

# KARAKTERISASI SIFAT ELEKTROKIMIA ELEKTRODA KARBON BERBAHAN PELEPAH AREN MENGGUNAKAN LARUTAN ELEKTROLIT $\text{Na}_2\text{SO}_4$

Decha Apriliany Suwandi\*, Awitdrus

Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [decha.apriliany1890@student.unri.ac.id](mailto:decha.apriliany1890@student.unri.ac.id)

## ABSTRACT

*The electrical energy crisis occurs due to the availability of non-renewable sources of electrical energy. The focus of research is currently developing on how to store electrical energy using biomass energy. This study aims to analyze the electrochemical properties of the palm frond based carbon electrode using electrolyte solution of  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Pre-carbonization of palm fronds was carried out using an electric oven with a temperature of  $100\text{ }^\circ\text{C}$  –  $250\text{ }^\circ\text{C}$  for 2 hours. Chemical activation using KOH activating agent with a concentration of 0.3 M at  $80\text{ }^\circ\text{C}$  for 2 hours. Carbonization was carried out at a temperature of  $600\text{ }^\circ\text{C}$  using an  $\text{N}_2$  gas environment and followed by a chemical activation process using  $\text{CO}_2$  gas at a temperature of  $850\text{ }^\circ\text{C}$  for 2.5 hours.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  with a concentration of 0.5 M is used as a solution in the manufacture of supercapacitor cells. The scanning rate is inversely proportional to the specific capacitance value generated. Characterization of electrochemical properties was carried out using the cyclic voltammetry method resulting in a specific capacitance value of 61.71 F/g for a scan rate of 1 mV/s, 57.93 F/g for scan rate of 2 mV/s and 51.37 F/g for scan rate of 5 mV/s.*

**Keywords:** Palm Frond, Carbon Electrodes, Electrolyte, Supercapacitor.

## ABSTRAK

*Krisis energi listrik terjadi akibat ketersediaan sumber energi listrik yang tidak bisa diperbarui. Fokus penelitian saat ini berkembang pada cara penyimpanan energi listrik dengan menggunakan energi biomassa. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sifat elektrokimia elektroda karbon berbasis pelepah aren menggunakan larutan elektrolit  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ . Pra-karbonisasi pelepah aren dilakukan menggunakan oven listrik dengan suhu  $100\text{ }^\circ\text{C}$  –  $250\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. Aktivasi kimia menggunakan agen pengaktif KOH dengan konsentrasi 0,3M pada suhu  $80\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2 jam. karbonisasi dilakukan pada suhu  $600\text{ }^\circ\text{C}$  menggunakan lingkungan gas  $\text{N}_2$  dan diikuti dengan proses aktivasi kimia menggunakan gas  $\text{CO}_2$  pada suhu  $850\text{ }^\circ\text{C}$  selama 2,5 jam.  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi 0,5 M digunakan sebagai larutan pada pembuatan sel superkapasitor. Laju pemindaian berbanding terbalik dengan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Karakterisasi sifat elektrokimia dilakukan menggunakan metode siklik voltametri menghasilkan nilai kapasitansi spesifik sebesar 61,71 F/g untuk laju pemindaian 1 mV/s, 57,93 F/g untuk laju pemindaian 2 mV/s dan 51,37 F/g untuk laju pemindaian 5 mV/s.*

**Kata kunci:** Pelepah Aren, Elektroda Karbon, Elektrolit, Superkapasitor.

Diterima 09-03-2021 | Disetujui 25-03-2021 | Dipublikasi 31-03-2021

## PENDAHULUAN

Energi biomassa merupakan energi alternatif yang dihasilkan dari limbah tumbuhan dan hewan yang dapat diperbarui. Superkapasitor merupakan inovasi piranti penyimpanan energi yang efisien dan ramah

lingkungan sebagai bentuk pemanfaatan energi biomassa dalam meningkatkan pemerataan efektivitas sumber energi. Superkapasitor saat ini menjadi perangkat penyimpanan energi yang paling terkemuka, karena memiliki proses pengisian yang cepat dan proses pengosongan yang lebih lama dengan tingkat

kestabilan yang tinggi [1]. Pelepah aren adalah limbah biomassa yang belum dimanfaatkan secara maksimal sehingga masih menjadi limbah sisa dalam produksi tanaman aren. Pembuatan elektoda karbon merupakan terobosan baru dalam pemanfaatan limbah pelepah aren.

