

Fabrication of carbon electrodes from young coconut fiber by varying the carbonization temperature as a supercapacitor application

Sri Ulina Karo Sekali, Awitdrus*

Department of Physics, Universitas Riau, Pekanbaru 28293, Indonesia

*Corresponding author: awitdrus@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

Supercapacitors are electrochemical energy storage devices that can provide a higher energy density than conventional dielectric capacitors. The most important component of a supercapacitor cell is the electrodes. In this study, the supercapacitor cell electrodes used are based on young coconut fiber with carbonization temperature variations of 500°C, 600°C, and 700°C. The pre-carbonization process is operated using a temperature of 200°C for 90 minutes, chemical activation using an activating agent $ZnCl_2$ 0.5 M, carbonization using N_2 gas at various temperatures, and physical activation using CO_2 gas at 800°C. The highest density value is the CNL-600 sample with a density loss percentage value of 50.96%. Analysis of electrochemical properties showed that samples with a carbonization temperature of 600°C had the highest specific capacitance values, namely 190.3 F/g using method of the cyclic voltammetry. This shows that the best sample is the sample with a carbonization temperature of 600°C.

Keywords: Carbon electrode; carbonization temperature; supercapacitor; young coconut fiber

Received 21-07-2023 | Revised 07-12-2023 | Accepted 08-12-2023 | Published 31-03-2024

PENDAHULUAN

Bahan Energi adalah salah satu kebutuhan dasar untuk menopang peradaban dunia, sehingga pasokannya harus aman dan berlimpah. Energi sangat penting untuk kehidupan sehari-hari, kesehatan manusia, komunikasi dan kemajuan teknologi. Pada tahun 2010, bahan bakar fosil menyediakan sekitar 80% dari semua energi primer diseluruh dunia [1]. Perangkat penyimpanan energi elektrokimia seperti baterai dan superkapasitor akan memainkan peran penting dalam bidang ini [2]. Superkapasitor atau sering disebut sebagai kapasitor elektrokimia lapis ganda merupakan piranti penyimpan energi yang terdiri dari elektroda, elektrolit, pengumpul arus, dan pemisah atau separator. Elektroda dan elektrolit dianggap sebagai komponen aktif, sedangkan pemisah dan pengumpul arus adalah komponen pasif superkapasitor [3]. Superkapasitor adalah perangkat penyimpanan energi elektrokimia yang dapat memberikan kepadatan daya yang lebih tinggi dan kepadatan energi yang lebih tinggi daripada kapasitor

dielektrik konvensional [4]. Kandungan yang terdapat dalam sabut kelapa yaitu selulosa 37,9%, hemiselulosa 15,5%, dan lignin 33,5%. Sabut kelapa pada umumnya dipakai untuk keperluan berkebun, namun karena memiliki kandungan karbon yang tinggi, sabut kelapa baik dimanfaatkan sebagai prekursor untuk elektroda karbon superkapasitor [5].

Komponen-komponen yang terdapat pada superkapasitor merupakan faktor penting yang dapat mempengaruhi kinerja perangkat penyimpanan superkapasitor secara keseluruhan. Bahan karbon berpori sebagai elektroda memiliki konduktivitas listrik yang tinggi dan luas permukaannya yang besar [6]. Ada dua perlakuan aktivasi dalam pembuatan karbon aktif yaitu aktivasi kimia dan juga aktivasi fisika. Aktivasi kimia digunakan untuk membersihkan pori dari karbon dengan bahan kimia yang disebut aktivator. Aktivator pada penelitian serabut kelapa muda menggunakan aktivator $ZnCl_2$ (*zinc chloride*) yang digunakan untuk mengaktifkan zat kimia saat membuat elektroda karbon aktif [7]. Karbonisasi adalah proses pembakaran sampel yang dengan

temperatur yang relatif tinggi dengan dialiri gas N₂ guna untuk membuka pori-pori karbon. Suhu dari aktivasi fisika dapat mempengaruhi keadaan suatu karbon yang dihasilkan. Semakin tinggi temperatur aktivasi fisika maka semakin murni pula karbon yang didapat dan juga semakin tinggi jumlah ikatan organik yang terlepas [8].

METODE PENELITIAN

Biomassa yang digunakan pada penelitian ini adalah serabut kelapa muda (*young cocofiber*). Biomassa serabut kelapa muda diperoleh dari Desa Bukit Kesuma, Kecamatan Pangkalan Kuras, Kabupaten Pelalawan, Provinsi Riau. Tahap pertama yaitu memisahkan serabut kelapa dengan gabus hingga seperti benang, kemudian dilakukan proses penjemuran sampel dibawah sinar matahari langsung. Tahap selanjutnya yaitu proses pra-karbonisasi dengan suhu 200°C selama 90 menit. Sampel tersebut dihaluskan menggunakan mortal dan alu, kemudian sampel yang sudah halus akan diayak. Tahap selanjutnya dilakukan proses aktivasi kimia menggunakan agen pengaktif kimia yaitu ZnCl₂ 0,5 M. Setelah itu dilakukan proses karbonisasi dan aktivasi fisika menggunakan gas N₂ dan CO₂. Proses karbonisasi dilakukan pada variasi suhu 500°C, 600°C, dan 700°C. Kemudian proses aktivasi fisika dilakukan pada suhu 800°C yang ditahan selama 1 jam. Setelah itu, elektroda karbon direndam dalam aquades hingga pH mencapai 7 dan dikeringkan. Tahap selanjutnya yaitu pemolesan sampel hingga memiliki diameter sebesar 7 – 8 mm dan ketebalan sebesar 0,2 – 0,3 mm, kemudian direndam elektrolit H₂SO₄ 1 M.

