

VARIASI *HOLDING TIME* SUHU AKTIVASI KARBON AKTIF DARI TEMPURUNG KLUWAK (*PANGIUM EDULE*) SEBAGAI ELEKTRODA PADA SUPERKAPASITOR

Montic Dyta Habibah¹, Lydia Rohmawati, Woro Setyarsih

¹Jurusan Fisika, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Surabaya

e-mail : montic.dyta@gmail.com

Abstrak

Karbon aktif merupakan material yang berpotensi untuk dijadikan sebagai elektroda pada superkapasitor karena memiliki luas permukaan yang besar dan ukuran pori dalam skala nano. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi *holding time* pada saat proses aktivasi karbon aktif dari tempurung kluwak terhadap ukuran pori (nm), luas permukaan (m^2/g), dan nilai kapasitansi (mF/g). Proses pembuatan karbon aktif terdiri dari 3 tahap yaitu dehidrasi, karbonasi, dan aktivasi. Dehidrasi dilakukan pada suhu $110^\circ C$ selama 24 jam. Proses karbonasi dilakukan pada suhu $500^\circ C$ selama 2 jam. Setelah proses karbonasi, dilakukan uji *proximate* dan didapatkan kandungan *fixed carbon* 77,1%. Suhu aktivasi penelitian adalah $800^\circ C$ dengan *holding time* 3 jam, 5 jam, 7 jam, 9 jam, dan 11 jam. Hasil uji BET diperoleh ukuran pori terkecil 0,114 nm dan luas permukaan terbesar 2924,132 m^2/g pada sampel yang diaktivasi selama 9 jam. Hasil uji voltametri diperoleh nilai kapasitansi terbesar pada sampel yang diaktivasi selama 9 jam, yaitu 192,8 mF/g. Hasil pengujian SEM menunjukkan adanya *sponge* pada morfologi sampel. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, *holding time* saat proses aktivasi mempengaruhi ukuran pori (nm), luas permukaan (m^2/g), dan nilai kapasitansi (mF/g) dari karbon aktif.

Kata Kunci : superkapasitor, tempurung kluwak, *holding time*, karbon aktif

Abstract

Activated carbon was a material that had the potential to be used as electrodes in supercapacitors because it was a large surface area and pore size in the nanoscale. This study was conducted to determine the effect of variations in *holding time* during the activation process the activated carbon from the shell of kluwak to the pore size (nm), the surface area (m^2/g), and capacitance (mF/g). The process of making activated carbon consists of 3 stages: dehydration, carbonation, and activation. Dehydration was carried out at $110^\circ C$ for 24 hours. Carbonation process was carried out at a temperature of $500^\circ C$ for 2 hours. Temperature activation in this study was $800^\circ C$ with a *holding time* 3 hours, 5 hours, 7 hours, 9 hours, and 11 hours. The result of BET test was obtained by the smallest pore size of 0.114 nm and the largest surface area of 2924.132 m^2/g in samples activated for 9 hours. The result of Voltametry test was obtained on samples of the largest capacitance value, which was activated during 9 hours, that was 192.8 mF/g. The result of SEM test was indicate a *sponge* to the sample of morphology. Based on research that has been done, *holding time* when the activation process for active carbon to be affects of the pore size (nm), the surface area (m^2/g), and the capacitance value (mF/g).

Keywords : supercapacitors, shell of kluwak, *holding time*, activated carbon

PENDAHULUAN

Superkapasitor merupakan perangkat penyimpanan energi listrik yang memiliki karakteristik diantaranya adalah waktu hidup yang lebih lama (bila dibandingkan dengan baterai), prinsip dan modelnya yang sederhana, waktu pengisian yang pendek, memiliki rapat daya yang tinggi, aman karena tidak mengandung bahan korosif dan lebih sedikit bahan yang beracun (Fitriana V.N., 2014). Salah satu faktor yang dapat mempengaruhi kinerja dari superkapasitor adalah elektrodanya (Lu Wen, dkk. 2012).

Umumnya material yang dapat digunakan sebagai elektroda pada superkapasitor adalah *carbon*

nanotube, *graphene*, oksida logam dan nanopori karbon aktif. Nanopori karbon aktif merupakan material yang berpotensi untuk dijadikan sebagai elektroda pada superkapasitor karena memiliki kerapatan energi yang tinggi, aksesibilitas pori yang baik, biaya pembuatan yang relatif murah (Ariyanto, dkk. 2012) kapasitansi bisa mencapai 100 F/g (Fitriana V.N., 2014) dan luas permukaan 300-3500 m^2/g . Bahan baku yang dapat dibuat menjadi nanopori karbon aktif adalah semua bahan yang mengandung karbon, salah satunya yaitu tempurung kluwak (*Pangium Edule*). Adanya kandungan karbon pada tempurung kluwak yang cukup tinggi yaitu sebesar 92,15% (Latifan, dkk. 2012), maka dalam penelitian ini

tempurung tersebut dijadikan sehingga bahan dasar pembuatan karbon aktif.