Tanaman aren atau enau (*Arenga Pinnata*) adalah tanaman palma yang mudah beradaptasi tanpa membutuhkan kondisi tanah yang spesifik pada wilayah perkebunan Indonesia [2]. Aren merupakan tumbuhan berbiji tertutup (*Angiospermae*) dan termasuk *Family* pinang-pinangan (*Arecaceae*). Berdasarkan data yang ada, total luas tanaman pada tahun 2013 sebesar 70.000 Ha, yang tersebar pada 14 Provinsi di Indonesia [3]. Bagian terluar pelepah aren diselimuti oleh kulit pelepah, dan pada bagian dalam terdiri dari serat pelepah. Pelepah aren umumnya berukuran 2 m – 3 m dengan diameter 5 cm – 8 cm pada pangkal pelepah [4].

**Tabel 1.** Komposisi Kimia Pelepah Aren [5].

Komposisi	Kandungan (%)
Selulosa	66,5
Hemiselulosa	14,7
Lignin	18,9
Kadar air	2,7
Zat ekstraktif	2,5
Kadar abu	3,1

Superkapasitor atau yang di kenal sebagai EDLC (*Electrochemical Double Layer Capacitors*) merupakan kapasitor elektrokimia lapisan ganda yang memiliki beberapa keunggulan di antaranya kapasitansi penyimpanan energi lebih besar, waktu hidup yang lebih lama dan waktu pengisian yang lebih cepat [6]. Superkapasitor dengan kapasitansi (C) yang tinggi dapat dihasilkan apabila memiliki luas permukaan elektroda (A) yang tinggi dan jarak dari permukaan elektroda ke pusat lapisan ion ( $\delta$ ) yang kecil [7]. Besarnya nilai kapasitansi dihitung menggunakan persamaan:

$$C = \frac{\epsilon A}{4\pi\delta} \quad (1)$$

Superkapasitor pada dasarnya terdiri dari empat komponen yaitu elektroda, separator, elektrolit dan pengumpul arus[8,9]. Elektrolit merupakan komponen penting yang berfungsi menghasilkan ion-ion bermuatan yang akan memasuki pori elektroda karbon sehingga mampu menghasilkan nilai kapasitansi spesifik pada sel superkapasitor [10-12]. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa sifat elektrokimia elektroda karbon berbahan dasar pelepah aren menggunakan larutan elektrolit Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

