

Research Paper

Karakteristik Karbon Aktif Teraktifasi H_3PO_4 dari Limbah Sereh (*Cymbopogon S.P*)

Characterization of H_3PO_4 -Activated Carbon from Lemongrass (*Cymbopogon S.P*) Waste

Lailan Ni'mah^{*a}, Sri Rachmania Juliastuti^b, Mahfud Mahfud^b, Isna Syauqiah^a, Agus Mirwan^a, Awali Sir Kautsar Harivram^a, Ulfa Fitriati^c, Agus Suryani^a

^aProgram Studi Teknik Kimia, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km. 36, Banjarbaru, 70714, Indonesia

^bDepartemen Teknik Kimia, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Jl. Teknik Kimia, Surabaya 60111, Indonesia

^cProgram Studi Teknik Sipil, Universitas Lambung Mangkurat, Jl. A. Yani Km. 36, Banjarbaru, 70714, Indonesia

Artikel Histori : Submitted 28 March 2024, **Revised** 6 May 2024, **Accepted** 28 May 2024, **Online** 31 May 2024

 <https://doi.org/10.33096/jcpe.v9i1.686>

ABSTRAK: Karbon aktif dapat diperoleh dari bahan-bahan alam (biomaterial) dengan penggunaan sebagai adsorben yang sering disebut dengan biosorben. Berbagai bahan biomaterial yang dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif yaitu yang memiliki kadar selulosa ataupun hemiselulosa, salah satunya yakni limbah sereh. Proses pembuatan karbon aktif dari limbah sereh melibatkan karbonisasi pada suhu 300 °C selama 2 jam dalam furnace, kemudian direndam dengan larutan H_3PO_4 20% selama 24 jam. Hasil pengarangan dan aktivasi dikarakterisasi dengan analisis kadar air, kadar abu, *volatile matter*, *fixed carbon*, dan bilangan iodin serta SEM-EDX untuk mengetahui topografi permukaan arang aktif, ukuran pori dan kandungan unsur pada karbon aktif. Nilai karbon (*fixed carbon*) pada hasil aktivasi yakni 65,47%; bilangan iodin sebesar 876,46. Rongga karbon aktif dari limbah sereh menggunakan *Scanning Electron Microscopy-Energy* (SEM) tampak lebih terbuka dan memanjang. Kandungan unsur dari karbon aktif limbah sereh menggunakan *Dispersive X-Ray* (EDX) sebesar 65,66% untuk nilai karbon (C) dan 32,45% untuk nilai oksigen (O_2). Secara keseluruhan, hasil analisis proksimat dan SEM-EDX menunjukkan bahwa karbon aktif dari limbah sereh memenuhi standar SNI 06-3730-1995.

Kata Kunci: Limbah sereh; Biosorben; Larutan H_3PO_4 ; Karbon aktif; Karakterisasi

ABSTRACT: Activated carbon can be obtained from natural materials (biomaterial) for use as an adsorbent, often referred to as biosorbent. Various biomaterials that can be utilized as activated carbon include those with cellulose or hemicellulose content, one of which is lemongrass waste. The process of making activated carbon from lemongrass waste involves carbonization at a temperature of 300°C for 2 hours in a furnace, followed by soaking in a 20% H_3PO_4 solution for 24 hours. The resulting carbonization and activation products are characterized by analyzing water content, ash content, *volatile matter*, *fixed carbon*, and iodine number, as well as SEM-EDX to determine the surface topography of the activated charcoal, pore size, and elemental content. The *fixed carbon* value in the activation product is 65.47%; iodine number is 876.46. The carbon cavities from the carbonization of lemongrass waste using *Scanning Electron Microscopy-Energy* (SEM) appear more open and elongated. The elemental content of lemongrass waste activated carbon using *Energy Dispersive X-Ray* (EDX) is 65.66% for carbon (C) and 32.45% for oxygen (O_2). Overall, the proximate analysis and SEM-EDX results indicate that activated carbon from lemongrass waste meets the standards of SNI 06-3730-1995.

Keywords: Lemongrass waste; Biosorbent; H_3PO_4 solution; Activated carbon; Characterization

1. PENDAHULUAN

Limbah sereh termasuk daun sereh tergolong limbah organik yang tidak dimanfaatkan, mengandung hemiselulosa, lignoselulosa, selulosa, flavonoid, terpenoid, dan minyak atsiri yang dapat digunakan sebagai sumber karbon [1]. Kandungan karbon pada komponen lignoselulosa yakni 38% hemiselulosa, 41,8% selulosa dan 58,5 % lignin.

Secara kimiawi limbah Sereh (*Cymbopogon S.P*) memiliki potensi menjadi karbon aktif karena pada limbah Sereh (*Cymbopogon S.P*) terdapat bagian yang berserat yang mengandung lignoselulosa. Menurut [2],

Published by
Department of Chemical Engineering
Faculty of Industrial Technology
Universitas Muslim Indonesia, Makassar

Address

Jalan Urip Sumohardjo km. 05 (Kampus 2 UMI) Makassar- Sulawesi Selatan

e-mail : jcpe@umi.ac.id

Corresponding Author *
lailan.nimah@ulm.ac.id



kandungan karbon pada komponen lignoselulosa yakni 38% hemiselulosa, 41,8% selulosa dan 58,5 % lignin. Sehingga limbah dari hasil pertanian yakni, limbah tumbuhan sereh (*Cymbopogon S.P*) memiliki potensi menjadi karbon aktif.

