Optimasi Sintesis dan Aplikasi Adsorben dari Limbah Ekstraksi Biosilika Sekam Padi

Optimization of Synthesis and Application of Adsorbent Derived from by-product of Biosilica from Rice Husk

Eka Rahayu*, Prima Luna*, Sri Usmiati* dan Sunarmani*

*Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian
Jalan Tentara Pelajar No 12 Cimanggu, Bogor, Jawa Barat*

Riwayat Naskah:

Diterima 01 2021
Direvisi 04 2021
Disetujui 04 2021

ABSTRAK: Limbah proses biosilika sekam padi memiliki potensi sebagai salah satu alternatif di industri adsorben dikarenakan jumlah yang banyak dan mudah didapat. Hampir 90% dari limbah proses biosilika ini adalah mineral Silikon Dioksida (SiO_2). Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik adsorben dari ampas proses ekstraksi nanobiosilika serbuk dan aplikasinya sebagai bahan penjernihan air limbah. Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah kalsinasi dan impregnasi. Variabel pada proses optimasi adalah temperatur 600°C; 700°C; dan 800°C dan waktu proses, sedangkan pada metode impregnasi ampas sisa ekstraksi biosilika diaktivasi menggunakan katalis ZnCl_2 , H_3PO_4 , dan KOH pada rasio 1:1 dan 1:2 (w/v). Optimasi sintesis adsorben dari limbah ekstraksi biosilika menghasilkan produk terbaik yang digunakan sebagai penjernih air permukaan yang tercemar. Hasil penelitian ini menunjukkan sintesis adsorben melalui proses impregnasi menghasilkan luas permukaan dan daya serap iodin paling tinggi yaitu 24,32 mg/g dan 1281,65 m^2/g dengan menggunakan zat pengaktivasi H_3PO_4 . Karakteristik adsorben telah memenuhi persyaratan SNI karbon aktif. Hasil uji aplikasi penjernihan air permukaan tercemar menunjukkan bahwa adsorben pada penelitian ini menurunkan pH air permukaan tercemar hingga 7,62 dimana hal ini sebanding dengan adsorben komersial.

Kata kunci: adsorben, aplikasi, biosilika, lignoselulosik, padi

ABSTRACT: By-product of biosilica process has potential as one alternative of adsorbent in industry due to the large amount and easy to get. Almost 90% of this by-product contains Silicon Dioxide (SiO_2). This research aimed to identify adsorbent characteristics produced from by-product of nanobiosilica process and its application in waste water purification. Calcination and impregnation were applied in this study. Variable for optimization process were temperature at 600°C; 700°C; 800°C and time; however the impregnation process was carried out by immersing the waste with catalysts ZnCl_2 , H_3PO_4 , and KOH with ratio 1:1 and 1:2 (w/v). The best product that can be used as a purifier for contaminated surface water is produced by optimizing adsorbent synthesis from biosilica extraction waste. The results showed that using H_3PO_4 as the active agent, the adsorbent synthesis via impregnation produced the highest surface area and iodine absorption, namely 24.32 mg/g and 1281.65 m^2/g , respectively. The SNI requirements for activated carbon were met by the adsorbent characteristics. The test results of the application of polluted surface water purification showed that the adsorbent in this study reduced the pH of polluted surface water to 7.62, which is equivalent to that of commercial adsorbents.

Keywords: adsorbent, application, biosilica, lignocellulosic, paddy

* Kontributor utama
Email : primaluna@pertanian.go.id

1. Pendahuluan

Saat ini, pencemaran lingkungan menjadi masalah yang serius. Untuk memurnikan air limbah membutuhkan pengembangan optimasi untuk menghasilkan adsorben yang sangat efisien dan efektif (Widodo *et al.* 2013; Subariah *et al.* 2013). Adsorben dari limbah lignoselulosik menjadi sumber alternatif prekursor dikarenakan jumlah yang banyak dan mudah didapat, karakteristik karbon aktif dari limbah lignoselulosik yang unik, dan produksi masif yang lebih ekonomis. Karbon aktif dari limbah tersebut digunakan untuk menghilangkan logam berat, warna, dan komponen fenol.

