

DOI: doi.org/10.21009/0305020207

PEMBUATAN DAN KARAKTERISASI SIFAT FISIS ELEKTRODA KARBON DARI BUNGA RUMPUT GAJAH DITINJAU DARI PERBEDAAN UKURAN PARTIKEL

E. Taer^{1,a)}, S. Nurjanah^{1,b)}, Sugianto¹, R. Taslim²

¹Jurusan Fisika, Universitas Riau, Simpang baru, Pekanbaru, 28293

²Jurusan Teknik Industri, Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim, Pekanbaru, 28293

Email: ^{a)}erman_t aer@yahoo.com, ^{b)}Nurjanah_sari@rocketmail.com

Abstrak

Pembuatan dan karakterisasi sifat fisis elektroda karbon dari bunga rumput gajah telah dianalisis dengan memvariasikan ukuran partikel. Pembuatan elektroda karbon dimulai dengan pra-karbonisasi, penggilingan dengan *hard grinder*, penggilingan dengan *ball milling* dan diikuti dengan proses pengayakan. Variasi ukuran partikel yang dipilih <38 μm dilanjutkan penggilingan selama 20 jam (SA), <38 μm (SB), dan 39-52 μm (SC). Semua sampel diaktivasi kimia dengan aktivator NaOH pada konsentrasi 0,4 M. Proses karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C dalam lingkungan gas N₂ dan dilanjutkan dengan proses aktivasi fisika dengan menggunakan gas CO₂ pada suhu 850°C. Parameter fisis seperti massa, diameter dan ketebalan elektroda karbon aktif dikumpulkan pada suatu kondisi (i) sebelum karbonisasi, (ii) setelah karbonisasi dan (iii) setelah aktivasi fisika yang bertujuan untuk mendapatkan besaran densitas. Hasil data densitas masing-masing menunjukkan bahwa sampel SA (i) memiliki nilai densitas sebesar 1,103 g/cm³, (ii) 0,869 g/cm³, (iii) 0,800 g/cm³, SB (i) 1,083 g/cm³, (ii) 0,816 g/cm³, (iii) 0,728 g/cm³ dan SC (i) 1,072 g/cm³, (ii) 0,777 g/cm³ dan (iii) 0,599 g/cm³. Sehingga dapat disimpulkan, ukuran partikel berbanding terbalik dengan densitas. Sebagai tambahan, analisis kristalografi menunjukkan bahwa ukuran partikel berbanding terbalik dengan nilai Lc.

Kata kunci : ukuran partikel, sifat fisis, karbon aktif, bunga rumput gajah

Abstract

Preparation and characterization of physical properties of carbon electrode from flower of elephant grass has been analyzed with variations in particle size. Production of carbon electrodes was begun with pre-carbonization, grinding with hard grinder, grinding with ball milling and followed by sieving process. Variations in particle size selected of <38 μm milling continued during 20 hours, <38 μm (SB), and 39-52 μm (SC). All of the sample have been activated by chemical activating agent with NaOH at a concentration of 0,4 M. Carbonization process was performed at temperatures of 600°C in the gas environment N₂ and followed by physical activation process by using a CO₂ gas at a temperature of 850°C. Physical parameters such as mass, diameter and thickness of activated carbon electrodes was collected at a condition (i) before carbonization, (ii) after carbonization and (iii) after physical activation to found the density characteristic. The results of density data showed that the sample SA of <38 μm has a density value of 1,103 g/cm³, (ii) 0,869 g/cm³, (iii) 0,800 g/cm³, SB (i) 1,083 g/cm³, (ii) 0,816 g/cm³, (iii) 0,728 g/cm³ and SC (i) 1,072 g/cm³, (ii) 0,777 g/cm³ and (iii) 0,599 g/cm³, respectively. As a conclusion, the particle size was varies inversely with the density. As an addition, the crystallographic analysis showed that the particle size is inversely proportional to the Lc value.

