

## PENGARUH PENAMBAHAN MASSA AKTIVATOR PEG TERHADAP NILAI KAPASITANSI ELEKTRODA PADA SUPERKAPASITOR DARI TEMPURUNG KLUWAK (*PANGIUM EDULE*)

Henti Nurdiana<sup>1</sup>, Lydia Rohmawati<sup>1</sup>, Woro Setyarsih<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya  
e-mail : [henti.nurdiana@gmail.com](mailto:henti.nurdiana@gmail.com)

### Abstrak

Kluwak sering dimanfaatkan sebagai bumbu masakan, namun di Indonesia pemanfaatan limbah tempurung kluwak belum maksimal. Tempurung kluwak memiliki kandungan karbon yang tinggi sehingga berpotensi untuk dijadikan elektroda pada superkapasitor. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh penambahan massa aktivator PEG terhadap ukuran pori, luas permukaan, dan nilai kapasitansi elektroda karbon aktif dari tempurung kluwak (*Pangium Edule*). Tempurung kluwak didehidrasi pada suhu 180°C selama 5 jam dan dikarbonasi pada suhu 700°C selama 2 jam. Hasil karbonasi dilakukan karakterisasi proximate dan didapatkan hasil *fixed carbon* sebesar 77,1%. Proses aktivasi menggunakan metode *solid state* pada suhu 800°C selama 5 jam, perbandingan karbon dan PEG yang digunakan adalah 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Hasil karakterisasi BET diperoleh ukuran pori terkecil 1,19109 nm dan luas permukaan terbesar 690,498 m<sup>2</sup>/g pada sampel yang diaktivasi PEG 1:6. Hasil karakterisasi voltametri diperoleh nilai kapasitansi terbesar 41,3072 mF/g pada sampel yang diaktivasi PEG 1:6. Hasil karakterisasi SEM menunjukkan bahwa struktur morfologi sampel memiliki pori sehingga dapat diaplikasikan sebagai elektroda pada superkapasitor.

**Kata Kunci :** tempurung kluwak, solid state, elektroda superkapasitor

### Abstract

*Kluwak is often used as cooking flavor, but the utilization toward the waste of kluwak shell is not optimal in Indonesia. Kluwak shell has a high carbon content which is very potential to be supercapacitor electrode. The purpose of this study is to analyze the effect of a PEG activator mass addition toward the size of pore, surface area, and the capacitance value of activated carbon electrode from kluwak shell (Pangium Edule). The shell of kluwak is dehydrated at temperature around 180°C for 5 hours and carbonated at temperature around 700°C for 2 hours. The result of carbonation is done by proximate characterization and discovered the amount of the fixed carbon is 77,1%. The activation process uses solid state method at temperature around 800°C for 5 hours, the comparisons between carbon and PEG that had used are 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, and 1:7. The result of BET characterization is obtained by the smallest size of pore for 1,19109 nm and the biggest surface area for 690,498 m<sup>2</sup>/g at the sample that activated by PEG is on 1:6. The result of voltametri obtains highest capacitance value as big as 41,3072 mF/g at the sample which activated by PEG is on 1:6. The result of SEM characterization showed that the structure of sample morphology has a pore that can be applied supercapacitor electrode.*

**Keywords :** kluwak shell, solid state, electrode supercapacitor

### PENDAHULUAN

Tempurung kluwak merupakan bahan organik yang terdiri dari beberapa komponen berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Semakin banyak kandungan selulosa, hemiselulosa, dan lignin maka akan semakin baik karbon aktif yang dihasilkan (Nurdiansah dkk, 2013). Tempurung kluwak memiliki kandungan karbon yang tinggi yaitu sebesar 92,15% (Latifan dkk, 2012), sehingga sangat berpotensi untuk dijadikan bahan karbon aktif yang dapat diaplikasikan sebagai elektroda pada superkapasitor. Untuk dapat dijadikan elektroda pada superkapasitor maka suatu bahan harus memiliki nilai

kapasitansi antara 5,8440 x 10<sup>9</sup> F/g - 2700 F/g (Khairati, 2014; Fitriana, 2014). Superkapasitor merupakan terobosan baru di dunia piranti penyimpanan energi yang memiliki rapat daya yang besar, kapasitas penyimpanan muatan yang sangat besar, proses pengisian-pengosongan muatan yang cepat dan tahan lama jika dibandingkan dengan kapasitor biasa (Rosi dkk, 2012).

