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 10%. Larutan aktivator dibuat menggunakan fraksi volume, yaitu dengan mencampurkan sebanyak 11,76 mL asam fosfat pekat ke dalam 88,24 mL akuades. Setelah 24 jam, karbon yang sudah diaktivasi kemudian dibilas dengan akuades berulang kali hingga pH netral. Setelah itu, karbon dipanaskan dalam oven selama 60 menit pada suhu 900°C.

### 2.3 Pengujian Karbon Aktif

Proses pengujian sampel air sumur menggunakan karbon aktif dilakukan dengan metode pengendapan. Rasio massa karbon aktif dan sampel air adalah sebesar 1:1 dengan waktu kontak 48 jam. Proses ini dilakukan pada tiap variasi suhu yang berbeda. Daya serap karbon aktif terhadap Fe dapat dihitung dengan Persamaan 1.

$$\text{Daya serap karbon (\%)} = \frac{(A - B)}{A} \times 100 \quad (1)$$

dengan *A* adalah kadar logam sebelum penambahan karbon aktif dan *B* adalah kadar logam sesudah penambahan karbon aktif. Selain itu, dilakukan juga karakterisasi karbon aktif dengan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM) untuk mengetahui ukuran pori.

## III. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1 Sintesis karbon aktif dari bambu buluh

Pemilihan bambu buluh sebagai bahan dasar karbon aktif karena tingginya kandungan selulosa pada bambu. Bagian bambu yang digunakan adalah batang bambu. Proses pertama dalam sintesis ini adalah dehidrasi. Hal ini diperlukan karena bambu biasanya dalam keadaan basah yang tidak merata. Kadar air yang besar dapat mempengaruhi proses karbonisasi. Proses dehidrasi batang bambu menyebabkan massa bambu berkurang menjadi 80%.

Proses karbonisasi dilakukan setelah batang bambu dicacah, dihaluskan, dan diayak untuk mendapatkan bambu dengan ukuran yang cukup seragam (2–3 mm). Luas permukaan bambu yang seragam diperlukan agar proses karbonisasi berlangsung merata. Variasi suhu pembakaran adalah dari 400°C hingga 600°C dengan rentang variasi 50°C. Gambar 1 memperlihatkan bambu yang telah dicacah, dihaluskan, dan dikarbonisasi. Pada proses karbonisasi, kandungan air dan senyawa volatile menguap. Selain perubahan warna menjadi hitam kecokelatan, massa bambu setelah pembakaran berkurang sebanyak 75%. Proses pembakaran juga akan membuat pori-pori karbon terbentuk meskipun masih sempit akibat adanya penyumbatan partikel abu pada pori sehingga luas permukaan karbon masih kecil. Oleh karena itu, diperlukan proses aktivasi.

Karbon bambu terlebih dulu dihaluskan sebelum dilakukan aktivasi agar luas permukaan karbon lebih besar. Luas permukaan spesifik didefinisikan sebagai perbandingan luas total permukaan zat padat terhadap massanya. Dengan demikian, luas permukaan karbon akan semakin besar jika ukuran partikel semakin kecil. Namun, ukuran karbon bambu harus cukup besar untuk tidak terbakar habis selama pembakaran pada proses aktivasi. Perendaman sampel karbon dengan larutan asam ( $H_3PO_4$ ) dapat membatasi pembentukan tar, membuat air yang terjebak dalam rongga-rongga karbon terdehidrasi, melindungi permukaan karbon untuk mengurangi terjadinya oksidasi, dan membantu menghilangkan endapan hidrokarbon yang dihasilkan saat proses karbonisasi. Dengan demikian, porositas pada karbon akan dapat ditingkatkan (Verayana et al., 2018). Aktivasi dengan asam fosfat juga membantu dekomposisi senyawa organik pada aktivasi. Pemilihan suhu dan waktu mempengaruhi jumlah, struktur pori, dan luas permukaan karbon aktif. Aktivasi dengan pemanasan karbon dengan suhu  $900^\circ C$  selama 1 jam adalah parameter optimum untuk asam fosfat (Ip et al., 2008). Hasil akhir proses sintesis adalah karbon aktif dari bambu buluh yang berbentuk serbuk.