Sekam padi merupakan bahan baku potensial untuk dimanfaatkan sebagai adsorben (Cheenmatchaya & Kungwankunakorn, 2014). Pirolisis sekam padi menjadi arang sekam maupun abu sekam dapat menyebabkan terjadinya perubahan porositas bahan. Menurut Nasution dan Rambe (2011), karbonisasi pada suhu tinggi dapat meningkatkan jumlah atom karbon. Semakin tinggi suhu karbonisasi, semakin banyak jumlah pori-pori yang terbentuk dan semakin kecil ukurannya. Meningkatnya porositas bahan ini diharapkan berkorelasi dengan tinggi daya adsorpsi karbon aktif yang dihasilkan.

Dalam proses ekstraksi biosilika dari sekam padi menggunakan pelarut kalium hidroksida (KOH) menghasilkan limbah (ampas, pH 10) yang masih mengandung residu pelarut sehingga berpotensi digunakan sebagai bahan untuk diolah melalui proses produksi menjadi adsorben (Luna *et al.* 2020). KOH merupakan agen aktivasi karbon aktif yang paling kuat dari kelompok alkali, sedangkan agen aktivasi kuat dari kelompok asam adalah H_3PO_4 (Gao, *et al.*, 2020). H_3PO_4 tergolong sebagai agen aktivasi karbon aktif yang bersifat ramah lingkungan dan mampu direaksikan dalam kondisi reaksi pada tekanan atmosfer (Kouotou, *et al.*, 2013). Adanya residu pelarut KOH di dalam limbah ekstraksi biosilika dapat menyederhanakan proses preparasi karbon aktif karena proses impregnasi oleh zat pengaktivasi tidak perlu dilakukan.

Oleh karena itu, tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengidentifikasi karakteristik adsorben dari ampas proses ekstraksi nanobiosilika serbuk dan aplikasinya sebagai bahan penjernihan air limbah. Rangkaian kegiatan penelitian ini diawali dengan proses karakterisasi bahan baku limbah sebagai *by-product* dari proses produksi nanobiosilika untuk mengukur efektivitas perlakuan terhadap karakteristik produk adsorben.

2. Bahan dan Metode

2.1 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ampas limbah produksi biosilika sekam padi, arang sekam, dan abu sekam dari penggilingan padi di Kabupaten Karawang, serta air sungai yang berasal dari Setu Babakan Jagakarsa. Kontrol perlakuan yang digunakan adalah karbon aktif dari tempurung kelapa merk Bonzaz dari supplier bahan kimia.

2.2 Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tanur listrik merk Safftherm, desikator merek Duran, dan pHmeter merek Hanna HI 2211.

2.3 Metode

2.3.1 Optimasi produksi adsorben

Proses pembuatan adsorben dilakukan berdasarkan modifikasi Liu *et al.* (2018) dan Luna *et al.* (2020). Ampas sisa ekstraksi biosilika direaksikan dengan HCl 3% dengan rasio 1:5 (w/v) dan diaduk selama 30 menit. Selanjutnya, ampas dibilas dengan akuades hingga mencapai pH netral. Ampas kemudian disaring, dikeringkan, dan ditimbang.

Pada penelitian ini dilakukan percobaan pendahuluan produksi adsorben dengan metode impregnasi. Proses aktivasi bahan menjadi karbon aktif dilakukan dengan metode kalsinasi pada suhu 600°C selama 1 jam. Tujuan dari percobaan ini adalah untuk mengukur pengaruh suhu terhadap perubahan mikrostruktur permukaan bahan baku karbon aktif. Pada tahap selanjutnya dilakukan optimasi perlakuan dengan faktor percobaan meliputi suhu, waktu kalsinasi, dan ukuran partikel untuk mengukur variasi daya serap dan luas permukaan adsorber yang dihasilkan (Luna *et al.* 2020).