Keywords: particle size, physical characteristic, activated carbon, flower of elephant grass

1. Pendahuluan

Elektroda karbon merupakan elektroda yang mempunyai struktur bahan berupa karbon aktif yaitu karbon yang mempunyai porositas tinggi dan luas

permukaan (*surface area*) yang luas. Elektroda karbon berfungsi sebagai tempat penyimpanan energi pada superkapasitor. Elektroda karbon lebih diminati karena perpaduan sifat kimia dan fisika yang menguntungkan, yaitu luas permukaan yang tinggi, tahan terhadap karat,

stabil terhadap suhu dan porositas yang besar sehingga mudah dalam mengadsorpsi ion. Luas permukaan yang tinggi menyebabkan mikropori meningkat (diameter <2 nm) sehingga meningkatkan nilai kapasitansi spesifik pada superkapasitor [1].

Luas permukaan elektroda karbon mempengaruhi kemampuan menyimpan energi pada superkapasitor. Luas permukaan dapat dikaitkan dengan ukuran partikel. Ukuran partikel yang digunakan pada penelitian ini bervariasi yaitu <38 μm dilanjutkan penggilingan selama 20 jam, <38 μm dan 39-52 μm yang bertujuan untuk mendapatkan ukuran partikel yang ideal untuk dijadikan sebagai elektroda karbon serta menentukan pengaruh ukuran partikel terhadap sifat fisis elektroda karbon. Elektroda karbon terbuat dari bunga rumput gajah. Pemilihan bunga rumput gajah sebagai bahan dasar elektroda karbon karena bunga rumput gajah memiliki kandungan karbon sebesar 52% [2], tidak hanya itu rumput gajah mempunyai kadar selulosa sebesar 25%–40%, hemiselulosa 25%–50% serta lignin 10%–30% [3]. Semakin banyak kandungan selulosa, hemilulosa, dan lignin maka karbon aktif yang dihasilkan juga semakin baik [4].

Sifat fisis sangat berperan dalam menentukan kinerja elektroda karbon dalam menyimpan energi. Pengukuran sifat fisis yang dilakukan meliputi pengukuran densitas dan analisa kristalografi yang bertujuan untuk mengetahui struktur kristal berdasarkan analisa pola difraksi seperti parameter kisi dengan memanfaatkan gelombang elektromagnetik sinar-X.

2. Metode Penelitian

2.1 Pembuatan elektroda karbon

Tahap awal penelitian ialah persiapan bunga rumput gajah. Bunga rumput gajah (BRG) dibersihkan lalu dikeringkan dengan menggunakan cahaya matahari kemudian ditimbang sebanyak 30 g dan diprakarbonisasi menggunakan oven pada suhu 250°C. Tahap selanjutnya BRG digiling menggunakan *hard grinder* untuk mendapatkan ukuran dua kali lebih kecil dari ukuran semula, kemudian digiling menggunakan *ball milling* selama 20 jam dengan massa BRG adalah 30 g untuk mendapatkan sampel yang halus. BRG yang telah di *ball milling* menghasilkan serbuk dengan ukuran bervariasi. Serbuk kemudian diayak dengan tujuan untuk mendapatkan serbuk yang lebih halus dan homogen. Serbuk karbon selanjutnya diberi label SA, SB dan SC, dimana SA adalah sampel dengan ukuran partikel < 38 μm dilanjutkan penggilingan selama 20 jam, SB adalah sampel dengan ukuran partikel <38 μm dan SC adalah sampel dengan ukuran partikel 39-52 μm .

Semua variasi sampel kemudian diaktivasi kimia dengan aktivator NaOH pada konsentrasi 0,4 M, setelah diaktivasi kimia sampel dinetralkan lalu dikeringkan.