Istilah karbon aktif merujuk pada jenis karbon yang memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi baik dalam fase cair maupun fase gas [3]. Karbon aktif bisa dibuat dari berbagai macam bahan, selama bahan tersebut mengandung unsur karbon, ketersediaan bahan (tidak mahal dan mudah didapat) dan mudah untuk diaktifasi. Bahan mentah yang berasal dari berbagai sumber seperti hewan, tumbuhan, limbah, atau mineral yang mengandung karbon dapat diubah menjadi arang aktif [4][5]. Karbon aktif dapat diperoleh dari bahan-bahan alam (biomaterial) dengan penggunaan sebagai adsorben yang sering disebut dengan biosorbent [6][7]. Contohnya termasuk tulang, kayu lunak, sekam, tongkol jagung, tempurung kelapa, sabut kelapa, limbah pertanian seperti limbah sereh, ampas penggilingan tebu, ampas pembuatan kertas, serbuk gergaji, kayu keras, dan batubara [8]. Kandungan karbon setelah dikarbonisasi identik dengan berat arang [9].

Karbon aktif merupakan karbon dengan struktur amorphous atau mikrokristalin yang sebagian besar terdiri dari karbon bebas yang biasanya diperoleh dengan perlakuan khusus dan memiliki daya serap tinggi. Karbon aktif dapat mengadsorpsi dengan baik senyawa-senyawa organik [10] dan biaya produksi yang relatif murah karena bahan baku pembuatan karbon aktif dapat berasal dari limbah biomassa [11].

Berbagai bahan biomaterial [12][13] yang dapat dimanfaatkan sebagai karbon aktif yaitu yang memiliki kadar selulosa ataupun hemiselulosa. Selulosa terdapat dalam tumbuhan, sayur-sayuran serta buah-buahan. Selulosa dalam tumbuhan terdapat pada dinding sel, terutama pada tangkai, batang, dan semua bahan kayu [14]. Bahan-bahan dari alam yang dapat dibuat arang aktif seperti limbah dari hasil pertanian yakni limbah tumbuhan sereh (*Cymbopogon S.P*).

Karbon aktif adalah arang yang diproses sedemikian rupa sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap. Arang aktif dapat dibuat dari bahan yang mengandung karbon baik organik atau anorganik [15]. Aktivasi arang dapat secara kimia maupun fisika. Secara kimia dengan perendaman aktifator sedangkan fisika melalui pemanasan dengan injeksi nitrogen pada suhu tinggi yang bertujuan memperbanyak pori dan membuat porositas baru sehingga karbon aktif mempunyai daya serap tinggi [16]. Struktur karbon aktif umumnya terdiri dari karbon amorf dan sebagian besar terdiri atas karbon bebas [17]. Arang tersusun dari atom-atom karbon berikatan bebas membentuk struktur heksagonal datar. Sebagian besar pori-pori arang masih tertutup oleh hidrokarbon, ter dan komponen lain, seperti abu, udara, nitrogen dan sulfur [18][19]. Proses pembuatan arang aktif menurut [8] terdiri dari tiga tahap yaitu :

a. Dehidrasi : proses penghilangan air.

Bahan baku dipanaskan sampai temperatur 170°C.

b. Karbonisasi : pemecahan bahan-bahan organik menjadi karbon.

Temperatur diatas 170°C akan menghasilkan CO, CO₂ dan asam asetat. Pada temperatur 275°C, dekomposisi menghasilkan tar, metanol dan hasil sampingan lainnya. Pembentukan karbon terjadi pada temperatur 400–600 °C.

c. Aktivasi : dekomposisi tar dan perluasan pori-pori.

Dapat dilakukan dengan uap atau CO₂ sebagai aktifator.

Proses aktivasi merupakan hal yang penting diperhatikan disamping bahan baku yang digunakan. Aktivasi adalah suatu perlakuan terhadap arang yang bertujuan untuk memperbesar pori yaitu dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga arang mengalami perubahan sifat, baik fisika maupun kimia, yaitu luas permukaannya bertambah besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsi [8].

Metoda aktivasi [20] yang umum digunakan dalam pembuatan arang aktif adalah :

- a. Aktivasi Kimia adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia.
- b. Aktivasi Fisika adalah proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 .

Menurut [8], metode aktivasi yang umum digunakan dalam pembuatan karbon aktif adalah :

