



Pembuatan Arang Aktif Dari Cangkang Pala (*Myristica Fragrans Houut*) Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Asap Cair Serta Analisis FTIR

Esri Gat Gomes^{*a}, Johnny Z. Lombok^a, Joice D. S. Caroles^a

^aJurusan Kimia, Universitas Negeri Manado, Tondano, 95619, Indonesia

INFO ARTIKEL

Diterima 12 September 2023

Disetujui 29 April 2024

Key word:

Nutmeg shell charcoal

Activation

Liquid smoke

FTIR.

Kata kunci:

Arang cangkang pala

Aktivasi

Asap cair

FTIR.

ABSTRACT

The nutmeg plant (*Myristica Fragrans Houut*) is a native Indonesian plant that can be used in various industrial fields. This research aims to determine the functional groups and composition of nutmeg shell charcoal from Siau Island. This research includes the pyrolysis stage, charcoal activation stage and functional group analysis using Fourier Transform Infra-Red (FTIR). In the FTIR test of nutmeg shell charcoal resulting from pyrolysis and activation with CaCl_2 , and ZnCl_2 it shows the functional groups O-H, Aromatic C-H, Aliphatic C-H, C=C, and C-O which are the composition of the carbon material of nutmeg shell charcoal. The results of testing the physical and chemical properties of nutmeg shell charcoal, namely nutmeg shell charcoal activated with CaCl_2 , namely water content 0.533%, ash content 0.653%, volatile matter content 0.406%, bound carbon content 40.70%. The test results for the physical properties of nutmeg shell charcoal resulting from activation with ZnCl_2 were water content 0.483, ash content 0.4%, volatile substance content 0.403%, and bound carbon content 41.13%. Purifying liquid smoke with activated carbon results in a reduced color of cloudy water, a reduced smoke smell and a Ph value of 5, whereas purifying liquid smoke without active carbon produces a cloudy water color, the smoke smell is pungent and a pH value of 4.

ABSTRAK

Tanaman pala (*Myristica Fragrans Houut*) merupakan tanaman asli Indonesia yang dapat dimanfaatkan diberbagai bidang industri. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui gugus fungsi, dan komposisi dari arang cangkang pala asal pulau Siau. Penelitian ini meliputi tahap pirolisis, tahap aktivasi arang dan analisis gugus fungsi dengan *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR). Pada pengujian FTIR arang cangkang pala hasil pirolisis dan hasil aktivasi dengan CaCl_2 , dan ZnCl_2 menunjukkan gugus fungsi O-H, C-H Aromatik, C-H Alifatik, C=C, dan C-O yang merupakan susunan dari material karbon arang cangkang pala. Hasil pengujian sifat fisik dan kimia dari arang cangkang pala, yaitu arang cangkang pala hasil aktivasi dengan CaCl_2 yaitu Kadar Air 0,533%, Kadar Abu 0,653%, Kadar zat mudah menguap 0,406%, kadar karbon terikat 40,70%. Hasil uji sifat fisik arang cangkang pala hasil aktivasi dengan ZnCl_2 yaitu kadar air 0,483, kadar abu 0,4%, Kadar zat mudah menguap 0,403%, dan Kadar karbon terikat 41,13%. Pada penjernihan asap cair dengan karbon aktif menghasilkan warna air keruhnya berkurang, bau asapnya berkurang dan nilai Ph 5, sedangkan untuk penjernihan asap cair tanpa karbon aktif menghasilkan warna air keruh, bau asapnya menyengat dan nilai pHnya 4.

*e-mail:

esrigomes.18501004@gmail.com

*Telp:+6285298118148

Pendahuluan

Tanaman pala (*Myristica Fragrans Houut*) merupakan tanaman asli Indonesia yang sangat potensial sebagai komoditas perdagangan didalam maupun luar negeri, Pada kehidupan sehari-hari tanaman pala sudah dikenal sebagai rempah-rempah yang memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan multiguna karena disetiap

bagian dari tanaman pala dapat dimanfaatkan diberbagai industry, dan hasil tanaman pala yang bias dimanfaatkan adalah buah pala. Tanaman pala merupakan suatu tanaman andalan di Sulawesi Utara, karena biji dan fuli dari buah pala dijadikan sebagai komoditi ekspor. Salah satu daerah di Sulawesi Utara yang memiliki perkebunan pala dengan luas

sebesar 4,471,76 ha dan produksi sebesar 3.327,25 ton adalah kabupaten Sitaro [1].

