

KARAKTERISASI PERMUKAAN ARANG AKTIF TEMPURUNG BIJI NYAMPLUNG

Santiyo Wibowo^{1*)}, Wasrin Syafi², dan Gustan Pari³

1. Balai Penelitian Kehutanan Aek Nauli, Kampus Kehutanan Terpadu Aek Nauli, Sibaganding, Parapat, Sumatera Utara 1174, Indonesia
2. Departemen Ilmu dan Teknologi Hasil Hutan, IPB, Darmaga, Bogor 16680, Indonesia
3. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan, Bogor 16610, Indonesia

^{*)}E-mail: santiyowibowo1973@yahoo.co.id

Abstrak

Pembuatan arang aktif secara fisika-kimia dari tempurung nyamplung telah dilaksanakan dengan menggunakan 0%, 5% dan 10% H₃PO₄ selama 60 dan 120 menit. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui karakteristik permukaan arang aktif tempurung biji nyamplung. Tempurung nyamplung diarangkan, kemudian direndam dalam larutan H₃PO₄ pada konsentrasi 0%, 5%, dan 10% selama 24 jam. Selanjutnya diaktivasi dalam retort pada suhu 700 °C dan 800 °C selama 60 dan 120 menit. Karakteristik arang aktif tempurung nyamplung diuji menggunakan *fourier transform infra red* (FTIR), *scanning electron microscope* (SEM), and *X-ray diffraction* (XRD). Spektrum FTIR menunjukkan arang aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, dan C=C. Adanya ikatan OH dan C-O menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar. Konsentrasi H₃PO₄ berpengaruh terhadap tekstur pori yang terbentuk. Pada konsentrasi H₃PO₄ rendah (5% atau 0%) akan dihasilkan lebih banyak pori yang berukuran kecil, <5 μ, sedangkan pada konsentrasi H₃PO₄ 10% dihasilkan pori yang lebih besar, >5 μ.

Abstract

Characterization of Surface Active Shell Charcoal Nyamplung Seeds (*Calophyllum inophyllum* Linn). Chemical and physical activation of nyamplung shell with 0%, 5%, and 10% H₃PO₄ for 60 and 120 minutes has been carried out to prepare activated charcoal. The purpose of this experiment was to look into the characteristic of nyamplung shell activated charcoal surface. Nyamplung shell was carbonized into charcoal, then activated by immersion in H₃PO₄ solution using 0%, 5% and 10%, for 24 hours, and heated in retort at two temperatures (700 and 800 °C) and two duration (60 and 120 minutes). The material were characterized by fourier transform infra red (FTIR), scanning electron microscope (SEM) and X-ray diffraction (XRD). The FTIR spectrum show that activated charcoal has OH, C-H, C-O and C=C bonds. The bonds of OH and C-O indicated that the treatment was produced polar activated charcoal. The porous texture was influenced by H₃PO₄ concentration. The porous with dimension <5 μ being predominant at low concentration of H₃PO₄ (0% and 5%) but larger amount of H₃PO₄ (10%) produced wide pore with dimension >5 μ.

Keywords: activated charcoal, FTIR, nyamplung shell, SEM, XRD

1. Pendahuluan

Arang aktif adalah arang hasil proses lanjutan dimana konfigurasi atomnya dibebaskan dari ikatan unsur lain dan pori dibersihkan dari senyawa atau kotoran lainnya (hidrokarbon, ter, dan senyawa organik lainnya) sehingga luas permukaannya bertambah besar menjadi sekitar 300 sampai 2000 m²/g yang menyebabkan daya adsorpsinya meningkat [1].

Perbedaan antara arang dengan arang aktif adalah pada bagian permukaannya. Bagian permukaan arang masih ditutupi oleh deposit hidrokarbon yang menghalangi keaktifannya, sementara bagian permukaannya arang aktif relatif bebas dari deposit dan permukaannya lebih luas serta pori-pori yang terbuka, sehingga dapat melakukan penyerapan (*adsorption*) [2-3]. Kemampuan adsorpsi arang aktif tidak hanya tergantung oleh luas permukaannya saja tetapi juga struktur dalam pori-pori

arang aktif, karakteristik permukaan dan keberadaan grup fungsional pada permukaan pori [4].

Bahan baku pembuatan arang aktif berasal dari bahan yang mengandung karbon baik organik maupun bahan anorganik [5]. Salah satu bahan baku yang potensial dikembangkan adalah tempurung biji nyamplung (*Calopyllum inophyllum* Linn) yang merupakan limbah dari pengolahan minyak nyamplung. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari struktur permukaan pori arang dan arang aktif tempurung biji nyamplung.

2. Metode Penelitian

Tempurung biji nyamplung yang sudah kering diarsir dalam retort pirolisis listrik. Arang tempurung biji nyamplung kemudian diaktivasi dengan retort aktivasi. Sebelumnya arang direndam dalam asam fosfat (H₃PO₄) teknis sesuai perlakuan yaitu 0%, 5% dan 10% (b/v). Kemudian arang di aktivasi dengan suhu 700 °C dan 800 °C selama 60 dan 120 menit.