- a. Aktivasi kimia merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan pemakaian bahan-bahan kimia [8]. Aktivasi secara kimia biasanya menggunakan bahan-bahan pengaktif seperti garam kalsium klorida (CaCl_2), magnesium klorida (MgCl_2), seng klorida (ZnCl_2), natrium hidroksida (NaOH), natrium karbonat (Na_2CO_3) dan natrium klorida (NaCl). Selain garam mineral biasanya digunakan ialah berbagai asam dan basa organik seperti asam sulfat (H_2SO_4), asam klorida (HCl), asam hipoklorit (H_3PO_4), kalium hidroksida (KOH), dan natrium hidroksida (NaOH). Tujuan dari proses ini adalah mempertinggi volume, memperluas diameter pori yang terbentuk selama karbonisasi dan dapat menimbulkan beberapa pori yang baru.
- b. Aktivasi fisika merupakan proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap dan CO_2 [8]. Metode aktivasi secara fisika antara lain dengan menggunakan uap air, gas karbon dioksida, oksigen, dan nitrogen. Gas-gas tersebut berfungsi untuk mengembangkan struktur rongga yang ada pada arang sehingga memperluas permukaannya, menghilangkan konstituen yang mudah menguap dan membuang produksi tar atau hidrokarbon-hidrokarbon pengotor pada arang. Aktivasi fisika dapat mengubah material yang telah dikarbonisasi dalam sebuah produk yang memiliki luas permukaan yang luar biasa dan struktur pori. Untuk aktivasi fisika, biasanya arang dipanaskan di dalam *furnace* pada temperatur 800°C - 900°C . Oksidasi dengan udara pada temperatur rendah, merupakan reaksi eksoterm sehingga sulit untuk mengontrolnya [8].

Secara umum, penentuan kapasitas dan efisiensi karbon aktif dalam larutan dapat dilakukan dengan melihat kemampuannya dalam menyerap larutan iodium. Karbon aktif memiliki kemampuan yang tinggi untuk menyerap iodin, yang menandakan bahwa karbon aktif tersebut memiliki luas permukaan yang lebih besar. Selain itu juga mengetahui bentuk morfologi, pola struktur dan kandungan unsur pada karbon yang telah diaktivasi sehingga jika dilakukan aplikasi akan sesuai dan memenuhi syarat sebagai bioadsorben. Pada penelitian ini, dilakukan karakterisasi karbon aktif yakni analisis proksimat untuk menentukan kandungan air, abu, zat mudah menguap, karbon terikat, dan penyerapan iodium, serta karakterisasi gugus fungsi, topografi, pola struktur karbon pada karbon aktif limbah sereh.

2. METODE PENELITIAN

Bahan baku arang adalah limbah tumbuhan sereh (*Cymbopogon S.P*) dan bahan kimia yang digunakan sebagai aktivator yakni larutan H_3PO_4 (merck) dengan konsentrasi 20%. Limbah sereh yang digunakan pada penelitian ini merupakan bagian-bagian sereh yang tidak dipakai yakni berupa campuran dari daun dan batang dari tanaman sereh.

Proses pengarangan limbah sereh menggunakan *furnace* dengan merk SX-2.8-12 Boc Huanghua Faithful Instrument Co.Ltd. Peralatan untuk karakterisasi karbon aktif yakni penempatan analitik, oven, cawan porselin, desikator, *furnace*, perangkat titrasi, dan peralatan gelas yang umum tersedia di laboratorium. Peralatan utama yang digunakan adalah SEM-EDX merk JEOL JSM-6360LA.

2.1. Pengarangan dan Aktivasi Kimia

1. Pengarangan

Limbah limbah sereh dibersihkan dulu dari kotoran-kotoran yang ada kemudian di potong-potong dengan ukuran sekitar 1-2 cm dan dikeringkan dengan oven pada suhu 105°C selama 24 jam. Limbah sereh di

masukkan ke dalam *furnace* (merk SX-2.8-12 Boc Huanghua Faithful Instrument Co.Ltd.). Pembakaran dilakukan pada suhu 300°C selama 2 jam.

2. Aktivasi Kimia

Arang masing-masing ditimbang 70 gram, kemudian direndam dengan larutan H_3PO_4 20%. Perendaman dengan H_3PO_4 selama 24 jam. Sampel dicuci dengan aquadest sampai pH netral, setelah itu dikeringkan di dalam oven selama 60 menit pada suhu 105°C. Kemudian sampel yang telah kering dimasukkan ke dalam *furnace*. Pembakaran dilakukan selama 30 menit pada suhu 450 °C [21]. Percobaan ini diulang masing-masing sebanyak dua kali.

2.2. Analisis Proses Proksimat Arang

1. Penetapan Kadar Air (SNI-01-1682-1996. Butir 5.2)

Sampel sebanyak 2 gram (bobot kering air) dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah diketahui beratnya kering, kemudian dimasukkan ke dalam oven pada suhu 105°C selama tiga jam. Setelah itu, didinginkan dalam eksikator dan selanjutnya ditimbang hingga bobotnya tetap.

$$\text{Kadar Air (\%)} = \frac{\text{Berat sampel (sebelum – setelah)dikeringkan}}{\text{Berat sampel awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(1)$$

2. Penetapan Zat Terbang (*Volatile Matter*) (SNI-01-1682-1996. Butir 5.1)

Sampel kering sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang Telah diketahui bobot keringnya, kemudian sampel dipanaskan dalam tanur pada suhu 950°C selama 10 menit. Selanjutnya cawan didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang. Cawan ditutup rapat mungkin (bila perlu diikat dengan kawat) selama pemanasan dan pembakaran sampel harus melarikan diri. Jika sampel terbakar maka pengerjaan diulang.

$$\text{Kadar Zat Terbang (\%)} = \frac{\text{Berat sampel yang hilang}}{\text{Berat sampel awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(2)$$

3. Penetapan Kadar Abu (SNI-01-1682-1996. Butir 5.3)

Sampel sebanyak 2 gram dimasukkan ke dalam cawan porselin yang telah dikenal bobot keringnya, kemudian dipindahkan dalam tanur listrik pada suhu 750°C selama enam jam. Setelah itu didinginkan dalam desikator selama satu jam dan selanjutnya ditimbang hingga bobotnya tetap.