Tempurung (cangkang) biji pala dengan komposisi 5,1% dari keseluruhan buah pala merupakan salah satu limbah hasil pengolahan buah pala yang belum dimanfaatkan secara maksimal, melainkan hanya digunakan secara langsung sebagai bahan bakar pemasakan kedelai untuk pembuatan tahu dan tempe. Kabupaten Sitaro dengan komoditas utama penghasil pala merupakan salah satu wilayah yang menghasilkan limbah cangkang pala yang banyak [2].

Arang yang dihasilkan dari pembakaran dapat diproses menjadi arang aktif [3]. Arang aktif adalah arang yang dihasilkan dari proses pengaktifan dengan menggunakan bahan aktif sehingga memperluas permukaan arang dengan membuka pori-pori yang tertutup sehingga daya adsorbsinya lebih tinggi. Arang aktif mempunyai bentuk amorf yang terdiri dari pelat-pelat datar yang disusun oleh atom-atom karbon (C) yang terikat secara kovalen dalam suatu kisi heksagon [4]. Karbon aktif merupakan karbon yang telah diaktivasi sehingga dihasilkan pori-pori yang terbuka, dan daya adsorpsi menjadi lebih baik [5]. Arang aktif dapat dibuat melalui dua tahap, yaitu tahap karbonasi dan aktivasi [6].

Asap cair adalah asap cair kondensat yang dihasilkan dari pengembunan asap hasil pembakaran yang tidak sempurna dari proses pirolisis kayu. Asap cair merupakan salah satu hasil samping dari proses karbonisasi [7]. Pirolisis kayu dapat menghasilkan kompleks senyawa kimia yang terdiri dari beberapa golongan. Selama proses pirolisis, terjadi penguraian komponen-komponen pembentuk kayu seperti selulosa, hemiselulosa dan lignin. Pirolisis hemiselulosa menghasilkan furfural, furan, asam asetat dan turunannya [8]. Selulosa menghasilkan asam asetat dan senyawa karbonil, sedangkan lignin terurai menjadi fenol dan eter fenolik beserta turunannya [9].

Penelitian ini dilakukan dengan proses aktivasi kimia dengan activator CaCl_2 dan ZnCl_2 . Selanjutnya, arang aktif akan dikarakterisasi secara makro yaitu kadar air, kadar abu, kadar zat mudah menguap, kadar karbon terikat dan secara mikro dilakukan dengan analisis *Fourier Transform Infra-Red* (FTIR).

Metode Penelitian

Alat

Seperangkat alat Reaktor Pirolisis, oven, tanur, desikator, timbangan analitik, cawan porselin, alat-alat gelas, pipet tetes, batang pengaduk, spatula, pH meter, kertas saring, ayakan 40 mesh, lumpang dan alu, penjepit krusbil, corong, satu set alat FTIR.

Bahan

Cangkang pala yang berasal dari Pulau Siau Kabupaten Sitaro, CaCl_2 , ZnCl_2 . Asap cair dan aquadest.

Prosedur Kerja

Preparasi Sampel Cangkang Pala

Cangkang pala dikeringkan dibawah sinar matahari sampai kering. Cangkang pala yang sudah kering selanjutnya dijadikan sampel dalam penelitian ini..

Pirolisis

Sampel cangkang pala yang telah dikeringkan, dimasukkan kedalam reactor pirolisis kemudian peralatan pirolisis dirangkai sedemikian rupa dan dipanaskan selama 6 jam pada suhu kamar sampai 500°C . Arang yang dihasilkan dibiarkan menjadi dingin didalam tungku pirolisis, setelah dingin arang tersebut dikeluarkan dari tungku pirolisis. Kemudian arang tersebut ditumbuk menggunakan mortal dan diayak dengan ayakan 40 mesh.

