

## FABRIKASI ELEKTRODA KARBON DARI SABUT KELAPA MUDA DENGAN AKTIVASI FISIKA SEBAGAI APLIKASI SUPERKAPASITOR

Martha Theresia Simanjuntak, Awitdrus\*

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [awitdrus@lecturer.unri.ac.id](mailto:awitdrus@lecturer.unri.ac.id)

### ABSTRACT

*Supercapacitors are energy storage devices consisting of electrodes, electrolytes, current collectors, and separators. Supercapacitor cells have components called electrodes. In this study, the basic material used to make supercapacitor cell electrodes is young coconut fiber with variations in physical activation temperature of 700°C, 750°C and 800°C. The process of preparing of supercapacitor cell electrodes begins with pre-carbonization using an electric oven, chemical activation using 0.5M KOH activator, carbonization process using N<sub>2</sub> gas at a temperature of 600°C and physical activation using CO<sub>2</sub> gas. Analysis of the supercapacitor cell electrodes made from young coconut fiber showed that the sample with a physical activation temperature of 750°C was the best sample, indicated by a low density value of 0.68 g/cm<sup>3</sup> and the highest specific capacitance of 225.1736 F/g which was tested using Cyclic Voltammetry method.*

**Keywords:** Young Cocofiber, Physical Activation Temperature, Activated Carbon Electrode, Density, Specific Capacitance.

### ABSTRAK

*Superkapasitor merupakan piranti penyimpanan energi yang terdiri dari elektroda, elektrolit, pengumpul arus, dan separator. Sel superkapasitor memiliki komponen yang bernama elektroda. Pada penelitian ini, bahan dasar yang digunakan untuk membuat elektroda sel superkapasitor adalah sabut kelapa muda dengan variasi suhu aktivasi fisika 700°C, 750°C dan 800°C. Proses pembuatan elektroda sel superkapasitor dimulai dengan pra-karbonisasi menggunakan oven listrik, aktivasi kimia dengan menggunakan aktivator KOH 0,5M, proses karbonisasi menggunakan gas N<sub>2</sub> pada suhu 600°C serta aktivasi fisika menggunakan gas CO<sub>2</sub>. Analisis sel superkapasitor berbahan sabut kelapa muda menunjukkan bahwa sampel dengan suhu aktivasi fisika 750°C merupakan sampel terbaik, ditandai dengan rendahnya nilai densitas yaitu sebesar 0,68 g/cm<sup>3</sup> dan kapasitansi spesifik tertinggi yaitu 225,1736 F/g yang diuji menggunakan metode Cyclic Voltammetry.*

**Kata kunci:** Sabut Kelapa Muda, Suhu Aktivasi Fisika, Elektroda Karbon Aktif, Densitas, Kapasitansi Spesifik.

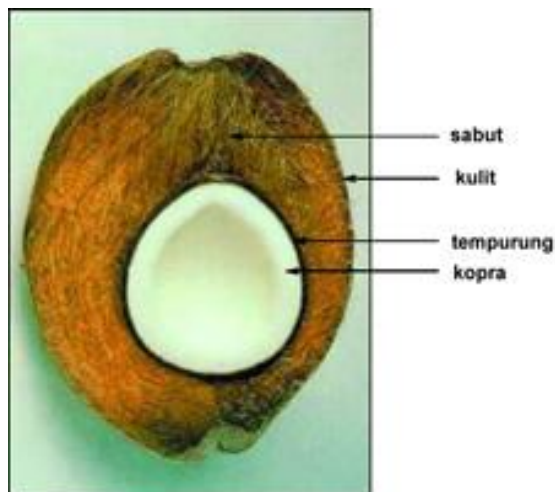
Diterima 09-03-2022 | Disetujui 06-04-2022 | Dipublikasi 31-07-2022