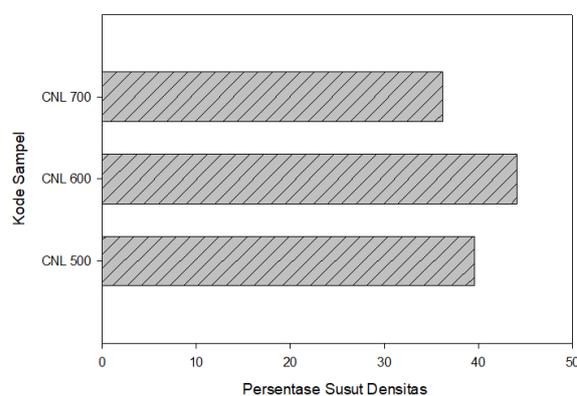
HASIL DAN PEMBAHASAN

Penyusutan Densitas

Pengukuran densitas dilakukan dengan mengukur massa, diameter dan ketebalan dari elektroda karbon sebelum dan sesudah proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Serbuk karbon

yang sudah dicetak menjadi pelet diukur diameter dan ketebalan memakai jangka sorong dan massa pelet ditimbang menggunakan timbangan digital, kemudian dapat dihitung nilai densitasnya. Nilai kapasitansi dari superkapasitor dapat dipengaruhi oleh nilai dari densitas. Nilai densitas berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi spesifik dari elektroda sel superkapasitor. Persamaan yang digunakan untuk menghitung densitas yaitu:

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



Gambar 1. Persentase susut densitas elektroda karbon.

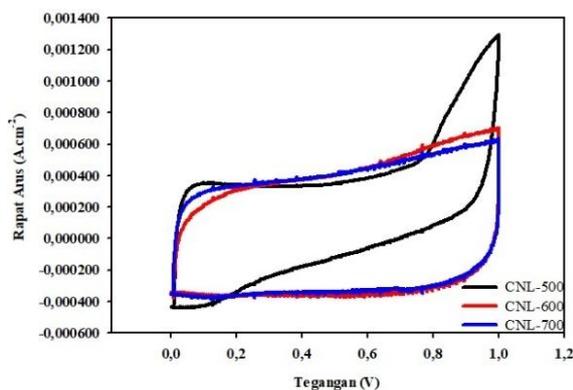
Gambar 1 memperlihatkan persentase penyusutan densitas elektroda karbon CNL-500, CNL-600, dan CNL-700 setelah mengalami proses karbonisasi dan aktivasi fisika yang besarnya masing-masing 39,58%, 46,53%, dan 36,17%. Persentase susut densitas tertinggi yaitu pada suhu 600°C disebabkan pada suhu tersebut ikatan antara unsur oksigen (O₂), hidrogen (H), dan karbon menjadi lemah. Ikatan yang lemah membuat gas nitrogen (N₂) akan mudah mereduksi unsur oksigen dan hidrogen terpisah dari karbon [9].

Siklik Voltametri (*Cyclic Voltammetry*, CV)

Pengujian CV ini bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor dari elektroda karbon berbasis serabut kelapa muda. Laju pemindaian yang digunakan adalah 1 mV/s, 2 mV/s, dan 5 mV/s dengan tegangan sebesar 1 V. Kurva yang

dihasilkan dari pengujian CV menampilkan hubungan antara tegangan (V) terhadap rapat arus (A/cm^2). Arus yang dihasilkan yaitu arus *charge* dan *discharge*, di mana arus *charge* yaitu ketika elektroda superkapasitor mengalami pengisian muatan yang ditandai oleh daerah yang ada pada bagian atas kurva. Sedangkan, arus *discharge* yaitu ketika elektroda superkapasitor mengalami pengosongan muatan yang ditandai oleh daerah yang ada pada bagian bawah kurva. Persamaan yang digunakan untuk menghitung kapasitansi spesifik dari elektroda karbon [10]:

$$C_{sp} = \frac{I_c - I_d}{s \cdot m} \quad (2)$$



Gambar 2. Kurva CV dengan laju pemindaian 1 mV/s untuk semua sampel.

