

## PENGARUH SUHU AKTIVASI TERHADAP SIFAT FISIS DAN ELEKTROKIMIA ELEKTRODA SUPERKAPASITOR DARI LIMBAH DAUN AKASIA (*Acacia mangium Wild*)

Kristin Natalia\*, Erman Taer

Jurusan Fisika, Universitas Riau

\*E-mail korespondensi: [nataliak657@gmail.com](mailto:nataliak657@gmail.com)

### ABSTRACT

*The carbon electrode from acacia leaves (*Acacia mangium Wild*) for supercapacitor cell has been fabricated with physical activation temperature variations of 800°C, 850°C, and 900°C for the AK800, AK850 and AK900 samples respectively. Carbon electrodes were carbonized at a temperature of 600°C followed by physical activation in CO<sub>2</sub> gas atmosphere. The KOH is use as an activating agent. The results of physical properties characterization show the higher physical activation temperature cause lower density data and smaller pore size of the particles. The EDX data shows an increasing in the carbon content. The best specific capacitance was found in AK900 as high as 76 g F<sup>-1</sup> and the lowest specific capacitance is found in AK800 as high as 12,4 g F<sup>-1</sup>. Specific capacitance increases with increasing physical activation temperature.*

**Keywords:** Acacia leaves, Supercapacitor, Physical activation temperature

### ABSTRAK

*Elektroda karbon dari daun akasia (*Acacia mangium Wild*) untuk sel superkapasitor telah dibuat dengan variasi suhu aktivasi fisik 800°C, 850°C, dan 900°C untuk masing-masing sampel AK800, AK850 dan AK900. Elektroda karbon dikarbonisasi pada suhu 600°C diikuti dengan aktivasi fisik di atmosfer gas CO<sub>2</sub>. KOH digunakan sebagai agen pengaktif. Hasil karakterisasi sifat fisik menunjukkan suhu aktivasi fisik yang lebih tinggi menyebabkan data kepadatan yang lebih rendah dan ukuran pori partikel yang lebih kecil. Data EDX menunjukkan peningkatan kandungan karbon. Kapasitansi spesifik terbaik ditemukan pada AK900 setinggi 76 g F<sup>-1</sup> dan kapasitansi spesifik terendah ditemukan pada AK800 setinggi 12,4 g F<sup>-1</sup>. Kapasitansi spesifik meningkat dengan meningkatnya suhu aktivasi fisik.*

**Kata kunci:** Daun akasia, Supercapacitor, Variasi suhu aktivasi fisika

Diterima 08-07-2019 | Disetujui 25-09-2019 | Dipublikasi 31-10-2019

### PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi yang semakin canggih dan semakin banyaknya jumlah pengguna teknologi menyebabkan kebutuhan energi pada saat ini semakin meningkat. Sumber energi yang banyak digunakan saat ini adalah yang berasal dari bahan fosil seperti minyak bumi dan batubara. Permasalahan yang dihadapi untuk sumber energi ini, seperti batu bara yang semakin habis dan minyak bumi yang jumlahnya semakin menipis

sehingga diperlukan penelitian tentang energi baru sebagai sumber energi alternatif.

Sumber energi alternatif yang dibutuhkan oleh manusia pada saat ini adalah energi yang murah, mudah dijumpai dan juga mudah diperbaharui. Kesukaran dalam memprediksi sumber-sumber energi tersebut, maka diperlukan sebuah piranti penyimpan energi yang baik. Beberapa contoh penyimpan energi seperti superkapasitor, kapasitor dan baterai. Superkapasitor merupakan salah satu penyimpan energi yang efektif dibandingkan

baterai dan kapasitor konvensional dikarenakan rapat energi superkapasitor 10-100 kali lebih besar dibandingkan dengan kapasitor konvensional dan rapat daya superkapasitor 1000 kali lebih besar dibandingkan dengan baterai [1].

