KAJIAN PENGARUH TEMPERATUR SINTERING TERHADAP PENINGKATAN DERAJAT KRISTALINITAS KARBON DARI LIMBAH KULIT KEMIRI

NANA SURYANA^{1*}, OTONG NURHILAL², SAHRUL HIDAYAT²

¹*Magister Program, Department Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Alam
Universitas Padjadjaran, Jl. Raya Bandung-Sumedang km 21 Jatinangor, Sumedang,
Jawa Barat, Indonesia 45363*

²*Department Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Alam Universitas Padjadjaran
Jl. Raya Bandung-Sumedang km 21 Jatinangor, Sumedang, Jawa Barat, Indonesia 45363*

*email : nana17001@mail.unpad.ac.id

Abstrak. Beberapa alotrop karbon memiliki kemampuan menginterkalasi ion, atom atau molekul sehingga berpotensi diterapkan pada beragam aplikasi teknologi. Grafit merupakan salah satu alotrop karbon dengan kemampuan interkalasi serta transport ion yang baik. Pada penelitian ini dilakukan sintesis karbon aktif berbahan baku limbah kulit kemiri, dengan temperatur karbonisasi 700°C dan aktivator kimiawi berupa larutan KOH 30%. Setelah proses aktivasi, diberikan perlakuan sintering pada karbon aktif dengan temperatur masing-masing 950°C dan 1000°C, proses tersebut diharapkan dapat meningkatkan fase kristal karbon aktif mendekati fase grafit. Hasil pengujian menunjukkan struktur dominan amorf, dengan derajat kristalinitas 35,23% serta 35,44%, dan derajat grafitisasi arah vertikal berkisar di 36% serta 37% untuk arah horizontal. Perlakuan proses sintering dengan temperatur 1000°C memiliki derajat kristalinitas tertinggi yaitu 35,44%. Hal ini mengindikasikan bahwa proses sintering berpengaruh terhadap perubahan derajat kristalinitas karbon aktif.

Kata kunci: karbon aktif, kulit kemiri, sintering, kristalinitas

Abstract. Allotropes of carbon has advantages in the ability to intercalate ions, atoms or molecules that potentially to apply in various technological applications. Graphite one of allotrope carbon which has well intercalation and ion transport capabilities. In case, the synthesis of activated carbon made from candlenut shell was carried out with carbonization temperatures at 700°C and used a chemical activator in form of 30% KOH. After the activation process, given the sintering treatment for activating carbon with temperature of 950°C and 1000°C, respectively, which this process is expected to increase the crystalline phase of activated carbon close to the graphite phase. The result showed that domination of the structures were amorphous, with varying degrees of crystallinity ranging 35.23% and 35.44%, respectively, and the degrees of graphitization 36% and 37% for the vertical and horizontal directions, respectively. The treatment of the sintering process with a temperature of 1000°C has the highest degree of crystallinity, 35.44%. This indicates that the sintering process has an effect on the activated carbon.

Keywords: activated carbon, candlenut shell, sintering, crystallinity

1. Pendahuluan

Kulit kemiri merupakan salah satu limbah organik yang memiliki kadar karbon terikat cukup tinggi yakni sebesar 75,79 %, nilai tersebut lebih tinggi dari pada bahan organik lainnya, seperti kayu pinus (71,93 %), tempurung kelapa sawit (66,79 %) dan arang sekam (74,20 %) [1]. Kulit kemiri merupakan residu alami

yang memiliki banyak kegunaan di antaranya produk bernilai ekonomis tinggi seperti arang aktif, asap cair, fenol, briket arang dan tepung tempurung. Kulit kemiri merupakan bagian paling keras pada komponen buah kemiri. Jika ditinjau dari karakteristik bahannya dibandingkan dengan tempurung kelapa, tempurung kemiri memiliki beberapa perbedaan mencolok yaitu densitas yang tinggi, kadar air yang rendah serta kadar abu (*ash content*) yang lebih rendah [2]. Sebagaimana bahan biomassa lainnya, kulit kemiri juga memiliki ikatan karbon yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan karbon aktif.

Karbon aktif dibuat melalui dua proses yaitu karbonasi dan aktivasi. Kualitas karbon bergantung pada suhu karbonasi dan jenis aktivator yang digunakan. Selain itu, suhu sintering juga berpengaruh terhadap sifat karbon aktif terkait dengan sifat kristalnya. Sifat kristal karbon aktif sangat penting pada aplikasi sebagai elektroda, yaitu meningkatkan kemampuan karbon aktif untuk interkalasi dan transport ion. Bahan karbon yang memiliki kemampuan interkalasi dan transport ion yang baik adalah grafit. Pada penelitian ini akan dilakukan pembuatan karbon aktif dari tempurung kemiri dengan suhu karbonasi dan aktivator tertentu serta diberikan perlakuan sintering. Sifat kristal karbon aktif dari tempurung kemiri di analisis dengan XRD untuk menentukan derajat kristalinitas dan derajat grafitisasinya..

