



Pembuatan Arang Aktif Nanopartikel Kulit Nangka Menggunakan *High Energy Milling* dengan Aktivator H_3PO_4

Manufacturing Activated Charcoal Nanoparticles Using Jackfruit Peel with High Energy Milling and H_3PO_4 Activator

Annisa Nur Safitri^{1*}, Muhammad Faris Alghifary¹, Nurul Widji Triana¹, Kindriari Nurma Wahyusi¹

¹Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik dan Sains, UPN “Veteran” Jawa Timur, Jl. Rungkut Madya No.1, Surabaya, Indonesia 60294

*Corresponding Author: 20031010070@student.upnjatim.ac.id

Received: 14th June 2024; Revised: 25th July 2024; Accepted: 30th July 2024

ABSTRAK

Arang aktif adalah sebuah senyawa yang terbentuk dari susunan atom C sehingga memiliki sifat adsorpsi. Bahan yang digunakan untuk penelitian ini yakni kulit nangka dengan kandungan selulosa (52,739%), lignin (10,599%), dan hemiselulosa (16,913%). Unsur selulosa yang tinggi dapat digunakan dalam membuat karbon aktif. Proses pembuatan arang aktif kulit nangka dilakukan dengan mengeringkan kulit nangka terlebih dahulu menggunakan oven lalu ditumbuk hingga berukuran kecil. Selanjutnya dilakukan proses karbonisasi menggunakan furnace selama 1,5 jam dengan suhu 300°C. Selanjutnya dihaluskan maksimal 100 mesh dan dimasukkan ke dalam milling nanopartikel menggunakan alat HEM dengan kecepatan 1200 rpm selama 2 jam. Kemudian dilakukan proses aktivasi dengan senyawa asam fosfat dan variabel 1; 6; 12; 18; 24 (jam) dan konsentrasi 5; 10; 15; 20; 25 (%). Sampel yang berbentuk serbuk dikarakterisasi ukuran, SEM, kadar abu, dan kadar air. Hasil uji ukuran dengan metode Particle Size Analyzer (PSA) didapatkan 1,22 nm. Hasil uji SEM menunjukkan bahwa arang aktif kulit nangka tersusun dari partikel yang berukuran beragam berbentuk tidak beraturan dan berpori. Hasil EDX diperoleh penyusun komponen kimia arang aktif yaitu C (57,08%), O (33,30%), Mg (1,33%), Si (1,57%), K (5,73%). Analisis kadar air dan kadar abu paling kecil yakni 0,18% dan 0,2%.

Kata kunci: High Energy Milling, Arang Aktif, Kulit Nangka, Nanopartikel, Asam Fosfat

ABSTRACT

Activated charcoal is a compound formed from the arrangement of C atoms with a porous internal structure so that it has adsorption properties. The materials used for this research are jackfruit peel which contains cellulose (52.739%), lignin (10.599%), and hemicellulose (16.913%). High cellulose elements can be used to make active carbon. The process of making jackfruit peel activated charcoal is done by first drying the jackfruit skin using an oven and then pounding it until it is small. Next, the carbonization process was carried out using a furnace for 1.5 hours at a temperature of 300°C. Grind it to the size of 100 mesh and put it in milling nanoparticles using tools HEM at a speed of 1200 rpm for 2 hours. Next, the activation process was carried out with phosphoric acid compounds and variables of 1; 6; 12; 18; 24 (hour) and concentrations of 5; 10; 15; 20; and 25 (%). Samples in powder form were characterized by size, SEM, ash content, and water content. Size test results with the method Particle Size Analyzer (PSA) were 1.22 nm. SEM test results show that jackfruit peel-activated charcoal is composed of particles of diverse sizes, irregular shapes, and porous. EDX results showed that the chemical components of activated charcoal were C (57.08%), O (33.30%), Mg (1.33%), Si (1.57%), and K (5.73%). Analysis of water content and ash content is the smallest, namely 0.18% and 0.2%.

Keywords: High energy milling, active charcoal, jackfruit peel, nanoparticles, phosphoric acid

Copyright © 2024 by Authors, Published by JITK. This is an open-access article under the CC BY-SA License (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>).