Pembuatan elektroda superkapasitor salah satunya dikembangkan dari karbon aktif [2]. Karbon aktif adalah material yang paling banyak digunakan sebagai elektroda superkapasitor karena tersedia secara luas, harga yang murah dan metode preparasi yang lebih mudah dibandingkan dengan karbon lainnya [3].

Daun akasia (*Acacia mangium Wild*) merupakan salahsatu potensi biomassa karbon yang cukup tinggi yaitu sebesar 85,6% [4]. Penelitian ini berfokus kepada pemanfaatan limbah daun akasia sebagai bahan dasar pembuatan elektroda karbon superkapasitor dengan variasi suhu aktivasi fisika. Variasi suhu aktivasi fisika dipilih karena memberikan pengaruh yang lebih besar terhadap nilai kapasitansi spesifik yang dihasilkan dibandingkan dengan memvariasikan parameter lainnya seperti waktu aktivasi fisika. Hal tersebut didukung dengan data pada penelitian terdahulu seperti mahkota nanas yang divariasikan waktu aktivasi fisiknya menghasilkan kapasitansi spesifik sebesar 134 F g<sup>-1</sup> [5] sedangkan mahkota nanas yang divariasikan suhu aktivasi fisiknya menghasilkan nilai kapasitansi spesifik sebesar 150 F g<sup>-1</sup> [6]. Proses pembuatan elektroda karbon dari limbah daun akasiannya diharapkan selain mendapatkan sumber karbon yang murah, luas permukaan tinggi dan ditambah kandungan karbon yang cukup tinggi akan mempengaruhi performa superkapasitor.

## METODE PENELITIAN

### a. Pembuatan sampel

Biomassa yang digunakan sebagai sampel merupakan daun akasia. Daun akasia dikumpulkan sebanyak ±2 kg, kemudian dicuci dan di jemur di bawah sinar matahari selama 2 hari dan pengeringan didalam oven

pengeringan selama 2 hari. Setelah proses pengeringan, daun akasia dilanjutkan dengan pra-karbonisasi dilakukan dari suhu 50°C sampai 200°C (2 jam). sampel karbon daun akasia tersebut kemudian dilakukan penggilingan menggunakan mortal dan ballmiling selama 20 jam dan dilakukan pengayakan menggunakan ayakan 53µm (*Laboratory Test Sieve*). Serbuk karbon daun akasia kemudian dilakukan aktivasi kimia menggunakan aktivator KOH 0,5 M dengan perbandingan 1:5. Setelah sampel selesai diaktivasi, sampel dicuci dengan Akuades sampai pHnya 7 dan dikeringkan kembali didalam oven pengeringan. Sampel yang sudah kering kemudian dilakukan penggilingan kembali menggunakan mortal dan *ballmiling* selama 20 jam dan diayak kembali menggunakan ayakan 53µm (*Laboratory Test Sieve*). Sampel yang sudah diayak dan berbentuk serbuk karbon tersebut siap untuk cetak pelet, dikarbonisasi dan aktivasi fisika. Pelet kemudian di poles untuk diuji CV. Proses pemolesan dilakukan dengan meletakkan pelet di atas kertas pasir P1200 dan dipoles secara perlahan sampai ketebalan 0,25 mm – 0,30 mm dan permukaan pelet yang terbentuk halus. Pelet yang selesai dipoles siap untuk digunakan sebagai elektroda superkapasitor dan pelet yang tidak di poles siap untuk karakterisasi.

### b. Karakterisasi sifat fisis

Karakterisasi sifat fisis pada penelitian ini terbagi menjadi densitas, *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan *Energy Dispersive X-ray* (EDX). Densitas merupakan ukuran kerapatan suatu bahan yang dinyatakan dengan massa persatuan volume. Pengukuran densitas dilakukan dengan mengukur diameter, tebal dan massa elektroda karbon menggunakan jangka sorong dan timbangan digital mettle Toledo. Pengukuran dilakukan untuk beberapa variasi yaitu setelah pencetakan pelet, setelah karbonisasi dan setelah aktivasi fisika. Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan Energi Dispersif Sinar-X (EDX) menggunakan alat *JEOL-JSM 6360LA*.