Aktivasi

Pada tahap ini arang hasil pirolisis cangkang pala yang telah diayak, kemudian direndam dalam larutan CaCl_2 , dan ZnCl_2 dalam wadah tertutup selama 24 jam. Arang yang telah direndam kemudian disaring dengan kertas saring, selanjutnya arang dicuci dengan aquadest sampai netral. (ditandai dengan larutan hasil cucian netral dengan nilai $\text{pH}=7$). Selanjutnya diambil residunya dan dikeringkan dalam oven pada suhu 120°C selama 3 jam. Kemudian disimpan dalam desikator hingga arang stabil, yang selanjutnya disebut arang aktif kemudian dianalisis sifat fisik dan kimia.

Karakterisasi Arang Aktif Secara Makro

Penentuan Kadar Air Arang Aktif

Penentuan kadar air [10], dilakukan dengan menimbang 3 g karbon aktif kemudian dimasukkan kedalam cawan porselin,

dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 2 jam 30 menit. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kemudian dihitung % kadar air dengan rumus berikut:

$$(\%) = \frac{a-b}{a} \times 100\%. \quad (1)$$

Keterangan :

a = Bobot sebelum pemanasan (g)

b = Bobot setelah pemanasan (g)

Mutu SNI 06-3730-1995 tentang kadar air arang aktif teknis dalam bentuk serbuk yang baik memiliki kadar karbon maksimal 15%

Penentuan Kadar Abu Arang Aktif

Penentuan kadar abu [10], dilakukan dengan menimbang 3 g karbon aktif kemudian dimasukkan kedalam cawan porselin, dipanaskan dalam oven pada suhu 100°C selama 2 jam 30 menit. Selanjutnya didinginkan dalam desikator dan ditimbang. Kemudian dihitung % kadar air dengan rumus berikut:

$$(\%) = \frac{a-b}{a} \times 100\%. \quad (2)$$

Keterangan :

a = Bobot sebelum pengabuan (g)

b = Bobot setelah pengabuan (g)

Mutu SNI No.06-3730-1995, syarat mutu kadar abu dari karbon aktif maksimal sebesar 10%

Penentuan Zat Mudah Menguap Arang Aktif

Penentuan kadar zat mudah menguap [10] dilakukan dengan menimbang 3 g karbon aktif telah ditentukan massa keringnya dimasukkan kedalam cawan porselin Kemudian dipanaskan didalam tanur pada suhu 700°C selama 10 menit. Selanjutnya didinginkan dalam desikator selama 1 jam dan ditimbang. Kemudian dihitung persentase kadar zat yang mudah menguap dengan rumus sebagai berikut:

$$(\%) = \frac{a-b}{a} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan :

a = Bobot sebelum pemanasan (g)

b = Bobot setelah pemanasan (g)

Mutu SNI 06-3730-1995 tentang kadar zat mudah menguap arang aktif teknis, yaitu 25%

Penentuan Kadar Karbon Terikat Arang Aktif

Penentuan kadar karbon terikat Kadar karbon terikat dapat dihitung pada persamaan berikut:

$$\% = 100\% - (\% \text{ zat menguap} + \% \text{ abu}). \quad (4)$$

Mutu SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif teknis, arang aktif dalam bentuk serbuk yang baik memiliki kadar karbon minimal 65%
Penjernihan Asap Cair

Pada proses penjernihan asap cair dilakukan dengan mengambil arang aktif dari CaCl_2 sebanyak 2,23 g dan arang aktif dari ZnCl_2 sebanyak 2,23 g, kemudian arang aktif itu diletakan dalam kertas saring kemudian dimasukan kedalam corong. Setelah itu dimasukkan asap cair hasil pirolisis kedalam arang aktif yang diletakan pada corong untuk proses penyaringan. Kemudian diukur pH dari asap cair yang telah melewati proses penyaringan dan dilihat perubahan warna dari asap cair tersebut.

Karakterisasi Arang Aktif Secara Mikro

Analisis FTIR (Fourier Transform Infra Red)

Spektroskopi FTIR Spektrum inframerah yang diperoleh adalah plot hubungan antara intensitas fungsi energi dengan panjang gelombang (μm) atau bilangan gelombang (cm^{-1}). Spektroskopi FTIR mampu membedakan spektrum dari dua sampel yang berbeda berdasarkan karakteristik struktur intramolekulernya dimana kemampuan menyerap cahaya dari suatu senyawa akan berbeda bergantung pada sifat fisikokimia, ikatan antar atom dalam senyawa dan karakteristik gugus fungsinya [11].