Sampel yang telah kering ditimbang dengan massa 0,7 g dan dicetak menggunakan *hidraulic press* pada tekanan 8 ton hingga berbentuk pelet. Tahap selanjutnya pengukuran densitas dengan cara mengukur massa, ketebalan dan diameter. Densitas dihitung sebanyak tiga kali yaitu sebelum karbonisasi, setelah karbonisasi dan setelah aktivasi fisika. Tahap selanjutnya pelet dikarbonisasi menggunakan *furnace* pada suhu 600°C dilingkungan gas N₂, setelah dikarbonisasi pelet diaktivasi fisika pada suhu 850°C menggunakan gas CO₂. Pelet yang sudah diaktivasi fisika kemudian dinetralkan dengan air suling hingga pH 7 lalu dikeringkan.

2.2 Pengukuran Densitas

Pengukuran densitas dapat dilakukan dengan mengukur diameter, tebal dan massa elektroda karbon. Densitas dapat dihitung dengan menggunakan persamaan:

$$\rho = \frac{m}{V} \quad (1)$$

dimana: m = massa (g)
V = volume total sampel (cm³)
 ρ = densitas pelet karbon (g/cm³)

2.3 Pengukuran Derajat Kristalografi

Pengukuran derajat kristalografi digunakan untuk mengetahui parameter kisi, seperti jarak antar kisi, tinggi dan lebar lapisan kisi. Alat yang digunakan yaitu Difraktometer Sinar-X Siemens D5000 dengan sumber sinar Cu k- α dan panjang gelombang 1,5418 Å. Sudut difraksi yang digunakan adalah sudut 2 θ pada rentang sudut 0–60°. Analisa Difraksi Sinar-X (XRD) bekerja berdasarkan hukum Bragg dengan persamaan sebagai berikut:

$$n \lambda = 2 d \sin \theta \quad (2)$$

dimana: n = orde difraksi (1,2,3...)
 λ = panjang gelombang sinar-X (Å)
d = jarak antara dua kisi (Å)
 θ = sudut hamburan (°)

Setiap puncak pada pola XRD mewakili satu bidang kristal yang memiliki orientasi tertentu dalam tiga sumbu dimensi. Berdasarkan pola Difraksi Sinar-X dapat diketahui dimensi mikrokristalin yang meliputi tinggi lapisan mikrokristalin (Lc) dan lebar lapisan mikrokristalin (La) dengan menggunakan persamaan Debye-Scherrer [5]:

$$Lc = 0,9 \lambda / \beta \cos \theta_{002} \quad (3)$$

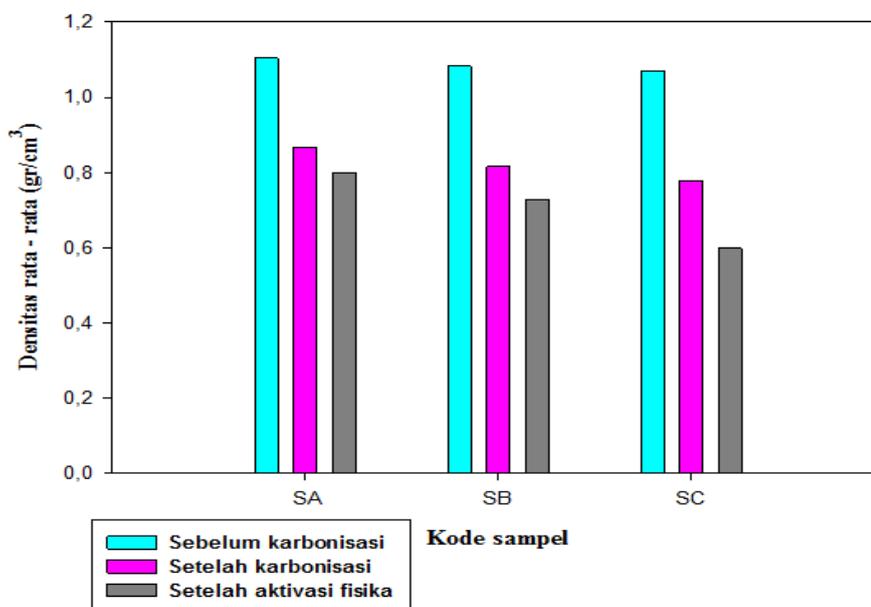
$$La = 1,84 \lambda / \beta \cos \theta_{100} \quad (4)$$

dimana : L_c = tinggi lapisan kisi (\AA)
 L_a = lebar lapisan kisi (\AA)
 λ = panjang gelombang (\AA)