Pembuatan karbon aktif dilakukan menggunakan dua metode, yaitu metode tanpa impregnasi (pra-karbonisasi) dan impregnasi yang dilakukan mengacu pada metode yang digunakan Samson Maria Louis & Thomas (2013). Pada metode tanpa impregnasi, sampel pada berbagai variasi ukuran (10, 20, 80, dan 100 mesh) dikarbonisasi pada suhu 600°C, 700°C, dan 800°C selama 1 dan 3 jam. Kondisi reaksi pada metode tanpa impregnasi yang menghasilkan karakteristik adsorben terbaik digunakan dalam proses produksi adsorben dengan metode impregnasi. Proses produksi adsorben menggunakan impregnasi dilakukan dengan prosedur sebagai berikut: prekursor (200-300 g) direaksikan dengan agen aktivasi selama 24 jam dengan rasio 1:1 dan 1:2 (w/v), kemudian dilakukan

Gambar 1. Proses produksi adsorben (modifikasi Luna *et al.*, 2020)

karbonisasi pada suhu 800°C selama 3 jam. Agen aktivasi yang digunakan antara lain KOH, ZnCl₂, dan H₃PO₄. Sampel kemudian dikeringkan dan disimpan di desikator. Proses pembuatan karbon aktif pada penelitian ini disajikan pada Gambar 1.

2.3.2 Karakterisasi adsorben

Parameter mutu dari adsorben yang dianalisis antara lain komposisi mineral, ukuran pori dan luas permukaan spesifik (luas permukaan karbon aktif untuk pengelolaan air limbah sekitar 100-1000 m²/g), struktur mikroskopis, pH, warna, serta sifat absorpsi dengan pengujian daya serap iod. Data hasil analisis kemudian dibandingkan dengan karakteristik karbon aktif komersial.

2.3.3 Aplikasi adsorben pada proses penjernihan air tercemar.

Aplikasi karbon aktif dalam penelitian ini dilakukan pada penjernihan air sungai yang tercemar limbah rumah tangga. Sampel air yang digunakan adalah air sungai yang berasal dari air Setu Babakan Jagakarsa. Adsorben ditambahkan ke dalam wadah yang berisi air dan air limbah dengan rasio 1:25 (w/v), diaduk, dan dидiamkan selama 5 hari (Luna *et al.*, 2020). Selanjutnya, air disaring dan

dianalisa karakteristik fisik. Acuan standar air bersih yang digunakan adalah SNI 01-3553-2006 tentang Air minum dalam kemasan (untuk parameter fisika dan organik) (BSN, 2006).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Karakteristik bahan baku karbon aktif

Karakterisasi bahan baku adsorben telah dilakukan untuk mengetahui kandungan komposisi kimia bahan. Kandungan C-organik pada ampas ekstraksi biosilika (AEB), abu sekam (ABS), dan arang sekam (ARS) secara berturut-turut adalah sebagai berikut 3%, 4%, dan 30%. Nilai kandungan karbon tentu saja akan berpengaruh pada keberhasilan produk yang diinginkan. Selain itu, bahan baku AEB dan ABS mengandung SiO₂ dengan kadar di atas 80%, yaitu masing-masing sebesar 89% dan 85% (Luna *et al.* 2020). Namun demikian, korelasi antara kadar C dan SiO₂ terhadap proses pembuatan adsorben menjadi suatu hal yang menarik untuk dikaji lebih lanjut.

Abu sekam padi yang tinggi kandungan silika (60%) dan karbon (10-40%) telah digunakan sebagai adsorben (Shen, Zhao, & Shao, 2014), media filter, dan komponen katalisator. Silika banyak digunakan pada *glass industry*, keramik, untuk

produksi larutan silikat, silikon dan *alloy* (Ahiduzzaman & Sadrul Islam, 2016). Pada dunia industri, silika gel telah diaplikasikan secara luas dan aman digunakan untuk menjaga kelembaban obat-obatan, bahan sensitif, elektronik, dan film. Produk anti lembab ini menyerap udara lembab tanpa merubah kondisi zatnya.

Bahan baku adsorben kemudian dikarakterisasi daya serap iodnya untuk mengetahui kapasitas daya serap dan luas permukaan karbon aktif tersebut. Semakin tinggi daya serap iodium maka mikropori yang terbentuk pada arang aktif semakin banyak. Hasil analisis menunjukkan bahwa daya serap iod bahan baku lebih rendah daripada daya serap iod karbon aktif komersial (850 mg/g) yaitu berkisar antara 260-336 mg/g (Gambar 2). Daya serap arang aktif terhadap iodium dapat dilihat dari angka iodin (*iodine number*) yang tinggi atau rendah hasil pengujian (Imawati & Adhitiyawarman, 2015).

