

SIKLIS VOLTAMETRI SEL SUPERKAPASITOR DARI BIOMASSA PELEPAH SALAK

Rakhmawati Farma*, Amalia Apriliani Putri, Irma Apriyani

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau

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

ABSTRACT

Snake fruit midrib (SFM) biomass has the potential to be used as a precursor material for making carbon electrodes because it has a high lignocellulosic content for supercapacitor applications. Carbon electrodes were made from snake fruit midrib biomass using a pre-carbonization process at 200 °C, chemical activation with 0.1 M KOH as an activating agent, a carbonization process with temperature variations of 500 °C, 600 °C, and 700 °C using N₂ gas, and a physical activation process at 800 °C with CO₂ gas. Thermogravimetric analysis shows the thermal resistance temperature of carbon powder is 317.1 °C. Analysis of the electrochemical properties of supercapacitor cells from snake fruit midrib obtained specific capacitance values of 123.23 F/g, 169.05 F/g, and 213.27 F/g for samples SFM-500, SFM-600, and SFM-700, respectively. The results showed that 700 °C was the best carbonization temperature for carbon electrodes from snake fruit midrib.

Keywords: Carbon Electrode, Snake Fruit Midrib, Carbonization Temperature, Cell Supercapacitor.

ABSTRAK

Biomassa pelepah salak (SFM) berpotensi dijadikan bahan dasar pembuatan elektroda karbon, karena memiliki kandungan lignoselulosa yang tinggi untuk aplikasi superkapasitor. Pembuatan elektroda karbon dari biomassa pelepah salak melalui proses pra-karbonisasi pada suhu 200 °C, aktivasi kimia menggunakan agen pengaktif KOH 0,1 M, proses karbonisasi dengan variasi suhu 500 °C, 600 °C, dan 700 °C menggunakan aliran gas N₂, dan proses aktivasi fisika dengan suhu 800 °C menggunakan aliran gas CO₂. Analisis termogravimetri menunjukkan suhu tahanan termal serbuk karbon adalah 317,1 °C. Analisis sifat elektrokimia sel superkapasitor dari pelepah salak memperoleh nilai kapasitansi spesifik sebesar 123,23 F/g, 169,05 F/g, and 213,27 F/g untuk masing-masing sampel SFM-500, SFM-600, dan SFM-700. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suhu 700 °C merupakan suhu karbonisasi terbaik untuk elektroda karbon dari biomassa pelepah salak.

Kata kunci: Elektroda Karbon, Pelepah Salak, Suhu Karbonisasi, Superkapasitor.

Diterima 30-11-2021 | Disetujui 12-03-2022 | Dipublikasi 31-03-2022

PENDAHULUAN

Permintaan konsumsi energi secara global mengalami peningkatan dalam beberapa dekade mendatang [1]. Eksploitasi besar-besaran dalam beberapa dekade terakhir menyebabkan cadangan bahan bakar fosil global mengalami penipisan [2]. Alternatif yang paling menarik yang sedang dikembangkan untuk menyelesaikan krisis energi adalah perangkat penyimpan energi dan sumber energi terbarukan

[3]. Piranti penyimpan energi elektrokimia seperti sel bahan bakar, superkapasitor dan baterai lithium generasi kedua telah menunjukkan harapan besar dalam memungkinkan pemanfaatan energi yang dihasilkan dari sumber-sumber baru seperti matahari dan angin [4]. Superkapasitor memiliki banyak keunggulan, diantaranya pengisian daya yang lebih cepat, masa pakai yang tidak terbatas, dan tidak beracun [5].

Superkapasitor terdiri dari empat komponen utama yaitu pengumpul arus, pemisah (separator), elektrolit, dan elektroda. Superkapasitor dapat diisi atau dikosongkan hanya dalam beberapa detik, menghasilkan serapan atau pengiriman kepadatan daya yang sangat tinggi (10 kW/kg). Superkapasitor didasarkan pada teknologi karbon yang digunakan untuk menghasilkan area permukaan yang besar dengan jarak pemisah yang kecil [6].