3. Hasil dan Pembahasan

3.1 Hasil Pengukuran Densitas

Grafik hasil densitas rata-rata elektroda karbon dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Densitas rata-rata elektroda karbon

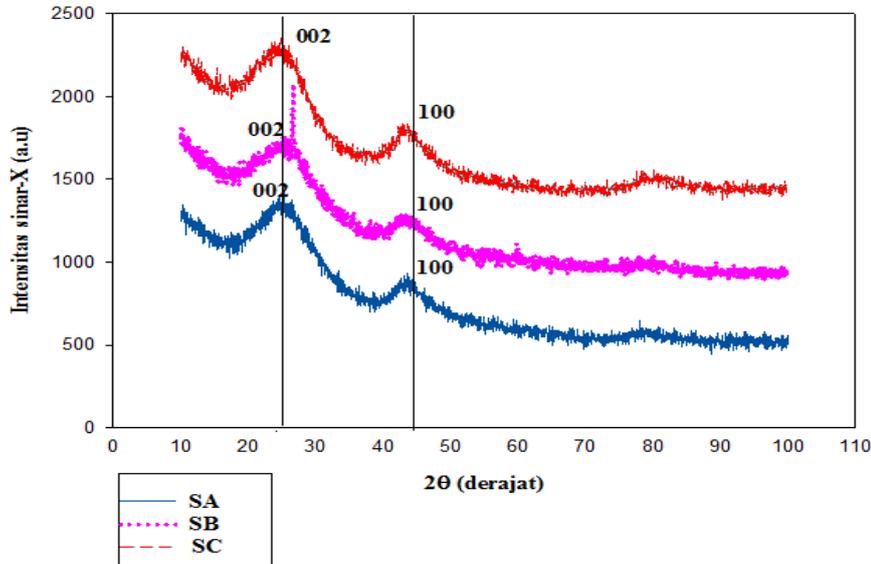
Gambar 1 menunjukkan hubungan antara densitas rata-rata elektroda karbon untuk setiap jenis sampel. Densitas elektroda karbon dengan kode sampel SA, SB dan SC mengalami penurunan yang signifikan setelah karbonisasi. Penurunan terjadi karena pemanasan pada proses karbonisasi yang telah membuang bahan-bahan selain karbon seperti air dan gas yang terdapat pada sampel sehingga menyebabkan pengurangan massa dan densitas elektroda karbon. Densitas setelah aktivasi fisika mengalami sedikit penurunan karena perubahan massa elektroda hanya terjadi akibat hilangnya pengotor yang menutupi pori dan juga disebabkan oleh pemutusan rantai karbon untuk membentuk pori baru [6]. Densitas tertinggi terdapat pada sampel SA dan densitas terendah terdapat pada sampel SC. Densitas suatu elektroda dipengaruhi oleh ukuran suatu partikel, jika ukuran partikel kecil maka elektroda yang terbentuk akan semakin padat, sedangkan jika ukuran partikel besar maka elektroda yang terbentuk akan semakin renggang sehingga berpengaruh pada massa dari elektroda. Gambar 1 juga menunjukkan bahwa nilai densitas berbanding terbalik dengan ukuran partikel. Densitas juga berpengaruh pada porositas suatu elektroda. Semakin rendah nilai densitas suatu elektroda maka akan semakin besar porositas yang terdapat pada elektroda. Analisa densitas menunjukkan bahwa sampel SB memiliki porositas yang lebih besar. Porositas suatu

elektroda akan mempengaruhi prestasi elektroda karbon dalam menyimpan energi.