**Gambar 1** (a) Potongan bambu (b) Bambu yang sudah dicacah (c) Bambu yang sudah dihaluskan (d) Hasil karbonisasi bambu

### 3.2 Penurunan kadar besi (Fe) berdasarkan variasi suhu karbonisasi

Karbon aktif yang sudah dibuat diaplikasikan sebagai adsorben unsur besi pada air sumur gambut. Adsorpsi adalah proses menempelnya zat besi (Fe) pada permukaan karbon aktif sebagai adsorben yang terjadi karena adanya gaya van der Waals dan ikatan kimia pada permukaan zat (Lubis et al., 2020). Kadar Fe pada air sumur gambut sebelum ditambahkan karbon aktif adalah sebesar 8,01 mg/L. Nilai ini jauh lebih tinggi dari kadar maksimum sesuai dengan PERMENKES RI No 416/Menkes/Per/ IX/1990 yaitu 1,0 mg/L untuk air bersih atau 0,3 mg/L untuk air minum. Jumlah penurunan kadar adsorbat bergantung pada waktu kontak dengan adsorben. Semakin lama karbon didiamkan di dalam air, maka semakin banyak kadar besi yang dapat diserap. Oleh karena itu, waktu kontak ditetapkan selama 48 jam untuk dapat mengadsorpsi lebih banyak kadar besi. Hasil pemeriksaan kadar besi (Fe) sesudah dilakukan kontak antara karbon aktif dan sampel air sumur gambut diberikan pada Tabel 1.

**Tabel 1** Hasil pengukuran kadar besi (Fe) berdasarkan variasi suhu karbonisasi

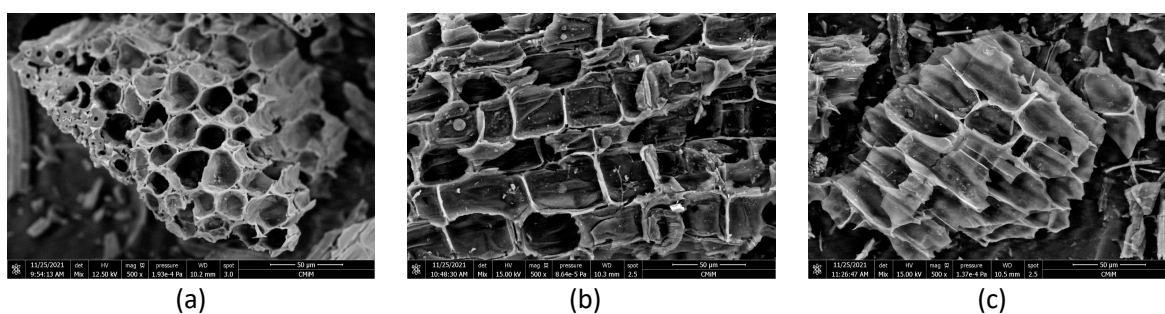
Suhu karbonisasi ( $^\circ C$ )	Kadar Fe akhir (mg/L)	Penurunan kadar besi (%)
400	3,04	62,05
450	3,02	62,30
500	2,16	73,03
550	2,47	69,16
600	3,27	59,18

Hasil pengujian daya serap karbon aktif terhadap Fe pada air sumur menunjukkan bahwa adsorpsi terendah diperoleh pada suhu karbonisasi 600°C sebesar 59,18%. Sementara itu, serapan tertinggi diperoleh dari sampel dengan suhu karbonisasi 500°C yaitu sebesar 73,03%. Dari hasil pengujian, kadar besi cenderung menurun dengan kenaikan suhu karbonisasi hingga mencapai penurunan optimal pada suhu karbonisasi 500°C dan kembali bertambah pada suhu di atas 500°C. Fenomena ini terjadi terkait dengan ukuran pori yang terbentuk pada karbon aktif yang akan dibahas lebih detail pada sub-bagian 3.3. Kemampuan karbon aktif untuk mengadsorpsi Fe dipengaruhi oleh bentuk permukaan pori yang terdapat pada karbon aktif. Pori-pori yang terbentuk pada karbon aktif dapat meningkatkan kemampuan adsorpsi dari adsorbat karena pori tersebut merupakan rongga yang memperluas permukaan karbon aktif (La Hasan et al., 2015).

Meskipun semua kadar Fe pada sampel air gambut berkurang secara signifikan pada semua variasi suhu, namun kadar Fe masih di atas kadar maksimum baik untuk air minum ataupun air bersih. Untuk menyimpulkan penyebab belum tercapainya penurunan kadar besi agar layak pakai maka diperlukan penelitian lebih lanjut karena bisa jadi akibat kurangnya waktu kontak atau karbon aktif telah mengalami kejenuhan.