### PENDAHULUAN

Pada era global ini banyak muncul perbincangan mengenai energi, mulai dari sumber energi baru, energi alternatif hingga penyimpan energi semakin berkembang. Penyimpan energi yang sehari-hari digunakan dalam alat elektronik adalah baterai dan kapasitor. Selama ini baterai memang dianggap efektif menjadi penyimpan energi alat yang

bervoltase rendah. Namun, jika baterai sering digunakan maka akan mengalami *voltage drop* [1]. Sehingga diharapkan dapat menghasilkan penyimpan energi dalam jumlah besar, seperti superkapasitor. Superkapasitor merupakan piranti penyimpan energi yang memiliki kerapatan energi yang lebih besar jika dibandingkan dengan kapasitor konvensional dan rapat daya yang lebih besar jika dibandingkan dengan baterai. Superkapasitor

juga memiliki potensi yang besar dengan paduan daya tinggi, waktu pengisian singkat, kestabilan yang tinggi, dan mampu bertahan lama [2].



**Gambar 1.** Lapisan buah kelapa.

Dalam satu buah kelapa terdapat sabut kelapa seberat 35% dari berat kelapa utuh. Dalam sabut kelapa terdapat 75% serat (*fiber*) dan 25% gabus (*pitch*) yang menghubungkan antar serat [3] seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Serat sabut kelapa tersusun dari unsur organik dan mineral, yaitu pektin, hemiselulosa, lignin, selulosa, kalium, kalsium, magnesium, nitrogen dan protein [4]. Adapun persentase kandungan pada serat sabut kelapa, yaitu 45,84% lignin, 43,44% selulosa, dan 0,25% hemiselulosa. Hampir 60% penyusun lignin adalah karbon, yang menyebabkan sabut kelapa dapat digunakan sebagai bahan dasar karbon aktif sebagai aplikasi superkapasitor [5].

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan menggunakan metode eksperimen dengan sabut kelapa muda sebagai bahan dasar pembuatan elektroda karbon aktif superkapasitor.

Proses penelitian dimulai dengan memisahkan serat sabut kelapa dengan gabus dan dilanjutkan dengan proses pengeringan dengan bantuan sinar matahari. Kemudian dilakukan proses pra-karbonisasi dengan suhu 250°C selama 1 jam. Sampel yang sudah menjadi karbon dihaluskan dan diayak untuk

selanjutnya dilakukan tahap aktivasi kimia. Aktivasi kimia dilakukan menggunakan agen pengaktif kimia yaitu KOH 0,5M.

Tahap selanjutnya yaitu karbonisasi dan aktivasi fisika. Karbonisasi dilakukan pada suhu 600°C yang ditahan selama 1 jam menggunakan gas N<sub>2</sub>, sementara aktivasi fisika dilakukan pada suhu yang divariasikan yaitu 700°C, 750°C dan 800°C, yang ditahan selama 2,5 jam menggunakan gas CO<sub>2</sub>. Karakterisasi sifat fisis dilakukan dengan pengukuran densitas, sedangkan karakterisasi sifat elektrokimia dilakukan dengan analisa *Cyclic Voltammetry* (CV).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Densitas Elektroda Karbon

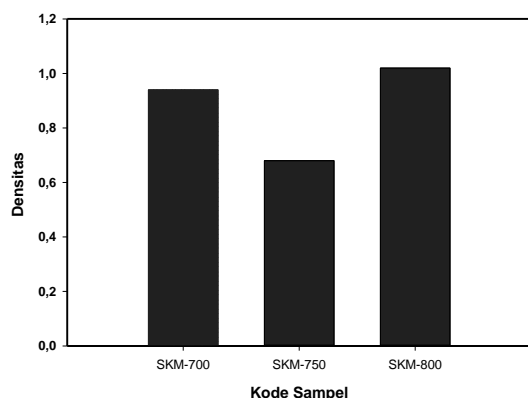
Hasil densitas diperoleh dengan mengukur massa, diameter, dan tebal dari karbon aktif. Densitas merupakan faktor yang dapat mempengaruhi nilai kapasitansi spesifik dari sel superkapasitor, yang berkaitan dengan luas permukaan dan struktur pori yang dihasilkan elektroda karbon setelah proses karbonisasi dan aktivasi fisika [6]. Densitas dapat dihitung menggunakan Persamaan (1), yaitu:

$$\rho = \frac{m}{\pi r^2 t} \quad (1)$$

dimana *m* adalah massa dari *pellet*, *r* adalah jari-jari dari *pellet*, dan *t* adalah ketebalan *pellet*.