Untuk mengetahui pola struktur arang dan arang aktif digunakan peralatan: 1) *Fourier transform infra red* (FTIR) digunakan untuk mengetahui perubahan gugus fungsi contoh akibat kenaikan suhu pada proses pirolisis dan aktivasi. Caranya adalah dengan mencampur serbuk arang dengan KBr menjadi bentuk pelet. Selanjutnya diukur serapannya pada bilangan gelombang 60-4000 cm⁻¹, 2) *Scanning electron microscope* (SEM) digunakan untuk mengetahui topografi permukaan dan ukuran pori contoh, 3) *X-ray diffraction* (XRD) untuk mengetahui derajat kristalinitas, tinggi, lebar, jarak, dan jumlah lapisan aromatik yang dilakukan dengan cara menginterpretasikan pola difraksi dari hamburan sinar X pada contoh. Penetapan derajat kristalinitas, tinggi (Lc), lebar (La), jarak (d), dan jumlah lapisan aromatik (N) dilakukan menurut Kercher & Nagle [6], Schukin *et al.* [7], yaitu:

Derajat kristalinitas (X) =
$$\frac{\text{Bagian Kristalin}}{\text{Bagian Kristalin} + \text{Bagian}} \times 100\% \quad (1)$$

Jarak antar lapisan aromatik d₍₀₀₂₎ :
$$\lambda = 2 d \sin \theta \text{ dan } d = \frac{\lambda}{2 \sin \theta} \quad (2)$$

Tinggi lapisan aromatik (Lc) pada θ 24-25:
$$L_{c(002)} = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (3)$$

Lebar lapisan aromatik (La) pada θ 43 :
$$L_{a(100)} = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta} \quad (4)$$

Jumlah lapisan aromatik (N) :
$$N = \frac{Lc}{d} \quad (5)$$

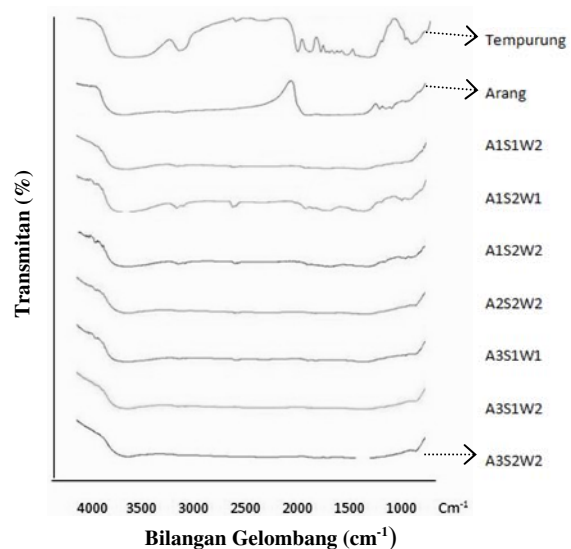
- λ = 0,15406 nm (panjang gelombang dari radiasi sinar Ca)
- β = intensitas ½ tinggi dan lebar intensitas difraksi (radian)
- K = tetapan untuk lembaran graphene (0,89)
- θ = sudut difraksi
- X = derajat kristalinitas

3. Hasil dan Pembahasan

Identifikasi Gugus fungsi. Gugus fungsi tempurung nyamplung dianalisis menggunakan FTIR. Perubahan gugus fungsi tempurung, arang, dan arang nyamplung yang disebabkan oleh pengaruh suhu karbonisasi, dan lama aktivasi arang dapat dilihat pada Gambar 1 dan Tabel 1.

Spektrum FTIR tempurung nyamplung mempunyai pita serapan pada bilangan gelombang 3430 cm⁻¹ yang merupakan gugus fungsi OH, yang diperkuat dengan adanya pita serapan pada 1323 cm⁻¹ yang merupakan OH *bending* dan 1109 cm⁻¹ yang menunjukkan adanya vibrasi C-O dari OH sekunder (Gambar 1, Tabel 1).

Serapan pada 2922 cm⁻¹ menunjukkan adanya vibrasi C-H (*stretching*/regangan) alifatik, juga serapan pada



Keterangan: A1 = Konsentrasi H₃PO₄ 0%;
 A2 = Konsentrasi H₃PO₄ 5%;
 A3 = Konsentrasi H₃PO₄ 10%;
 S1 = Suhu aktivasi 700 °C;
 S2 = Suhu aktivasi 800 °C;
 W1 = Waktu aktivasi 60 menit ;
 W2 = Waktu aktivasi 120 menit