Pengujian SEM dilakukan dengan perbesaran 1000 kali yang bertujuan untuk melihat tampilan morfologi permukaan karbon dari elektroda karbon sedangkan pengujian EDX bertujuan untuk mengetahui komposisi yang terkandung pada permukaan elektroda karbon.

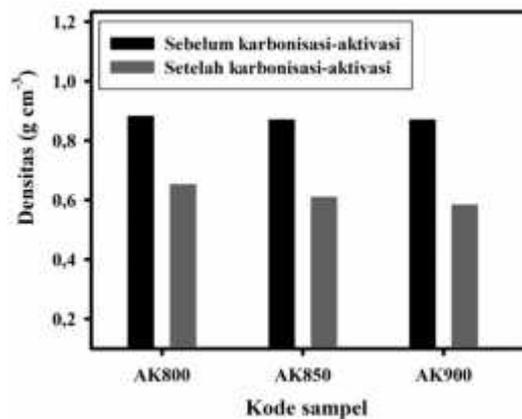
### c. Karakterisasi sifat elektrokimia

Karakterisasi *Cyclic Voltammetry* (CV) merupakan salah satu teknik pengukuran yang dilakukan untuk memberikan informasi tentang sifat kapasitif sel elektrokimia seperti *voltage window*, kapasitansi dan waktu hidup (*cycle life*). Pengukuran *Cyclic Voltammetry* (CV) dilakukan di Laboratorium Fisika Material dan Nanoteknologi Jurusan Fisika FMIPA Universitas Riau. Proses pengukuran menggunakan alat *Physics CV UR Rad-Er 5841* yang dikontrol dengan *software cyclic voltammetry CV v6* dengan lebar potensial 0 Volt - 0,5 Volt dan laju pemindaian 1 mV/s.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Densitas

Pengukuran densitas elektroda karbon sel superkapasitor dilakukan untuk memprediksi nilai kapasitansi spesifik dari elektroda karbon.



**Gambar 1.** Diagram perbandingan nilai densitas elektroda karbon daun akasia sebelum dan setelah karbonisasi - aktivasi fisika

Gambar 1 memperlihatkan nilai densitas elektroda karbon sebelum karbonisasi - aktivasi fisika mengalami penurunan setelah dilakukan karbonisasi - aktivasi fisika. Penurunan densitas elektroda karbon setelah karbonisasi - aktivasi fisika dikarenakan

menguapnya bahan-bahan yang bukan karbon pada saat karbonisasi dan pada saat aktivasi fisika terjadi pemutusan rantai karbon dari senyawa yang lebih kompleks yang menyebabkan terbentuknya pori-pori baru [7]. Penguapan bahan-bahan yang bukan karbon dari elektroda menyebabkan terbentuknya lubang atau pori pada elektroda yang mengakibatkan terjadinya susut massa pada elektroda karbon. Susut massa yang disebabkan oleh lubang atau pori menyebabkan meningkatnya porositas dan menurunnya densitas elektroda karbon. Pori yang belum sempurna yang dihasilkan pada saat karbonisasi terjadi penyusunan ulang pada saat aktivasi fisika serta pemutusan rantai karbon dan terbentuk pori baru akibat pemanasan dengan suhu relatif tinggi.