2. Metode Penelitian

2.1. Pembuatan sampel arang aktif

Tempurung kemiri yang sudah kering dikarbonasi pada suhu 700 °C selama 1 jam, kemudian arang di haluskan pada mesh 200. Selanjutnya arang diaktivasi dengan KOH 30%. Arang aktif selanjutnya disintering pada dua variasi suhu yaitu 950 dan 1000 °C masing-masing selama 10 jam.

2.2. Analisis arang aktif dengan XRD

Parameter yang dihitung pada penelitian ini adalah derajat kristalinitas (X), jarak antar lapisan karbon aromatik (d_{002}), tinggi lapisan aromatik (L_c), lebar lapisan aromatik (L_a), dan derajat grafitisasi (Y) [3]. Derajat kristalinitas (X) dihitung dengan persamaan (1).

$$\text{Derajat Kristalinitas} = \frac{(\Delta_{\text{kristalin}})}{(\Delta_{\text{kristalin}} + \Delta_{\text{amorf}})} \quad (1)$$

dengan $\Delta_{\text{kristalin}}$ menyatakan fraksi luas kristalin dan Δ_{amorf} menyatakan fraksi luas amorf. Jarak antar lapisan karbon aromatik (d_{002}) ditentukan berdasarkan persamaan (2).

$$d_{002} = \frac{\lambda}{2 \sin \theta_{002}} \quad (2)$$

Tinggi lapisan aromatik (L_c) ditentukan berdasarkan persamaan (3).

$$L_c = \frac{0,89 \cdot \lambda}{\beta \cos \theta_{002}} \quad (3)$$

Lebar lapisan aromatik (L_a) ditentukan berdasarkan persamaan (4).

$$L_a = \frac{1,9 \cdot \lambda}{\beta \cos \theta_{100}} \quad (4)$$

Derajat grafitisasi (Y) ditentukan berdasarkan persamaan (5).

$$Y = \frac{3,440 - d_{002}}{3,440 - 3,354} \quad (5)$$

Di mana, λ menyatakan panjang gelombang radiasi (nm), β menyatakan lebar maksimum pada intensitas setengah tinggi (FWHM), dan θ menyatakan sudut difraksi (dalam radian).

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Kualitatif

Dengan metode grafik difraktogram, diperoleh perbandingan analisis *peak* intensitas puncak untuk perlakuan sampel non sinter serta sinter dengan temperatur 950 dan 1000 °C.

Puncak-puncak grafik bersesuaian dengan posisi sudut 2θ khas grafik, di mana puncak-puncak tertinggi menunjukkan keberadaan fase kristalin dari karbon aktif yang disintesis dari kulit kemiri. Untuk rentang skala 2θ diperluas dari $(10-80)^\circ$ pada karbon aktif tanpa *sintering*, *peak-peak* difraktogram menunjukkan

kecenderungan menyebar dan puncak mayoritas berada jauh di bawah puncak kristalinitasnya. Sedangkan untuk *peak-peak* difraktogram pada perlakuan *sintering* baik 950 °C maupun 1000 °C menunjukkan puncak yang seragam dengan mendekati puncak kristalinitasnya.

3.2. Analisis Kuantitatif

Dalam pembahasan analisis kuantitatif diuraikan perhitungan dan perolehan derajat kristalinitas dan derajat grafitisasi melalui serangkaian perhitungan. Berdasarkan teori diketahui bahwa temperatur karbonisasi yang semakin naik maka derajat kristalinitasnya akan meningkat [3]. Analisis kekristalan dari pola grafik XRD dapat terlihat dari semakin tingginya intensitas dan semakin sempitnya lebar setengah puncak (FWHM). Hasil perhitungan derajat kristalinitas secara analitik, dari ketiga sampel karbon aktif ditunjukkan oleh tabel di bawah ini.

Tabel 1. Hasil Perhitungan Derajat Kristalinitas Karbon aktif kulit kemiri

Perlakuan	Derajat Kristalinitas (%)
Tanpa Sinter	32.58
Sinter pada T 950°C	35.23
Sinter pada T 1000°C	35.44

Pada Tabel 1, dapat dilihat untuk semua sampel memiliki derajat kristalinitas yang bervariasi dengan kecenderungan meningkat untuk setiap perlakuan, yakni berturut-turut 32,58 %, 35,23 %, dan 35,44%. Hasil penelitian sesuai dengan teori yang dikemukakan oleh Hsu dan Teng (2000) dalam pembuatan karbon aktif dengan aktivator KOH lebih dapat bereaksi dengan karbon sehingga bahan baku yang memiliki kandungan karbon yang lebih tinggi lebih baik menggunakan aktivator KOH [4]. Hal tersebut menyebabkan derajat kristalinitas meningkat. Pengaruh perlakuan belum memenuhi standar DOC untuk aplikasi sebagai material aktif elektroda baterai, di mana hasil penelitian ini menunjukkan nilai DOC yang diperoleh masih rendah berada pada nilai sekitar 30 %.