Mengacu pada SNI 06-3730-1995, arang aktif memiliki daya serap iod > 750 mg/g (BSN, 1995). Dengan demikian, ketiga *bioadsorber* belum memenuhi syarat SNI tersebut dan perlu dilakukan proses aktivasi untuk meningkatkan kapasitas daya

adsorpsinya. Proses aktivasi bertujuan untuk memperbesar pori-pori dengan mekanisme pemecahan ikatan hidrokarbon atau molekul-molekul permukaan teroksidasi sehingga ampas biosilika mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsinya.

Hasil analisis luas permukaan menunjukkan bahwa luas permukaan bahan baku adsorben ARS ($5,12 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$), AEB ($6,26 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$), ABS ($4,21 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$) masih rendah jika dibandingkan dengan karbon aktif komersial ($16,56 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$) (Luna *et al.* 2020). Daya serap adsorben merupakan hasil akumulasi atau terkonsentrasinya komponen di permukaan/antar muka dalam dua fasa (Mody, 2014). Hasil analisa juga menunjukkan bahwa AEB memiliki luas permukaan dan nilai daya serap iodium yang lebih tinggi dibandingkan ABS dan ARS sehingga diduga AEB memiliki kemampuan adsorber yang paling baik dibandingkan ABS dan ARS. Hasil analisis struktur mikroskopik AEB sebelum dan setelah kalsinasi yang kemudian dibandingkan dengan mikrostruktur karbon aktif komersial ditunjukkan pada Gambar3.

Gambar 2. Daya serap iod bahan baku adsorben ampas ekstraksi biosilika (AEB), abu sekam (ABS), arang sekam (ARS), dan karbon aktif komersial

Gambar 3. Struktur mikroskopik AEB (M 2000x) (a); karbon aktif komersial (M 2000x) (b); dan AEB setelah kalsinasi 3 jam pada suhu 800 °C (c) (M 2000x)

Karbon aktif komersial memiliki mikrostruktur teratur dan berpori kecil (Gambar 3b). Ukuran pori merupakan parameter yang menentukan daya adsorbansi dari karbon aktif. Semakin kecil pori maka semakin besar luas permukaan dan semakin tinggi daya adsorpsinya. Hal ini mengkonfirmasi studi terdahulu yang melaporkan bahwa semakin besar luas area permukaan pori adsorben pada karbon aktif dalam bentuk bubuk, maka daya adsorpsinya juga semakin besar (Arsad, 2010). Dengan demikian, semakin besar kemampuan adsorpsi karbon aktif dikarenakan semakin besarnya luas permukaan, kalsinasi pada suhu 600°C selama 1 jam menyebabkan terjadinya perubahan struktur mikroskopik AEB. Struktur AEB yang semula tidak teratur dan hanya memiliki sedikit pori (Gambar 3a) berubah menjadi lebih jelas, berpori lebih banyak, dan lebih teratur (Gambar 3c). Hasil studi ini membuktikan bahwa perlakuan pada suhu tinggi berkontribusi dalam peningkatan luas permukaan partikel dari sekitar 49-89 nm menjadi 1,65-5,5 µm.

Hasil aktivasi bahan adsorber dari AEB dengan metode kalsinasi selama 1 jam menghasilkan adsorben dengan luas permukaan yang lebih tinggi dari ARS dan ABS. Meskipun AEB memiliki kadar silika lebih tinggi daripada ARS dan ABS. Proses kalsinasi mampu menurunkan kadar unsur pengotor (Yuliusman *et al.* 2013). Proses pemanasan bahan baku pada suhu tinggi, tetapi masih di bawah titik lebur untuk menghilangkan kandungan yang dapat menguap disebut kalsinasi (Dewi & Novriyansyah, 2016). Proses ini dapat memperbaiki struktur *bio-*

adsorben. Dari hasil studi ini menunjukkan bahwa AEB merupakan bahan baku yang potensial untuk digunakan sebagai bio-adsorber. Oleh karena itu, optimasi produksi bio-adsorber dengan perlakuan suhu, waktu kalsinasi, dan ukuran partikel guna meningkatkan daya serap dan luas permukaan adsorber perlu dilakukan.