Peneliti terdahulu telah berhasil membuat elektroda pada superkapasitor dari bahan karbon aktif tempurung kluwak yaitu Latifan dkk (2012) yang memperoleh nilai kapasitansi sebesar 9,91 mF/g, Nurdiansah dkk (2013) memperoleh nilai kapasitansi

sebesar 291 mF/g, dan Habibah dkk (2014) memperoleh nilai kapasitansi sebesar 11,69 mF/g.

Pada penelitian ini dibuat elektroda dari bahan karbon aktif tempurung kluwak menggunakan aktivator PEG (Polietilen glikol). Penelitian ini mereplikasi dari penelitian Habibah dkk (2014), kemudian divariasi terhadap nilai perbandingan karbon dan PEG yaitu 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Variasi ini dilakukan untuk mendapatkan elektroda karbon aktif yang memiliki ukuran pori terkecil dan luas permukaan terbesar. Meningkatnya luas permukaan dari karbon aktif menyebabkan semakin banyak ion baik kation maupun anion yang mampu terserap dalam elektroda sehingga nilai kapasitansi dari superkapasitor juga akan meningkat (Ariyanto dkk, 2012).

### METODE PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah tempurung kluwak, PEG 6000, KCl, aquades, dan parafin cair. Tempurung kluwak dicuci hingga bersih kemudian dipanaskan pada suhu 180 °C selama 5 jam. Tempurung kluwak dikarbonasi pada suhu 700 °C selama 2 jam (Nurdiansah dkk, 2013). Hasil karbonasi dihaluskan hingga berbentuk serbuk yang lolos ayakan 120 *mesh*. Serbuk karbon dilakukan karakterisasi proximate untuk mengetahui kandungan *fixed carbon*. Serbuk karbon diaktivasi menggunakan metode *solid state* (Habibah dkk, 2014), yaitu dengan cara mencampurkan karbon dan PEG pada suhu 800 °C selama 5 jam. Perbandingan karbon dan PEG yang digunakan adalah 1:3, 1:4, 1:5, 1:6, dan 1:7. Karbon aktif dilakukan karakterisasi BET untuk mengetahui ukuran pori dan luas permukaan, serta dikarakterisasi SEM untuk mengetahui bentuk morfologinya. Untuk membuat elektroda maka serbuk karbon aktif harus dijadikan bentuk pellet (Rosi dkk, 2012), yaitu dengan cara karbon aktif dimasukkan ke dalam *die press* dan dikompaksi dengan tekanan 4000 *psi* pada suhu 50 °C selama 10 menit. Pembuatan elektroda juga dapat dilakukan menggunakan parafin cair sebagai perekat (Suliana dkk, 2014), yaitu dengan cara mencampurkan serbuk karbon aktif dan parafin cair (perbandingan 2:1) ke dalam sedotan. Elektroda yang terbentuk dilakukan karakterisasi voltametri untuk mengetahui nilai kapasitansinya.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### A. Analisis Karakterisasi Proximate

Analisis hasil karakterisasi proximate pada sampel karbon ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil karakterisasi proximate karbon tempurung kluwak

No	Nama Contoh	Jenis Uji	Hasil	Satuan	Metode Pengujian
1	Karbon tempurung kluwak	Kadar karbon padat	77,1	%, adb	ASTM D3172-02