Gambar 1. Spektrum FTIR Tempurung Nyamplung, Arang, dan Arang Aktif

Tabel 1. Bilangan Gelombang Tempurung Nyamplung, Arang, dan Arang Aktif

Bahan baku	Bilangan gelombang (cm^{-1})													
Tempurung	3430	2922	1741	1624	1511	1462	1377	1323	1251	1161	1109	1034	896	
Arang	3429	2920	2855	2366	2341	1580	1378	1256	871	810	751			
<u>Arang Aktif</u>														
A1S1W2	3431	2920	2853	2361	2337	1630	1459	1160	1059	874	671			
A1S2W1	3433	2921	2853	2361	2337	1631	1559	1461	1161	1058	899	873	670	615
A1S2W2	3428	2920	2854	2361	2337	1630	1558	1461	1162	1057	874	708	671	
A2S2W2	3420	2919	2850	2361	2337	1630	1560	1057	672					
A3S1W1	3429	2919	2853	2361	2337	1632	1559	1112	670					
A3S1W2	3429	2921	2852	2388	2346	1623	1561	1107	880	616				
A3S2W2	3416	2918	2849	2360	2325	1563	1094	1066	604					

bilangan gelombang 1462 dan 896 cm^{-1} yang menunjukkan vibrasi asimetris C-H. Pita serapan pada 1741 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi regangan gugus C=O dan diperkuat pita serapan 1251 cm^{-1} yang merupakan gugus C-O.

Kemudian terdapat ikatan C=C cincin aromatik pada bilangan gelombang 1511 cm^{-1} , dan terdapat vibrasi C=C alifatik yang ditunjukkan dengan adanya pita serapan pada bilangan gelombang 1624 cm^{-1} dan pita serapan 1161 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C-O-C yang merupakan struktur eter yang mempunyai 6 cincin. Selanjutnya pita serapan pada 1034 cm^{-1} menunjukkan adanya vibrasi C-O dari C-OH primer.

Sementara itu hasil analisis FT-IR pada arang tempurung nyamplung dapat dilihat bahwa telah terjadi perubahan pola spektrum serapan *infra red* (IR) dari tempurung nyamplung menjadi arang yaitu terjadi pergeseran bilangan gelombang dari 3430 cm^{-1} ke 3429 cm^{-1} , 2922 cm^{-1} ke 2920 cm^{-1} , 1377 cm^{-1} ke 1378 cm^{-1} , 1251 cm^{-1} ke 1256, dan 896 cm^{-1} ke 871 cm^{-1} . Kemudian terdapat bilangan gelombang yang hilang yaitu pada 1741, 1624, 1462, 1323, 1161, 1109, 1034 cm^{-1} , dan terbentuknya serapan baru pada bilangan gelombang 2855 cm^{-1} yang merupakan vibrasi C-H regangan dari gugus metil (CH_3) dan metilen (CH_2). Serapan baru pada 810 dan 751 cm^{-1} yang merupakan C-H aromatik, dan munculnya serapan pada bilangan gelombang 2366 dan 2341 cm^{-1} yang merupakan asetilen (ikatan karbon rangkap tiga).

Proses karbonisasi dan aktivasi juga telah membentuk ikatan C=C aromatik di sekitar 1558-1580 cm^{-1} . Hal ini membuktikan bahwa karbonisasi dan aktivasi menjadi arang aktif akan meningkatkan senyawa aromatik. Senyawa tersebut merupakan penyusun struktur heksagonal arang dan arang aktif [3].

Berdasarkan analisis besaran absorban (Lampiran 1), diketahui bahwa tingkat serapan (absorban) arang pada

bilangan gelombang 3429 cm^{-1} hanya sekitar 1,619, lebih rendah dari absorban tempurung nyamplung pada bilangan gelombang 3430 cm^{-1} yang mempunyai absorban 2. Sementara itu pada bilangan gelombang sekitar 2900 cm^{-1} terjadi kecenderungan peningkatan serapan (absorban) pada arang dan arang aktif. Hal ini membuktikan bahwa karbonisasi dengan suhu yang semakin tinggi akan mengakibatkan perubahan gugus fungsi yaitu terjadinya pergeseran, hilangnya bilangan gelombang serapan atau tingkat serapannya berkurang dan terbentuknya senyawa radikal tidak stabil yang selanjutnya bereaksi membentuk senyawa baru [3,8].

Adanya uap air pada proses aktivasi arang aktif dan pada saat penghalusan arang aktif untuk persiapan sampel, ternyata masih berperan dengan teridentifikasinya gugus OH pada arang aktif. Gugus tersebut dapat berasal dari reaksi antara uap air dengan senyawa bebas pada permukaan arang yang diaktivasi dan bukan berasal dari bahan baku tempurung nyamplung. Hal ini dibuktikan dengan tingkat serapan arang aktif pada bilangan gelombang sekitar 3400 cm^{-1} yang cenderung kembali meningkat dari absorban 1,619 pada arang menjadi 2 pada arang aktif, meskipun beberapa diantaranya berfluktuatif (Lampiran 1).