How to cite: Safitri, A. N., Faris Al Ghifary, M., Widji Triana, N., & Nurma Wahyusi, K. Manufacturing Activated Charcoal Nanoparticles Using Jackfruit Peel With High Energy Milling And H_3PO_4 Activator. *Jurnal Ilmiah Teknik Kimia*, 8(2).

Permalink/DOI: <https://doi.org/10.32493/jitk.v8i2.40834>



PENDAHULUAN

Kulit nangka (*Artocarpus heterophyllus*) disebut pohon buah-buahan berbentuk pohon yang berasal dari India dan telah menyebar ke daerah tropis termasuk India. Menurut Baloga (2019) kulit nangka dapat menjadi alternatif yang baik dalam pengolahan limbah karena persediaan mencukupi dan harga terjangkau. Berdasarkan data BPS tahun 2024 produksi nangka di Indonesia selama 10 tahun terakhir hingga 2023 sebesar 789.200 ton dengan rasio 1:3 antara kulit dan buah nangka. Kulit nangka merupakan sisa yang tertinggal setelah mengkonsumsi buah nangka. Kulit nangka dianggap tidak dapat menjadi bahan yang menghasilkan nilai ekonomis. Oleh karena itu, kulit nangka merupakan limbah pertanian dan limbah organik bagi lingkungan. Kulit nangka pada dasarnya merupakan bahan yang tersusun dari polimer alami (selulosa, lignin, dan hemiselulosa). Lignoselulosa dalam limbah pertanian mengandung selulosa (35%-50%), hemiselulosa (20%-35%), dan lignin (10%-25%). Kandungan tersebut membuat kulit nangka dapat dimanfaatkan sebagai arang aktif dan *biochar* melalui proses pembakaran. Karbon aktif biologis yang diperoleh dari kulit nangka dapat digunakan sebagai adsorben terhadap logam berat (Saha, 2004). Kulit nangka yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kandungan yaitu selulosa 52,739%, Lignin 10,599%, dan Hemiselulosa 16,913%. Berdasarkan hal tersebut, pemanfaatan kulit nangka untuk pengolahan menjadi karbon aktif perlu dioptimalkan dengan menggunakan proses *High Energy Milling* (HEM) menjadikan karbon aktif lebih halus dalam waktu yang lebih singkat. HEM dapat menghasilkan partikel lebih kecil dalam waktu *milling* yang lebih singkat. HEM sebagai alat sintesis pembuatan nanopartikel karbon aktif kulit nangka yang memanfaatkan tumbukan antar bola-bola sehingga material terdesak dan pecah menjadi berukuran lebih kecil. Partikel yang memiliki ukuran sekitar 1-100 nanometer disebut juga nanopartikel. Nanopartikel memiliki keunggulan yaitu

efisiensi yang tinggi, proses yang lebih cepat, reaktif dalam menghilangkan kontaminan dan dapat digunakan berulang kali. Karbon aktif adalah unsur karbon yang dihasilkan melalui pembakaran parsial atau pirolisis hidrokarbon terkontrol. Beberapa proses telah dikembangkan untuk produksinya termasuk *oil-furnace*, *lampblack*, *thermal black*, *acetylene black*, dan *chanel black*.

Karbon aktif adalah lembaran datar karbon amorf yang terdiri atas atom C yang terikat secara kovalen menjadi kisi heksagonal biasa, masing-masing berisi satu atom karbon. Sudut permukaan bervariasi dari 300 m²/g hingga 3500 m²/g, dan ini terkait dengan struktur internal pori, sehingga memiliki sifat adsorpsi. Selain bahan baku yang digunakan, proses aktivasi juga penting. Perawatan tersebut tujuannya adalah untuk memperbesar pori-pori dengan memutus ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul permukaan. Hal ini mengubah sifat-sifat arang baik secara fisik maupun kimia maka dapat meningkatkan luas permukaan dan mempengaruhi kapasitas adsorpsi yang dimaksud dengan aktivasi (Setyawan, 2014).