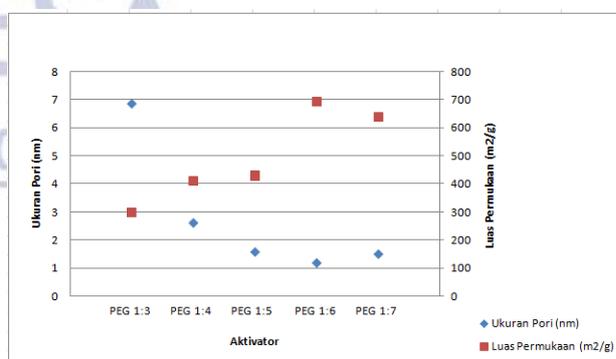
Hasil karakterisasi kadar karbon tempurung kluwak seperti yang tertera pada Tabel 1, terlihat bahwa tempurung kluwak memiliki kandungan karbon yang tinggi yaitu sebesar 77,1%. Nilai kandungan karbon tempurung kluwak yang diperoleh pada penelitian ini lebih tinggi dibanding dengan nilai kandungan karbon pada tempurung kelapa yang hanya sebesar 20,96% (Wei, 2008) dan juga lebih tinggi dibanding dengan nilai kandungan karbon pada eceng gondok yang hanya sebesar 72,02% (Abu dan Suhariono, 2012). Adanya kandungan karbon yang tinggi pada tempurung kluwak berpotensi untuk dijadikan elektroda pada superkapasitor.

### B. Analisis Karakterisasi BET

Analisis hasil karakterisasi BET pada sampel karbon aktif ditunjukkan pada Tabel 2 dan Gambar 1.

Tabel 2. Hasil karakterisasi BET pada sampel karbon aktif tempurung kluwak

No	Sampel	Aktivator	Ukuran Pori (nm)	Luas Permukaan (m <sup>2</sup> /g)
1	Karbon aktif tempurung kluwak	PEG 1:3	6,85194	299,773
2		PEG 1:4	2,61504	411,154
3		PEG 1:5	1,58100	428,837
4		PEG 1:6	1,19109	690,498
5		PEG 1:7	1,50500	636,929



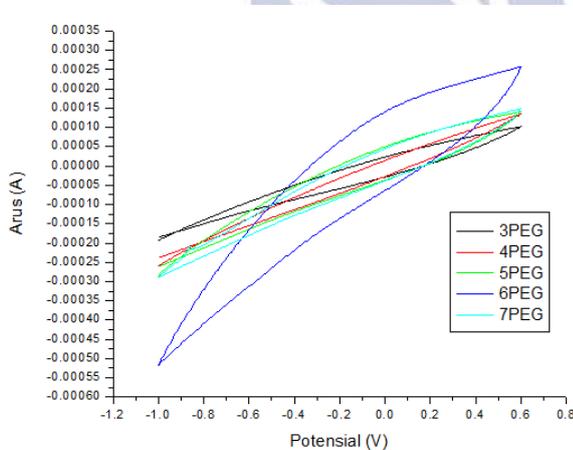
Gambar 1. Grafik hasil karakterisasi BET pada sampel karbon aktif tempurung kluwak

Berdasarkan Tabel 2 dan Gambar 1 dapat dilihat bahwa penambahan aktivator yang bervariasi dapat mempengaruhi ukuran pori dan luas permukaan pada

karbon aktif. Pada penelitian ini ukuran pori terkecil diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 yaitu sebesar 1,19109 nm, namun pada karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:7 ukuran porinya mengalami peningkatan yaitu sebesar 1,50500 nm. Luas permukaan terbesar pada penelitian ini diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 yaitu sebesar 690,498 m<sup>2</sup>/g, namun pada karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:7 luas permukaannya mengalami penurunan yaitu sebesar 636,929 m<sup>2</sup>/g. Hal ini dikarenakan karbon aktif yang diaktivasi dengan PEG 1:7 sudah mengalami titik jenuh, sehingga aktivator yang semakin banyak justru menjadi pengotor. Karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 memungkinkan memiliki kemampuan penyerapan ion dalam jumlah besar sehingga jika diaplikasikan menjadi elektroda akan mampu menyimpan muatan dalam jumlah besar.