Jika dibandingkan dengan derajat kristalinitas dari karbon aktif yang disintesis dari bahan biomassa lain seperti sabut kelapa derajat kristalinitas rata-ratanya adalah 27,79 % [5], derajat kristalinitas yang diperoleh dari penelitian ini lebih tinggi. Derajat kristalinitas dari karbon aktif kulit kemiri yang dihasilkan bervariasi, untuk perlakuan tanpa *sintering*, *sintering* pada temperatur 950 °C dan 1000 °C diperoleh berturut-turut 32,58 %, 35,23 %, dan 35,44%. Hal ini menunjukkan bahwa karbon aktif kulit kemiri dapat berpotensi sebagai karbon aktif komersial untuk berbagai aplikasi. Tetapi untuk mencapai derajat kristalinitas grafit untuk aplikasi material aktif elektroda baterai masih perlu dilakukan *sintering* pada temperatur yang lebih tinggi, yaitu di atas temperatur 2500 °C untuk mencapai daerah *sintering* grafitisasi. Grafit merupakan karbon berstruktur kristal yang memiliki 2 puncak karbon pada pola difraksinya yaitu sudut 26° dan 43°. Hasil perhitungan derajat grafitisasi dari sampel yang diteliti diuraikan pada Tabel 2 dan Tabel 3 berikut ini.

Tabel 2. Hasil pengolahan data derajat grafitisasi karbon aktif kulit kemiri arah vertikal

Perlakuan T (°C)	Fasa 1					
	2 θ	θ	FWHM (β)	d ₀₀₂ (nm)	Lc (nm)	Y (%)
Non Sinter	25,79	12,89	0,1593	0,3455	0,8837	35,98
1000	26,6	13,3	0,1674	0,3351	0,8423	36,10
950	25,74	12,87	0,77	0,3461	0,1828	35,98

Tabel 3. Hasil pengolahan data derajat grafitisasi karbon aktif kulit kemiri arah horizontal

Perlakuan T (°C)	Fasa 2					
	2 θ	θ	FWHM (β)	d ₁₀₀ (nm)	La (nm)	Y (%)
Non Sinter	42,7	21,35	0,3192	0,2118	0,9854	37,54
1000	43,42	21,71	0,1004	0,2084	3,1407	37,58
950	42,84	21,42	0,1874	0,2111	1,6793	37,55

Secara umum, perlakuan *sintering* pada temperatur 950 dan 1000 °C diketahui tidak terlalu berpengaruh signifikan terhadap derajat grafitisasi. Hasil perhitungan menunjukkan nilai derajat grafitisasi berkisar 36% untuk arah vertikal dan sekitar 37% untuk arah horizontal. Nilai derajat grafitisasi umumnya berbanding lurus dengan nilai derajat kristalinitasnya, jika derajat kristalinitas rendah maka derajat grafitisasi juga akan rendah. Derajat grafitisasi menunjukkan seberapa banyak kandungan grafit di dalam sampel karbon aktif. Hasil yang diperoleh menunjukkan kandungan grafit pada sampel karbon aktif sekitar 36%, yang mengandung arti bahwa sampel yang diperoleh masih didominasi oleh karbon aktif amorf.

4. Kesimpulan

Karbon aktif kulit kemiri yang diaktivasi dengan larutan KOH, pada perlakuan non sinter serta sinter dengan temperatur 950°C dan 1000°C menghasilkan struktur dominan amorf, dengan derajat kristalinitas masing-masing sebesar 35,23% dan 35,44%. Hasil analisis derajat grafitisasi dihasilkan nilai derajat grafitisasi pada arah horizontal berkisar 36% dan pada arah vertikal 37%. Hasil analisis menunjukkan *sintering* pada temperatur sekitar 1000°C berpengaruh terhadap peningkatan derajat kristalinitas dan derajat grafitisasi walaupun belum signifikan. Nilai terbaik diperoleh pada perlakuan temperatur *sintering* 1000°C dengan derajat kristalinitas 35,44% dan derajat grafitisasi sekitar 36%.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemenristek-Dikti Indonesia atas dukungan finansial Pendanaan Hibah Penelitian Dasar Kontrak No: 1207/UN6.3.1/PT.00/2021

Daftar Pustaka

1. M. Lempang, W. Syafii dan G. Pari. Struktur Dan Komponen Arang Serta Arang Aktif Tempurung Kemiri, *Jurnal Penelitian Hasil Hutan*, 29(3) (2011), pp. 278–294. Doi: 10.20886/jphh.2011.29.3.278-294.
2. T. Koji. Kemiri (*Aulerites Moluccana*) and Forest Resource Management in Eastern Indonesia, An Eco-Historical Perspective (2002), pp 5-23.
3. K. Kercher and D. C. Nagle, Microstructural Evolution during Charcoal Carbonization by X-Ray Diffraction Analysis, *Carbon*, vol. 41 (2003), pp. 15-27.
4. L. Hsu and H.Teng, Influence of different chemical reagents on the preparation of activated carbons from bituminous coal, *Fuel Processing Technology*, vol. 64 (2000), pp. 155-166.
5. N. Fauziah, Pembuatan Arang Aktif secara Langsung dari Kulit Acacia mangium Wild dengan Aktivasi Fisika dan Aplikasinya sebagai Adsorben, Skripsi. Institut Pertanian Bogor, Bogor (2009).