



Karakterisasi Karbon Aktif yang Terbuat Dari Tempurung Kelapa Menggunakan Teknik Pirolisis Dengan Aktivasi Fisika dan Kimia

Andi Ikhtiar Bakti^{a*}, Megastin Massang Lumembang^a, Jumriadi^a,

^aProgram Studi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sam Ratulangi

KATA KUNCI

Aktivasi Karbon;
Teknik Pirolisis;
Tempurung Kelapa;
Aktivasi Fisika Dan
Kimia

ABSTRAK

Kandungan tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku untuk diaktivasi menjadi karbon aktif, karbon aktif dihasilkan dari tempurung kelapa melalui aktivasi fisika dan kimia. Teknik pirolisis digunakan dalam proses aktivasi untuk menghilangkan kadar air dan terkarbonisasi dengan sempurna dengan suhu aktivasi optimal 600°C dan untuk aktivasi kimia direndam menggunakan zat pengaktif ZnCl₂ 10% dan Na₂Ca₃ 10%. Karbon aktif (KA) dianalisis menggunakan metode *Fourier Transform Infrared* (FTIR, *X-Ray Diffraction* (X-RD) dan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Hasil FTIR menunjukkan bahwa tempurung kelapa berhasil dikonversi menjadi karbon. Hasil X-RD menunjukkan adanya beberapa fase kristal berjenis grafit disekitar puncak 36° dan 44°, terdapat dua puncak difraksi yang luas dan dapat dikaitkan dengan keberadaan karbon dan grafit. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan morfologi SEM dari struktur mikro dengan perbesaran 3000 kali, ukuran gambar 5 µm, nampak ukuran pori yang terbentuk dan terdapat porositas yang menjelaskan bahwa hasil aktivasi karbon berhasil.

KEYWORDS

Activated Carbon;
Pyrolysis Technique;
Coconut Shell;
Physical And
Chemical Activation

ABSTRACT

Coconut shell content can be used as a raw material to be activated into activated carbon. Activated carbon is produced from the coconut shell through physical and chemical activation. With the pyrolysis method, the optimum activation temperature for physics activation is 600°C and for chemical activation is soaked activator ZnCl₂ 10% and Na₂Ca₃ 10%. Activated carbon was analyzed by Fourier Transformation Infrared (FTIR) and XRD Diffraction (XRD) methods, and Scanning Electron Microscopy (SEM). The FTIR results show that the coconut shell succeeds in becoming carbon. The XRD results confirm the existence of several phases of crystals like graphite around peaks 36° and 44°, there are two wide diffraction peaks that can be interconnected with carbon and graphite content. The results of the SEM characterization show the SEM morphology of the microstructure with a magnification of 3000 times, the image size is 5 µm, and it appears that the pore and there was porosity which explains that the carbon activation results were successful.

TERSEDIA ONLINE

01 Agustus 2023

Pendahuluan

Tempurung kelapa sebagai bahan baku sering dimanfaatkan untuk diaktivasi menjadi karbon aktif. Karbon Aktif adalah arang yang diproses pada suhu dan tekanan tinggi sehingga mempunyai daya serap/adsorpsi yang tinggi terhadap bahan yang berbentuk larutan atau uap (Arami-Niya dkk., 2012). Berdasarkan data yang diperoleh, Asia Tenggara

merupakan wilayah dengan jumlah produksi kelapa yang cukup besar dengan empat negara sebagai produsen utamanya, yaitu India, Indonesia, Filipina, dan Sri Lanka yang menyumbangkan 78% produksi kelapa di dunia (Kalyanapu dkk., 2015). Berkaitan dengan produksi karbon aktif, Indonesia kini merupakan salah satu negara eksportir utama karbon aktif (Cocommunity, 2016).