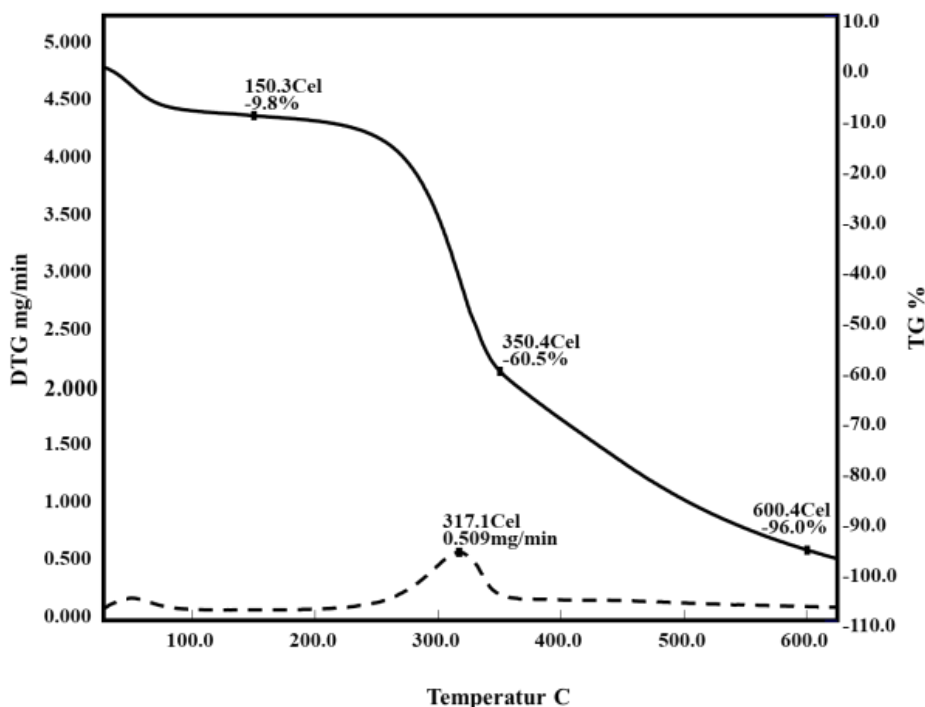
Salah satu cara untuk meningkatkan kerapatan daya superkapasitor dibutuhkan pengembangan bahan elektroda berkinerja tinggi [7]. Bahan berbasis karbon aktif lebih diminati karena memiliki luas permukaan yang besar, struktur berpori yang dapat disesuaikan, dan konduktivitas listrik yang tinggi [8]. Karbon aktif dapat dibuat dari berbagai biomassa diantaranya adalah pelepah aren [9], cangkang udang [10], dan pelepah kelapa sawit [11].

Pada penelitian ini pembuatan karbon aktif berbahan asal dari pelepah salak. Pelepah salak mengandung lignin, selulosa dan hemiselulosa [12], sehingga dapat dijadikan bahan asal pembuatan elektroda karbon sel superkapasitor. Pembuatan elektroda karbon melalui proses yaitu pra-karbonisasi, aktivasi

kimia, karbonisasi, dan aktivasi fisika. Aktivator kimia yang digunakan adalah kalium hidroksida (KOH), karbonisasi menggunakan gas N₂, dan aktivasi fisika menggunakan gas CO₂.

