

PEMBUATAN ELEKTRODA KARBON DARI BIOMASSA SABUT KELAPA MUDA DENGAN AKTIVATOR KOH SEBAGAI APLIKASI SEL SUPERKAPASITOR

Zurya Hanifa, Awitdrus*

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

*E-mail korespondensi: awitdrus@lecturer.unri.ac.id

ABSTRACT

The supercapacitor is a storage device consisting of carbon electrodes, separator, electrolyte, and current collector. Carbon electrodes made from young coconut coir biomass with a mass ratio of 1:0.20 KOH activator have been successfully fabricated with a carbonization temperature of 550 °C and a physical activation temperature of 750 °C. Characterization of physical properties by measuring the density value showed that before and after pyrolysis decreased due to KOH activating agent. Furthermore, the electrochemical characterization using the voltammetry cyclic method showed the specific capacitance value to the scanning rate, where the highest specific capacitance value was 163.14 F/g with a scanning rate of 1 mV/s.

Keywords: Young Coconut Husk, Carbon Electrode, Supercapacitor, Mass Ratio of KOH Activator.

ABSTRAK

Superkapasitor merupakan piranti penyimpanan yang terdiri dari elektroda karbon, separator, elektrolit dan pengumpul arus. Elektroda karbon terbuat dari biomassa sabut kelapa muda dengan rasio massa aktivator KOH 1:0,20 telah berhasil dibuat dengan suhu karbonisasi 550 °C dan suhu aktivasi fisika 750 °C. Karakterisasi sifat fisis dengan pengukuran nilai densitas memperlihatkan sebelum dan setelah pirolisis mengalami penurunan yang disebabkan agen pengaktif KOH. Selanjutnya karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan metode siklis voltametri memperlihatkan nilai kapasitansi spesifik terhadap laju pemindaian, dimana nilai kapasitansi spesifik tertinggi yaitu 163,14 F/g dengan laju pemindaian 1 mV/s.

Kata kunci: Sabut Kelapa Muda, Elektroda Karbon, Superkapasitor, Rasio Massa Aktivator KOH.

Diterima 10-12-2021 | Disetujui 07-01-2022 | Dipublikasi 31-03-2022

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara yang terpapar COVID-19 hal ini membuat pemerintah Indonesia menerapkan sistem *work from home* yang mengakibatkan kenaikan pemakaian energi listrik mencapai 13% - 20% perbulan sedangkan ketersediaan energi setiap tahunnya semakin menipis seiring meningkatnya pertumbuhan penduduk, hal ini perlu diatasi jika tidak Indonesia akan mengalami krisis energi apabila berlangsung secara terus menerus [1]. Permasalahan ini dapat diminimalisir dengan cara menggunakan

alternatif lain untuk menghemat energi seperti energi baru terbarukan. Superkapasitor merupakan piranti penyimpanan energi terdiri dari elektrodayang terbuat dari biomassa, elektrolit, saporator dan pengumpul arus yang memiliki kapasitansi yang tinggi dari kapasitor konvensional lainnya [2]. Biomassa merupakan salah satu sumber energi yang berasal dari makhluk hidup [1]. Sabut kelapa muda adalah biomassa yang belum dimanfaatkan secara maksimal karena teksturnya yang masih keras dan banyak mengandung air, pembuatan elektroda karbon dari sabut kelapa merupakan

alternatif untuk mengurangi limbah biomassa sabut kelapa muda .

Adapun proses pembuatan karbon aktif yaitu pra-karbonisasi, karbonisasi dan aktivasi. Pada proses aktivasi kimia, aktivator sangat berperan penting sebagai zat pengaktif elektroda superkapasitor. Selain sebagai zat pengaktif, aktivator berfungsi untuk memperluas permukaan karbon sehingga memiliki daya serap yang besar [3]. Aktivator-agen pengaktif yang bisa digunakan adalah KOH, ZnCl₂, H₂SO₄, NaOH dan H₃PO₄, namun aktivator-agen pengaktif yang sering digunakan adalah KOH karena mampu menghasilkan karbon aktif dengan luas permukaan sebesar 3000 m²/g [4], yang dapat mempengaruhi nilai kapasitansi spesifik elektroda karbon.

Kelapa (*cocos nucifera*) merupakan tanaman yang banyak ditemui di Indonesia, luas perkebunan kelapa di Indonesia mencapai 3.548.883 ha dengan produksi 2.887.961 ton/tahun [5]. Komposisi kelapa terdiri dari 75% serat dan 25% gabus yang menghubungkan serat satu dengan lainnya [6].