3.2 Optimasi produksi adsorben

3.2.1 Metode tanpa impregnasi

Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa daya serap iod meningkat seiring dengan meningkatnya suhu kalsinasi. Pada proses kalsinasi selama 1 jam, daya serap iod tertinggi ditunjukkan pada produk yang dikalsinasi hingga suhu 800°C, yaitu 472-510 mg/g (Luna *et al.* 2020). Jika waktu kalsinasi ditingkatkan menjadi 3 jam, daya serap iod meningkat menjadi 637-834 mg/g. Dengan demikian, waktu kalsinasi selama 3 jam dengan suhu kalsinasi 800°C merupakan waktu dan suhu kalsinasi yang menghasilkan produk dengan karakteristik terbaik.

Perubahan karakteristik adsorben ini diduga disebabkan oleh temperatur yang menyebabkan penguapan molekul air dan senyawa organik yang terikat pada struktur silika oksida sehingga dapat membuka pori dan meningkatkan luas permukaan. Selain itu, ukuran partikel diduga berpengaruh terhadap daya serap iod. Ukuran partikel dengan daya serap tertinggi adalah 100 mesh. Secara

teroritis, jika semakin kecil ukuran partikelnya maka proses penyerapan adsorben terhadap adsorbat lebih cepat karena semakin luas permukaan adsorben yang kontak dengan adsorbat sehingga kemampuan penyerapan adsorben semakin tinggi (Arif *et al.* 2015). Hal ini sejalan dengan hasil analisis luas permukaan partikel karbon aktif (Tabel 1). Luas permukaan tertinggi terdapat pada adsorben dengan perlakuan 3 jam, suhu kalsinasi 800 °C, dan ukuran partikel 100 mesh yaitu sebesar $14,51 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$.

Suhu dan lamanya waktu kalsinasi, berpengaruh terhadap struktur mikroskopik adsorben yang dihasilkan. Kalsinasi pada suhu 800°C selama 3 jam meningkatkan jumlah pori pada permukaan adsorben (Gambar 4) dibandingkan dengan kalsinasi pada suhu 600°C selama 1 jam (Gambar 2c). Dengan meningkatnya jumlah dan ukuran pori pada permukaan partikel, maka semakin tinggi daya serap dan semakin luas permukaan kontak adsorben. Adsorben komersial yang berasal dari lignoselulosik sebagai contoh tempurung kelapa mengalami perlakuan pemanasan 950 °C dengan

menggunakan zat aktivator tertentu (Saputro *et al.* 2020). Perbedaan sintesis adsorben pada penelitian ini dengan komersial menyebabkan karakteristik adsorben yang berbeda pula.

3.2.2 Metode impregnasi

Metode penjenjutan zat tertentu secara total untuk mengisi pori-pori penyangga dalam larutan logam aktif melalui adsorpsi logam (merendam penyangga dalam larutan logam aktif) disebut proses impregnasi. Penyangga berfungsi sebagai penyedia area permukaan luas untuk komponen aktif sehingga kontak yang terjadi menjadi lebih luas dan efisien. Metode ini juga sesuai untuk katalis dengan persen berat komponen aktif katalis yang kecil. Katalis dari golongan logam mulia yang ditargetkan memiliki komponen aktif terdistribusi secara merata sehingga diperoleh luas permukaan komponen aktif yang besar (Samson Maria Louis & Thomas, 2013).