METODE PENELITIAN

Metodologi penelitian menjelaskan tentang proses pembuatan elektroda karbon dari biomassa pelepah salak. Biomassa pelepah salak dikeringkan di bawah sinar matahari hingga massa konstan. Pelepah salak kemudian dipra-karbonisasi menggunakan oven dengan suhu 200 °C selama 1 jam. Sampel selanjutnya dihaluskan menggunakan mortar dan *ball milling*. Proses selanjutnya yaitu aktivasi kimia menggunakan KOH 0,1 M. Sampel kemudian dikeringkan dengan suhu 110 °C. Sampel yang telah kering dicetak menggunakan hydraulic jack dengan tekanan sebesar 7 ton, kemudian dikarbonisasi dengan variasi suhu 500 °C, 600 °C, dan 700 °C dengan aliran gas N₂. Sampel selanjutnya diaktivasi secara fisika pada suhu 800 °C menggunakan gas CO₂. Selanjutnya sifat elektrokimia dari elektroda karbon diuji menggunakan siklus voltametri.



Gambar 1. Kurva TGA.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Thermogravimetric Analysis (TGA)

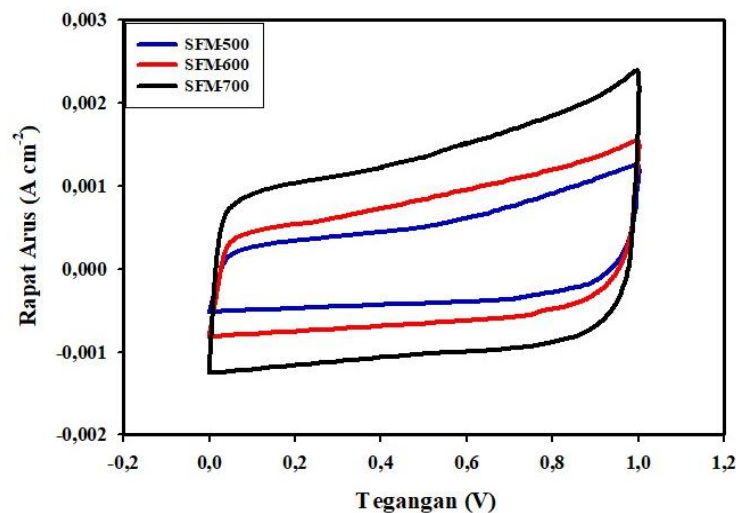
TGA adalah metode analisis termal yang digunakan untuk suhu tahan sampel yang berfungsi untuk mendapatkan hasil yang optimal pada proses karbonisasi dan aktivasi fisika. Gambar 1 menunjukkan kurva hasil pengukuran menggunakan TGA. Serbuk karbon mengalami penyusutan massa tahap awal sebesar 9,8% pada suhu 150,3 °C yang disebabkan oleh penguapan senyawa H₂O yang terdapat pada sampel. Penyusutan massa tahap kedua terjadi pada suhu 150,3 °C - 350,4 °C sebanyak 60,5%, hal ini disebabkan oleh mulai terurainya senyawa kompleks seperti lignin, selulosa dan hemiselulosa menjadi karbon. Tahap terakhir sampel mengalami penyusutan terbesar pada suhu 350,4 °C - 600,4 °C yaitu sebanyak 96,0%.

Differential thermogravimetry menunjukkan penyusutan massa maksimum. Penyusutan massa maksimum terjadi pada suhu 317,1 °C dengan laju penurunan sebesar 0,0509 mg/min. Penyusutan ini disebabkan oleh dekomposisi senyawa selulosa, hemiselulosa dan lignin secara bersamaan.

Hemiselulosa mengalami dekomposisi pada suhu 220 °C - 315 °C, selulosa mengalami dekomposisi pada suhu 315 °C - 400 °C dan lignin mengalami dekomposisi pada suhu 150 °C - 900 °C [13].

Analisa Cyclic Voltammetry (CV)

Karakterisasi sifat elektrokimia menggunakan CV dilakukan untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik sel superkapasitor dari biomassa pelepah salak. Gambar 2 menunjukkan kurva Siklis voltagram dari sampel SFM-500, SFM-600, dan SFM-700.