Dalam penelitian arang aktif dari kulit nangka ini menggunakan alat *High Energy Milling* (HEM) yang mana dapat menghasilkan ukuran partikel yang lebih halus dan kecil dalam waktu yang singkat. Zat aktivator yang digunakan yaitu asam fosfat dengan berbagai variasi konsentrasi. Tujuan penulisan ini yaitu untuk mengkaji pengaruh variasi konsentrasi zat aktivator dan waktu aktivasi terhadap kualitas arang aktif kulit nangka dan mengkaji pengaruh metode *High Energy Milling* terhadap ukuran partikel arang aktif kulit nangka.

BAHAN DAN METODE

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini antara lain : oven, *furnace*, pipet tetes, corong kaca, *beaker glass*, kertas saring, *furnace*, *High energy milling* (Tencan Qxqm-2; 304 *Stainless steel*; China). Bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni kulit nangka berasal dari Kebun Nangka, Sidoarjo. Bahan-bahan lain yang digunakan adalah



H_3PO_4 (Pallav; 85%) yang dibeli dari Jaya Makmur kimia Jl. Tidar No. 210 Surabaya.

Persiapan bahan baku

Kulit nangka dibersihkan dari daging yang menempel. Selanjutnya dipotong kecil-kecil ukuran 5 cm.

Tahap pre-treatment menggunakan oven

Proses awal dilakukan dengan memasukkan kulit nangka ke dalam oven. Selanjutnya dilakukan pemanasan selama 1 jam dengan suhu $120^\circ C$. Dilakukan pengukuran kadar air dan dihasilkan kadar air sebesar 4,4% setelah itu, dimasukkan ke dalam wadah yang berisi pengering silika gel agar tidak terjadi penumbuhan jamur pada kulit nangka dan mencegah kelembapan.

Tahap proses karbonisasi

Proses karbonisasi dilakukan dengan memasukkan kulit nangka kering ke dalam *furnace*. Selanjutnya dilakukan pembakaran dengan suhu $300^\circ C$ selama 90 menit. Setelah dilakukan pembakaran, arang dimasukkan ke dalam wadah tertutup.

Tahap proses size reduction nanopartikel

Proses *Size Reduction* dilakukan dengan bantuan alat *High Energy Milling*. Alat ini menggunakan prinsip tumbukan bola-bola kecil untuk menghancurkan arang aktif menjadi bentuk serbuk atau powder. Kecepatan alat sebesar 1200 rpm selama 2 jam. Hasil dari bubuk arang aktif disimpan ke dalam wadah tertutup.

Tahap aktivasi

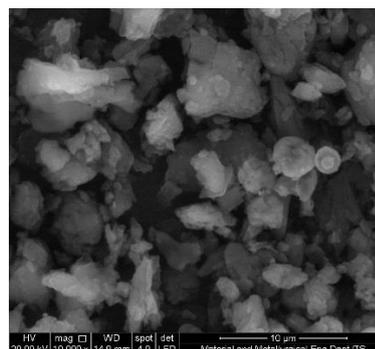
Tahapan aktivasi dimulai dengan membuat larutan H_3PO_4 50 ml dengan variasi konsentrasi 5; 10; 15; 20; 25 (%). Selanjutnya, 10 gram arang aktif dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi H_3PO_4 . Arang aktif yang telah bercampur dikocok terlebih dahulu dan dilakukan perendaman selama 1; 6; 12; 18; 24 (jam). Arang aktif yang telah diaktivasi disaring dengan kertas saring dan dilakukan pencucian menggunakan aquades (pH =7). Hasil endapan kemudian dikeringkan dengan

oven. Setelah pengeringan lalu dimasukkan ke dalam desikator untuk mencegah kontaminasi dengan uap air.