Tabel 1

Luas permukaan partikel adsorben hasil perlakuan berbagai ukuran partikel, waktu dan suhu kalsinasi

Suhu kalsinasi (°C)	Ukuran partikel (mesh)	Luas permukaan partikel ($\times 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$)	
		Kalsinasi 1 jam	Kalsinasi 3 jam
600°C	10	7,886	10,655
	20	8,247	12,822
	80	8,669	14,207
	100	8,187	11,017
700°C	10	8,247	12,822
	20	8,669	14,207
	80	8,187	11,017
	100	8,548	13,003
800°C	10	8,669	14,207
	20	8,187	11,017
	80	8,548	13,003
	100	9,150	14,508

Gambar 4. Struktur mikroskopis adsorben AEB setelah kalsinasi 3 jam, suhu kalsinasi 800°C dengan ukuran partikel 100 mesh (M 5000x)

Pada penelitian ini, proses aktivasi karbon aktif dilakukan dengan KOH, ZnCl_2 , dan H_3PO_4 . Proses impregnasi AEB menggunakan H_3PO_4 pada rasio 1:1 (w/v) menghasilkan adsorben dengan luas permukaan terbesar, yaitu sebesar $24 \times 10^5 \text{ m}^2/\text{g}$ (Gambar 5) dengan daya serap iod sebesar 1281 mg/g (Gambar 6).

AEB diaktivasi secara kimia bertujuan untuk menghilangkan logam-logam pengotor dengan larutan asam fosfat yang kaya hidrogen (H) (Luna *et al.* 2020). Ion H^+ dapat dengan mudah bertukar dengan kation lain sehingga menyebabkan terbukanya pori yang tertutup pengotor organik sehingga memperbesar luas permukaan. Hal ini

dapat dibuktikan dengan hasil analisis struktur mikroskopik karbon aktif hasil impregnasi dengan H_3PO_4 pada rasio 1:1 dimana pori yang terbentuk memiliki struktur teratur dengan jumlah pori adsorben yang banyak dan luas permukaan besar (Gambar 7).

Karakteristik produk adsorber AEB yang dihasilkan melalui metode tanpa impregnasi dan impregnasi yang dibandingkan dengan karbon aktif komersial ditunjukkan pada Tabel 4. Dari hasil analisis menunjukkan bahwa adsorben yang perlakuan terbaik menggunakan kedua metode memenuhi standar adsorben berbasis karbon aktif.

Gambar 5. Luas permukaan AEB dengan agen aktivasi ZnCl_2 , KOH, dan H_3PO_4 pada rasio 1:1 dan 1:2

Gambar 6. Daya serap iod AEB dengan agen aktivasi ZnCl_2 , KOH, dan H_3PO_4 pada rasio 1:1 dan 1:2

3.2 Aplikasi adsorben pada proses penjernihan air tercemar

Air adalah sumber kehidupan. Air permukaan seperti sungai di Indonesia mayoritas sudah dicemari oleh limbah rumah tangga maupun pabrik, terutama di kota-kota besar. Air tercemar adalah air yang sudah tidak jernih dan tidak layak pakai disebabkan oleh limbah-limbah yang berasal dari

limbah masyarakat hingga limbah perindustrian. Air tercemar memiliki pH asam yang tinggi, berwarna keruh, berbau, dan air sedikit mengental (Sulyman, Namiesnik, & Gierak, 2017). Pada tahap aplikasi karbon aktif untuk proses penjernihan air tercemar menunjukkan bahwa karbon aktif AEB hasil produksi melalui metode impregnasi mampu menurunkan pH air tercemar yang awalnya 13,07 menjadi berkisar antara 7,62-9,72 (Gambar 8).

Gambar 7. Struktur mikroskopis adsorben AEB dengan impregnasi H_3PO_4 rasio 1:1 (M 5000x)

Tabel 2.

Karakteristik produk adsorben AEB dengan kalsinasi dan impregnasi

Parameter	Metode tanpa impregnasi	Metode impregnasi	Adsorben limbah pertanian komersial (Saputro <i>et al.</i> 2020)	SNI 06-3730 tentang Karbon Aktif
Kadar air (%)	0,95	1,29	1,3	Maks. 15
Kadar abu (%)	21,47	51	0,6	Maks. 10
Kadar zat mudah menguap (%)	0,23	0,15		Maks. 25
Daya serap iod (mg/g)	847	1281	580-8797	Min. 750

Gambar 8. Daya serap karbon aktif terhadap air tercemar

Adsorben berbasis AEB hasil produksi melalui metode impregnasi menggunakan H_3PO_4 1:1 mampu menurunkan pH air tercemar hingga 7,62 dimana hal ini sebanding dengan karbon aktif komersial (7,32) (Tabel 2). Berdasarkan SNI 01-3553-2006 tentang Air Minum Dalam Kemasan, persyaratan pH air mineral adalah 6-8,5, sedangkan pH air demineral adalah 5-7,5.