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

Pada Gambar 2 terlihat bahwa sampel SFM-700 menghasilkan kurva yang lebih besar, diikuti sampel SFM-600 dan SFM-500. Luas kurva yang terbentuk oleh arus pengisian (I_c) dan arus pengosongan (I_d) mempengaruhi nilai kapasitansi spesifik, semakin besar luas kurva yang dibentuk maka semakin besar nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan [14]. Arus pengisian (I_c) merupakan arus yang terukur pada saat superkapasitor mengalami proses pengisian muatan yang ditandai dengan kurva

bagian ke atas dan arus pengosongan (I_d) merupakan arus yang terukur pada saat superkapasitor mengalami proses pengosongan muatan yang ditandai dengan kurva bagian bawah [11].

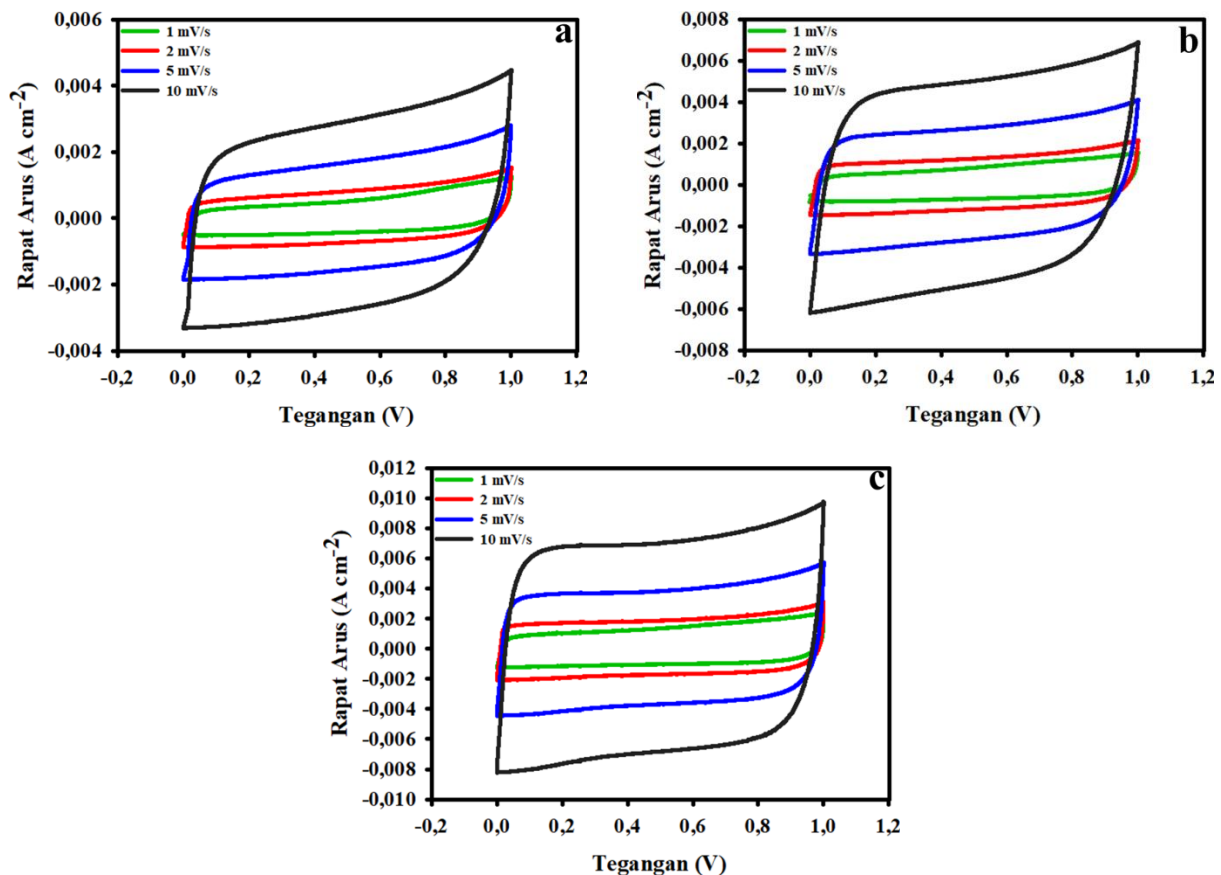
Tabel 1. Kapasitansi spesifik.