Hasil dan Pembahasan

Karbon aktif dianalisa beberapa parameter seperti kadar air, kadar abu, kadar zat terbang serta kadar karbon terikat untuk melihat kualitas dari karbon aktif itu sendiri [12].

Kadar Air Arang Aktif Cangkang Pala

Hasil Analisis kadar air diperoleh data sebagaimana dicantumkan pada tabel 1 dari hasil perendaman dengan CaCl_2 , dan ZnCl_2 .

Tabel 1. Hasil Persen Kadar Air dari arang hasil perendaman dengan $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$.

Perlakuan	Kadar Air (%)				SNI
	W1	W2	W3	Rata-	
Perendaman	rata (%)				06-3730-1995
$CaCl_2$	0,56	0,60	0,53	0,533	Maks.
$ZnCl_2$.	0,54	0,36	0,55	0,483	15%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa rata-rata kadar air pada arang aktif hasil aktivasi dengan $CaCl_2$ diperoleh kadar air sebanyak 0,533% sedangkan arang hasil aktivasi dengan $ZnCl_2$ diperoleh kadar air sebanyak 0,438%, dan hasil dari analisis kadar air ini telah memenuhi standar kualitas karbon aktif. Dibandingkan dengan kadar standar kualitas karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995, yaitu maksimal 15% untuk karbon aktif berbentuk serbuk, maka karbon aktif serbuk ini telah memenuhi standar.

Kadar Abu Arang Aktif Cangkang Pala

Hasil Analisis kadar abu diperoleh data sebagaimana dicantumkan pada tabel 2 dari hasil perendaman dengan $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$.

Tabel 2. Hasil Persen Kadar Abu dari hasil perendaman dengan larutan $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$.

Perlakuan	Kadar Abu (%)				SNI
	W1	W2	W3	Rata-	
Perendaman	rata (%)				06-3730-1995
$CaCl_2$	0,67	0,63	0,66	0,653	Maks.
$ZnCl_2$.	0,39	0,40	0,41	0,4	10%

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa rata-rata kadar abu pada arang aktif hasil aktivasi dengan larutan $CaCl_2$ 0,653% , sedangkan arang hasil perendaman larutan $ZnCl_2$ diperoleh kadar abu sebanyak 0,4%, dan hasil dari analisis kadar abu ini telah memenuhi standar kualitas karbon aktif. Dan berdasarkan SNI 06-3730-1995, yaitu maksimal 10% untuk karbon aktif berbentuk serbuk, maka karbon aktif dari serbuk ini telah memenuhi standar.

Kadar Zat Mudah Menguap Arang Aktif Cangkang Pala

Hasil Analisis kadar zat mudah menguap diperoleh data sebagaimana dicantumkan pada tabel 3 dari hasil perendaman dengan $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$.

Tabel 3. Hasil Persen Kadar Zat Mudah Menguap dari arang hasil perendaman dengan larutan $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$.

Perlakuan	Kadar Zat Mudah Menguap (%)				SNI
	W1	W2	W3	Rata-	
Perendaman	rata (%)				06-3730-1995
$CaCl_2$	0,42	0,41	0,39	0,406	Maks. 25%
$ZnCl_2$.	0,38	0,40	0,43	0,403	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa rata-rata kadar zat mudah menguap pada arang aktif hasil aktivasi dengan $CaCl_2$ diperoleh kadar zat mudah menguap sebanyak 0,406% sedangkan arang hasil aktivasi dengan $ZnCl_2$ diperoleh kadar zat mudah menguap sebanyak 0,403% dan hasil kadar zat menguap ini telah memenuhi standar karbon aktif berdasarkan SNI 06-3730-1995, yaitu maksimal 25%.

Kadar Karbon Terikat Arang Cangkang Pala

Hasil Analisis kadar karbon terikat diperoleh data sebagaimana dicantumkan pada tabel 4 dari hasil perendaman dengan $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$.

Tabel 4. Hasil Persen Kadar Karbon Terikat dari arang hasil perendaman dengan larutan $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$.