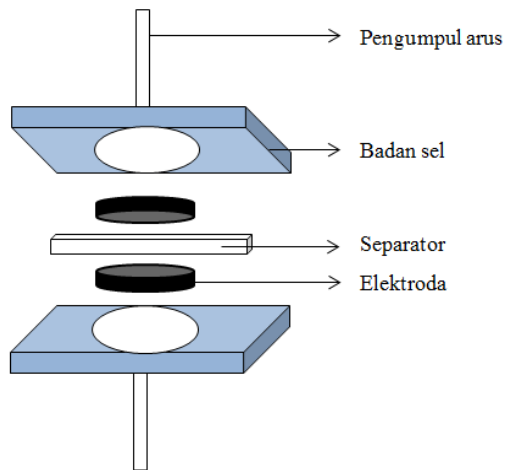
## METODE PENELITIAN

### Persiapan Elektroda Karbon

Biomassa pelepah aren diperoleh dari perkebunan aren di Provinsi Riau. Pelepah aren dibersihkan dan dipotong dengan ukuran  $\pm 5$  cm kemudian dikeringkan di bawah sinar matahari hingga massanya konstan. Pra-karbonisasi dilakukan selama 2 jam menggunakan oven listrik pada suhu 100 °C – 250 °C. Sampel dihaluskan dan diayak menggunakan ayakan 53  $\mu$ m. Aktivasi kimia dilakukan selama 2 jam menggunakan agen pengaktif KOH 0,3 M pada suhu 80 °C. sampel kemudian dicetak menjadi pelet menggunakan *hydraulic press* dengan tekanan 7 ton. Tahap karbonisasi menggunakan gas N<sub>2</sub> pada suhu 600 °C dan aktivasi fisika menggunakan gas CO<sub>2</sub> pada suhu 850 °C. Elektroda karbon kemudian dinetralkan hingga pH=7 dan dikeringkan pada suhu 100 °C. Elektroda karbon dipoles hingga memiliki tebal 0,2 mm – 0,22 mm dan diameter 8 mm – 8,5 mm.

### Pembuatan Sel Superkapasitor

Sel superkapasitor dibuat menggunakan beberapa komponen seperti badan sel, teflon, pengumpul arus (*Stainless Steel* 316 L), separator atau pemisah (Kertas *Whatman*), elektroda (pelet karbon pelepah aren) dan larutan elektrolit 0,5 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Pelet yang telah dipoles kemudian direndam dengan larutan elektrolit 0,5 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Komponen sel superkapasitor disusun berdasarkan Gambar 1.



**Gambar 1.** Susunan sel superkapasitor.

Nilai kapasitansi yang dihasilkan mampu dipengaruhi oleh jenis larutan elektrolit yang digunakan [13]. Selain asam dan basa, garam yang bersifat netral juga mampu dijadikan larutan elektrolit seperti  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dan  $\text{K}_2\text{SO}_4$ . Larutan elektrolit netral  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dengan konsentrasi 0,5 M digunakan untuk mencapai konduktivitas maksimum 91,1 mS/cm [14].

### Karakterisasi Sifat Elektrokimia

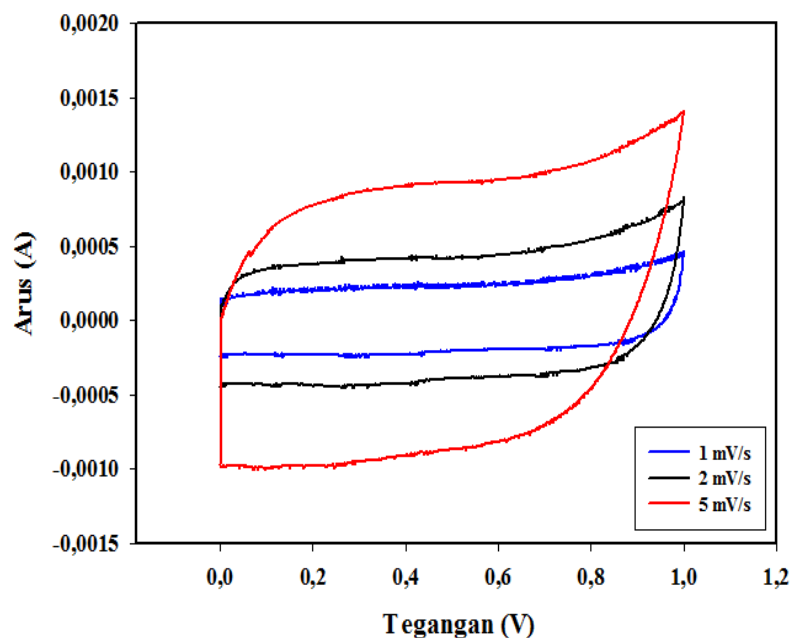
Sifat elektrokimia elektroda karbon berbahan dasar pelepah aren dikarakterisasi menggunakan CV dengan tujuan untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor yang dihasilkan. Pengujian ini

menggunakan alat *Physics CV UR Rad-Er 5841* dengan laju pemindaian 1 mV/s, 2 mV/s, dan 5 mV/s pada potensial 0 V – 1 V. Nilai Kapasitansi spesifik ( $C_{sp}$ ) dapat dihitung menggunakan data dari arus pengisian ( $I_c$ ), arus pengosongan ( $I_d$ ), laju pemindaian ( $s$ ) dan massa elektroda karbon ( $m$ ) [15] dengan persamaan :