3.2 Hasil Pengukuran Derajat Kristalografi

Kurva difraksi sinar-X elektroda karbon untuk masing-masing sampel dapat dilihat pada Gambar 2. Gambar 2 menunjukkan data pengukuran XRD dari tiga variasi sampel yang menunjukkan keberadaan dua puncak pada sudut 2θ dalam rentang 10° sampai 100° . Berdasarkan Gambar 2 terlihat bahwa kehadiran puncak amorf berada diantara sudut 2θ yaitu untuk sampel SA dan sampel SC sedangkan sampel SB memiliki dua puncak, yaitu amorf dan kristal. Bentuk amorf dari karbon dapat dilihat pada Gambar 2 untuk masing-masing elektroda yang ditandai oleh kurva dengan puncak yang landai dan sudut yang tumpul sedangkan puncak yang tajam yang terlihat pada sampel SB diindikasikan oleh kehadiran bahan silika (SiO_2) yang ditemukan pada partikel biomassa [7]. Puncak yang landai pada amorf disebabkan oleh struktur dari amorf yang tidak teratur sedangkan puncak yang tajam dari kristal disebabkan oleh struktur kristal yang teratur. Kehadiran puncak kristal biasanya disebabkan oleh proses pembuatan elektroda karbon dan pencucian yang kurang bersih. Puncak-puncak pada kurva mewakili orientasi bidang kristal dimana pada Gambar 2 dapat

dilihat elektroda karbon memiliki puncak (002) dan (100).



Gambar 2. Kurva XRD untuk masing-masing sampel

Hasil pengolahan data menggunakan *software Microcal Origin 3.5* menunjukkan besar sudut 2θ untuk puncak difraksi (002) dan (100), lebar puncak yang kemudian diolah untuk mengetahui d_{hkl} , L_a dan L_c dari

struktur karbon. Hasil pengolahan data XRD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Data parameter kisi karbon aktif bunga rumput gajah

No	Kode sampel	$2\theta(002)$	$2\theta(100)$	$d(002)$ (Å)	$d(100)$ (Å)	L_c (Å)	L_a (Å)	L_c/L_a
1	SA	25,381	45,388	3,506	1,996	11,985	13,499	0,888
2	SB	25,707	44,457	3,463	2,037	11,602	14,972	0,775
3	SC	24,818	44,649	3,584	2,028	11,241	19,829	0,567

Unsur karbon umumnya terdeteksi pada sudut difraksi (2θ) sebesar 24° untuk bidang hkl (002) dan 44° untuk bidang hkl (100). Berdasarkan data pada Tabel 1 sudut 2θ untuk sampel SA pada sudut $25,381^\circ$ dan $45,388^\circ$, sampel SB pada sudut $25,707^\circ$ dan $44,457^\circ$ dan sampel SC pada sudut $24,818^\circ$ dan $44,649^\circ$. Sudut-sudut tersebut menggambarkan posisi puncak yang sesuai dengan bidang (002) dan (001) pada struktur karbon [7]. Sudut 2θ dan nilai β (width) yang dihasilkan dari fitting dapat menentukan nilai L_a dan L_c . Nilai L_c pada Tabel 1 dapat dijadikan rujukan untuk menganalisa luas permukaan sampel. Nilai L_a yang diperoleh pada elektroda SC lebih besar dari pada nilai L_a pada elektroda SA dan SB, sedangkan nilai L_c pada elektroda SC lebih kecil dari pada nilai L_c pada

elektroda SA dan SB, ini menunjukkan bahwa L_c berbanding terbalik dengan L_a . Penurunan nilai L_c dipengaruhi oleh ukuran partikel yang digunakan, seiring meningkatnya ukuran partikel maka lebar timbunan mikrokristalin semakin besar sedangkan untuk tinggi timbunan mikrokristalin berkurang sehingga luas permukaan yang dihasilkan akan semakin besar hal ini didukung dengan teori yang menyatakan $S = 2/\rho L_c$ artinya nilai L_c yang kecil menghasilkan luas permukaan yang besar [8].