### C. Analisis Karakterisasi Voltametri Siklik

Analisis hasil karakterisasi voltametri siklik pada sampel elektroda karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 2 dan Tabel 3.



Gambar 2. Grafik hasil uji voltametri siklik pada sampel elektroda karbon aktif tempurung kluwak

Tabel 3. Nilai kapasitansi elektroda karbon aktif tempurung kluwak

No	Bahan	Jumlah Aktivator	Arus (A)	Kapasitansi (mF/g)
1	Elektroda karbon aktif tempurung kluwak	PEG 1:3	$1,0216 \times 10^{-4}$	16,3456
2		PEG 1:4	$1,35 \times 10^{-4}$	21,6
3		PEG 1:5	$1,4119 \times 10^{-4}$	22,5904
4		PEG 1:6	$2,5817 \times 10^{-4}$	41,3072
5		PEG 1:7	$1,487 \times 10^{-4}$	23,792

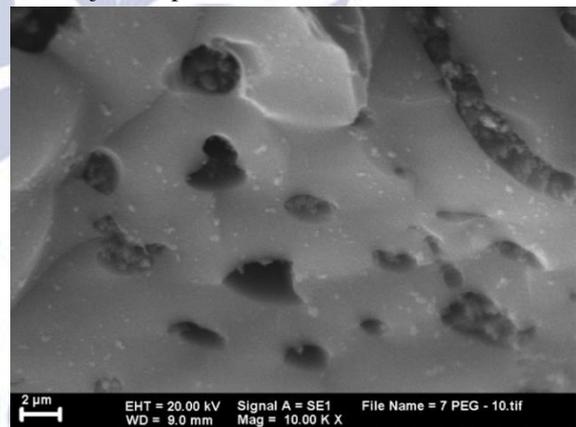
Berdasarkan Gambar 2 dan Tabel 3, dapat diketahui bahwa penambahan aktivator yang bervariasi dapat

mempengaruhi besarnya nilai kapasitansi pada elektroda karbon aktif. Pada penelitian ini nilai kapasitansi terbesar diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 yaitu sebesar 41,3072 mF/g, namun pada karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:7 nilai kapasitansinya mengalami penurunan yaitu sebesar 23,792 mF/g. Hal ini dikarenakan karbon aktif sudah mengalami titik jenuh karena terlalu banyak aktivator justru menjadi pengotor. Jika terdapat banyak pengotor menyebabkan pori-pori menjadi tersumbat sehingga kemampuan penyerapan ion semakin rendah walaupun ukuran pori relatif kecil. Kemampuan penyerapan ion yang rendah menyebabkan jumlah muatan yang dapat tersimpan menjadi semakin rendah pula.

Untuk dapat dijadikan elektroda pada superkapasitor maka suatu bahan harus memiliki nilai kapasitansi antara  $5,8440 \times 10^{-9}$  F/g – 2700 F/g (Khairati, 2014; Fitriana, 2014). Nilai kapasitansi terbesar dalam penelitian ini diperoleh pada sampel elektroda karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 yaitu sebesar 41,3072 mF/g atau sama dengan 0,0413072 F/g, dimana nilai ini sudah memenuhi syarat untuk dijadikan elektroda superkapasitor.

### D. Analisis Karakterisasi SEM

Analisis hasil karakterisasi SEM pada sampel karbon aktif ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil karakterisasi SEM pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:7

Gambar 3, menunjukkan hasil uji SEM dengan perbesaran 10.000x, terlihat bahwa sampel memiliki bentuk yang berongga atau memiliki pori-pori sehingga bisa disimpulkan bahwa karbon aktif tempurung kluwak berbentuk sponge. Penambahan aktivator mempengaruhi pembentukan pori pada karbon aktif.