*Corresponding author:

Email address: andiikhtiar@unsrat.ac.id

Published by FMIPA UNSRAT (2023)

Karbon aktif telah dikenal sebagai adsorben yang paling efektif dan berguna untuk menghilangkan polutan dari gas yang tercemar dan aliran cairan. Hal ini disebabkan oleh sifat karbon aktif yang memiliki luas permukaan aktif besar yang bisa memberikan kapasitas adsorpsi struktur berpori yang berkembang dengan baik dan sifat mekanik yang baik (Gale dkk., 2021; Hidayu dkk., 2016). Hal mendasar utama yang digunakan untuk pembuatan karbon aktif adalah bahan organik yang kaya akan karbon (Hidayu dkk., 2013). Pengembangan metode penggunaan kembali bahan limbah sebagai karbon aktif sangat diharapkan dapat menjadi solusi dalam pemanfaatan limbah seperti limbah biji jarak, tongkol jagung, tempurung kelapa, serat kelapa sawit, dan serbuk gergaji kayu. Terbukti dengan baik diubah menjadi karbon aktif karena teksturnya yang keras dan kuat yang disebabkan oleh tingginya lignin dan kandungan karbon serta rendahnya kadar abu dari bahan-bahan tersebut (Lehman dkk., 2009; Kalyanapu dkk., 2015).

Untuk menghasilkan karbon aktif dari tempurung kelapa, proses keseluruhan menggunakan metode pirolisis. Teknik pirolisis digunakan dalam proses aktivasi untuk menghilangkan kadar air agar terkarbonisasi dengan sempurna, tempurung kelapa menjadi arang, dilanjutkan dengan proses aktivasi. Dilakukan proses aktivasi fisika dan kimia, proses aktivasi fisika diperoleh melalui karbonisasi dengan gas pengoksidasi pada suhu tinggi (400-1000°C) dan aktivasi kimia direndam dalam larutan kimia dengan konsentrasi tertentu seperti $ZnCl_2$, Na_2CO_3 , KOH dan KCl (Hung, 2012). Karbon aktif menghasilkan struktur kristal karbon yang lebih baik dan struktur amorf yang secara tidak teratur ditumpuk oleh cincin karbon bermanfaat untuk menghasilkan celah teradsorben, yang merupakan 97% karbon murni (Hidayu dkk., 2014; Pradhan dkk., 2011).

Proses aktivasi dilakukan melalui prosedur mencampurkan bahan awal dengan reagen aktivasi dan campuran dipanaskan dalam tekanan atmosfer lembam (Hadi dkk., 2020; Hidayu dkk., 2016).

Analisis FTIR

Tabel 1. Nilai gelombang dan askripsi pita utama pada Spektra FTIR, karbon aktif $ZnCl_2$ dan karbon aktif Na_2CO_3 (Mizi, 2012)

Nilai Gelombang (Cm^{-1})	Keterangan	$ZnCl_2$	Na_2CO_3
3500-3300	O-H Peregangan (ikatan hidrogen antarmolekul)		
2930-2900	C-H peregangan asimetris	*	*
2720	C-H (aldehida)		
1740	C=O peregangan dalam ester		
1625-1610	C=C kerangka aromatik peregangan		
1580-1570	C=C pita peregangan	*	*
1450-1420	C-H ikatan Asimetris		
1375-1317	C-H ikatan Asimetris dan simetris		
1284-1240	C-O Asimetris, peregangan eter aromatik, ester dan fenol		
1260-1000	C-O asam karboksilat, alkohol, fenol dan ikatan ester P=O dalam ester fosfat	*	*
700-400	C-C peregangan	*	*

Proses ini biasanya dilakukan pada suhu dan waktu yang lebih rendah dibandingkan dengan proses aktivasi fisika. Luas permukaan dan porositas yang dihasilkan pun lebih baik dibandingkan dengan aktivasi fisika. Oleh karena itu, penelitian ini akan menggunakan tempurung kelapa sebagai bahan utama dalam pembuatan karbon aktif mengingat bahannya yang sangat melimpah di Indonesia dan memiliki nilai pasar yang sangat terjangkau.