HASIL DAN PEMBAHASAN

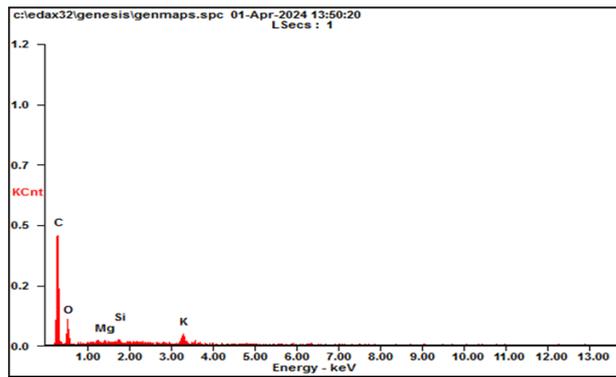
Analisis *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray (SEM- EDX)*

Pembuatan arang kulit nangka dilakukan dengan metode karbonisasi menggunakan *furnace* dengan berat awal 1,5 kg menghasilkan produk arang aktif 1,45 kg gram. Karbon yang diperoleh dilakukan aktivasi secara kimia dengan direndam menggunakan larutan H_3PO_4 . Selanjutnya karbon aktif dilakukan pengujian SEM-EDX. Uji SEM bertujuan untuk memindai bentuk dan ukuran pori-pori yang terbentuk pada permukaan arang aktif, sedangkan uji EDX bertujuan untuk mengetahui kadar unsur karbon yang terkandung di dalam karbon aktif. Hasil uji SEM-EDX pada sampel yang diperoleh adalah sebagai berikut.



Gambar 1. Arang aktif setelah perbesaran 10000x

Berdasarkan gambar 1. dapat terlihat permukaan sampel karbon aktif kulit nangka memiliki bentuk partikel yang tidak seragam dan ukuran yang beragam. Pada permukaan arang aktif kulit nangka terbentuk pori-pori yang terdistribusi secara merata, dimana pori-porinya berukuran hampir sama. Luas permukaan karbon aktif yaitu pada rentang 32,449 – 1746,877 μm dengan ukuran diameter pori antara 101,657 – 745,875 μm dengan rata-rata sebesar 216,799 μm .

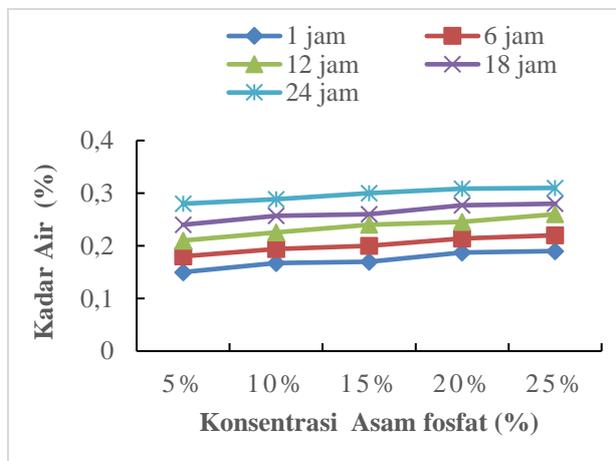


Gambar 2. Hasil uji EDX Perbesaran 10000x

Hasil uji EDX karbon aktif kulit nangka yang telah diaktivasi menggunakan H_3PO_4 15% dan menggunakan alat HEM. Karbon aktif tersebut terdeteksi mengandung beberapa unsur kimia yang meliputi C sebesar 58,08%, O sebesar 33,30%, Mg sebesar 1,33%, Si sebesar 1,57% dan K sebesar 5,73% .

Analisis Kadar Air dan Kadar Abu

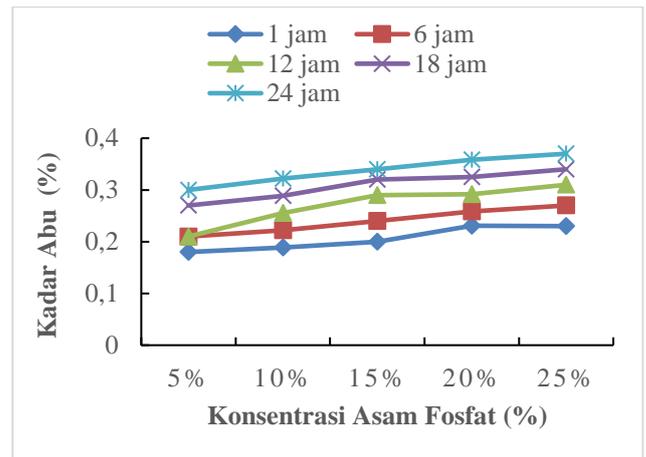
Kadar air ditentukan untuk melihat sifat higroskopis dari arang aktif tersebut.