### 3.3 Morfologi karbon aktif bambu

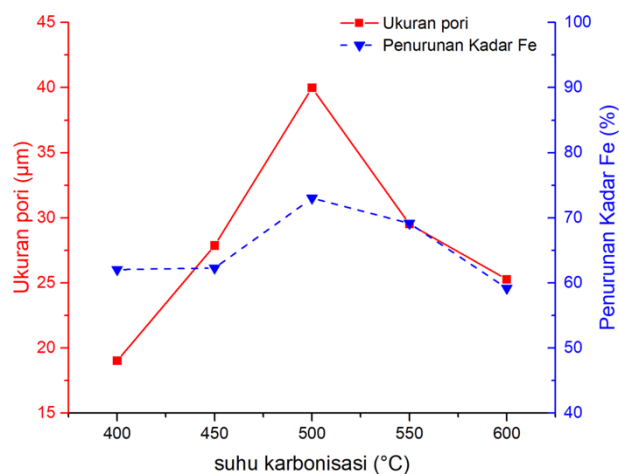
Analisa morfologi permukaan karbon aktif dengan menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui ukuran dan jumlah pori yang terbentuk setelah dilakukan proses aktivasi kimia dan fisika. Proses aktivasi dapat membuka rongga pori pada permukaan karbon aktif seperti yang terlihat pada Gambar 2. Citra SEM yang ditangkap adalah dengan perbesaran 1000x. Secara umum, morfologi permukaan karbon aktif terlihat homogen dan pori-pori karbon aktif terbuka. Hal ini menunjukkan bahwa fungsi perendaman karbon aktif dengan menggunakan senyawa kimia  $H_3PO_4$  sebagai aktivator telah dapat membuka pori-pori karbon.



**Gambar 2** Citra SEM morfologi permukaan karbon aktif pada beberapa variasi suhu karbonisasi (a) 400°C (b) 500°C dan (c) 600°C

Untuk melihat pengaruh suhu karbonisasi pada pembuatan karbon aktif, maka dilakukan variasi suhu karbonisasi dengan suhu dari 400°C hingga 600°C dengan rentang variasi 50°. Pada Gambar 2(a), (b), dan (c) terlihat bahwa pada proses karbonisasi dengan suhu berbeda menghasilkan karakteristik pori yang juga berbeda. Pada suhu 400°C, rongga pori yang terbentuk tidak sepenuhnya homogen meskipun batas pori terlihat jelas dengan ukuran rata-rata pori 19  $\mu m$ . Pada suhu 500°C, pori yang dihasilkan lebih besar (ukuran rata-rata 19  $\mu m$ ) dengan bentuk permukaan pori terlihat lebih homogen. Pori yang dihasilkan pada suhu 600°C, meskipun ukurannya lebih besar dari sebelumnya, namun bentuknya tidak sempurna, sehingga terlihat tidak kokoh, pecah, atau hampir menjadi abu. Pori karbon pada suhu ini terlihat lebih banyak pengotornya dan ukurannya tidak homogen lagi.

Gambar 3 menunjukkan hubungan antara suhu karbonisasi terhadap ukuran pori yang terbentuk dan kemampuan karbon aktif menyerap besi. Semakin besar ukuran pori, maka kadar Fe semakin menurun. Suhu karbonisasi yang bertambah dapat meningkatkan jumlah pori karena suhu yang semakin tinggi mampu memecah ikatan struktur karbon. Akan tetapi, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan karbon menjadi rusak dan terbentuk abu karena kandungan bambu yang mudah menguap (*volatile matter*). Suhu di atas 500°C dapat mulai menyebabkan keretakan dan pecahnya dinding pori pada karbon sehingga penyerapan Fe menjadi berkurang.



Gambar 3 Hubungan antara suhu karbonisasi dengan ukuran pori dan penurunan kadar besi

#### IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa hasil pengujian daya serap karbon aktif terhadap Fe pada air sumur gambut menunjukkan angka terendah pada suhu karbonisasi 600°C yaitu sebesar 59,18%. Sementara itu, serapan tertinggi diperoleh dari sampel dengan suhu karbonisasi 500°C yaitu sebesar 73,03%. Morfologi permukaan karbon aktif pada suhu 400°C terlihat memiliki rongga pori yang tidak sepenuhnya homogen meskipun batas pori terlihat jelas dengan ukuran rata-rata pori 19 µm. Pada suhu 500°C, pori yang dihasilkan lebih besar dengan bentuk permukaan pori terlihat lebih homogen. Pori yang dihasilkan pada suhu 600°C, meskipun ukurannya lebih besar dari sebelumnya, namun bentuknya tidak sempurna, sehingga terlihat tidak kokoh, pecah, atau hampir menjadi abu. Semakin besar ukuran pori karbon aktif, maka kemampuannya menyerap Fe dalam air semakin besar. Suhu karbonisasi yang bertambah dapat meningkatkan ukuran pori karena suhu yang semakin tinggi mampu memecah ikatan struktur karbon. Akan tetapi, suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan karbon hancur dan terbentuk abu karena kandungan bambu yang mudah menguap (*volatile matter*).