Material dan Metode

Material mentah

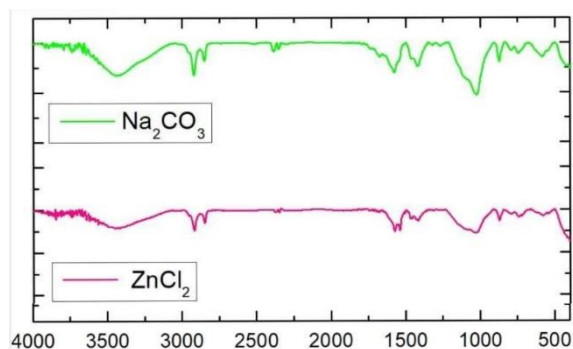
Tempurung kelapa dipilih untuk pembuatan karbon aktif. Bahannya dibersihkan dengan aquades beberapa kali untuk menghilangkan debu dan kotoran. Sampel tempurung kelapa kemudian dikeringkan di oven pada suhu 110°C selama 24 jam untuk menghilangkan kelembaban permukaan dan kemudian digiling sesuai ukuran yang diinginkan. Kemudian dilakukan analisis untuk mengetahui kadar volatil dan karbon tetap serta untuk mengukur komposisi masing-masing unsur, metode ini seperti metode penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Hidayu dkk., 2016.

Aktivasi karbon

Tempurung kelapa diaktivasi menggunakan aktivasi fisika dengan dimasukkan ke dalam reaktor pirolisis yang dipanaskan oleh tungku tabung listrik. Reaktor kemudian dipanaskan hingga suhu 600°C dan disimpan selama satu jam. Karbon tempurung kelapa yang telah dipirolisis dengan proses aktivasi kimia direndam dalam larutan $ZnCl_2$ 10 % dan Na_2CO_3 10% kemudian disimpan selama 24 jam pada suhu kamar. Setelah proses aktivasi kimia selesai, karbon aktif kemudian dibersihkan dengan aquades dan dikeringkan menggunakan oven pada suhu 100°C selama tiga puluh menit. Setelah itu, dilakukan pengayakan dengan menggunakan ASTM *Standard Test Sieve* yang mempunyai ukuran 70-200 Mesh. Model ayakan yang digunakan terdiri atas tiga susunan ayakan. Sampel yang telah diayak, kemudian diambil dan dikarakterisasi,

Hasil dan Pembahasan

Pada tabel 1 dijelaskan kondisi aktivasi sampel ZnCl_2 dan Na_2CO_3 spektrum FTIR terdapat pita yang luas dan kuat pada $3200\text{-}3500\text{ cm}^{-1}$ untuk gugus hidroksil (O-H) getaran peregangan. Struktur mengandung banyak ikatan karbon-karbon yang juga sebagai penghilang hidrogen dan atom oksigen yang berada pada frekuensi tersebut mungkin mengandung peregangan amina (NH_2) dan kelompok alkohol (O-H) yang hilang saat aktivasi sampai 600°C , dan menunjukkan dehidrasi komponen selulosa dan lignin (Shilpi, 2012). Sementara itu, puncak penyerapan pada $2900\text{-}2850\text{ cm}^{-1}$ untuk getaran peregangan (C-H) dari gugus $-\text{CH}_3$ benar-benar dikeluarkan dari sampel karbon aktif. Kelompok karbonil ($\text{C}=\text{O}$) diamati pada sampel ZnCl_2 dan Na_2CO_3 pada $1740\text{-}1700\text{ cm}^{-1}$ yang diharapkan berasal dari jaringan lignin. Tabel 1 menjelaskan puncak ini hampir tidak ada setelah dipirolisis dan proses aktivasi perendaman dengan ZnCl_2 dan Na_2CO_3 karena mudah menguap. Puncak berkisar antara $1200\text{-}1000\text{ cm}^{-1}$ menunjukkan adanya peregangan (C-O) serta 830 cm^{-1} (Si-O) sebagai hasil silika yang mengandung mineral (Hidayu dkk., 2014).