Tabel 1. Komposisi kimia sabut kelapa [7].

Komponen	Persentase(%)
Abu	26
Pektin	14,25
Hemiselulosa	8,50
Selulosa	21,07
Lignin	29,23

Superkapasitor atau dikenal juga dengan *electrochemical double layercapacitors* merupakan kapasitor elektrokimia dengan kepadatan energi yang lebih tinggi dibandingkan kapasitor konvensional. Superkapasitor memiliki keunggulan masa pakai yang lebih lama daripada kapasitor biasa, waktu pengisian energi lebih cepat, prinsip dan model sederhana, kapasitas penyimpanan energi lebih besar, rapat daya dan energi tinggi, serta penggunaan yang aman [8].

Penelitian ini difokuskan pada pemanfaatan limbah sabut kelapa muda sebagai bahan dasar pembuatan karbon aktif untuk material elektroda superkapasitor dengan perbandingan

massa aktivator KOH 1:0,20 dengan suhu aktivasi fisika 750 °C dan suhu karbonisasi 550 °C untuk menentukan nilai kapasitansi spesifik terbaik sebagai elektroda superkapasitor. Penelitian ini diharapkan menjadi nilai tambah terhadap pemanfaatan limbah sabut kelapa mudadengan mengkonversi limbah tersebut menjadi elektroda superkapasitor.

METODE PENELITIAN

Biomassa sabut kelapa muda diperoleh dari penjual es kelapa muda di Provinsi Riau. Sabut kelapa muda dipisahkan dari cangkangnya kemudian dikeringkan dibawah sinar matahari selama kurang lebih 3 hari lalu tahap selanjutnya pra-karbonisasi menggunakan oven dengan suhu 100 °C - 250 °C, kemudian di-*balmilling* dan diayak menggunakan ayakan 53 µm. Aktivasi kimia menggunakan agen pengaktif KOH dengan perbandingan rasio massa aktivator 1: 0,20 dengan massa karbon sebanyak 20 gram. Sampel dicetak menggunakan *hydraulic press* dengan tekanan 7 ton. Karbonisasi menggunakan gas N₂ pada suhu 550 °C dan aktivasi fisika menggunakan gas CO₂ pada suhu 750 °C. Elektroda karbon dinetralkan dengan PH = 7 dan dikeringkan pada suhu 100 °C. Elektroda dipoles dengan ketebalan 0,2 - 0,3 mm dan berdiameter 7 - 8 mm selanjutnya direndam dengan H₂SO₄ 1M.

Karakterisasi Sel Superkapasitor

Analisa pengukuran densitas dilakukan setelah pencetakan pelet dan aktivasi fisika untuk mengetahui rapat massa dari sampel dengan pengukuran massa, volume dan ketebalan dimana hasil pengukuran ini dihitung dengan rumus standar [9].

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

Sifat elektrokimia diukur menggunakan *cyclic voltammetry* (CV) dengan memasang dua elektroda yang telah di rendam elektrolit H₂SO₄ 1M dan dipisahkan oleh separator

berupa masker bermerek sensi. Metode ini dilakukan dengan *Physics CV UR Rad-far 5841* dengan laju pemindaian 1 - 5 mV pada potensial 0 - 1 V. Hasil dari pengukuran CV berupa kurva *charge-discharge* antara rapat arus (A/cm^2) dengan tegangan V . Kapasitansi spesifik dihitung menggunakan persamaan standar [10]:

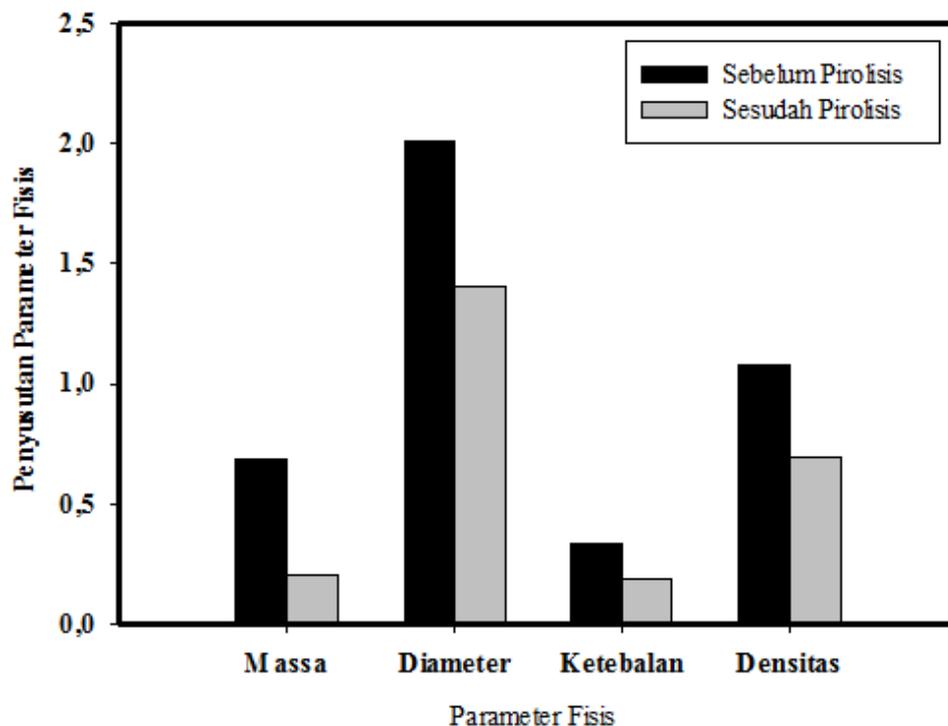
$$C_{sp} = \frac{2(I_c - I_d) / 2}{s \times m} \quad (2)$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Densitas

Pengukuran densitas dilakukan sebelum dan sesudah karbonisasi aktivasi dengan pengukuran ketebalan, diameter dan massa pelet karbon. Proses karbonisasi, aktivasi kimia

dan aktivasi fisika berpengaruh pada besarnya nilai densitas dan nilai kapasitansi spesifik elektroda karbon. Aktivasi kimia bereaksi langsung dengan serbuk karbon dan aktivasi fisika bereaksi dengan permukaan karbon [11]. Gambar 1 memperlihatkan nilai massa, diameter, ketebalan dan densitas mengalami penurunan sebelum dan sesudah karbonisasi-aktivasi, hal ini disebabkan oleh proses karbonisasi aktivasi berfungsi untuk menghilangkan unsur lain selain karbon. Penurunan densitas diakibatkan karena terjadinya reaksi H_2O dengan karbon sehingga terjadi pemutusan rantai karbon yang membentuk pori baru pada elektroda karbon [12]. Pori-pori ini menentukan luas permukaan karbon yang disebabkan partikel-partikel karbon yang terpecah menjadi bagian yang lebih kecil [13].

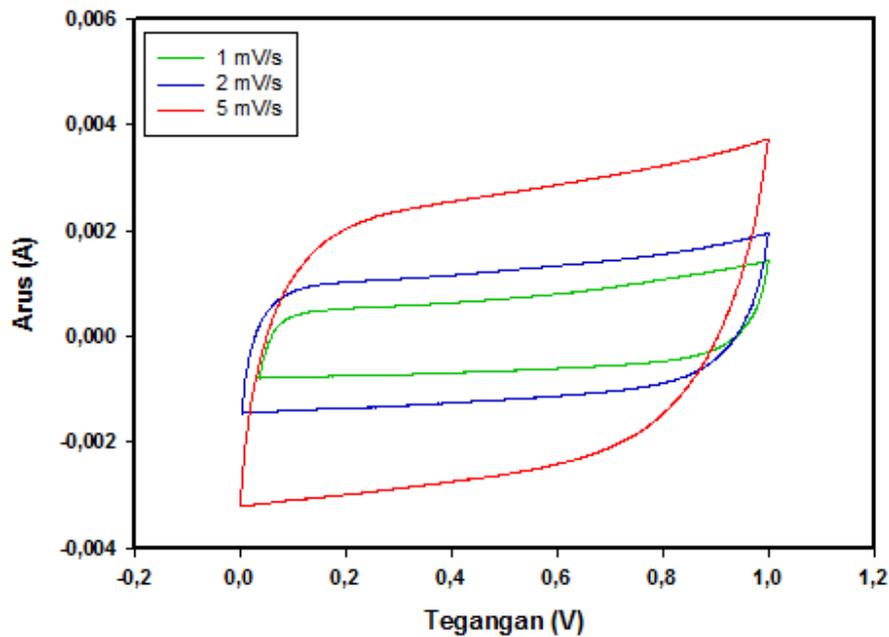


Gambar 1. Nilai densitas elektroda karbon.