Gambar 3. Pengaruh konsentrasi H_3PO_4 dan waktu aktivasi terhadap kadar air

Kadar air arang aktif kulit nangka mengalami sedikit peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi H_3PO_4 dengan waktu aktivasi yang berbeda. Hal ini menunjukkan bahwa tinggi rendahnya kadar air disebabkan oleh higroskopisitas arang dan banyaknya uap air di udara yang terkandung dalam karbon aktif, penghancuran, pengayakan, dan netralisasi. (Budiman, 2018).

Kadar air sedikit meningkat akibat pengaruh peningkatan konsentrasi aktivator dan lama aktivasi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi konsentrasi sehingga proses netralisasi akan semakin lama tergantung konsentrasi dan lama aktivasi. Semakin lama berada di udara maka karbon aktif akan masuk ke dalam air dan menyerap udara disekitarnya sehingga dapat mempengaruhi nilai kadar air karbon aktif tersebut.



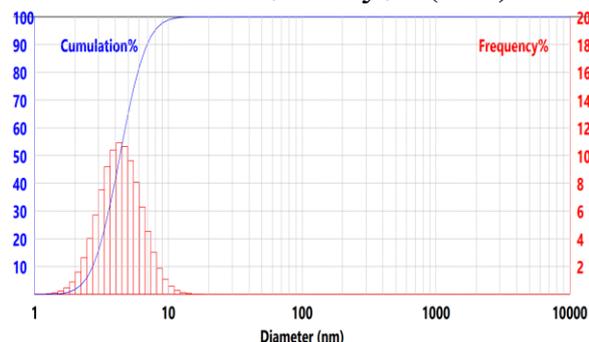
Gambar 4. Pengaruh konsentrasi H_3PO_4 dan waktu aktivasi terhadap kadar abu

Dari Gambar 4 kadar abu terhadap lama aktivasi menunjukkan bahwa, kadar abu yang tertinggi setelah 24 jam dan kadar terendah setelah 1 jam. Hal ini karena oksida logam seperti magnesium, silika, dan kalium dimasukkan pada puncak proses pengabuan. Sebaliknya, hasil konsentrasi kadar abu menunjukkan bahwa kadar abu meningkat seiring dengan tingginya konsentrasi H_3PO_4 meskipun tidak signifikan.

Peningkatan konsentrasi aktivator dan lama perendaman akan meningkatkan kadar abu. Hal ini diakibatkan oleh semakin lama aktivator berikatan dengan permukaan karbon aktif maka akan semakin banyak kandungan mineral yang terserap. Menurut Cooney (1980) asam fosfat dapat menimbulkan korosi pada logam. Oleh karena itu, kandungan abu karbon aktif lebih rendah dibandingkan dengan arang inert karena korosi terjadi pada arang logam pada proses aktivasi dengan H_3PO_4



Analisis Particle Size Analyzer (PSA)



Gambar 5. Hasil Analisa ukuran partikel karbon aktif menggunakan metode Particle Size Analyzer

Pada Gambar 5 menunjukkan diameter keseluruhan dari distribusi partikel didalam air. Analisis ini dilakukan dengan suhu 20°C menggunakan cahaya inframerah dan index bias 1,333 dengan kemiringan sudut 90 derajat. Sementara itu, *Polydispersity Index* (PDI) sebesar 0,1017. PDI adalah derajat kehomogenitasan partikel dalam suspensi. Semakin kecil nilai PDI, semakin seragam distribusi ukuran partikel dalam sebuah suspensi (Yusmaniar, 2014). Hasil menunjukkan PDI terendah, yaitu 0,1017 yang mengindikasi bahwa perbedaan ukuran partikel dalam suspensi tersebut tidak terlalu signifikan. Dari grafik diatas rata-rata ukuran partikel yang terdistribusi yakni 4,39 nm. Ukuran terbesar yang didapatkan sebesar 12,22 nm sebanyak 0,02% dan terkecil sebesar 1,22 nm sebanyak 0,01%. Hal ini membuktikan penggilingan menggunakan *High Energy Milling* atau HEM yang berkecepatan 1200 rpm selama 2 jam efektif membentuk partikel berukuran nano.