Kode Sampel	I_c (A)	I_d (A)	C_{sp} (F/g)
SFM-500	0.000514	-0.00043	123.23
SFM-600	0.000818	-0.00068	169.05
SFM-700	0.001347	-0.00103	213.27

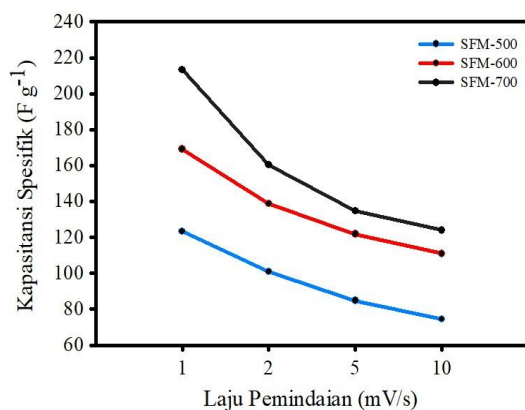
Tabel 1 menunjukkan nilai kapasitansi spesifik masing-masing sampel. Sampel SFM-700 memiliki nilai kapasitansi spesifik yang lebih tinggi yaitu sebesar 213,27 F/g. Nilai kapasitansi spesifik meningkat seiring dengan meningkatnya suhu karbonisasi. Suhu karbonisasi yang tinggi mengakibatkan unsur non karbon mengalami penguapan secara cepat [15], hal ini menyebabkan penyusutan densitas serta pori dari elektroda karbon

semakin banyak terbentuk, sehingga dapat menampung banyak ion yang berasal dari elektrolit. Semakin banyak ion-ion elektrolit yang terakumulasi, maka semakin tinggi nilai kapasitansi yang dihasilkan.

Gambar 3 (a), (b), dan (c) menunjukkan variasi laju pemindaian yaitu 1 mV/s, 2 mV/s, 5 mV/s, dan 10 mV/s. Variasi laju pemindaian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh laju pemindaian terhadap nilai kapasitansi spesifik.



Gambar 3. Kurva siklis voltagram dengan variasi laju pemindaian: a. SFM-500; b. SFM-600; dan c. SFM-700.



Gambar 4. Pengaruh laju pemindaian terhadap nilai kapasitansi spesifik.

Laju pemindaian yang tinggi menghasilkan kapasitansi yang lebih rendah, seperti yang terlihat pada Gambar 3, hal ini disebabkan aksesibilitas difusi yang buruk untuk ion elektrolit pada pori elektroda menyebabkan kapasitansi spesifik menurun [16].

Grafik kapasitansi spesifik pada Gambar 4 menunjukkan penurunan seiring meningkatnya laju pemindaian. Tingginya laju pemindaian mengakibatkan sedikitnya waktu untuk ion-ion yang berasal dari elektrolit berdifusi. Sebaliknya, semakin rendah laju pemindaian,

maka semakin lama ion-ion untuk berdifusi hal ini menyebabkan tingginya nilai kapasitansi spesifik yang didapatkan.

Pada Tabel 2 terlihat pengaruh laju pemindaian terhadap kapasitansi spesifik, semakin tinggi nilai laju pemindaian maka semakin rendah nilai kapasitansi yang dihasilkan.

Tabel 2. Pengaruh laju pemindaian terhadap nilai kapasitansi spesifik.