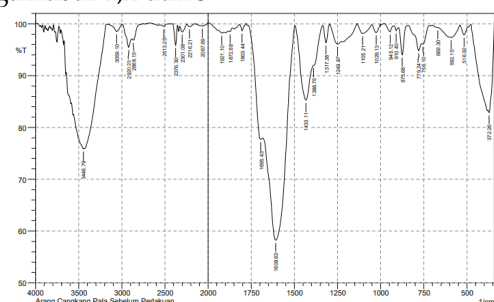
Perlakuan	Kadar Karbon Terikat (%)				SNI
	W1	W2	W3	Rata-	
Perendaman	rata (%)				06-3730-1995
$CaCl_2$	41,54	41,06	39,51	40,70	Maks. 65%
$ZnCl_2$.	38,72	40,86	43,81	41,17	

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa rata-rata kadar karbon terikat pada arang hasil aktivasi dengan $CaCl_2$ diperoleh kadar karbon terikat sebanyak 40,70%, sedangkan arang hasil

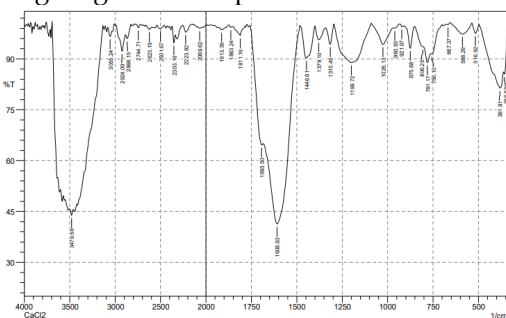
aktivasi dengan $ZnCl_2$ diperoleh kadar karbon terikat sebanyak 41,13%. Dan berdasarkan hasil perlakuan yang diperoleh dalam penelitian ini telah memenuhi standar baku mutu SNI 06-3730-1995 tentang arang aktif dalam bentuk serbuk yang baik memiliki kadar karbon minimal 65%, maka kadar karbon aktif dari serbuk ini telah memenuhi standar.

Analisis Fourier Transform Infrared (FTIR)

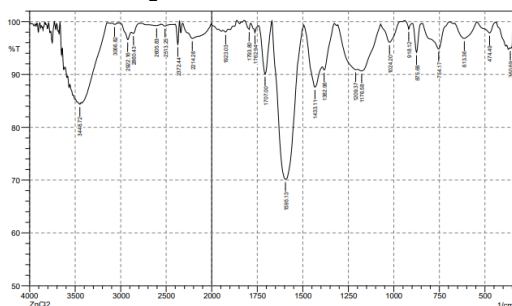
Data spektrum hasil analisis FTIR arang cangkang pala sebelum diaktivasi dan sesudah diaktivasi dengan $CaCl_2$ dan $ZnCl_2$ diperoleh data spektrum sebagaimana dicantumkan pada gambar 1,2 dan 3



Gambar 1. Spektrum FTIR arang cangkang Pala hasil pirolisis.



Gambar 2. Spektrum FTIR arang cangkang Pala aktivasi $CaCl_2$.



Gambar 3. Spektrum FTIR arang cangkang Pala hasil aktivasi $ZnCl_2$.

Berdasarkan data pada gambar spektrum tersebut maka dapat diidentifikasi berbagai

gugus-gugus fungsi pada daerah adsorbs sebagaimana dicantumkan pada tabel 5.

Tabel 5. Data FTIR sampel arang tempurung kelapa hasil Perendam $CaCl_2$, dan $ZnCl_2$

Bilangan gelombang (cm^{-1})			Dugaan gugus terkait
Hasil pirolisis	Aktivasi dengan $CaCl_2$	Aktivasi dengan $ZnCl_2$	
3446.79	3479.58	3448.72	O-H
3059.10	3055.24	3066.82	=C-H Aromatik
2920.23	2924.29	2922.16	C-H Alifatik
1608.63	1608.63	1595.13	C=C
1105.21	1199.72	1176.58	C-O