Analisis Sifat Elektrokimia

Analisa sifat elektrokimia menggunakan metode CV untuk menentukan nilai kapasitansi spesifik elektroda biomassa sabut kelapa muda, dimana laju pemindaian yang digunakan adalah 1 mV/s, 2 mV/s dan 5 mV/s dengan tegangan 0

- 1 V. Gambar 2 menunjukkan kurva CV untuk laju pemindaian 1 mV/s dengan hubungan rapat arus dan tegangan. Kurva CV yang terbentuk seperti segi empat ini umum dari pada pemanfaatan karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor.



Gambar 2. Kurva hasil CV dengan laju pemindaian 1 mV/s, 2 mV/s dan 5 mV/s.

Gambar 2 menunjukkan luas kurva yang terbentuk di pengaruhi oleh arus *charge-discharge* yang masuk kedalam pori melalui ion-ion, arus charge yaitu arus yang masuk saat ion-ion mengalami proses pengisian ditandai dengan kurva bagian atas, sedangkan arus *discharge* ditandai dengan kurva bagian bawah saat ion-ion mengalami proses pengosongan. Proses *charge-discharge* mempengaruhi luas kurva, semakin besar arus *charge-discharge* maka semakin besar pula luas kurva. Hubungan luas kurva terhadap nilai kapasitansi spesifik elektroda, semakin besar luas kurva maka semakin tinggi nilai kapasitansi spesifiknya.

Tabel 2. Nilai kapasitansi spesifik.

Laju Pemindaian (mV/s)	Kapasitansi Spesifik (F/g)
1	163,14
2	146,39
5	127,17

Tabel 2 menunjukkan bahwa laju pemindaian berpengaruh terhadap nilai kapasitansi spesifik dan luas kurva pada elektroda karbon, semakin meningkat laju pemindaian maka nilai kapasitansi spesifik elektroda karbon semakin menurun, hal ini dipengaruhi oleh luas permukaan, ukuran pori dan kombinasi mikro dan mesopori [14, 15].

Peningkatan laju pemindaian akan menurunkan nilai kapasitansi spesifik, hal ini disebabkan karena difusi ion yang lebih sedikit sehingga konduktivitas listrik semakin menurun. Untuk laju pemindaian 1 mV/s membutuhkan waktu 1000 detik agar ion-ion terdifusi sempurna kedalam elektroda karbon dan menghasilkan kombinasi pori mikro dan mesopori, hal ini yang membuat nilai kapasitansi semakin tinggi [16]. Sebaliknya jika laju pemindaian diperbesar maka waktu yang dibutuhkan ion-ion terdifusi kedalam elektroda karbon semakin cepat sehingga ion-ion tidak tersimpan secara sempurna pada pori elektroda karbon yang mengakibatkan nilai kapasitansi spesifik semakin berkurang.

Aktivator KOH berfungsi untuk memecah zat pengotor melalui reaksi karbonisasi-aktivasi, proses karbonisasi-aktivasi menyebabkan KOH menguap sehingga terjadi pembentukan pori-pori pada elektroda karbon, pembentukan pori-pori ini memperluas permukaan karbon [17]. Semakin luas permukaan karbon, semakin banyak pori-pori yang terbentuk pada elektroda karbon maka semakin mudah ion-ion mengalami difusi dan semakin tinggi pula nilai kapasitansi spesifiknya.

KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon berbahan dasar sabut kelapa muda menggunakan agen pengaktif KOH dengan rasio massa 1:0,20 telah dilakukan. Karakterisasi sifat fisis dengan pengukuran densitas menunjukkan bahwa nilai densitas sebelum dan sesudah pirolisis menyebabkan penurunan. Karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan CV dengan menggunakan elektrolit H_2SO_4 1M menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang berbeda, semakin besar laju pemindaian maka nilai kapasitansi spesifik semakin kecil. Kapasitansi spesifik tertinggi berada pada *scanrate* 1mV/s yaitu 163,14 F/g. Kapasitansi spesifik dipengaruhi oleh rasio massa KOH yang berfungsi sebagai memperluas permukaan dimana semakin luas permukaan nilai kapasitansi spesifik semakin tinggi dan semakin banyak pori yang terbentuk.