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{\text{Berat sampel setelah pembakaran di} \frac{\text{tanur}}{\text{furnace}}}{\text{Berat sampel awal}} \times 100\% \dots\dots\dots(3)$$

4. Penetapan Kadar Karbon Terikat (*Fixed Carbon*) (SNI-01-3730-1995. Butir 5.6)

Karbon dalam arang adalah zat yang disediakan pada fraksi padat hasil pirolisis selain abu (zat anorganik) dan zat atsiri yang masih ada pada pori-pori arang. Rumus untuk penetapan kadar karbon adalah sebagai berikut:

$$\text{Kadar Karbon Terikat (\%)} = 100\% - (\text{kadar abu} + \text{kadar zat terbang}) \dots\dots\dots(4)$$

5. Penetapan Daya Serap terhadap Iod (*Bilangan Iodine*) (SNI-01-3730-1995. Butir 5.5)

Sampel kering sebanyak 0,2 gram dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 250 mL. Larutan iod 0,1 ditambahkan ke dalam erlenmeyer dan dikocok selama 25 menit pada suhu kamar, solusi langsung disaring. Selanjutnya 10 mL sampel diambil dan dititrasi dengan larutan $Na_2S_2O_3$ 0,1 N sampai diperoleh larutan berwarna kuning muda lalu ditambahkan beberapa tetes larutan kanji 1% sebagai indikator. Titrasi dilakukan kembali hingga warna biru tepat hilang.

$$\text{Daya serap iod (mg/g)} = \frac{[10 - (\text{mL} \times \text{N Na}_2\text{S}_2\text{O}_3)] \times 126,93 \times \text{fp}}{\text{Sampel bobot (dalam gram)}} \dots\dots\dots(5)$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Hasil Analisa Proksimat Karbon Aktif Limbah Sereh

Analisis proksimat dilakukan untuk mengetahui karakteristik dan kualitas dari karbon aktif yang disesuaikan dengan SNI 06-3730-1995 (syarat mutu arang aktif teknis). Adapun hasil dari analisis proksimat dapat dilihat pada Tabel 1 untuk analisa proksimat arang aktif yang dipreparasi secara kimia dengan menggunakan larutan H_3PO_4 .

Tabel 1. Data Analisis Proksimat Karbon yang direndam dengan H_3PO_4 dari Limbah Sereh

No	Parameter	Satuan	SNI 06-3730-1995	Limbah Sereh
1.	Air (Kadar Air)	%	Max 15	12,48
2.	Abu (Kadar Abu)	%	Max 10	4,41
3.	Zat Terbang (<i>Volatile Matter</i>)	%	Max 25	10,36
4.	Karbon Aktif Murni (Karbon Terikat (<i>Fixed Carbon</i>))	%	Min 65	65,47
5.	Daya serap terhadap I_2 (Bilangan <i>Iodine</i>)	g Iod/100 g	Min 750	876,46

Berdasarkan Tabel 1, karbon yang diaktifasi dengan H_3PO_4 , daya serap air sebesar 12,48. Kadar air maksimal arang aktif berdasarkan SNI 06- 3730-95 adalah 15%, dengan demikian kadar air dari arang aktif yang dihasilkan memenuhi syarat. Pengujian kadar air dimaksudkan untuk mengetahui sifat higroskopisitas yaitu kemampuan menyerap dan melepaskan air. Dari penelitian ini dihasilkan kadar abu yang dihasilkan oleh arang aktif yang diaktifasi dengan H_3PO_4 , sebesar 4,41%. Kadar abu yang dihasilkan memenuhi SNI 06-3730-95 karena kurang dari 10%. Kadar abu arang aktif yang rendah menunjukkan bahwa arang aktif tersebut kualitasnya semakin baik. Rendahnya kadar abu disebabkan oleh kontak arang aktif dengan udara pada saat aktifasi sehingga terjadi proses pembakaran lebih lanjut dimana arang aktif yang terbentuk berubah menjadi abu. Kadar abu yang besar dapat mengurangi kemampuan arang aktif untuk menyerap gas dan larutan karena kandungan mineral (oksida logam) yang terdapat dalam abu akan menyebar dalam kisi-kisi arang aktif sehingga menutup pori arang aktif. Kadar zat terbang yang dihasilkan oleh arang aktif yang diaktifasi dengan H_3PO_4 , sebesar 10,36%. Kadar zat terbang yang dihasilkan memenuhi SNI 06-3730-95 karena kurang dari 25%. Kadar zat terbang dimaksudkan untuk mengetahui kadar yang akan hilang Ketika sampel dipanaskan pada suhu tertentu. Saat kadar tersebut pada karbon aktif diharapkan molekul lain (adsorbat) dapat masuk, sehingga menjadi dasar potensial daya serap suatu karbon aktif.