Penggunaan adsorben berbasis AEB mampu mempengaruhi terjadinya perubahan warna, aroma, dan viskositas air tercemar. Meskipun pH air masih cukup tinggi, penyaringan air menggunakan adsorben berbasis AEB hasil impregnasi menggunakan $ZnCl_2$ 1:1 dan H_3PO_4 1:2 menyebabkan terjadinya perubahan warna yang cukup signifikan. Warna air hasil penyaringan dengan adsorben berbasis AEB hasil impregnasi menggunakan H_3PO_4 1:1 masih sedikit keruh, meskipun pH larutan paling rendah di antara perlakuan yang lain dan mendekati karbon aktif komersial. Dengan demikian ditinjau dari parameter pH, H_3PO_4 1:1 yang paling mendekati sempurna dan layak sebagai arang aktif.

Kemudian, pada penelitian pendahuluan adsorben dengan kalsinasi pada penelitian ini dapat menghilangkan warna air tercemar dari 98 TCU menjadi 23 TCU dimana standar air bersih sesuai Permenkes adalah 50 TCU untuk warna. Selain itu, turbiditas pun menurun dari 17, 53 NTU menjadi 9,7 NTU untuk adsorben AEB kalsinasi dan 9,88 NTU untuk adsorben impregnasi H_3PO_4 1:1 sudah memenuhi syarat air bersih maksimal 25 NTU (Luna *et al.* 2021).

4. Kesimpulan

Limbah ekstraksi biosilika padi masih mengandung SiO_2 yang cukup tinggi (89,86%) sehingga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku adsorber untuk aplikasi pada penjernihan air. Produksi karbon aktif yang digunakan sebagai adsorben dilakukan melalui metode tanpa impregnasi (kalsinasi) dan impregnasi. Hasil analisis menunjukkan bahwa proses kalsinasi mampu meningkatkan luas permukaan dan daya serap iod dari karbon aktif yang dihasilkan. Luas permukaan tertinggi terdapat pada adsorben dengan perlakuan 3 jam, suhu kalsinasi 800 °C, dan ukuran partikel 100 mesh yaitu sebesar $14,51 \times 10^5 m^2/g$ dengan daya serap iod sebesar 834 mg/g. Karakteristik terbaik karbon aktif dari AEB diperoleh melalui impregnasi menggunakan H_3PO_4 pada rasio 1:1 (w/v) dengan luas permukaan terbesar, yaitu sebesar $24 \times 10^5 m^2/g$ dengan daya serap iod sebesar 1281 mg/g. Pada aplikasi penyaringan air tercemar, H_3PO_4 1:1 yang paling mendekati sempurna dan layak sebagai arang aktif untuk menurunkan pH air tercemar (7,62), sebanding dengan kemampuan dari

karbon aktif komersial dalam menurunkan pH air (7,32).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian atas dana Penelitian DIPA TA 2019 yang diberikan. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Ibu Dr. Sri Yuliani sebagai penanggung jawab riset utama atas bimbingan dan diskusinya bersama tim biosilika, teknisi, dan para analis lainnya.