Arang aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, dan C=C. Adanya ikatan OH dan C-O menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan cenderung bersifat lebih polar. Dengan demikian arang aktif yang dihasilkan dapat digunakan sebagai adsorben zat yang cenderung polar seperti untuk penjernihan air, gula, alkohol atau sebagai penyerap emisi formaldehid.

Identifikasi Pola Struktur Kristalit. Analisis XRD bertujuan untuk mengetahui struktur kristalit suatu bahan yaitu derajat kristalinitas (X), jarak antar lapisan (d), tinggi (Lc), lebar (La) antar lapisan aromatik dan jumlah (N) lapisan aromatik. Hasil analisis XRD tempurung, arang, dan arang aktif tempurung nyamplung

disajikan pada Tabel 2 dan Gambar 2. Dari Tabel 2 dapat diketahui derajat kristalinit tempurung nyamplung lebih rendah dari kristalinit arang yaitu 18,92% dan 20,21%, selain itu terjadi pergeseran intensitas sudut difraksi dari θ 22,5 menjadi θ 22,8 serta terbentuknya sudut baru di θ 44,2. Ini menunjukkan bahwa karbonisasi tempurung nyamplung dapat meningkatkan derajat kristalinitas dengan struktur kristalinit yang berbeda.

Menurut Pari [3], pada bahan baku, struktur kristalinit didominasi oleh struktur kristalinit selulosa, sedangkan pada arang, struktur kristalinit terbentuk dari senyawa karbon yang membentuk lapisan heksagonal.

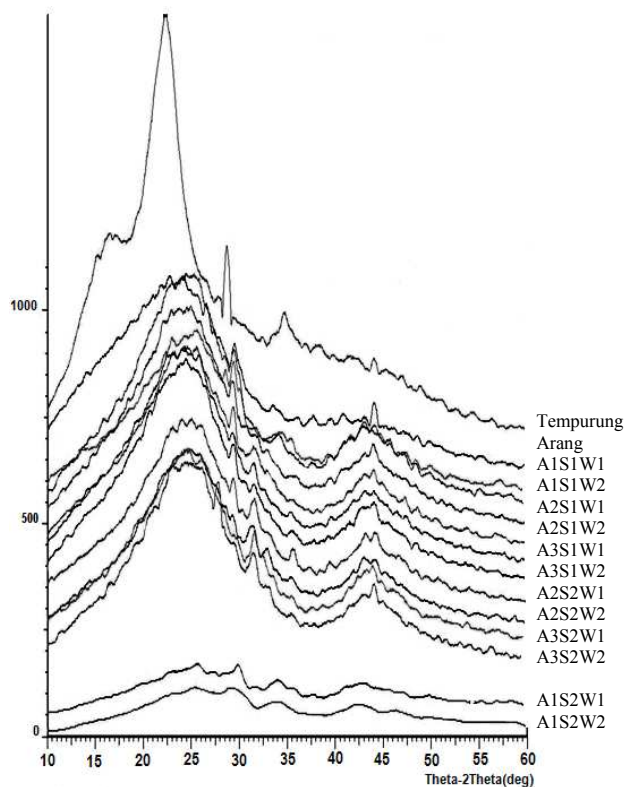
Dari data Tabel 2, dapat dijelaskan bahwa semakin tinggi suhu aktivasi cenderung semakin meningkatkan derajat kristalinitas diikuti semakin tingginya lapisan aromatik (Lc) tetapi menyebabkan lebar antara lapisan aromatik (La) semakin rendah. Semakin lama waktu aktivasi menyebabkan derajat kristalinitas semakin berkurang diikuti semakin tingginya tinggi dan lebar antar lapisan aromatik (Lc).

Hal ini sesuai dengan hasil penelitian [3,7,9,10] yang menyimpulkan bahwa peningkatan suhu karbonisasi akan meningkatkan derajat kristalinitas arang aktif.

Peningkatan kristalinitas terjadi karena adanya penyusutan struktur kristalinit arang yang semakin teratur, dimana akan menghasilkan celah diantara kristalinit semakin lebar dan pori yang terbentuk bertambah besar [3].

Sementara itu aktivasi arang tanpa H_3PO_4 menunjukkan kecenderungan peningkatan derajat kristalinitas sejalan dengan meningkatnya suhu aktivasi, tetapi cenderung turun dengan semakin lamanya waktu aktivasi. Aktivasi

arang dengan H_3PO_4 5% menunjukkan kecenderungan peningkatan derajat kristalinitas sejalan dengan meningkatnya suhu dan waktu aktivasi. Aktivasi arang



Keterangan: A1 = Konsentrasi H_3PO_4 0%; A2 = Konsentrasi H_3PO_4 5%; A3 = Konsentrasi H_3PO_4 10%; S1 = Suhu aktivasi 700 °C; S2 = Suhu aktivasi 800 °C; W1 = Waktu aktivasi 60 menit; W2 = Waktu aktivasi 120 menit.