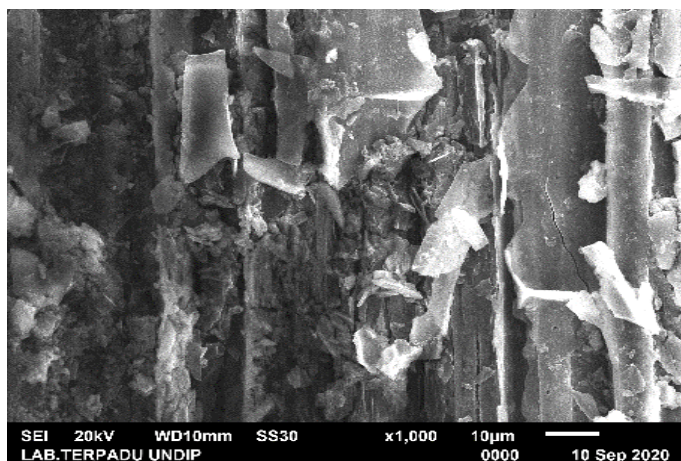
Kadar karbon terikat yang dihasilkan oleh arang aktif yang diaktifasi dengan H_3PO_4 , sebesar 65,47%. Kadar kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan memenuhi SNI 06-3730-95 karena lebih besar dari 65%. Penentuan kadar karbon terikat arang aktif ini bertujuan untuk mengetahui kandungan karbon murni yang terikat setelah proses aktifasi. Kadar karbon yang tinggi menggambarkan tingkat kemurnian arang aktif yang dihasilkan [22]. Tingginya kadar karbon terikat arang aktif yang dihasilkan kemungkinan dipengaruhi oleh rendahnya kadar zat menguap dan kadar abu yang dihasilkan. Bilangan *iodine* yang dihasilkan oleh arang aktif yang diaktifasi dengan H_3PO_4 , sebesar 876,46 mg/g. Daya serap arang aktif terhadap iodium yang dihasilkan memenuhi SNI 06-3730-95 karena daya serap yang dihasilkan lebih dari 750 mg/g. Besarnya daya serap terhadap iodium merupakan indikasi volume daya tampung pori arang aktif [23]. Jumlah pori menentukan proporsional terhadap jumlah luas permukaan dalam partikel karbon [24].

Daya adsorpsi karbon aktif terhadap iod memiliki korelasi dengan luas permukaan dari karbon aktif [25]. Semakin besar angka iod maka semakin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat

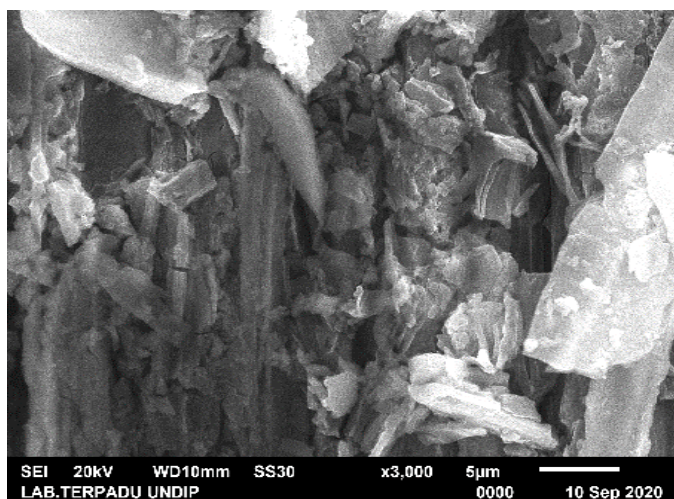
terlarut [26]. Pengujian bilangan iod bertujuan untuk mengetahui kemampuan karbon aktif dalam menyerap molekul-molekul berdiameter kecil. Semakin besar angka iod maka makin besar kemampuannya dalam mengadsorpsi adsorbat atau zat pelarut [27].

3.2. Hasil Analisa Topografi Permukaan dan Kandungan Unsur SEM-EDX (*Scanning Electron Microscopy- Dispersive X-Ray*) Karbon Aktif dari Limbah Sereh

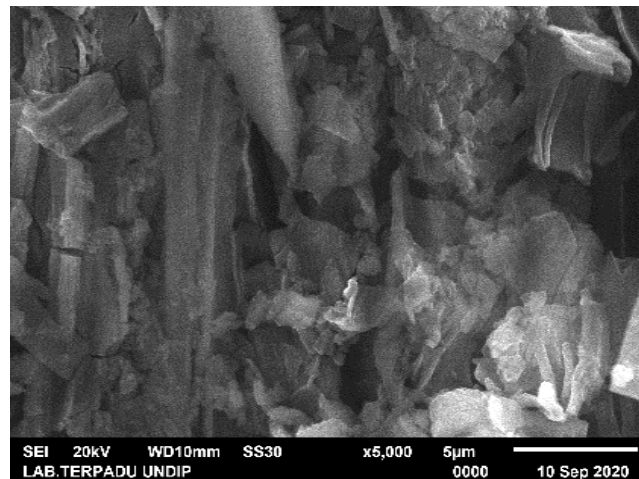
Karbon aktif memiliki porositas dipermukaannya. Morfologi permukaan dikarakterisasi untuk mengetahui distribusi pori karbon aktif. Adapun hasil dari pengujian dengan menggunakan SEM dapat dilihat pada Gambar 1 (a)-(c).