Analisis Response Surface Methodology (RSM)

Tabel 1. Perancangan percobaan

No	Waktu (Jam)	Konsentrasi (%)	Kadar Abu (%)	Kadar Air (%)
1	1	0,15	0,17	0,2
2	1	0,25	0,19	0,23
3	1	0,05	0,15	0,18
4	12	0,15	0,24	0,29
5	12	0,05	0,21	0,21
6	12	0,25	0,26	0,31
7	12	0,15	0,24	0,29
8	12	0,15	0,24	0,29

9	24	0,25	0,31	0,37
10	24	0,05	0,28	0,3
11	24	0,15	0,3	0,34

Data perancangan percobaan meliputi waktu aktivasi, konsentrasi, kadar abu dan kadar air. Berdasarkan analisis RSM, digunakan model linear dengan nilai R^2 0,9834 dan nilai P-value <0,0001 serta F-value 513,76. Nilai Model F sebesar 513,76 menunjukkan bahwa model tersebut signifikan. Hanya ada kemungkinan 0,01% bahwa nilai F sebesar ini dapat penyimpangan data. Nilai P yang < 0,0500 menunjukkan bahwa model tersebut signifikan. Nilai yang lebih besar dari 0,1000 menunjukkan ketentuan model tidak signifikan sehingga permodelan linier sangat disarankan.

Dari hasil pengolahan *Software Design Expert* diperoleh persamaan model polinomial kuadrat yang terbentuk dari masing-masing faktor respon abu dan kelembaban adalah:

$$\text{Kadar Abu} = 0,15197 + X_1 * 0,00556 + X_2 * 0,366667$$

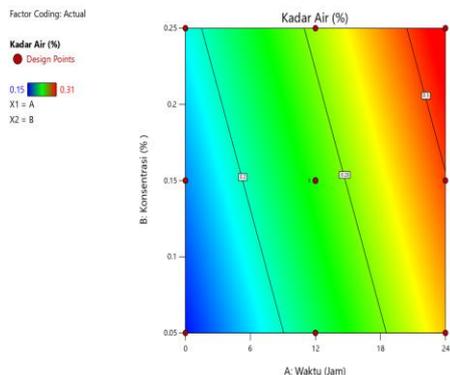
$$\text{Kadar Air} = 0,142121 + X_1 * 0,005278 + X_2 * 0,2$$

Keterangan:

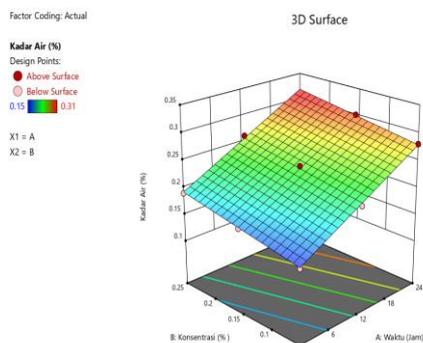
X_1 = waktu

X_2 = konsentrasi

Hasil optimasi pengolahan data response hasil eksperimen menggunakan *Response Surface Method* (RSM) mendapatkan prediksi nilai response kadar air dengan waktu 1 jam dan konsentrasi 5% didapatkan kadar air 0,15% pada daerah yang berwarna biru tua. Sementara itu, kadar air maksimal sebesar 0,31% dengan waktu 24 jam dan konsentrasi 25% pada daerah yang berwarna merah tua. *Contour plot* dan *response surface* pada pengaruh ketebalan (X_2) dan waktu (X_3) terhadap respon kadar air dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7.