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

### HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat elektrokimia elektroda karbon menggunakan larutan elektrolit 0,5 M  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  dikarakterisasi menggunakan CV dengan beda potensial 0 V – 1 V. Data yang diperoleh berupa arus pengisian dan arus pengosongan dalam rentang arus berkisar antara -0,0015 A – 0,0020 A. Hasil pengujian CV ditunjukkan oleh kurva hubungan antara arus dan tegangan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Kurva CV yang berbentuk menyerupai persegi panjang membuktikan adanya kapasitansi lapisan ganda pada elektroda dan transfer muatan yang baik. Bentuk kurva CV yang menyerupai persegi empat merupakan bentuk yang umum pada pemanfaatan karbon aktif sebagai elektroda superkapasitor [16].



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

Kurva arus pengisian dan arus pengosongan yang semakin lebar menunjukkan nilai kapasitansi spesifik yang semakin tinggi. Massa elektroda juga mempengaruhi besar kecilnya nilai kapasitansi spesifik. Semakin kecil massa elektroda maka akan semakin besar pula nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan [17]. Nilai kapasitansi spesifik dari elektroda karbon menggunakan elektrolit 0,5 M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.

**Tabel 2.** Nilai Kapasitansi Spesifik.

Laju Pemindaian (mV/s)	Kapasitansi Spesifik (F/g)
1	61,71
2	57,93
5	51,37

Tabel 3 menunjukkan nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan berbanding terbalik dengan laju pemindaian. Semakin tinggi laju pemindaian maka akan semakin rendah kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Nilai kapasitansi spesifik tertinggi berada pada laju pemindaian 1 mV/s. Pada laju pemindaian tersebut ion memiliki banyak waktu untuk berdifusi ke dalam pori elektroda sehingga proses pengisian dan pengosongan pada saat pengujian berlangsung secara optimal [18]. Aksesibilitas yang buruk terjadi pada laju pemindaian yang tinggi yang menyebabkan kapasitansi spesifik menurun.

Nilai kapasitansi spesifik dipengaruhi oleh ukuran ion yang dihasilkan dari larutan elektrolit. Semakin kecil ukuran ion yang dihasilkan maka semakin besar nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Hal ini dikarenakan ion dengan ukuran yang kecil akan lebih mudah mengisi pori-pori elektroda karbon. Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> memiliki ukuran kation 0,36 nm dan anion 0,53 nm [19]. Konduktivitas larutan elektrolit juga mempengaruhi kapasitansi spesifik yang dihasilkan, semakin besar nilai konduktivitas larutan elektrolit maka akan semakin besar nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan. Hal ini karena konduktivitas merupakan kemampuan elektrolit untuk mengantarkan arus listrik. Nilai konduktivitas maksimum Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> adalah 91,1 mS/cm [20].

## KESIMPULAN

Pembuatan elektroda karbon berbahan dasar pelepah aren telah berhasil dilakukan. Karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan CV dengan larutan elektrolit 0,5M Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> menghasilkan nilai kapasitansi spesifik yang berbeda pada laju pemindaian 1 mV/s, 2 mV/s dan 5 mV/s dari sel superkapasitor. Laju pemindaian berbanding terbalik dengan kapasitansi spesifik yang dihasilkan, semakin meningkatnya laju pemindaian maka kapasitansi spesifik yang dihasilkan semakin menurun. Kapasitansi spesifik tertinggi berada pada laju pemindaian 1 mV/s yaitu 61,71 F/g. Nilai konduktivitas dan ukuran ion dari larutan elektrolit mampu mempengaruhi nilai kapasitansi yang dihasilkan.