(a)



(b)

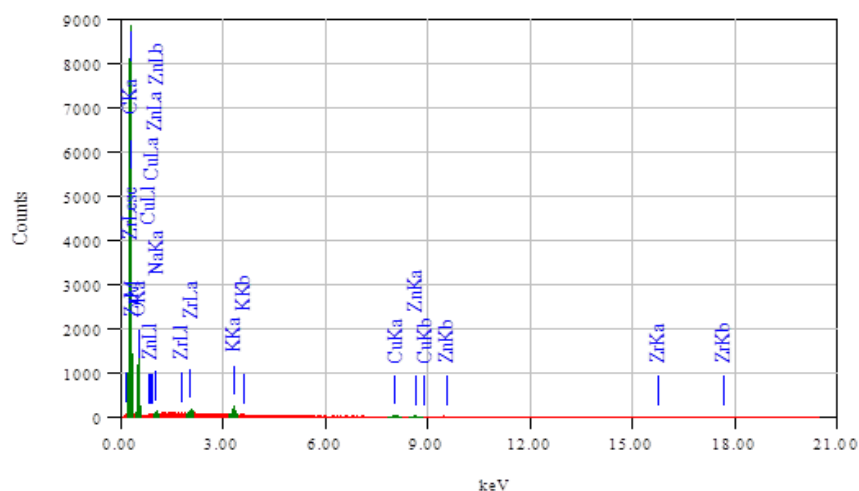


(c)

Gambar 1. Data analisa Topografi Permukaan Karbon Aktif Preparasi Kimia dari Limbah Sereh: (a) Perbesaran 1000x; (b) Perbesaran 3000x; (c) Perbesaran 5000x

Pengamatan topografi arang menggunakan SEM-EDX terlihat pada Gambar 1 menunjukkan bahwa pada arang yang sudah diaktifasi terdapat jumlah pori yang berkembang banyak, besar dan bersih. Terbentuknya banyak pori juga disebabkan karena adanya penguapan zat terbang dari bahan baku akibat proses pirolisis. Hal ini menyebabkan komponen bahan baku terdegradasi menjadi produk gas (CO , CO_2 , H_2 , CH_4), produk cair (asap cair, ter, hidrokarbon dan air) dan produk padat (arang) [28]. Berdasarkan Gambar 3 juga terlihat rongga arang dari limbah pertanian (limbah sereh) yang telah diaktifkan tampak lebih terbuka dan memanjang. Ini disebabkan oleh reaksi dekomposisi selulosa dan lignin secara lengkap pada suhu pemanasan yang tinggi, sebagaimana dijelaskan oleh [29]. Penghilangan lignin dan zat ekstraktif lainnya dari permukaan karbon aktif yang menyebabkan peningkatan luas permukaan [30]. Aktivasi kimia menggunakan H_3PO_4 terlihat banyak retakan dan lubang seperti terlihat pada Gambar 3, selain itu penggunaan H_3PO_4 pada proses aktivasi juga akan berdampak pada struktur senyawa kimia karbon aktif. Proses ini terjadi ketika H_3PO_4 masuk diantara rantai karbonil pada karbon, mengganggu ikatan hidrogen yang ada, menggantikannya dengan ikatan karbonfosfat, dan secara terus-menerus memecah-mecah rantai hingga ke seluruh bagian struktur molekul. Hal ini mengakibatkan peningkatan luas permukaan karbon aktif untuk melakukan proses adsorpsi/penjerapan [31].

Data analisa kandungan unsur dari limbah pertanian (kulit buah langsung, limbah sereh dan tempurung kelapa) menggunakan EDX dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Kandungan Unsur Karbon Aktif menggunakan Analisa EDX dari Limbah Sereh

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat kandungan unsur dari karbon limbah sereh menggunakan analisa EDX memiliki kandungan yang bervariasi. Jika dilihat lebih detil dapat dijabarkan dalam Tabel 2 sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil Analisis Karbon Aktif dari Limbah Sereh Menggunakan EDX

No.	Unsur	Mass %
1	Karbon (C)	65,66
2	Oksigen (O ₂)	32,45
3	Magnesium (Mg)	0,14
4	Silikon (Si)	0,69
5	Kalium (K)	0,17
6	Fosfor (P)	0,76
7	Kalsium (Ca)	0,13