Gambar 2. Difraksi Sinar X Tempurung Nyamplung, Arang, dan Arang Aktif

Tabel 2. Struktur Kristalin pada Tempurung, Arang, dan Arang Aktif

Perlakuan	X (%)	θ (002) (°)	d (nm)	θ (100) (°)	d (nm)	Lc (nm)	N	La (nm)
Tempurung	18,92	22,50	0,3948	-	-	-	-	-
Arang	20,21	22,80	0,3896	44,20	0,2047	1,412	6,90	25,964
A1S1W1	23,49	25,43	0,3500	42,95	0,2104	1,548	7,36	7,755
A1S1W2	24,36	24,50	0,3630	43,00	0,2101	1,674	7,97	6,712
A2S1W1	23,72	24,98	0,3561	43,86	0,2062	1,554	7,54	9,592
A2S1W2	23,86	25,56	0,3482	43,98	0,2057	1,779	8,65	8,542
A3S1W1	24,62	24,47	0,3635	43,13	0,2095	1,312	6,26	7,847
A3S1W2	23,33	24,41	0,3643	44,01	0,2055	1,737	8,45	8,868
A1S2W1	30,89	25,55	0,3483	42,93	0,2105	1,678	7,97	6,979
A1S2W2	29,65	25,64	0,3471	42,77	0,2112	1,611	7,63	6,643
A2S2W1	24,95	24,03	0,3700	44,05	0,2054	1,614	7,86	8,758
A2S2W2	26,14	24,77	0,3591	42,99	0,2102	1,693	8,05	7,756
A3S2W1	28,08	24,45	0,3637	43,89	0,2061	1,786	8,67	8,336
A3S2W2	27,66	24,75	0,3594	44,25	0,2045	1,693	8,28	8,249

Keterangan : A1 = Konsentrasi H_3PO_4 0%; A2 = Konsentrasi H_3PO_4 5%; A3 = Konsentrasi H_3PO_4 10%; S1 = Suhu aktivasi 700 °C; S2 = Suhu aktivasi 800 °C; W1 = Waktu aktivasi 60 menit; W2 = Waktu aktivasi 120 menit.

Tabel 3. Derajat Kristalinitas beberapa Bahan Berlignoselulosa

Karakteristik (%)	Sengon	Jati	Rami	Pulp bambu	Selulosa murni	Lignin murni	Tempurung Nyamplung
Selulosa	49,4 ^a	47,5 ^a	80-90 ^d	40-50 ^e	-	-	48,66
Holoselulosa	75,76 ^b	77,46 ^b	-	-	-	-	87,64
Lignin	26,8 ^a	29,9 ^a	0,5-1 ^d	-	-	-	36,69
Pentosan	15,6 ^a	14,4 ^a	3-4 ^d	-	-	-	24,82
Derajat kristalinitas	38,8 ^c	34,9 ^c	72 ^d	59,9 ^e	51,7 ^c	4,3 ^c	18,92

Keterangan: a. Martawijaya, *et al.* [11], b. Irawaty [12], c. Pari [3], d. Tarmansyah [13], e. Fengel [14]

dengan H₃PO₄ 10% menunjukkan kecenderungan yang sama dengan aktivasi tanpa H₃PO₄ yaitu derajat kristalinitas meningkat bila suhu naik, tetapi turun bila waktunya semakin lama.

Derajat kristalinitas tertinggi diperoleh pada perlakuan aktivasi tanpa H₃PO₄ atau 0%, suhu 800 °C dan waktu aktivasi 60 menit yaitu sebesar 30,89%, dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Lebih rendahnya derajat kristalinitas arang aktif yang menggunakan H₃PO₄ 5% dan 10% dapat terjadi karena adanya reaksi oksidasi dan reduksi antara bahan baku dengan asam fosfat dimana asam fosfat tereduksi menjadi fosfat anhidrida yang bersifat dapat menarik uap air [15]. Sifat higroskopis tersebut diduga lebih memudahkan penyerapan uap air dari ketel uap sehingga lebih melindungi arang aktif dari panas.

Hasil analisis XRD menunjukkan derajat kristalinitas tempurung nyamplung lebih rendah dibandingkan dengan bahan berlignoselulosa lainnya (Tabel 3). Rendahnya kristalit diduga dipengaruhi oleh kadar lignin yang cukup tinggi yaitu sebesar 36,59%. Hal ini dimungkinkan karena lignin merupakan senyawa aromatik dengan struktur dasar bersifat amorf, kaku, dan rapuh [3,13,16]. Sehingga adanya kandungan lignin dapat menurunkan derajat kristalinitas dalam bahan. Fenomena tersebut dapat dilihat pada Tabel 3 yang memperlihatkan bahwa kayu sengon dengan kadar selulosa 49,4% dan lignin 26,8% mempunyai derajat kristalinitas sebesar 38,8%, sementara itu pada pulp bambu mempunyai kadar selulosa 40-50% dengan lignin yang sudah dihilangkan mempunyai derajat kristalinitas sebesar 59,9%. Hal ini menunjukkan bahwa bahan dengan kadar selulosa dan lignin yang relatif tinggi, dapat mempunyai derajat kristalinitas yang lebih rendah, dibandingkan dengan bahan berkadar selulosa yang sama, tetapi kadar ligninnya lebih rendah.