Gambar 2 menunjukkan kurva hasil pengujian CV dengan laju pemindaian 1 mV/s pada sampel CNL-500, CNL-600, dan CNL-700. Siklus berulang dengan bentuk melengkung mendekati bentuk persegi panjang menunjukkan sifat ideal superkapasitor elektrokimia lapis ganda listrik berbasis biomassa. Laju pemindaian yang dipilih yaitu 1 mV/s dikarenakan untuk mempermudah ion berdifusi merata ke permukaan elektroda karbon dan difusi yang sempurna mengisi pori-pori pada elektroda karbon. Proses pengisian elektroda superkapasitor menggunakan tegangan yang dinaikkan dari 0 – 1 V, sedangkan proses pengosongan menggunakan tegangan yang diturunkan hingga 0 V. Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa CNL-700 memiliki luas kurva CV paling kecil

dan CNL-600 memiliki kurva CV paling besar. Hal tersebut menunjukkan bahwa sampel CNL-600 memiliki nilai kapasitansi paling tinggi yaitu sebesar 169,17 F/g. dan CNL-700 memiliki nilai kapasitansi terkecil yaitu sebesar 113,30 F/g.

Pada Gambar 2 dapat dilihat bahwa CNL-500 pada daerah tegangan sekitar 0,8 – 1 V terjadi peningkatan rapat arus yang signifikan yang menyebabkan semakin sedikit ion elektrolit yang dapat menempati ruang pada elektroda karbon aktif, hal tersebut dapat mengakibatkan penurunan penyimpanan muatan atau kapasitansi spesifik.

Tabel 1. Nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor serabut kelapa muda.

Kode Sampel	C_{sp}
CNL-500	134,40
CNL-600	169,17
CNL-700	113,30

Tabel 1 menunjukkan sampel CNL-600 memiliki nilai kapasitansi tertinggi yaitu 169,17 F/g. Hal tersebut dikarenakan semakin tinggi suhu karbonisasi maka akan semakin besar susut massa elektroda karbon setelah terjadi proses pirolisis. Pengaruh agen pengaktif $ZnCl_2$ dengan suhu karbonisasi mencapai $600^\circ C$ dapat menghasilkan elektroda karbon aktif yang dominan pori berukuran mikro dan meso yang dapat meningkatkan kinerja dari superkapasitor dan menaikkan nilai kapasitansi spesifik dari elektroda karbon superkapasitor [11].

KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon aktif berbasis biomassa serabut kelapa muda telah dilakukan. Berdasarkan data hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa suhu karbonisasi $600^\circ C$ merupakan suhu optimal dalam proses fabrikasi elektroda karbon aktif berbasis serabut kelapa muda sebagai aplikasi superkapasitor, dengan persentase susut densitas tertinggi yaitu sebesar 46,53% dan nilai kapasitansi spesifik tertinggi yaitu sebesar 169,17 F/g.

REFERENSI

1. Halkos, G. E. & Gkampoura, E. C. (2020). Reviewing usage, potentials, and limitations of renewable energy sources. *Energies*, **13**(11), 2906.
2. Abas, N., Kalair, A., & Khan, N. (2015). Review of fossil fuels and future energy technologies. *Futures*, **69**, 31–49.
3. Samantara, A. K., Ratha, S., Samantara, A. K., & Ratha, S. (2018). Materials development for active/passive components of a supercapacitor: Background, present status and future perspective. *Springer Briefs in Materials*, 11–39.
4. Kuzmenko, V., Bhaskar, A., Staaf, H., Lundgren, P., & Enoksson, P. (2015). Sustainable supercapacitor components from cellulose. *2015 IEEE International Conference on Automation Science and Engineering*, 456–458.
5. Kondo, Y. & Arsyad, M. (2018). Analisis kandungan lignin, sellulosa, dan hemisellulosa serat sabut kelapa akibat perlakuan alkali. *INTEK: Jurnal Penelitian*, **5**(2), 94–97.
6. Zhang, L. L., Zhou, R., & Zhao, X. S. (2010). Graphene-based materials as supercapacitor electrodes. *Journal of Materials Chemistry*, **20**(29), 5983–5992.
7. Hsu, L. Y. & Teng, H. (2000). Influence of different chemical reagents on the preparation of activated carbons from bituminous coal. *Fuel Processing Technology*, **64**(1-3), 155–166.
8. Taer, E., Taslim, R., Aini, Z., Hartati, S. D., & Mustika, W. S. (2017). Activated carbon electrode from banana-peel waste for supercapacitor applications. *AIP Conference Proceedings*, **1801**(1).
9. Apriyani, I. & Farma, R. (2021). Pembuatan elektroda karbon aktif dari tandan kosong buah aren dengan variasi suhu karbonisasi. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **18**(1), 58–63.
10. Awitdrus, A., Suwandi, D. A., Agustino, A., Taer, E., & Farma, R. (2021). The production of supercapacitor carbon electrodes based on sugar palm fronds using chemical and physical activation combination. *Journal of Aceh Physics Society*, **10**(3), 66–69.
11. Yorgun, S., Vural, N., & Demiral, H. (2009). Preparation of high-surface area activated carbons from Paulownia wood by $ZnCl_2$ activation. *Microporous and Mesoporous Materials*, **122**(1-3), 189–194.



Artikel ini menggunakan lisensi
[Creative Commons Attribution
4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)