## PENUTUP

### Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Ukuran pori terkecil diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 yaitu sebesar 1,19109 nm dan ukuran pori terbesar diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:3 yaitu sebesar 6,85194 nm.
2. Luas permukaan terkecil diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:3 yaitu sebesar 299,773 m<sup>2</sup>/g dan luas permukaan terbesar diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 yaitu sebesar 690,498 m<sup>2</sup>/g.
3. Nilai kapasitansi terkecil diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:3 yaitu sebesar 16,3456 mF/g dan nilai kapasitansi terbesar diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6 yaitu sebesar 41,3072 mF/g.
4. Penambahan aktivator PEG 1:7 justru memperkecil nilai kapasitansi, dimana nilai kapasitansi yang diperoleh sebesar 23,792 mF/g.
5. Penambahan aktivator PEG yang paling ideal dengan nilai kapasitansi besar diperoleh pada sampel karbon aktif yang diaktivasi PEG 1:6.

### Saran

Untuk mendapatkan hasil yang lebih baik dan tepat sasaran maka disarankan untuk melakukan hal berikut :

1. Tempurung kluwak yang akan dijadikan karbon aktif hendaknya dicuci sampai benar-benar bersih dari pengotornya.
2. Pada proses karbonasi hendaknya dilakukan dalam ruang tertutup dan dialiri gas nitrogen agar karbon aktif yang terbentuk benar-benar bersih dari pengotor.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abu, B. 2012. *Pengaruh Temperatur Karbonisasi dan Konsentrasi Zink Klorida (ZnCl<sub>2</sub>) terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Eceng Gondok*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Ariyanto, T., Prasetyo, I., Rochmadi. 2012. *Pengaruh Struktur Pori terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor yang Dibuak dari Karbon Nanopori*. Jurnal Reaktor. Vol. 14, No. 1, Hal. 25-32.
- Fitriana, V.N. 2014. *Sintesis dan Karakterisasi Superkapasitor Berbasis Nanokomposit TiO<sub>2</sub>/C*.

Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Universitas Negeri Malang.

- Habibah, M.D., Nurdiana, H., Rohmawati, L., Setyarsih, W. 2014. *Sintesis Nanopori Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule)*. Prosiding Seminar Nasional Fisika Pendidikan Fisika (SNFPPF). ISSN : 2089-6158.
- Khairati, M. 2014. *Pengaruh Elektrolit H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> terhadap Sifat Listrik pada Elektroda Superkapasitor dari Campuran Zeolit dan Resin Damar*. Skripsi tidak diterbitkan. Padang : Universitas Andalas.
- Latifan, R., Susanti, D. 2012. *Aplikasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (Pangium Edule) dengan Variasi Temperatur Karbonisasi dan Aktifasi Fisika Sebagai Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. Jurnal Teknik Material dan Metalurgi. Vol. 1, No. 1, Hal. 1-6.
- Nurdiansah, H., Susanti, D. 2013. *Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC)*. Jurnal Teknik POMITS. Vol. 2, No. 1, ISSN: 2337-3539.
- Rosi, M., Ekaputra, M.P., Iskandar, F., Abdullah, M., Khairurrijal. 2012. *Superkapasitor Menggunakan Polimer Hidrogel Elektrolit dan Elektroda Nanopori Karbon*. Prosiding Seminar Nasional Material.
- Suhariyono. 2012. *Pengaruh Variasi Temperatur Karbonisasi dan Temperatur Aktifasi Fisika terhadap Luas Permukaan Karbon Aktif Eceng Gondok (Eichhornia Crassipes) dengan Actifier KOH (Kalium Hidroksida)*. Skripsi tidak diterbitkan. Surabaya : Institut Teknologi Sepuluh November.
- Suliana, A., Setiarso, P. 2014. *Pembuatan Elektroda Pasta Karbon Termodifikasi Bentonit untuk Analisis Kadmium (II) dengan Ion Pengganggu Aluminium (III) dan Tembaga (II) secara Voltametri*. UNESA Journal of Chemistry. Vol. 3, No. 1.