Daftar Pustaka

- Ahiduzzaman, M., & Sadrul Islam, A. K. M. (2016). Preparation of porous bio-char and activated carbon from rice husk by leaching ash and chemical activation. *SpringerPlus*, 5(1). <https://doi.org/10.1186/s40064-016-2932-8>
- Arif, A. R., Saleh, A., & Saokani, J. (2015). Adsorpsi karbon aktif dari tempurung kluwak (*Pangium edule*) terhadap penurunan fenol. *Al-Kimia*, 3(1), 34–47.
- Arsad, E. (2010). Teknologi pengolahan dan pemanfaatan karbon aktif untuk industri. *Jurnal Riset Industri Hasil Hutan*, 2(2), 43. <https://doi.org/10.24111/jrihh.v2i2.1146>.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (1995). SNI 06-3730-1995. *Arang aktif teknis*. Jakarta.
- [BSN] Badan Standardisasi Nasional. (2006). SNI 01-3553-2006. *Air minum dalam kemasan*. Jakarta.
- Cheenmatchaya, A., & Kungwankunakorn, S. (2014). Preparation of activated carbon derived from rice husk by simple carbonization and chemical activation for using as gasoline adsorbent. *International Journal of Environmental Science and Development*, 5(2), 171–175. <https://doi.org/10.7763/ijesd.2014.v5.472>
- Dewi, T. K., & Novriyansyah, T. (2016). *Dan suhu reduksi terhadap karakter katalis kobalt/ zeolit alam aktif*. *Jurnal Teknik Kimia*, 22(3), 34-42
- Imawati, A., & Adhitiyawarman. (2015). Kapasitas adsorpsi maksimum ion Pb (II). *Jkk*, 4(2), 50–61.
- Gao, Y., Yue, Q., Gao, B. & Li, A., 2020. Insight into activated carbon from different kinds of chemical activating agents: A review. *Science of Total Environment*.
- Kouotou, D. et al. (2013). Optimization of activated carbons prepared by H_3PO_4 and steam activation of oil palm shells. *Journal of Chemistry*, Volume 2013.
- Luna, P., Hoerudin, Usmiati. S., Sunarmani. (2020). Teknologi pembuatan adsorben dari limbah

- ekstraksi biosilika sekam padi. *Pasundan Food Technology Journal* (PFTJ), 7 (3), 116-125.
- Luna, P., Rahayu, E., Habiddin, H., Yuliani, S. (2021). Recent development in processing technology on nanobiosilica by-product. AIP Conference Proceedings 2330, 070015. <https://doi.org/10.1063/5.00432>.
- Mody, L. (2014). Pembuatan dan kegunaan arang aktif. *Info Teknis EBONI*, 11(2), 65-80.
- Nasution, Z. A. & Rambe, S. M. (2011). Pengaruh temperatur terhadap pembentukan Pori arang cangkang sawit sebagai adsorbansi. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 22 (1), 41-47.
- Samson Maria Louis, N., & Thomas, S. (2013). Activated carbon from tapioca leaves for treating dye waste water. *Toxicology and Environmental Health Sciences*, 5(3), 131-137. <https://doi.org/10.1007/s13530-013-0166-5>
- Saputro, W. A. (2020). Karakterisasi partikel arang tempurung kelapa hasil tumbukan mesin *ball milling* dan pemanasan lanjut. Skripsi. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Shen, Y., Zhao, P., & Shao, Q. (2014). Porous silica and carbon derived materials from rice husk pyrolysis char. *Microporous and Mesoporous Materials*, 188, 46-76. <https://doi.org/10.1016/j.micromeso.2014.01.005>
- Subariah, I., Zakaria, A., & Purwamargapratala, Y. (2013). Karakterisasi zeolit alam lampung teraktivasi asam klorida dan termodifikasi asam fosfat. *Jurnal Teknologi Pengelolaan Limbah*, 16, 17-18.
- Sulyman, M., Namiesnik, J., & Gierak, A. (2017). Low-cost adsorbents derived from agricultural by-products/wastes for enhancing contaminant uptakes from wastewater: A review. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(2), 479-510. <https://doi.org/10.15244/pjoes/66769>
- Widodo, B., Kasam, Ribut, L., dan Ike, A. (2013) Strategi Penurunan Pencemaran Limbah Domestik di Sungai Code DIY. *Jurnal Sains dan Teknologi Lingkungan*, 5(1), 36-47
- Yuliusman, Y., Purwanto, W. W., & Nugroho, Y. S. (2013). Pemilihan adsorben untuk penjerapan karbon monoksida menggunakan model adsorpsi isoteris langmuir. *Reaktor*, 14(3), 225. <https://doi.org/10.14710/reaktor.14.3.225-233>.