Identifikasi Pori Tempurung Nyamplung, Arang dan Arang Aktif. Analisis struktur permukaan pori dilakukan menggunakan *scanning electron microscope* (SEM). Analisis ini bertujuan untuk mengetahui topografi permukaan suatu bahan akibat perubahan suhu karbonisasi dan aktivasinya. Hasil analisis SEM dapat dilihat pada Tabel 4 dan Gambar 3.

Tabel 4. Diameter Pori Tempurung Nyamplung, Arang, dan Arang Aktif

Bahan Baku	Diameter Pori (μ)		Persentase Diameter Pori (%)		
	Min.	Maks.	<5 μ	5-15 μ	>15 μ
Tempurung	-	-	-	-	-
Arang	0,667	4,444	100	-	-
Arang Aktif					
A1S1W1	0,44	3,33	100	-	-
A1S1W2	0,44	8,22	94,59	5,41	-
A1S2W1	0,48	6,92	98,30	1,70	-
A1S2W2	0,5	6,56	98,28	1,72	-
A2S1W1	0,6	9,67	99,63	0,37	-
A2S1W2	0,53	7,60	98,20	1,80	-
A3S1W1	0,365	10,00	94,64	5,37	-
A3S1W2	0,36	9,78	93,50	6,49	-
A2S2W1	0,4	9,38	95,86	4,14	-
A2S2W2	0,5	10,50	92,38	7,62	-
A3S1W1	0,44	9,56	86,08	13,91	-
A3S2W2	0,48	9,76	82,88	17,12	-

Keterangan: A1 = Konsentrasi H₃PO₄ 0%; A2 = Konsentrasi H₃PO₄ 5%; A3 = Konsentrasi H₃PO₄ 10%; S1 = Suhu aktivasi 700 °C; S2 = Suhu aktivasi 800 °C; W1 = Waktu aktivasi 60 menit; W2 = Waktu aktivasi 120 menit.

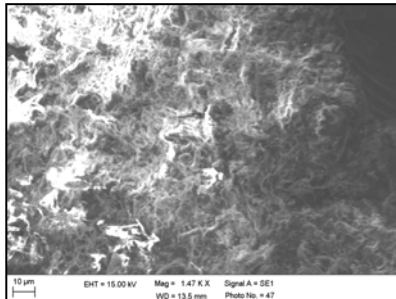
Hasil analisis SEM menunjukkan bahwa tempurung nyamplung yang belum dikarbonisasi tidak menunjukkan adanya pori (Gambar 3). Setelah proses karbonisasi menjadi arang, mulai terbentuk pori dengan diameter 0,667–4,444 μ, tetapi masih didominasi pori berdiameter <5 μ.

Aktivasi arang menjadi arang aktif cenderung menyebabkan peningkatan jumlah dan diameter pori (Tabel 4 dan Gambar 3). Selain itu penggunaan asam fosfat pada konsentrasi 10% telah membuka pori-pori menjadi lebih besar dan membuka pori-pori berukuran kecil. Hal ini menunjukkan bahwa asam fosfat dapat mengurangi senyawa hidrokarbon yang masih menempel pada permukaan arang.

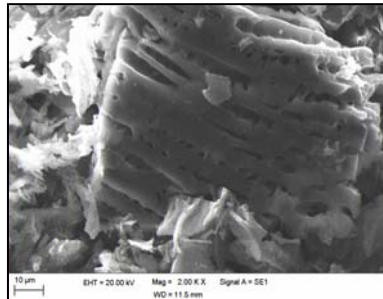
Terbentuknya pori disebabkan adanya penguapan zat terbang dari bahan baku akibat proses karbonisasi [17-18]. Karbonisasi telah menyebabkan komponen bahan

terdegradasi menghasilkan produk gas (CO , CO_2 , hidrogen, dan metan), produk cair (tar, hidrokarbon, cuka kayu, air) dan produk padatan yaitu arang [19-20].

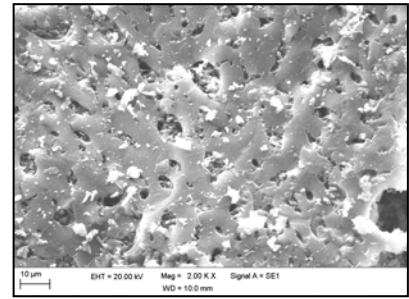
Secara keseluruhan arang dan arang aktif tempurung nyamplung termasuk ke dalam struktur makropori, karena mempunyai diameter pori lebih dari $0,025 \mu$.