Tabel 2 menunjukkan analisa kandungan komposisi unsur yang terdapat pada karbon aktif dari limbah sereh yang direndam dengan H₃PO₄. Hasil Analisa EDX menunjukkan semua karbon aktif mengandung 2 komponen unsur penyusun dengan persentase cukup tinggi yaitu unsur C dan O. Unsur penyusun karbon aktif limbah pertanian (kulit buah langsung, limbah sereh dan tempurung kelapa) adalah unsur C, O₂, Mg, Si, K, P, dan Ca. Limbah sereh mengandung nilai karbon yang tinggi, dimana nilai karbon yang tinggi pada suatu bahan dapat digunakan sebagai karbon aktif [32].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, limbah sereh dapat dipergunakan sebagai bahan baku untuk pembuatan karbon aktif dengan nilai karbon (*fixed carbon*) pada hasil aktivasi yakni 65,47%; bilangan iodin pada hasil aktivasi sebesar 876,46. Rongga karbon aktif dari hasil pengarangan limbah sereh menggunakan SEM tampak lebih terbuka dan memanjang. Kandungan unsur dari karbon aktif limbah sereh menggunakan EDX sebesar 65,66% untuk nilai karbon (C) dan 32,45% untuk nilai oksigen (O₂). Karbon yang diaktifkan dengan H₃PO₄ lebih memenuhi semua syarat yang ditetapkan pada SNI 06-3730-1995.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh Hibah Penelitian dari Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi, Nomor: B/67/D.D3/KD.02.00/2019 untuk Beasiswa Pendidikan Pascasarjana Dalam Negeri (BPPDN) tahun 2019.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Cantoia Júnior *et al.*, "Lemongrass essential oil in sugarcane silage: Fermentative profile, losses, chemical composition, and aerobic stability," *Anim. Feed Sci. Technol.*, vol. 260, no. December 2019, p. 114371, 2020, doi: 10.1016/j.anifeedsci.2019.114371.
- [2] Y. Yu, X. Lou, and H. Wu, "Some recent advances in hydrolysis of biomass in hot-compressed water and its comparisons with other hydrolysis methods," *Energy and Fuels*, vol. 22, no. 1, pp. 46–60, Jan. 2008, doi: 10.1021/EF700292P.
- [3] R. A. F. Lubis, H. I. Nasution, and M. Zubir, "Production of Activated Carbon from Natural Sources for Water Purification," *Indones. J. Chem. Sci. Technol.*, vol. 3, no. 2, p. 67, 2020, doi: 10.24114/ijcst.v3i2.19531.
- [4] L. Ni'mah, S. R. Juliastuti, and M. Mahfud, "Journal of Fibers and Polymer Composites," *J. Fibers Polym. Compos.*, vol. 1, no. 2, pp. 148–163, 2022.
- [5] L. Ni'mah, S. R. Juliastuti, and M. Mahfud, "One-stage microwave-assisted activated carbon preparation from Langsung peel raw material for adsorption of iron, manganese and copper from acid mining waste," *Commun. Sci. Technol.*, vol. 8, no. 2, pp. 143–153, 2023.

- [6] L. Ni'mah, S. R. Juliastuti, and M. Mahfud, "Reuse of Agricultural Waste to Adsorb Iron Content in Acid Mine Water," *Malaysian J. Biochem. Mol. Biol.*, pp. 87–96, 2022.
- [7] M. Munira, M. Arman, T. Syarif, G. Gusnawati, and D. Darnengsih, "Karakterisasi Dan Modifikasi Karbon Aktif Dari Mahkota Nanas Sebagai Bioadsorben," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 7, no. 2, pp. 123–129, 2022, doi: 10.33536/jcpe.v7i2.1410.
- [8] T. S. S. N. Meilita Tryana Sembiring, "Arang Aktif," no. July, pp. 1–23, 2020.
- [9] A. Fitriansyah, H. Amir, and E. Elvinawati, "Karakterisasi Adsorben Karbon Aktif Dari Sabut Pinang (*Areca Catechu*) Terhadap Kapasitas Adsorpsi Zat Warna Indigosol Blue 04-B," *Alotrop*, vol. 5, no. 1, pp. 42–54, 2021, doi: 10.33369/atp.v5i1.16485.
- [10] E. Worch, *Fundamentals, Processes, and Modeling*. Berlin, Boston: De Gruyter, 2012.
- [11] S. Utama, H. Kristianto, and A. Andreas, "Adsorpsi Ion Logam Kromium (Cr (Vi)) Menggunakan Karbon Aktif dari Bahan Baku Kulit Salak," *Pros. Semin. Nas. Tek. Kim. "Kejuangan"*, no. Vi, pp. 1–6, 2016.
- [12] L. Ni'mah, S. R. Juliastuti, and M. Mahfud, "Utilization of Langsung Fruit Peel Waste to Adsorb Metal Contents from Acid Mine Drainage," *J. Hunan Univ. Nat. Sci.*, vol. 49, no. 5, pp. 64–70, 2022, doi: 10.55463/issn.1674-2974.49.5.8.
- [13] S. Hamid, A. Aladin, B. Modding, T. Syarif, L. Wiyani, and M. Arman, "Pengaruh Aliran Nitrogen Kontinyu ke Dalam Reaktor Pirolisis Limbah Biomassa SerbukGergaji Batang Kelapa (*Cocos Nucifera*) Terhadap Nilai Kalor," *J. Chem. Process Eng.*, vol. 8, no. 1, pp. 1–6, 2023.
- [14] U. Salamah, *Adsorpsi protein pada beads/alginat nanoselulosa*, no. September 2019. 2021.
- [15] A. P. Sandi and Astuti, "Pengaruh Waktu Aktivasi Menggunakan H₃po₄ Terhadap Struktur Dan Ukuran Pori Karbon Berbasis Arang Tempurung Kemiri (*Aleurites moluccana*)," *J. Fis. Unand*, vol. 3, no. 2, pp. 115–120, 2014.
- [16] G. S. Pambayun, R. Y. E. Yulianto, M. Rachimoellah, and E. M. M. Putri, "Pembuatan karbon aktif dari arang tempurung kelapa dengan aktivator ZnCl₂ dan Na₂CO₃ sebagai adsorben untuk mengurangi kadar fenol dalam air limbah," *J. Tek. Pomits*, vol. 2, no. 1, pp. 116–120, 2013, doi: 10.12962/j23373539.v2i1.2437.
- [17] S. M. Manocha, "Porous carbons," *Sadhana - Acad. Proc. Eng. Sci.*, vol. 28, no. 1–2, pp. 335–348, 2003, doi: 10.1007/BF02717142.
- [18] A. M. Puziy, O. I. Poddubnaya, A. Martínez-Alonso, F. Suárez-García, and J. M. D. Tascón, "Synthetic carbons activated with phosphoric - Acid I. Surface chemistry and ion binding properties," *Carbon N. Y.*, vol. 40, no. 9, pp. 1493–1505, Aug. 2002, doi: 10.1016/S0008-6223(01)00317-7.
- [19] A. Concheso *et al.*, "Influence of oxidative stabilization on the electrochemical behaviour of coal tar pitch derived carbons in lithium batteries," *Electrochim. Acta*, vol. 50, no. 5, pp. 1225–1232, Jan. 2005, doi: 10.1016/J.ELECTACTA.2004.07.054.
- [20] M. A. Asrianti Asrianti, Ruslan Kalla, , N Nurjannah, "Journal of Chemical Process Engineering," *J. Chem. ...*, vol. 05, no. 2655, pp. 2–7, 2020.
- [21] M. B. Goma, M. A. Shetawy, R. R. EL Bassoumy, and M. M. Geasa, "Possibility of using olive-seeds residues as a source of activated carbon," *Al-Azhar J. Agric. Eng.*, vol. 2, no. 1, pp. 10–16, 2022, doi: 10.21608/azeng.2022.240417.
- [22] A. Rahman, R. Aziz, A. Indrawati, and M. Usman, "Pemanfaatan beberapa jenis arang aktif sebagai bahan adsorben logam berat cadmium (Cd) pada tanah sedimen drainase kota medan sebagai media tanam," *J. Agroteknologi dan Ilmu Pertan.*, vol. 1, no. 1, pp. 42–54, 2020.
- [23] P. Previanti, H. Sugiani, U. Pratomo, and S. Sukrido, "Daya Serap Dan Karakterisasi Arang Aktif Tulang Sapi Yang Teraktivasi Natrium Karbonat Terhadap Logam Tembaga," *Chim. Nat. Acta*, vol. 3, no. 2, pp. 48–53, 2015, doi: 10.24198/cna.v3.n2.9182.