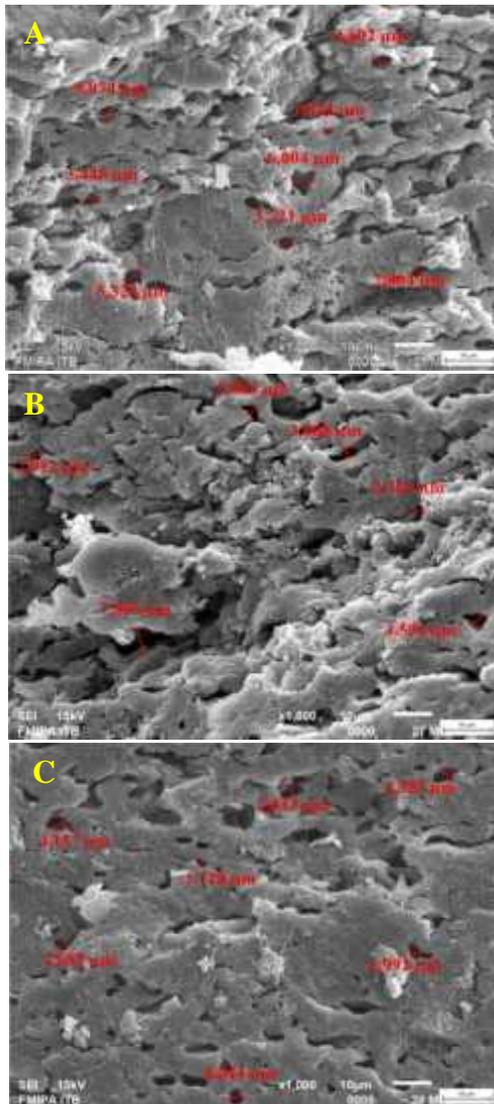
Densitas elektroda karbon setelah karbonisasi - aktivasi fisika pada suhu 800 °C, 850 °C dan 900 °C terlihat penurunan seiring dengan kenaikan suhu. analisa yang didapatkan dari data tersebut adalah pada suhu 900 °C merupakan pemanasan terbaik untuk mendapatkan nilai densitas yang rendah sehingga didapatkan nilai porositas yang cukup tinggi.

### b. Scanning Electron Microscopy (SEM)

Karakterisasi *Scanning Electron Microscopy* (SEM) bertujuan untuk menentukan dan mengetahui bentuk partikel, bentuk pori, bentuk struktur bahan, aglomerasi dan cacat pada elektroda karbon yang diuji.

Gambar 2 merupakan hasil pengujian SEM dengan perbesaran 1000 kali. secara umum, Gambar 2 memperlihatkan adanya bongkahan partikel, pori diantara partikel dan serat-serat karbon yang menumpuk dan menggumpal. Gambar 2a terlihat adanya bongkahan partikel yang memiliki pori rata-rata berukuran 4,10 nm dan terlihat adanya serat-serat karbon yang tersebar di permukaan dari bongkahan-bongkahan partikelnya. Gambar 2b memiliki pori rata-rata berukuran 3,95 nm dan serat-serat karbon yang menggumpal di permukaan elektroda. Gambar 2c memiliki pori rata-rata berukuran 3,39 nm dan serat-serat karbon yang

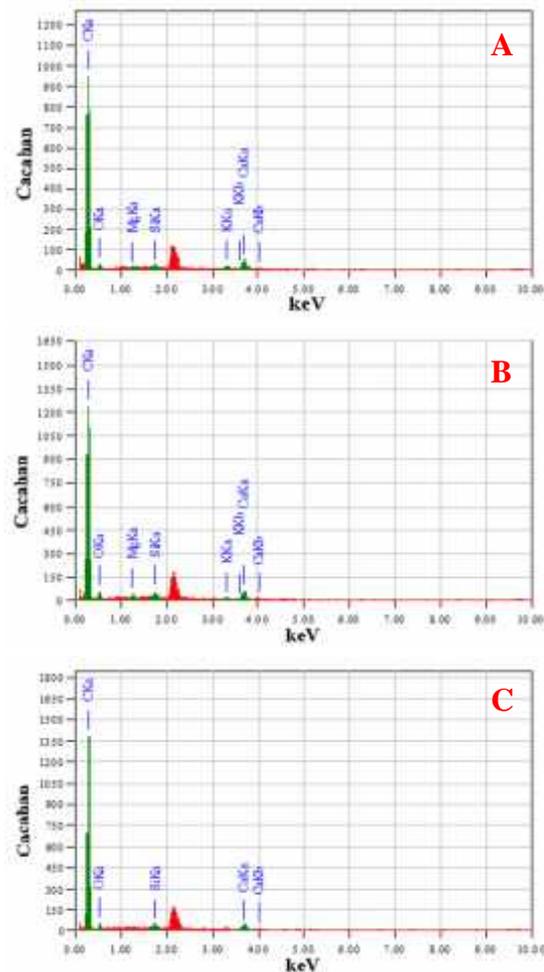
menggumpal serta menyebar di permukaan elektroda karbon. Dari gambar terlihat ukuran diameter pori yang semakin halus seiring dengan meningkatnya suhu aktivasi fisika yang diberikan. Pori yang semakin halus mengindikasikan luas permukaan yang semakin besar.