Laju pemindaian (mV/s)	Kapasitansi spesifik (F/g)		
	SFM-500	SFM-600	SFM-700
1	123,23	169,05	213,27
2	100,97	138,82	160,36
5	84,75	121,77	134,62
10	74,41	110,98	123,93

KESIMPULAN

Berdasarkan data dan analisis TGA dan CV dapat disimpulkan bahwa biomassa dari pelepah salak berpotensi tinggi menjadi bahan dasar pembuatan elektroda karbon untuk aplikasi sel superkapasitor. Hasil TGA menunjukkan bahwa suhu tahanan termal sampel adalah 317,1 °C. Analisis CV didapatkan bahwa sampel SFM-700 memiliki nilai kapasitansi spesifik tertinggi sebesar 213,27 F/g.

REFERENSI

1. Saw, L. H., Poon, H. M., San Thiam, H., Cai, Z., Chong, W. T., Pambudi, N. A., & King, Y. J. (2018). Novel thermal management system using mist cooling for lithium-ion battery packs. *Applied energy*, **223**, 146–158.
2. Saw, L. H., Ye, Y., & Tay, A. A. O. (2014). Feasibility study of Boron Nitride coating on Lithium-ion battery casing. *Applied thermal engineering*, **73**(1), 154–161.
3. Huskinson, B., Marshak, M. P., Suh, C., Er, S., Gerhardt, M. R., Galvin, C. J., Chen, X., Aspuru-Guzik, A., Gordon, R. G., & Aziz, M. J. (2014). A metal-free organic–inorganic aqueous flow battery. *Nature*, **505**(7482), 195–198.
4. Lu, H., & Zhao, X. S. (2017). Biomass-derived carbon electrode materials for supercapacitors. *Sustainable Energy & Fuels*, **1**(6), 1265–1281.
5. Choudhary, N., Li, C., Moore, J., Nagaiah, N., Zhai, L., Jung, Y., & Thomas, J. (2017). Asymmetric supercapacitor electrodes and devices. *Advanced Materials*, **29**(21), 1605336.
6. Tetra, O. N. (2018). Superkapasitor berbahan dasar karbon aktif dan larutan ionik sebagai elektrolit. *Jurnal Zarah*, **6**(1), 39–46.
7. Chen, L. F., Yu, Z. Y., Wang, J. J., Li, Q. X., Tan, Z. Q., Zhu, Y. W., & Yu, S. H. (2015). Metal-like fluorine-doped β -FeOOH nanorods grown on carbon cloth for scalable high-performance supercapacitors. *Nano Energy*, **11**, 119–128.
8. Li, Q., Mu, J., Zhou, J., Zhao, Y., & Zhuo, S. (2019). Avoiding the use of corrosive activator to produce nitrogen-doped hierarchical porous carbon materials for high-performance supercapacitor electrode. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, **832**, 284–292.
9. 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.
10. Gao, H., & Li, J. (2019). Thermogravimetric analysis of the co-combustion of coal and polyvinyl chloride. *Plos one*, **14**(10), e0224401.
11. Taslim, R., Sari, M. N., & Taer, E. (2017). Studi awal pembuatan karakteristik elektroda superkapasitor dari limbah pelepah kelapa sawit. *Prosiding Seminar Nasional Fisika Universitas Riau*, Universitas Riau, Pekanbaru, 2017, 180–184.

12. Triyastiti, L., & Krisdiyanto, D. (2017, November). Isolasi Nanoselulosa Dari Pelepah Pohon Salak Sebagai Filler Pada Film Berbasis Polivinil Alkohol (PVA). *Prosiding Seminar Nasional Kulit, Karet dan Plastik*, **6**(1), 223–236.
13. Yang, H., Yan, R., Chen, H., Lee, D. H., & Zheng, C. (2007). Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, **86**(12-13), 1781–1788.
14. Farma, R., Oktaviandari, M., & Asyana, V. (2021). Effect of carbonized temperature to supercapacitor electrode from palm midrib biomass. *Journal of Aceh Physics Society*, **10**(1), 21–25.
15. Ali, I., Asim, M., & Khan, T. A. (2012). Low cost adsorbents for the removal of organic pollutants from wastewater. *Journal of environmental management*, **113**, 170–183.
16. 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.



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