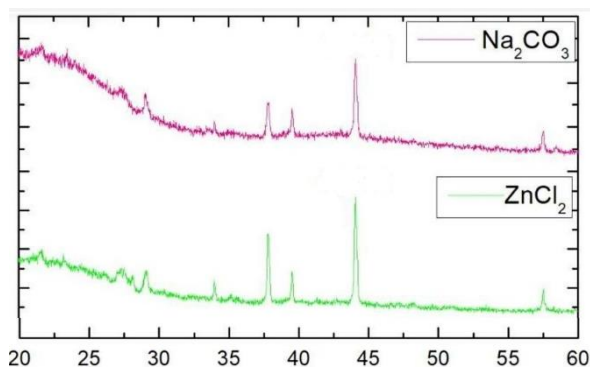
Gambar 1. Grafik FTIR karbon aktif Na_2CO_3 dan ZnCl_2

Spektrum FTIR menyatakan bahwa karbon aktif telah berhasil dikonversi menjadi karbon aktif (Osman dkk., 2016). Dalam proses pemanasan dan pengaktifan karbon sebagian besar puncak adsorpsi hilang dari kelompok fungsional. Area dari kelompok fungsional spektrum dari baku diuapkan sebagai bahan volatil saat panas dipasok ke sampel. Ini membuktikan bahwa proses aktivasi telah berhasil dilakukan dan karbon mempertahankan beberapa kelompok fungsional IR sensitif, gugus fungsional (C-O) (Hesas dkk., 2013).

Analisis XRD

Spektrum XRD dari karbon aktif mengilustrasikan adanya Kristal aluminosilikat yang berbeda. Puncak terbentuk pada sampel ZnCl_2 dan Na_2CO_3 pada sudut $2\theta = 29,5^\circ$, $34,6^\circ$ dan $39,4^\circ$ yang masing-masing adalah mineral silikat, bijih besi dan kuarsa. Sedangkan sisa puncak lainnya terdapat sodalite, analcime dan sodium silikat terletak di $44,5^\circ$ (Pradhan dkk., 2011). Sementara itu, terjadinya puncak yang luas di sekitar 26° dan 43° menunjukkan tanda-tanda pembentukan struktur karbon kristalin, menghasilkan lapisan yang lebih

baik (Hidayu, 2014). Kedua sampel karbon aktif menunjukkan dua puncak difraksi luas yang terletak pada $2\theta = 30^\circ\text{-}40^\circ$ dan $40^\circ\text{-}50^\circ$ yang mengungkapkan adanya struktur amorf yang secara tidak teratur ditumpuk oleh cincin karbon dan bermanfaat untuk menghasilkan celah yang telah teradsorben, untuk karbon yang tidak terangkut, teramati puncak tajam pada $44,5^\circ$ disebabkan oleh kehadiran spesies Zn dan Na yang digunakan selama proses aktivasi (Hidayu dkk., 2016).

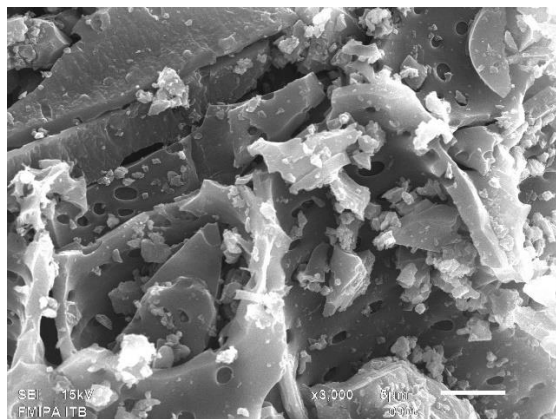


Gambar 2. Grafik XRD karbon aktif Na_2CO_3 dan ZnCl_2

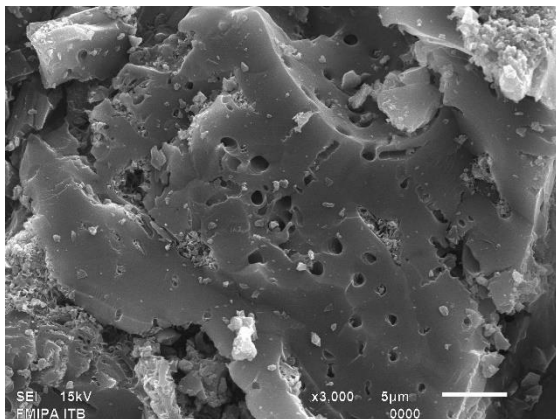
Karbon aktif temuan ini sesuai dengan penelitian sebelumnya oleh Kushwaha dkk. dan Rani dkk. (Osman dkk., 2014; Kushwaha dkk., 2012). Setelah dipirolisis kedua sampel memiliki dua puncak difraksi yang luas dan dapat dikaitkan dengan keberadaan karbon dan grafit (Matali dkk., 2013)