## REFERENSI

1. Vangari, M., Pryor, T., & Jiang, L. (2013). Supercapacitors: review of materials and fabrication methods. *Journal of Energy Engineering*, **139**(2), 72–79.
2. Indonesia, A., & Effendi, D. S. Prospek Pengembangan Tanaman Aren (*Arenga pinnata Merr*) Mendukung Kebutuhan Bioetanol di Indonesia.
3. Suswono. (2014). *Pedoman Budidaya Aren (Arenga Pinnata) yang Baik*. Permentan, Jakarta.
4. Sebayang, L. (2016). Keragaan eksisting tanaman Aren (*Arenga pinnata Merr*) di Sumatera Utara (Peluang dan Potensi Pengembangannya). *Jurnal Pertanian Tropik*, **3**(2), 133–138.
5. Sahari, J., Sapuan, S. M., Ismarrubie, Z. N., & Rahman, M. Z. A. (2012). Physical and chemical properties of different morphological parts of sugar palm fibres. *Fibres & Textiles in Eastern Europe*, **2**(91), 21–24.
6. Xiong, G., Meng, C., Reifenberger, R. G., Irazoqui, P. P., & Fisher, T. S. (2014). A review of graphene-based electrochemical microsupercapacitors. *Electroanalysis*, **26**(1), 30–51.

7. Kötz, R. & Carlen, M. J. E. A. (2000). Principles and applications of electrochemical capacitors. *Electrochimica acta*, **45**(15-16), 2483–2498.
8. Lestari, A. N. I., Farma, R., Asyana, V., & Awitdrus, A. (2020). Fabrikasi dan karakterisasi elektroda karbon dari biomassa serabut buah nipah dengan variasi konsentrasi aktivator KOH. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **17**(3), 127–133.
9. Taer, E., Alrifani, Z., & Taslim, R. (2018). Pengaruh temperatur aktivasi fisika terhadap kinerja superkapasitor berbasis elektroda karbon dari ampas sagu. *Komunikasi Fisika Indonesia*, **15**(2), 126–130.
10. Zhang, L. L. & Zhao, X. S. (2009). Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. *Chemical Society Reviews*, **38**(9), 2520–2531.
11. Hidayat, T., Dewi, R., & Hamzah, Y. (2021). Effect of holding time on optical structure properties of Ba (Zr0. 5ti0. 5) O3 thin film using sol-gel method. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(2), 59–66.
12. Saputrina, T. T., Iwantono, I., Awitdrus, A., & Umar, A. A. (2020). Performances of dye-sensitized solar cell (DSSC) with working electrode of aluminum-doped ZnO nanorods. *Science, Technology & Communication Journal*, **1**(1), 1–7.
13. Zhong, C., Deng, Y., Hu, W., Sun, D., Han, X., Qiao, J., & Zhang, J. (2016). *Electrolytes for electrochemical supercapacitors*. USA: CRC press.
14. Yu, A., Chabot, and J. Zhang. (2013). *Electrochemical Supercapacitor for Energy Storage and Delivery: Fundamentals and Applications*. USA: CRC Press.
15. Tetra, O. N. (2018). Superkapsitor Berbahan Dasar Karbon Aktif Dan Larutan Ionik Sebagai Elektrolit. *Jurnal Zarah*, **6**(1), 39–46.
16. Farma, R., Deraman, M., Awitdrus, A., Talib, I. A., Taer, E., Basri, N. H., Manjunatha, J. G., Ishak, M. M., Dollah, B. N. M., & 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.
17. Zakir, M., Kasim, H., Raya, I., Lamba, Y., & Jorge, A. B. (2019). Performance of Candlenut Shell (*Alleuretus moluccana*) Based Supercapacitor Electrode with Acid Electrolytes and Their Salts. In *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **619**(1), 012042.
18. Sudhan, N., Subramani, K., Karnan, M., Ilayaraja, N., & Sathish, M. (2017). Biomass-derived activated porous carbon from rice straw for a high-energy symmetric supercapacitor in aqueous and non-aqueous electrolytes. *Energy & Fuels*, **31**(1), 977–985.
19. Frackowiak, E. (2006). Supercapacitors based on carbon materials and ionic liquids. *Journal of the Brazilian Chemical Society*, **17**(6), 1074–1082.
20. Qu, D. (2002). Studies of the activated carbons used in double-layer supercapacitors. *Journal of power sources*, **109**(2), 403–411.



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