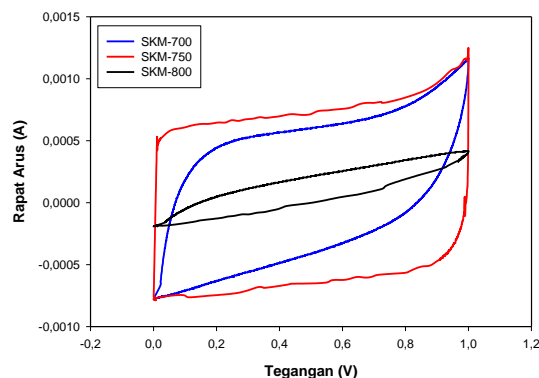
Gambar 2 menunjukkan nilai penyusutan densitas yang terjadi setelah proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Setelah proses karbonisasi dan aktivasi fisika, nilai densitas masing-masing sampel adalah SKM-700 0,94 g/cm<sup>3</sup>, SKM-750 0,68 g/cm<sup>3</sup>, dan SKM-800 1,02 g/cm<sup>3</sup>. Nilai densitas terkecil dimiliki oleh sampel SKM-750, diikuti sampel SKM-700 dan densitas terbesar dimiliki oleh sampel SKM-800. Penyusutan densitas dikarenakan menguapnya bahan-bahan selain karbon saat proses karbonisasi, dan pada proses aktivasi fisika terjadi proses pemutusan rantai karbon

pada senyawa yang lebih kompleks sehingga terbentuk pori-pori baru [7]. Penyusutan densitas suatu karbon aktif mempengaruhi porositas dan kapasitansi spesifik dari sel superkapasitor, dimana semakin rendah nilai densitas suatu karbon aktif akan semakin tinggi porositas serta nilai kapasitansi spesifiknya. Hal ini dikarenakan selama proses karbonisasi dan aktivasi fisika terjadi penguapan bahan-bahan selain karbon yang menyebabkan terbentuknya pori pada elektroda.



**Gambar 2.** Densitas elektroda karbon sabut kelapa muda.

### Cyclic Voltammetry (CV)



**Gambar 3.** Kurva *cyclic voltammetry*.

CV merupakan karakterisasi yang dilakukan menggunakan metode sensor elektrokimia untuk mengukur besar arus yang dihasilkan dari proses transfer elektron antara elektroda dengan larutan elektrolit 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> selama pemberian tegangan pada elektroda dalam sel elektrokimia. CV dilakukan untuk mengetahui sifat elektrokimia sel superkapasitor dengan mendapatkan nilai kapasitansi spesifik. Untuk

menghitung nilai kapasitansi spesifik dari superkapasitor dapat menggunakan persamaan berikut:

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

dimana  $I_c$  merupakan arus masuk (A),  $I_d$  merupakan arus keluar (A),  $s$  adalah laju pemindaian (mV s<sup>-1</sup>), dan  $m$  adalah massa elektroda (g).