Analisis SEM

Scanning electron microscopy (SEM) digunakan untuk mengamati morfologi fisik permukaan sampel. Gambar 3 menunjukkan menunjukkan morfologi SEM dari struktur mikro dengan perbesaran 3000 kali, ukuran gambar $5\text{ }\mu\text{m}$, nampak ukuran pori yang terbentuk dan terdapat porositas yang menjelaskan bahwa hasil aktivasi karbon berhasil dari struktur mikro karbon aktif ZnCl_2 dan Na_2CO_3 . Gambar 3a dan 3b menunjukkan bahwa tahap aktivasi menghasilkan permukaan eksternal yang luas dengan pori-pori yang cukup (Roozbeh, 2013). Porositas sangat tinggi diamati pada permukaan eksternal ZnCl_2 dan Na_2CO_3 . Morfologi SEM menunjukkan bahwa pori-pori Nampak terlihat pada sampel ZnCl_2 dan Na_2CO_3 , pori-pori yang nampak mengindikasikan proses karbon aktif berhasil. (Pradhan dkk., 2011).



(a)



(b)

Gambar 3. Morfologi SEM pembesaran 3000 kali (a) Na_2CO_3 (b) ZnCl_2

Kesimpulan

Hasil FT-IR menunjukkan bahwa kelompok fungsional dari bahan baku spektrum diupayakan sebagai bahan volatil saat panas dipasok ke sampel dan proses aktivasi perendaman dengan ZnCl_2 dan Na_2CO_3 . Hal ini membuktikan bahwa proses aktivasi telah berhasil dilakukan dan karbon mempertahankan beberapa kelompok fungsional IR sensitif, gugus fungsional (C-O) hingga tempurung kelapa berhasil dikonversi menjadi karbon. Hasil XRD mengkonfirmasi adanya beberapa fase kristal (grafit) di sekitar puncak 36° dan 44° , dengan dua puncak difraksi yang luas dan dapat dikaitkan dengan keberadaan karbon dan grafit. Untuk karbon yang tidak terangkut, puncak tajam diamati pada $44,5^\circ$ dapat disebabkan oleh kehadiran spesies Zn dan Na yang digunakan selama proses aktivasi karbon. Morfologi SEM perbesaran 3000 kali, ukuran gambar $5\ \mu\text{m}$ menunjukkan bahwa pori-pori nampak terlihat pada sampel ZnCl_2 dan Na_2CO_3 , pori-pori yang nampak mengindikasikan proses karbon aktif berhasil. Sebagai kesimpulan, tempurung kelapa dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku murah dan efisien untuk produksi karbon aktif dengan nilai komersial yang sangat menjanjikan.