**Gambar 2.** Morfologi permukaan elektroda karbon daun akasia (*Acacia mangium* Wild) dengan perbesaran 1000 kali untuk kode elektroda a)AK800 b)AK850 c)AK900.

c. *Energy dispersive X-ray (EDX)*

Karakterisasi EDX bertujuan untuk mengetahui kandungan unsur didalam sampel yang diuji.

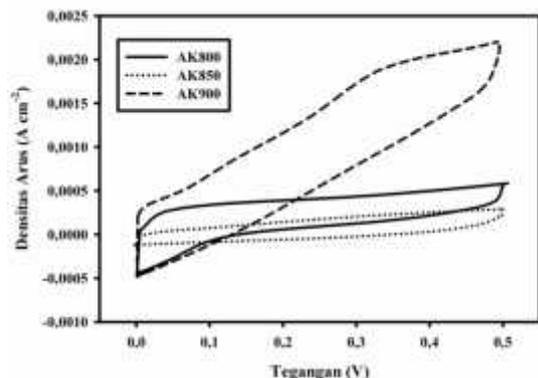


**Gambar 3.** Data spektroskopi EDS untuk sampel elektroda a)AK800 b)AK850 c)AK900.

Gambar 3 memperlihatkan kurva tingkat energi terhadap cacahan. Dari gambar terlihat jenis unsur berkurang seiring meningkatnya suhu aktivasi fisika yang diberikan. Dimana, unsur kalium dan silika menguap pada suhu aktivasi fisika 900°C. Jenis unsur berkurang seiring meningkatnya suhu aktivasi fisika yang diberikan mengindikasikan bahwa semakin murni elektroda karbon yang dihasilkan. Elektroda daun akasia memiliki kandungan karbon yang cukup tinggi. Selain karbon kandungan unsur-unsur lain juga terdapat dalam elektroda daun akasia seperti: Magnesium, Silika, Kalium dan Kalsium. Kadar karbon tertinggi ke terendah masing-masing dimiliki oleh elektroda AcM900, AcM850 dan AcM800.

d. *Cyclic voltammetry (CV)*

Pengukuran CV bertujuan untuk mengetahui nilai kapasitansi spesifik elektroda sel superkapasitor.



**Gambar 4.** Kurva *cyclic voltammetry* (CV) elektroda sel superkapasitor dengan variasi suhu aktivasi fisika pada laju scan 1 mV/s.