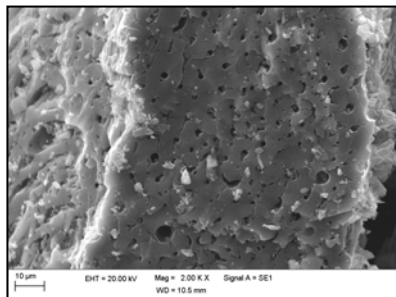
Tempurung



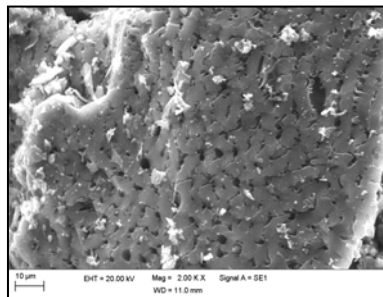
Arang



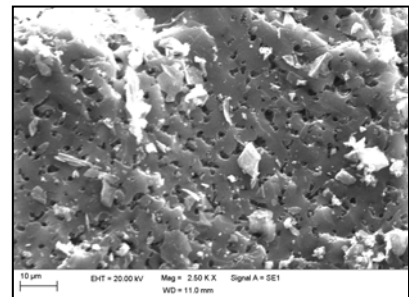
0%, 700 °C/120



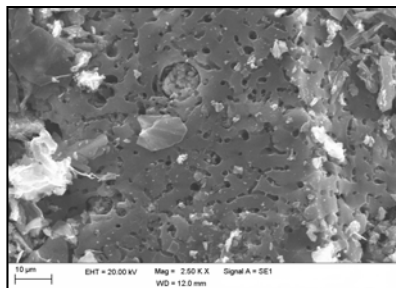
0%, 800 °C/120



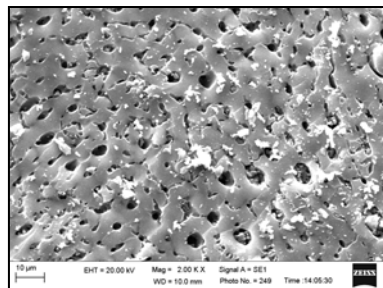
5%, 700 °C/60



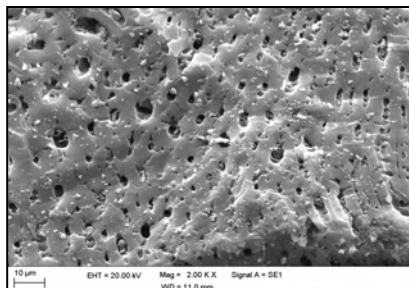
5%, 700 °C/120



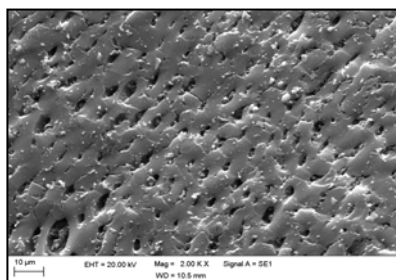
10%, 700 °C/60



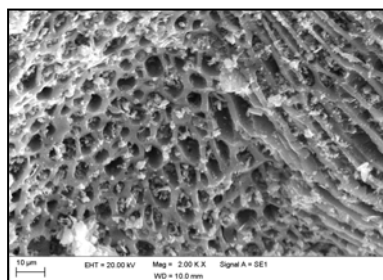
10%, 700 °C/120



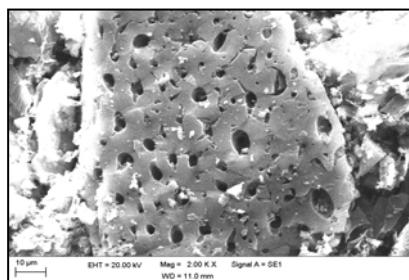
5%, 800 °C/60



5%, 800 °C/120



10%, 800 °C/60



10%, 800 °C/120

Keterangan:

0% = Konsentrasi H_3PO_4 0%

5% = Konsentrasi H_3PO_4 5%

10% = Konsentrasi H_3PO_4 10%

700 °C & 800 °C = Suhu

60 & 120 = Waktu aktivasi

Gambar 3. Struktur Permukaan Tempurung Nyamplung, Arang, dan Arang Aktif pada Penampang Atas dengan Pembesaran 2000x

4. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa peningkatan suhu karbonisasi akan meningkatkan derajat kristalinitas arang aktif tempurung nyamplung, sehingga pori yang terbentuk bertambah besar. Konsentrasi H_3PO_4 berpengaruh terhadap tekstur pori yang terbentuk dimana pada konsentrasi H_3PO_4 rendah (5% atau 0%) akan menghasilkan lebih banyak pori yang lebih kecil, $<5 \mu$, tetapi pada konsentrasi H_3PO_4 tinggi (10%) dihasilkan pori yang lebih besar, $>5 \mu$. Arang aktif yang dihasilkan memiliki pola serapan dengan jenis ikatan OH, C-H, C-O, dan C=C. Adanya ikatan OH dan C-O menunjukkan bahwa arang aktif yang dihasilkan akan cenderung bersifat lebih polar, meskipun masih terdapat ikatan C=C yang bersifat non polar. Perlu dilakukan kajian pemanfaatan arang aktif tempurung nyamplung sebagai bahan penjernih air atau penyerap pelutan.