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada FMIPA Universitas Tanjungpura atas pendanaan penelitian ini melalui DIPA Untan Tahun Anggaran 2021 Nomor : SP DIPA-023.I7.2.677577/2421 tanggal 23 November 2020 dengan nomor kontrak 2705/UN22.8/PG/2021.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R., Diah Faryuni, I., Wahyuni, D., 2013. Pengaruh Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida (KOH) terhadap Kualitas Karbon Aktif Kulit Durian sebagai Adsorben Logam Fe pada Air Gambut. *Prism. Fis. I*, 82–86.
- Febrianto, F., Endriadilla, D.R., Nawawi, D.S., 2016. Sifat Fisis dan Mekanis Papan Partikel Bambu Betung dengan Perlakuan Perendaman Asam Asetat. *J. Ilmu Teknol. Kayu Trop.* 14, 23–38.
- Hutapea, E.M., Iwantono, Farma, R., Saktioto, Awitdrus, 2017. Pembuatan Dan Karakterisasi Karbon Aktif Dari Bambu Betung (*Dendrocalamus Asper*) Dengan Aktivasi KOH Berbantuan Gelombang Mikro. *J. Komun. Fis. Indones.* 14, 1061–1066.
- Ip, A.W.M., Barford, J.P., McKay, G., 2008. Production and comparison of high surface area bamboo derived active carbons. *Bioresour. Technol.* 99, 8909–8916.
- Kusuma, S.S., Subiyanto, B., Massijaya, M.Y., 2011. Optimasi Pembuatan Papan Komposit Berbahan Baku Limbah Kayu Dan Bambu. *Widyariset* 14, 415–422.
- La Hasan, N., Zakir, M., Budi, P., 2015. Desilikasi karbon aktif sekam padi sebagai adsorben hg pada limbah pengolahan emas di kabupaten buru propinsi maluku. *Indones. Chim. Acta* 7, 1–11.

- Linda, F., Linda, R., Rafdinal, 2017. Pemanfaatan Rotan dan Bambu yang Bernilai Ekonomis oleh Masyarakat Suku Dayak Kanayatn di Kecamatan Sengah Temila Kabupaten Landak. *Protobiont* 6, 233–239.
- Loiwatu, M., Manuhuwa, E., 2008. Komponen Kimia dan Anatomi Tiga Jenis Bambu dari Seram, Maluku. *agriTECH* 28, 76–83.
- Lubis, R.A.F., Nasution, H.I., Zubir, M., 2020. Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification. *Indones. J. Chem. Sci. Technol.* 3, 67–73.
- Manurung, M., Sahara, E., Sihombing, P.S., 2019. Pembuatan Dan Karakterisasi Arang Aktif Dari Bambu Apus (*Gigantochloa apus*) Dengan Aktivator H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>. *J. Kim.* 13, 16.
- Negara, D.N.K.P., Nindhia, T.G.T., Surata, I.W., Sucipta, M., 2017. Potensi bambu swat (*gigantochloa verticillata*) sebagai material karbon aktif untuk adsorbed natural gas (ANG). *J. Energi Dan Manufaktur* 9, 174–179.
- Nurull, F., Ulfindrayani, I.F., 2019. Sintesis dan Karakterisasi Karbon Aktif dari Limbah Bambu Menggunakan Aktivator Asam Pospat (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>). *Pros. Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap.* 1, 741–746.
- Subiyakto, S., Gopar, M., Ismadi, I., Nugroho, A., Sumarno, A., Widodo, E., Sudarmanto, S., 2016. Pembuatan dan karakterisasi komposit zephyr bambu dengan perekat kempa dingin. *J. Lignocellul. Technol.* 01, 32–36.
- Suhasman, S., Muh. Yusram, M., Yusuf Sudo, H., Santoso, A., 2010. Karakteristik Papan Partikel Dari Bambu Tanpa Menggunakan Perekat. *J. Ilmu dan Teknol. Has. Hutan* 3, 38–43.
- Tumimomor, F., Maddu, A., Pari, G., 2017. Utilization of Bamboo Based Activated Carbon As Supercapacitor Electrode. *J. Ilm. Sains* Vol. 17, 73–79.
- Verayana, Papatungan, M., Iyabu, H., 2018. Pengaruh aktivator HCl dan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> terhadap karakteristik (morfologi pori) arang aktif tempurung kelapa serta uji adsorpsi pada logam timbal (Pb). *J. Entropi* 13, 67–75.