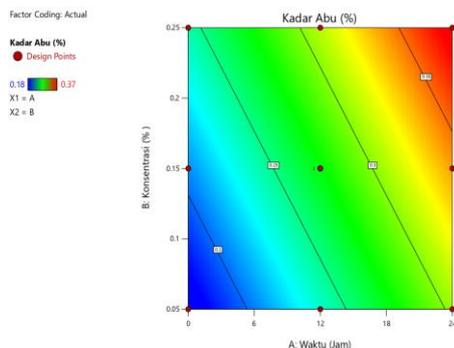


Gambar 6. Counter Plot kadar air

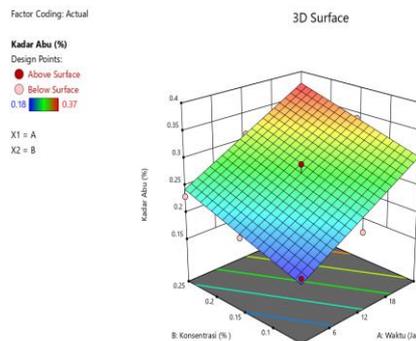


Gambar 7. Response Surface kadar air

Hasil optimasi pengolahan data response hasil eksperimen menggunakan *Response Surface Method* (RSM) mendapatkan prediksi nilai response kadar abu dengan waktu 1 jam dan konsentrasi 5% didapatkan kadar abu 0,18% pada daerah yang berwarna biru tua. Sementara itu, kadar abu maksimal sebesar 0,37% dengan waktu 24 jam dan konsentrasi 25% pada daerah yang berwarna merah tua. *Contour plot* dan response surface pada pengaruh ketebalan (X_2) dan waktu (X_3) terhadap respon kadar abu dapat dilihat pada Gambar 8 dan Gambar 9.



Gambar 8. Counter Plot kadar abu



Gambar 9. Response Surface kadar abu

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa arang aktif dari kulit nangka mengandung kadar air (0,15% – 0,31%) dan kadar abu (0,18% - 0,37%). Pengaruh peningkatan konsentrasi aktivator dan waktu aktivasi adalah meningkatkan kadar abu dan kadar air. Hal ini menyebabkan pori-pori Anda membesar. Dengan memperbesar pori ini maka luas permukaan karbon aktif semakin bertambah. Hasil HEM memiliki ukuran terbesar yang didapatkan sebesar 12,22 nm sebanyak 0,02% dan terkecil sebesar 1,22 nm sebanyak 0,01%. Hal ini membuktikan penggilingan menggunakan *High Energy Milling* atau HEM yang berkecepatan 1200 rpm selama 2 jam efektif membentuk partikel berukuran nano. Keunggulan dari *High Energy Milling* yaitu meningkatkan daya serap pada karbon aktif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada dosen pembimbing dan dosen penguji yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penelitian ini. Terima kasih juga disampaikan kepada rekan-rekan sejawat yang telah memberikan dukungan dan motivasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Al Qubeissi M, El-kharouf A and Serhad Soyhan H (eds) (2020) *Renewable Energy-Resources. Challenges and Applications*. IntechOpen, <http://doi.org/10.5772/intechopen.81765>
- Araujo, G Neto L, Pilis M, (2003), *High Energy Ball Mill Processing*, Trans