Gambar 4 merupakan gambar plot antara densitas arus dan tegangan yang memperlihatkan bentuk kurva hampir menyerupai persegi panjang. Dari kurva terlihat bahwa arus meningkat seiring meningkatnya suhu aktivasi fisika yang diberikan. Nilai kapasitansi tertinggi ke terendah masing-masing dimiliki elektroda dengan kode sampel AK900, AK850 dan AK800 dengan nilai kapasitansi  $76 \text{ F g}^{-1}$ ,  $23 \text{ F g}^{-1}$  dan  $12,4 \text{ F g}^{-1}$ . Secara keseluruhan terlihat adanya hubungan kapasitansi spesifik sel superkapasitor yang dihasilkan dengan variable fisis seperti morfologi permukaan, dan kandungan karbon dalam elektroda karbon. Data densitas menunjukkan semakin tinggi suhu aktivasi fisika yang diberikan menyebabkan semakin kecil nilai densitas yang dihasilkan. Data morfologi permukaan menunjukkan semakin tinggi suhu aktivasi menyebabkan ukuran pori-pori elektroda semakin kecil, dan bila dikaitkan dengan data luas permukaan ukuran partikel yang semakin kecil menyebabkan luas permukaan yang semakin besar. Data kandungan karbon menunjukkan semakin tinggi suhu aktivasi fisika yang diberikan menyebabkan semakin besar kandungan karbon yang terkandung dalam sampel elektroda daun akasia. Semua variabel ini menyebabkan kapasitansi spesifik elektroda yang semakin besar.

## KESIMPULAN

Telah berhasil dibuat elektroda karbon superkapasitor berbahan dasar daun akasia dengan variasi suhu aktivasi fisika. Katakterisasi sifat fisis menunjukkan semakin tinggi suhu aktivasi fisika yang diberikan maka: data densitas menunjukkan semakin rendah nilai densitas yang dihasilkan, data morfologi permukaan menunjukkan ukuran pori partikel semakin kecil, data EDX menunjukkan peningkatan nilai kandungan karbon. Karakterisasi sifat elektrokimia menunjukkan semakin tinggi suhu aktivasi fisika yang diberikan maka semakin besar nilai kapasitansi yang dihasilkan. Hasil kapasitansi spesifik elektroda dengan kode sampel AK800, AK850, AK900 masing-masing adalah  $12,4 \text{ F g}^{-1}$ ,  $23 \text{ F g}^{-1}$ , dan  $76 \text{ F g}^{-1}$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Riset dan Teknologi atas bantuan pendanaan melalui proyek PDUPT tahun 2019 dengan nomor kontrak **759/UN.19.5.3/PT.01.03/2019**.

## REFERENSI

1. Kotz, R. & Carlen, M. (2000). Principles and application electrochemical capacitors. *Electrochimica Acta*, **45**: 2483-2498.
2. Gamby, J., Taberna, P. L., Simon, P., Fauvarque, J. F., Chesneau, M. (2001). Studies and Characterisations of Various Activated Carbon Used for Carbon/ Carbon Supercapacitor. *Journal of Power Sources*, **101**, 109-116.
3. Ong, L. K., Kurniawan, A., Suwandi, A. C., Lin, C. X., Zhao, X. S., and Ismadji, S. (2012). A facile and green preparation of durian asheel-derived carbon electrodes for electrochemical double-layer capacitors. *Progress in natural Science: Materials International*, **22**(6), 624-630.
4. Hasfita, F. (2012). Studi pembuatan biosorben dari limbah daun akasia mangium (*Acacia mangium Wild*) untuk

- aplikasi penyisihan logam. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, **1**, 36-48.
5. Taslim, R., Dewi, T. R., Taer, E., Apriwandi, A., Agustino, A., Setiadi, R. N. (2018). Effect of physical activation time on the preparation of carbon electrodes from pineapple crown waste for supercapacitor application. *Journal of Physics: Conf. Series*, 1120 012084.
  6. Taer, E., Apriwandi, A., Ningsih, Y. S., Taslim, R., Agustino. (2019). Preparation of Activated Carbon Electrode from Pineapple Crown Waste for Supercapacitor Application. *Int. J. Electrochem. Sci*, **14**, 2462 – 2475.
  7. Sugeng. (2010). *Fabrikasi dan karakterisasi nanopartikel platinum pada elektroda karbon dari bahan serbuk kayu karet sebagai bahan sel superkapasitor*. Skripsi Jurusan Fisika FMIPA, Universitas Riau.



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