Gugus fungsi dari arang cangkang pala hasil pirolisis menunjukkan bilangan gelombang 3446.79 cm^{-1} , dan gugus fungsi dari arang cangkang pala hasil perendaman dengan $CaCl_2$ dan $ZnCl_2$ yang menunjukkan panjang gelombang 3479.58 cm^{-1} , dan 3448.72 cm^{-1} dari panjang gelombang ini diduga adanya gugus O-H ($3500\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$). Pada puncak serapan cangkang pala hasil pirolisis menunjukkan panjang gelombang 3059.10 cm^{-1} dan puncak serapan cangkang pala hasil perendaman $CaCl_2$ dan $ZnCl_2$ yaitu 3055.24 cm^{-1} dan 3066.82 cm^{-1} , mengidentifikasi keberadaan gugus C-H Aromatik pada ($3100\text{--}3000\text{ cm}^{-1}$). Pada hasil pirolisis muncul puncak serapan dengan bilangan gelombang menunjukkan 2920.23 cm^{-1} , dan pada hasil perendaman dengan $CaCl_2$ dan $ZnCl_2$ muncul puncak serapan dengan bilangan gelombang yaitu 2924.29 cm^{-1} , dan 2922.16 cm^{-1} dan diduga adanya gugus C-H Alifatik pada ($2900\text{--}2800\text{ cm}^{-1}$). Pada hasil pirolisis muncul puncak serapan dengan bilangan gelombang 1608.63 cm^{-1} , dan pada hasil perendaman dengan $CaCl_2$ dan $ZnCl_2$ muncul puncak serapan dengan bilangan gelombang 1608.63 cm^{-1} , dan 1595.13 cm^{-1} , ketiga puncak serapan ini diduga adanya gugus C=C Aromatik pada ($1600\text{--}1475\text{ cm}^{-1}$). Pada hasil pirolisis muncul puncak serapan dengan bilangan gelombang 1105.21 cm^{-1} dan pada hasil perendaman dengan $CaCl_2$ dan $ZnCl_2$

muncul puncak serapan dengan bilangan gelombang 1199.72 cm^{-1} dan 1176.58 cm^{-1} , ketiga puncak serapan ini diduga adanya gugus C-O pada ($1300\text{-}1800\text{ cm}^{-1}$) [13]

Aplikasi arang aktif terhadap Penjernihan asap cair

Untuk menguji arang aktif yang diperoleh, maka akan diuji asap cair tersebut dengan cara penjernihan asap cair hasil pirolisis [14] Dari penjernihan asap cair yang diperoleh dari hasil pirolisis cangkang pala yaitu terjadinya pengurangan bau yang sangat menyengat dan penurunan pH.

Tabel 6. Pengujian Arang Aktif pada asap cair hasil pirolisis

Parameter	Dengan Karbon Aktif	Tanpa Karbon Aktif
Warna	Keruhnya Berkurang	Keruh/ Kecoklatan
Bau	Bau Asap Berkurang	Bau Asap Menyengat
pH	5	4

Dari tabel diatas dapat dilihat bahwa perubahan warna pada asap cair yang awalnya bewarna keruh kecoklatan dan bau yang sangat menyengat dan nilai pH 4. Setelah diberikan karbon aktif pH-nya menjadi 5, bau asapnya berkurang dan warna keruhnya berkurang. Adapun perubahan yang terjadi pada warna keruhnya berkurang dan bau asap cairnya berkurang setelah diberikan karbon aktif, disebabkan terserapnya kandungan zat organik, zat besi atau logam dalam asap cair oleh pori-pori karbon aktif [15]

Kesimpulan

Hasil pengujian sifat fisik dan kimia dari arang cangkang pala asal Siau yaitu arang cangkang pala hasil aktivasi dengan CaCl_2 , yaitu kadar air 0,533%, kadar abu 0,653, kadar zat mudah menguap 0,406%, dan kadar karbon terikat 40,70%. Sifat fisik arang cangkang pala hasil aktivasi dengan ZnCl_2 yaitu kadar air 0,483%, kadar abu 0,4%, kadar zat mudah

menguap 0,403%, dan kadar karbon terikat 41,13%.

Hasil analisis *Fourier Transform Infra-Red* arang hasil aktivasi dengan CaCl_2 , dan ZnCl_2 pada arang cangkang pala asal Siau menunjukkan adanya gugus fungsi O-H, C-H Aromatik, C-H Alifatik, C=C, dan C-O yang merupakan susunan dari material karbon arang cangkang pala.

Hasil penjernihan asap cair dengan karbon aktif menghasilkan warna air keruhnya berkurang, bau asapnya berkurang dan nilai Ph 5, sedangkan untuk penjernihan asap cair tanpa karbon aktif menghasilkan warna air keruh/kecoklatan, bau asapnya menyengat dan nilai pHnya 4.