Gambar 3 memperlihatkan bahwa kurva *charge-discharge* dengan luas kurva yang berbeda-beda. Semakin besar luas kurva *charge-discharge* yang dihasilkan akan semakin tinggi nilai kapasitansi spesifik dari elektroda karbon. Dibuktikan dengan luas terbesar dimiliki oleh sampel SKM-750 dengan nilai kapasitansi spesifiknya sebesar 225,1736 F/g. Diikuti dengan SKM-700 dan SKM-800 dengan nilai kapasitansi spesifik masing-masing 108,0426 F/g dan 47,07527 F/g. Nilai-nilai kapasitansi spesifik ini dihitung menggunakan Persamaan (2) dari data kurva CV (Gambar 3). Sampel SKM-750 memiliki nilai kapasitansi spesifik tertinggi karena pada suhu 750°C terjadi reaksi gasifikasi senyawa volatil secara cepat sehingga rantai karbon terlepas yang menyebabkan banyaknya pori yang terbentuk. Namun pada suhu 800°C nilai kapasitansi spesifik mengalami penurunan karena pada suhu yang terlalu tinggi dapat merusak struktur dari karbon aktif yang dikarenakan proses gasifikasi senyawa volatil yang berlebihan [8].

**Tabel 1.** Nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor sabut kelapa muda.

Kode Sampel	$C_{sp}$
SKM-700	108,0426 F/g
SKM-750	225,1736 F/g
SKM-800	47,07527 F/g

Elektroda karbon yang memiliki kapasitansi spesifik yang besar memiliki kemampuan yang baik untuk akumulasi muatan pada permukaan elektroda dan secara efektif membuat mikropori pada permukaan karbon yang mengarah pada peningkatan kapasitansi spesifik [9, 10].

## KESIMPULAN

Dari data hasil penelitian diatas dapat disimpulkan bahwa suhu aktivasi fisika 750°C adalah suhu yang tepat digunakan dalam proses fabrikasi elektroda karbon aktif berbahan dasar sabut kelapa muda sebagai aplikasi superkapasitor, dengan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan sebesar 225,1736 F/g.

## REFERENSI

1. Pasaribu, F. I., Lubis, S. A., & Alam, S. I. P. (2020). Superkapasitor Sebagai Penyimpan Energi Menggunakan Bahan Graphene. *RELE: Jurnal Teknik Elektro*, 2(2), 66-72.
2. Halper, M. S. & Ellenbogen, J. C. (2006). *Supercapacitors: A Brief Overview*. Virginia: MITRE Corporation.
3. Carrijo, O. A., Liz, R. S., & Makishima, N. (2002). Fiber of Green Coconut Shell as Agriculture Substratum. *Horticultura Brasileira*, 20(4), 533-535.
4. Palar, H. (2004). *Pencemaran dan Toksisitas Logam Berat*. Jakarta: Rineka Cipta.
5. Sesuk, T., Tammawati, P., Somton, K., Limthongkul, P., & Kobsiriphat, W. (2019). Activated Carbon Derived from Coconut Coir Pith as High Performance Supercapacitor Electrode Material. *Journal of Energy Storage*, 25, 1-9.
6. Qu, S., Wan, J., Dai, C., Jin, T., & Ma, F. (2018). Promising as High-Performance Supercapacitor Electrode Materials Porous Carbons Derived from Biological Lotus Leaf. *Journal of Allys and Compounds*, 751, 107-116.
7. Natalia, K. & Taer, E. (2019). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Sifat Fisis dan Elektrokimia Elektroda Superkapasitor dari Limbah Daun Akasia (Acacia Mangium Wild). *Jurnal Komunikasi Fisika Indonesia*, 16(2), 82-86.
8. Efendi, Z. & Astuti. (2016). Pengaruh Suhu Aktivasi Terhadap Morfologi dan Jumlah Pori Karbon Aktif Tempurung Kemiri sebagai Elektroda. *Jurnal Fisika Unand*, 5(4), 297-302.
9. Wang, G., Zhang, L., & Zhang, J. (2012). A Review of Electrode Materials for Electrochemical Supercapacitor. *The Royal Society of Chemistry*, 41(2), 797-828.
10. Hanifa, Z., & Awitdrus, A. (2022). Pembuatan Elektroda Karbon dari Biomassa Sabut Kelapa Muda dengan Aktivator KOH Sebagai Aplikasi Sel Superkapasitor. *Komunikasi Fisika Indonesia*, 19(1), 45-50.



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