Lampiran

Table A.1. Sebagian Absorban FTIR Tempurung Nyamplung, Arang, dan Arang Aktif

Sampel	Bilangan Gelombang	Transmisi (%)	Absorban
Tempurung Nyamplung	1	3431	0,010
	2	2922	0,174
	3	1741	0,155
	4	1642	0,146
	5	1512	0,141
Arang	1	3429	0,024
	2	2920	0,083
	3	2856	0,096
	4	2366	0,165
	5	2341	0,172
A1S1W2	1	3431	0,01
	2	2920	0,083
	3	2853	0,095
	4	2361	0,059
	5	2337	0,065
A1S2W1	1	3433	0,010
	2	2922	0,107
	3	2853	0,154
	4	2361	0,13
	5	2337	0,154
A1S2W2	1	3428	0,010
	2	2920	0,066
	3	2854	0,083
	4	2361	0,075
	5	2337	0,083
A2S2W2	1	3420	0,032
	2	2919	0,075
	3	2850	0,079
	4	2361	0,036
	5	2337	0,040

Lanjutan Tabel A.1.

Sampel	Bilangan Gelombang	Transmisi (%)	Absorban
A3S1W1	1	3429	0,010
	2	2919	0,074
	3	2853	0,082
	4	2361	0,039
	5	2337	0,044
A3S1W2	1	3429	0,023
	2	2921	0,067
	3	2849	0,071
	4	2388	0,052
	5	2346	0,057
A3S2W2	1	3416	0,054
	2	2918	0,082
	3	2849	0,083
	4	2360	0,052
	5	2325	0,051

Daftar Acuan

- [1] R. Sudradjat, S. Soleh, Petunjuk Teknis Pembuatan Arang Aktif, Pusat Litbang Hasil Hutan dan Sosial Ekonomi Kehutanan, Bogor, Indonesia, 1994.
- [2] V.G. Serrano, M.C.F. Gonzales, M.L.R. Carvantes, M.F.A. Franco, A.M. Garcia, Bulletin Materrial Science 26/7 (2003) 721.
- [3] G. Pari, Disertasi, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Indonesia, 2004.
- [4] C. Nguyen, D.D. DO, Langmuir, 16 (2000) 1319.
- [5] W.M.A.W. Daud, W.S.W. Ali, Bioresour. Technol. 93 (2004) 63.
- [6] A.K. Kercher, D.C. Negle, Carbon 41 (2003) 15.
- [7] L.I. Schukin, M.V. Kornievich, R.S. Vartapetjan, S.I. Beznisko, Carbon 40 (2002) 2021.
- [8] A. Demirbas, J. Anal. Appl. Pyrolysis. 73 (2005) 39.
- [9] A. Gani, Disertasi, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Indonesia, 2007.
- [10] S. Darmawan, Tesis, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Indonesia, 2008.
- [11] A. Martawijaya, I.K. Sujana, K. Kosasi, A.P. Soewanda, Atlas Kayu Indonesia, Jilid 1, Badan Litbang Kehutanan, Departemen Kehutanan, Indonesia, 1981.
- [12] D. Irawaty, Tesis, Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Indonesia, 2006.
- [13] U.S. Tarmansyah, Pemanfaatan Serat Rami Untuk Pembuatan Selulosa, Tersedia di: <http://www.buletinlitbang.dephan.go.id/index.asp>, 2007
- [14] D. Fengel, G. Wegener, Kayu: Kimia Ultrastruktur Reaksi-reaksi, Penerjemah: H. Sastrohamidjojo, Gajah Mada University Press, Terjemahan dari: Wood, Chemistry, Ultrastructure, Reactions. Yogyakarta, 1995, p.730.
- [15] R. Sudradjat, S. Ani, Buletin Penelitian Hasil Hutan 20/1 (2002) 1.

- [16] G. Pari, K. Sofyan, W. Syafii, Buchari, Y. Hiroyuki, Jurnal Penelitian Hasil Hutan 24/1 (2006) 9.
- [17] L.P. Novicio, T. Hata, T. Kajimoto, Y. Imamura, S. Ishihara, J. Wood Res. 85 (1998) 48.
- [18] P.R. Bonelli, P.A.D. Rocca, E.G. Cerrela, A.L. Cukierman, Bioresour. Technol. 76 (2001) 15.
- [19] J. Guo, A.C. Lua, Journal of Oil Palm Res. 12/1 (2000) 64.
- [20] S. Manocha, Porous Carbon, Sadhana 28 (2003) 335.