- [24] M. Masria, C. Lopulisa, H. Zubair, and B. Rasyid, "Karakteristik Pori dan Hubungannya dengan Permeabilitas pada Tanah Vertisol Asal Jeneponto Sulawesi Selatan," *J. Ecosolum*, vol. 7, no. 1, p. 38, 2018, doi: 10.20956/ecosolum.v7i1.5209.
- [25] L. E. Laos, M. Masturi, and I. Yulianti, "Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Daya Serap Karbon Aktif Kulit Kemiri," vol. V, pp. SNF2016-MPS-135-SNF2016-MPS-140, 2016, doi: 10.21009/0305020226.
- [26] N. Rahmadani and P. Kurniawati, "Sintesis dan Karakterisasi Karbon Teraktivasi Asam dan Basa Berbasis Mahkota Nanas," *Pros. Semin. Nasoinal Kim. dan Pembelajarannya 2017*, no. November, pp. 154–161, 2017.
- [27] R. W. Putri, S. Haryati, and R. Rahmatullah, "Pengaruh suhu karbonisasi terhadap kualitas karbon aktif dari limbah ampas tebu," *J. Tek. Kim.*, vol. 25, no. 1, pp. 1–4, Mar. 2019, doi: 10.36706/JTK.V25I1.12.
- [28] M. M. Rahman, M. Awang, B. S. Mohosina, B. Y. Kamaruzzaman, W. B. W. Nik, and C. M. C. Adnan, "Waste Palm Shell Converted to High Efficient Activated Carbon by Chemical Activation Method and Its Adsorption Capacity Tested by Water Filtration," *APCBEE Procedia*, vol. 1, no. December, pp. 293–298, 2012, doi: 10.1016/j.apcbee.2012.03.048.
- [29] G. Cimò, J. Kucerik, A. E. Berns, G. E. Schaumann, G. Alonzo, and P. Conte, "Effect of heating time and temperature on the chemical characteristics of biochar from poultry manure," *J. Agric. Food Chem.*, vol. 62, no. 8, pp. 1912–1918, 2014, doi: 10.1021/jf405549z.
- [30] V. Ardina, "Pengaruh Active Alkali Charge Terhadap Delignifikasi dan Degradasi Fiber pada Proses Pulping Active Alkali Charge on Delignification and Degradation of Fiber in Pulping Process," *Thesis, Inst. Teknol. Sepuluh Nop.*, 2018.
- [31] F. Ideal Zega, R. Selly, and M. Zubir, "Review of Adsorption of Fe Metal by Activated Carbon Adsorbent," 2021.
- [32] R. Dewi, A. Azhari, and I. Nofriadi, "Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh," *J. Teknol. Kim. Unimal*, vol. 9, no. 2, p. 12, 2021, doi: 10.29103/jtku.v9i2.3351.