Berdasarkan analisa densitas dan sifat kiralinitas dapat dibuat suatu penegasan hubungan densitas, kristalinitas dengan luas permukaan. Analisa densitas menunjukkan bahwa sampel SC mempunyai nilai densitas yang paling rendah, berarti sampel SC

memiliki porositas terbesar dan diharapkan sampel ini mempunyai luas permukaan tinggi. Analisa kristalinitas menunjukkan sampel SC mempunyai nilai L_c terkecil dan secara teori diprediksi sampel ini mempunyai luas permukaan terbesar. Akhirnya dapat dilihat hubungan yang konsisten antara densitas dan derajat kristalinitas

4. Simpulan

Pembuatan elektroda karbon dari bunga rumput gajah telah berhasil dilakukan dengan variasi ukuran partikel yang berbeda. Analisa densitas menyatakan bahwa sampel SC memiliki nilai densitas yang rendah ini berarti bahwa sampel SC memiliki porositas yang lebih tinggi. Pengukuran XRD menunjukkan bahwa partikel elektroda karbon dari bunga rumput gajah bersifat amorf dengan sudut 2θ berada pada rentang $24,818^\circ - 45,388^\circ$ yang menunjukkan keberadaan puncak (002) dan (100). Analisa kristalinitas menunjukkan bahwa sampel SC mempunyai nilai L_c yang kecil artinya sampel SC diharapkan memiliki nilai luas permukaan yang besar sehingga sampel SC ideal untuk dijadikan elektroda pada sel superkapasitor.

Ucapan Terimakasih

Penulis mengucapkan mengucapkan terima kasih kepada penyokong dana penelitian yaitu Proyek HIKOM tahun 2016 yang diberikan kepada Peneliti utama Dr. Erman Taer, M.Si.

yang menyatakan sampel SC mempunyai sifat pori terbaik. Sebagai penutup analisa ini, diharapkan sampel SC mempunyai sifat fisis terbaik yang mendukung sifat elektrokimia yang baik jika digunakan sebagai elektroda pada sel superkapasitor.

Daftar Acuan

- [1] A. M.Namisnyk, A survey of electrochemical supercapacitrs technology, Faculty of Engineering, University of Technology, Sydney. (2003), pp. 12 -14.
- [2] E. Taer, H. Halim, R. Farma, R. Taslim, Karakterisasi partikel pra-karbon dari bunga rumput gajah (*Pennisetum polystachyon*) dengan campuran surfaktan anionik sodium dodesil sulfat sebagai bahan dasar superkapasitor. Prosiding Seminar Nasional Fisika UNJ IV (2015), pp. 67-70.
- [3] W. I. Lestari, pengambilan lignin dari batang rumput gajah dengan proses ekstraksi, Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Pembangunan Nasional "Veteran" Jawa Timur, (2012),p.2
- [4] Y. Takeuchi, Pengantar Kimia. Tokyo, Iwanami Publishing Company (2006).
- [5] B. D. Cullity, Elements of X-Rays Diffraction, Amazon, Prentice Hall (2001).
- [6] H. Nurdiansah dan D. Susanti, Pengaruh variasi temperatur karbonisasi dan temperatur aktivasi fisika dari elektroda karbon aktif tempurung kelapa dan tempurung kluwak terhadap nilai kapasitansi electric double layer capacitor J. Teknik Pomits (EDLC) 2 (2013), pp. 13-18.
- [7] E. Taer, M. Deraman, I. A. Thalib, A. Awitdrus, S. A. Hasmi, A. A. Umar, preparation of a highly porous binderless activated carbon monolith from rubber wood sawdust by a multi-step activation process for application in supercapacitors. Int. Journal Electrochem. Sci 6 (2011), pp. 3301 – 3315.
- [8] K. Kumar, R.K. Saxena, R.D. Kothari, K. Suri, N.K. Kaushik, and J.N. Bohra, Correlation between adsorption and x-ray diffraction studies on viscose rayon based activated carbon cloth, Carbon 35(12) (1997), pp. 1842-1844.