DAFTAR PUSTAKA

1. Lombok, J.; Setiaji, B.; Trisunaryanti, W.; Wijaya, K. Identification of Antibacterial Compound from Extract Coconut Shell Liquid Smoke. *International Journal of Applied Chemistry* **2014**, *10*, 141–151.
2. Masitoh, Y.F.; Sianita, M.M. Pemanfaatan Arang Aktif Kulit Buah Coklat (*Theobroma Cacao* L.) Sebagai Adsorben Logam Berat Cd (Ii) Dalam Pelarut Air (Utilization of (*Theobroma Cacao*. L) *Cacao Skin for Activated Carbon As Adsorbent Cadmium (Ii) in Solution*). *UNESA Journal of Chemistry* **2013**.
3. Meilianti, M. Pembuatan Karbon Aktif dari Arang Tongkol Jagung dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Natrium Karbonat (Na_2CO_3). *jd* **2020**, *5*, 14, doi:10.32502/jd.v5i1.3025.
4. Kumosinski, T.F.; Farrell, H.M. Determination of the Global Secondary Structure of Proteins by Fourier Transform Infrared (FTIR) Spectroscopy. *Trends in Food Science & Technology* **1993**, *4*, 169–175, doi:10.1016/0924-2244(93)90119-U.
5. Sagita, N.; Aprilia, H.; Arumsari, A. Penggunaan Karbon Aktif Tempurung Pala (*Myristica Fragrans* Houtt) Sebagai Adsorben Untuk Pemurnian Minyak Goreng Bekas Pakai. *Prosiding Farmasi* **2020**, 68–73.
6. Kurniati, F.D.; Pardoyo, P.; Suhartana, S. Sintesis Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya Untuk Adsorpsi



- Asap Cair. Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 2011, 14, 72–76.
7. Nitsae, M.; Lano, L.A.; Ledo, M.E. Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Siwalan (Borassus Flabellifer L.) Yang Diaktivasi Dengan Kalium Hidroksida (KOH). Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati 2020, 8–15, doi:10.24002/biota.v5i1.2948.
 8. Fardhayanti, D.S. Monograf Bio-Oil Berbasis Biomassa; Deepublish, 2020; ISBN 6230220776.
 9. Jamilatun, S.; Setyawan, M. Pembuatan Arang Aktif Dari Tempurung Kelapa Dan Aplikasinya Untuk Penjernihan Asap Cair. Spektrum Industri 2014, 12, 1–112.
 10. Fauziah, N. Pembuatan Arang Aktif Secara Langsung Dari Kulit Acacia Mangium Wild Dengan Aktivasi Fisika Dan Aplikasinya Sebagai Adsorben. 2009.
 11. Salindeho, N.; Mamuaja, C.F.; Pandey, E.V. Aplikasi Asap Cair Hasil Pirolisis Cangkang Kemiri Dan Cangkang Pala Untuk Pengolahan Ikan Julung (Hemirhampus Marginatus) Hubungannya Dengan Kandungan Gizi Produk Olahan. 2017.
 12. Efiyanti, L.; Wati, S.A.; Maslahat, M. Pembuatan Dan Analisis Karbon Aktif Dari Cangkang Buah Karet Dengan Proses Kimia Dan Fisika. Jurnal Ilmu Kehutanan 2020, 14, 94, doi:10.22146/jik.57479.
 13. Tiwow, V.A.; Rampe, M.J.; Rampe, H.L.; Apita, A. Pola Inframerah Arang Tempurung Kelapa Hasil Pemurnian Menggunakan Asam. chemprog 2021, 14, 116, doi:10.35799/cp.14.2.2021.37191.
 14. Sugesti, U. Pembuatan Dan Karakterisasi Zno/Karbon Aktif Tempurung Kelapa Sawit Teraktivasi Zncl2 Menggunakan Metode Hidrotermal Untuk Penjerapan Fenol. 2018.
 15. Jamal, J.; Safitri, I.; Yutia, N. Pemanfaatan Karbon Aktif Batang Sagu Yang Diaktivasi Menggunakan Microwave Sebagai Media Filter Pada Penurunan Kadar Besi (Fe), Mangan (Mn) Dan Kekeruhan Air Sumur Gali. jiiip 2022, 5, 3358–3365, doi:10.54371/jiip.v5i9.867.

© 2024 by the authors. Licensee Fulleren Journal Of Chem. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).