REFERENSI

1. Parinduri, L., & Parinduri, T. (2020). Konversi biomassa sebagai sumber energi terbarukan. *JET (Journal of Electrical Technology)*, **5**(2), 88–92.
2. Borghei, S. A., Zare, M. H., Ahmadi, M., Sadeghi, M. H., Marjani, A., Shirazian, S., & Ghadiri, M. (2021). Synthesis of multi-application activated carbon from oak seeds by KOH activation for methylene blue adsorption and electrochemical supercapacitor electrode. *Arabian Journal of Chemistry*, **14**(2), 102958.
3. Heidarinejad, Z., Dehghani, M. H., Heidari, M., Javedan, G., Ali, I., & Sillanpää, M. (2020). Methods for preparation and activation of activated carbon: a review. *Environmental Chemistry Letters*, **18**(2), 393–415.
4. Teng, H., & Hsu, L. Y. (1999). High-porosity carbons prepared from bituminous coal with potassium hydroxide activation. *Industrial & engineering chemistry research*, **38**(8), 2947–2953.
5. Muzaki, M. D. R., Sunarso, S., & Setiadi, A. (2020). Analisis potensi sabut kelapa serta strategi penggunaannya sebagai bahan baku pakan ternak ruminansia. *Livestock and Animal Research*, **18**(3), 274–288.
6. Carrijo, O. A., Liz, R. S. D., & Makishima, N. (2002). Fiber of green coconut shell as an agricultural substrate. *Horticultura brasileira*, **20**, 533–535.
7. Tyas, S. I. S. (2000). Studi netralisasi limbah serbuk sabut kelapa (Cocopeat) sebagai media tanam. Tesis Ilmu Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.
8. Lystianingrum, V., Irawan, A., Santoso, I. B., Negara, I. M. Y., & Priyadi, A. (2021). On Feasibility of Ultracapacitor Full Electric Transit Bus for Jakarta, Indonesia. *2021 International Conference on Technology and Policy in Energy and Electric Power (ICT-PEP), IEEE*, 29 September 2021, 102–106.
9. Taer, E., Natalia, K., Apriwandi, A., Taslim, R., Agustino, A., & Farma, R. (2020). The synthesis of activated carbon nanofiber electrode made from acacia leaves (*Acacia mangium wild*) as supercapacitors. *Advances in Natural Sciences: Nanoscience and Nanotechnology*, **11**(2), 025007.
10. Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, A., Talib, I. A., Taer, E., Basri, N. H., Manjunatha, J. G., Ishak, M. M., Dollah, B. N., & Hashmi, S. A. (2013). Preparation of highly porous binderless activated carbon electrodes from fibres of oil palm empty fruit bunches for application in supercapacitors. *Bioresource technology*, **132**, 254–261.
11. Ayinla, R. T., Dennis, J. O., Zaid, H. M., Sanusi, Y. K., Usman, F., & Adebayo, L. L. (2019). A review of technical advances of recent palm bio-waste conversion to activated carbon for energy storage. *Journal of cleaner production*, **229**, 1427–1442.
12. Taer, E., Taslim, R., Putri, A. W., Apriwandi, A., & Agustino, A. (2018). Activated carbon electrode made from

- coconut husk waste for supercapacitor application. *Int. J. Electrochem. Sci.*, **13**(12), 12072–12084.
13. Sudibandriyo, M. & Lydia, L. (2018). Karakteristik luas permukaan karbon aktif dari ampas tebu dengan aktivasi kimia. *Jurnal Teknik Kimia Indonesia*, **10**(3), 149–156.
 14. Yang, S., Wang, S., Liu, X., & Li, L. (2019). Biomass derived interconnected hierarchical micro-meso-macro-porous carbon with ultrahigh capacitance for supercapacitors. *Carbon*, **147**, 540–549.
 15. Zhang, W., Xu, J., Hou, D., Yin, J., Liu, D., He, Y., & Lin, H. (2018). Hierarchical porous carbon prepared from biomass through a facile method for supercapacitor applications. *Journal of colloid and interface science*, **530**, 338–344.
 16. Awitdrus, Deraman, M., Talib, I. A., Farma, R., Omar, R., Ishak, M. M., Taer, E., Dolah, B. N., Basri, N. H., & Nor, N. S. M. (2015). Physical and electrochemical properties of supercapacitor composite electrodes prepared from biomass carbon and carbon from green petroleum coke. *AIP Conference Proceedings*, **1656**(1), 030007.
 17. Farma, R., Vivi, M., Sugiyanto, S., Awitdrus, A., Taer, E., & Yanuar, H. (2017). Cyclic Voltammetry Sel Superkapasitor Dengan Variasi Konsentrasi Aktivator Kalium Hidroksida. *Jurnal Fisika Indonesia*, **21**(2), 20–24.



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