Daftar Pustaka

- Arami-Niya, A., Daud, W. M. A. W. D., Mjalli, F. S., Abnisa, F., & Shafeeyan, M. S. 2012. Production of microporous palm shell based activated carbon for methane adsorption: modeling and optimization using response surface methodology. *Chemical Engineering Research and Design*, 90(6): 776-784.
- Cocommunity, T. 2016. Initiatives towards product diversification seek out viable opportunities in the coconut industry. *Monthly Newsletter of the Asian and Pacific Coconut Community*, XLVI(8): 1-32.
- Fan, M., Dai, D., & Huang, B. 2012. Fourier Transform Infrared Spectroscopy For Natural Fibers. <http://www.intechopen.com/books/fourier-transform-materials-analysis/fourier-transform-infrared-spectroscopy-for-natural-fibre>. [23 May 2012]
- Gale, M., Nguyen, T., Moreno, M., & Gilliard-AbdulAziz, K. L. 2021. Physiochemical properties of biochar and activated carbon from biomass residue: influence of process conditions to adsorbent properties. *ACS Omega*, 6(10): 10224-10233.
- Hadi, M., Ali, D. I., Heidari M., & Sillanpaa, M. 2020. Methods For Preparation and Activation of Activated Carbon: A Review. *Environmental Chemistry Letters*. <https://www.researchgate.net/publication/338395251>. [March 2020]
- Hesas, R. H., Arami-Niya, A., Daud, W. M. A.W., & Sahu, J.N. 2013. Preparation and characterization of activated carbon from apple waste by microwave-assisted phosphoric acid activation: alpication in methylene blue adsorption. *BioResources*, 8(2): 2950-2966.
- Hidayu, A. R., Mohamad, N. F., Matali, S., & Sharifah, A. S., K. 2013. Characterization of activated carbon prepared from oil palm empty fruti bunch using BET and FT-IR techniques. *Procedia Engineering*, 68(12): 379-384.
- Hidayu, A. R., & Muda, N. 2016. Preparation and characterization of impregnated activated carbon from palm kernel shell coconut shell for CO_2 capture. *Procedia Engineering*, 148(6): 106-113.
- Hung, J. J. (2012). The Production of Activated carbon from Coconut Shells Using Pyrolysis and Fluidized Bed Reactors. Arizona: The University of Arizona. <http://hdl.handle.net/10150/243968>. [31 August 2017]
- Khavryuchenko, V. D., Khavryuchenko, O. V., Shkilnyy, A. I., Stratiichuk, D. A., & Lisnyak, V. V. 2009. Characterization by SEM, TEM and quantum-chemical simulation of the spherical carbon with nitrogen (scn) active carbon produced by thermal decomposition of poly (Vinylpyridine-divinylbenzene) copolymer. *Materials*, 2(3): 1239-1251.
- Kushwaha S., Padmaja, P., & Sreelatha, G. 2012. Physical And Chemical Modified Forms Of Palm

- Shell Preparation, Characterization and Preliminary Assessment. <https://www.research.net/publication/257594337>. [February 2012].
- Lehmann, J., & Joseph, S. 2009. *Biocha for environmental management*. London: Earthscan publishes in association with the International Institute for Environment and Development.
- Matali, S., Khairuddin, S. A., Sharifah A. S. A. K., & Hidayu A. R. 2013. Removal of selected gaseous effluent using activated carbon derived from oil palm waste: An Overview. Kuching, Sarawak: IEEE Symposium on Business, Engineering and Industrial Applications.
- Osman, N., Shamsuddin, N., & Uemura Y. 2016. Activated carbon of Oil Palm Empty Fruit (EFB); Core and Shaggy . *Procedia Engineering*, 148(6): 758-764.
- Pradhan, S. (2011). Production and characterization of actived carbon produced a suitable Industrial sludge. Odisha, India: Department of Chemical Engineering National Institute of Technology Rourkela.
- Promdee K., Chanvidhwatanakit J., Satitkune S., Boonmee C., Kawichai T., Jarernprasert S., & Vitidsant T. (2017). Characterization of carbon materials and differences from activated carbon particle (ACP) and coal briquettes product (CBP) derived from coconut shell via rotary kiln. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 75(11), 1175-1186.
- Rani, N. H. A., Mohammad N. F., Matali, S., & Kadir, S. A. S. A. 2014. Preparation and characterization af actived carbon made from oil palm empty fruit bunch. *Engineering Materials*, 594-595(1), 44-48.
- Rao, K. V., Swaroop, A. H. L., Rao, P. K. R., & Bharath, C. N. 2015. Study on strength properties of coconut shell concrete. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 6(3), 42-61.
- Sarecka-Hujar, B., Balwierz, R., Ostrzka-Cieslik, A., Dyja, R., Lukowicz, D., & Jankowski, A. 2017. Scanning electron microscopy and x-ray energy dispersive spectroscopy -useful tools in the analysis of pharmaceutical products. *Journal of Physics: Conference Series*, 931(1), 012008.