- Tech Publications, Sao Paulo
- Baloga, H., Walanda, D.K., & Hamzah, B. (2019). Pembuatan Arang Dari Kulit Nangka (*Artocarpus Heterophyllus*) Sebagai Adsorben Terhadap Kadmium Dan Nikel Terlarut. *J. Akademika Kim*, 8(1), pp. 28-33
- Dewi, R Azhari, Nofriadi, I (2020). Aktivasi Karbon Dari Kulit Pinang Dengan Menggunakan Aktivator Kimia Koh. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 9(2).
- Budiman, J. A. P., Yulianti, I. M., and Jat, W. N. (2018). Potensi arang aktif dari kulit buah durian (*Durio Zibethinus Murr .*) dengan aktivator NaOH sebagai penjernih air sumur. *Biota*, 3(3), pp. 117–124.
- Cooney, D. O. (1980) *Activated Charcoal in Medical Applications, Annals of Pharmacotherapy*.
<http://doi.org/10.1177/106002809502901129>.
- Husin, A. & Hasibuan, A. (2020). Studi Pengaruh Variasi Konsentrasi Asam Posfat (H_3PO_4) dan Waktu Perendaman Karbon terhadap Karakteristik Karbon Aktif dari Kulit Durian. *Jurnal Teknik Kimia USU*, 09(2), pp. 80-86
- Hydhayat, Y., et al. (2022). Karbon Aktif dari Limbah Daun Jati Menggunakan Aktivator Larutan KOH. *Jurnal Teknik Kimia*, 16(2).
- Kwiatkowski, J (2012). *Activated Carbon Classifications, Properties And Applications*, Nova Science Publishers, Inc., New York
- Madkour, H 2019. *Nanoelectronic Materials Fundamentals and Applications*, Springer Cham, Swiss
- Muhayyat, M. S. (2014). Prarancangan Pabrik Arang Aktif dari BFA dengan Aktifasi Kimia Menggunakan KOH Kapasitas 2.500 Ton/Tahun. *lim(2009)*, pp. 1–25.
- Oktaviani, T., Taer, E., dan Farma, R. 2013. Efek Variasi Kalium Hidroksida Pada Pengaktifan Arang Tempurung Kelapa Terhadap Kelembaban. *Repository FMIPA Universitas Riau*, 1 – 4
- Saha, B. C. (2004). *Lignocellulose biodegradation and application in biotechnology*. Peoria: United States Department of Agricultural.
- Santoso, E Purwanti, A. (2020). Pirolisis Limbah Kulit Nangka Menjadi Arang Aktif Dan Asap Cair Dengan Aktivator Natrium Klorida ($NaCl$). *Jurnal Inovasi Proses*, 5(1).
- Saputri, L Ma'ruf A. (2023). Pembuatan Karbon Aktif Bunga Pinus Menggunakan Aktivasi Mekanik Dengan Metode High Energy Milling. *Techno*, Vol. 24, No. 1, Hal. 11-18
- Setyawan, M. & Jamilatun, S. (2014). Pembuatan Arang Aktif dari Tempurung Kelapa dan Aplikasinya untuk Penjernihan Asap Cair. *Spektrum Industri*, 12(1), pp. 1-112.
- Setyawan, M. N., et al. (2018). Arang kulit kacang tanah teraktivasi H_3PO_4 sebagai Adsorben Ion logam Cu(II) dan diimobilisasi dalam bata beton. *Indones, J. Chem. Sci.*, 7(3), pp. 262-269.
- Sudrajat, R. Dan Gustan Pari, (2011), *Teknologi Pengolahan Dan Masa depannya, Badan Penelitian Dan Pengembangan Kehutanan*, Jakarta.
- Verayana, Paputungan, M., & Iyabu, H (2018). Pengaruh Aktivator HCl dan H_3PO_4 terhadap Karakteristik (Morfologi Pori) Arang Aktif Tempurung Kelapa serta Uji Adsorpsi pada Logam Timbal (Pb). *Jurnal Entropi*, 13(1), pp. 67-75.
- Widarti, E. (2013). Identifikasi Sifat Fisik Buah Nangka. *J. Keteknikan Pertanian Tropis Dan Biosistem*, 1(3), pp. 224-230.
- Wijaya, L. S., Afuza, D.S., & Kurniati, E. (2022). Arang Aktif Serbuk Kayu Jati Menggunakan Aktivator H_3PO_4 Dan Modifikasi TiO_2 . *Jurnal Teknik Kimia*, 16(2), pp. 73-79
- Wulandari, F., Erlina, R. A. Bintoro, E. Budi, Umiatin, and H. Nasbey. (2003). Pengaruh Temperatur Pengeringan



Pada Aktivasi Arang Tempurung Kelapa Dengan Asam Klorida Dan Asam Fosfat Untuk Penyaringan Air Keruh. *Prosiding Seminar Nasional Fisika*, 3. Pp. 289–293.

Yusmaniar, (2014). Pengaruh Waktu Reaksi Dalam Sintesis Besi Bervalensi Nol (Zvi) Dari Feso₄ Dengan Ekstrak Polifenol Kulit Pisang Kepok. *Jurnal Riset Sains dan Kimia Terapan*, 4(2)