Pada tahun 2013, Haniffudin Nurdiansah melakukan penelitian tentang karbon aktif dari tempurung kluwak. Dengan metode aktivasi kimia (menggunakan aktivator KOH) dan dilanjutkan dengan aktivasi fisika, yaitu dipanaskan dalam *crussible alumina* pada temperatur 600°C dengan *holding time* selama 4 jam. Hasil dari penelitiannya tersebut diperoleh karbon aktif dengan luas permukaan sebesar 333,399 m²/g. Sintesis tempurung kelapa juga telah dilakukan oleh Rosi (2012) dengan temperatur aktivasi 800°C dan *holding time* selama 2 jam, diperoleh luas permukaan sebesar 400 m²/g dengan ukuran pori pada rentang 0,3-19 nm. Dengan metode dan bahan pembuatan karbon aktif yang sama, Genduk Alkurnia W., dkk (2015) melakukan sintesis dengan *holding time* selama 5 jam, didapatkan luas permukaan sebesar 414 m²/g dengan ukuran pori pada rentang 3,08-3,80 nm. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh para peneliti tersebut dapat diketahui bahwa *holding time* suhu aktivasi mempengaruhi pembentukan pori dan luas permukaan pada karbon aktif.

Habibah, dkk (2014) dalam penelitiannya, tentang karbon aktif dari tempurung kluwak dengan aktivator PEG (1:2) suhu aktivasi 800°C selama 30 menit, diperoleh luas permukaan sebesar 258,392 m²/g (ukuran pori 11,9 nm). Ukuran pori yang didapat tersebut sudah dalam skala nano tetapi luas permukaan sampel masih rendah. Luas permukaan karbon aktif yang disintesis dari tempurung kluwak ternyata bisa mencapai 311,24 m²/g (Latifan, dkk. 2012) dengan suhu aktivasi 500°C dan *holding time* 2 jam. Berdasarkan temuan tersebut *holding time* suhu aktivasi yang telah dilakukan peneliti di awal belum maksimal. Untuk itu dilakukan penelitian untuk mendeskripsikan pengaruh variasi *holding time* suhu aktivasi karbon aktif dari tempurung kluwak (*Pangium Edule*) terhadap ukuran pori (nm), luas permukaan (m²/g) dan kapasitansi (F/g) sebagai bahan elektroda pada superkapasitor.

METODE PENELITIAN

Sebelum melakukan sintesis karbon aktif, dilakukan preparasi sampel yaitu tempurung kluwak dibersihkan dari isinya yang menempel pada dinding biji kluwak menggunakan aquades. Setelah tempurung kluwak dibersihkan, dilakukan proses dehidrasi yaitu pemanasan pada suhu 110°C selama 24 jam, untuk menghilangkan kandungan aquades sisa pencucian yang terdapat dalam tempurung kluwak. Selanjutnya melakukan proses karbonasi yaitu tempurung kluwak dipanaskan pada suhu 500°C selama 2 jam di dalam *crussible alumina*. Hasil proses karbonasi tersebut diuji

proximate (ASTM D3172-02) untuk mendapatkan nilai kandungan karbon yang terdapat pada sampel.

Karbon selanjutnya diaktivasi menggunakan aktivator polietilen glikol (PEG) dengan perbandingan 1:2 (Habibah, dkk 2014). Campuran karbon dan PEG kemudian dimasukkan dalam *crussible alumina* dan dipanaskan dalam *furnace*. Proses aktivasi yang dilakukan termasuk merupakan aktivasi fisika karena melalui pemanasan pada temperatur 800°C, dengan variasi *holding time* 3 jam, 5 jam, 7 jam, 9 jam, dan 11 jam. Hasil dari proses aktivasi adalah serbuk karbon aktif yang kemudian diuji BET, voltametri dan SEM. Untuk uji voltametri, serbuk karbon aktif dijadikan pasta karbon aktif (Gambar1) dengan tujuan untuk dijadikan elektroda kerja pada alat uji sehingga dapat diketahui nilai kapasitansinya.



Gambar 1. Elektroda pasta karbon aktif

HASIL DAN PEMBAHASAN

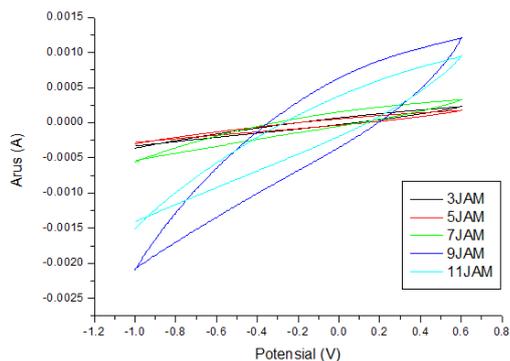
Beberapa pengujian dilakukan untuk dapat mengetahui karakteristik dari sampel hasil penelitian seperti uji proximate, uji BET, uji voltametri siklik, dan uji SEM. Hasil uji proximate dari karbon tempurung kluwak diperoleh sebesar 77,1% adb. Nilai kandungan karbon tempurung kluwak (*Pangium Edule*) seharusnya bisa mencapai 92,15% (Latifan, 2012). Rendahnya *fixed carbon* yang didapatkan pada penelitian ini diperkirakan pada saat proses karbonasi tidak semua bagian sampel mengalami karbonasi dengan kata lain proses karbonasi tidak maksimal. Hal ini dikarenakan saat proses karbonasi di *furnace* yang berisi arang tempurung kluwak *crussible alumina* tidak ditutup dengan *aluminium foil*, sehingga pemanasannya tidak merata di semua bagian sampel. Hasil dari uji BET (Tabel 1) diketahui bahwa *holding time* pada saat aktivasi dapat mempengaruhi ukuran pori dan luas permukaan pada karbon aktif. Karakteristik karbon aktif yang paling baik pada penelitian ini adalah sampel yang diaktivasi selama 9 jam.

Tabel 1. Hasil uji BET karbon aktif tempurung kluwak

<i> Holding time (jam)</i>	<i> Uk. Pori (nm)</i>	<i> Daya serap (cc/g)</i>	<i> Luas permukaan (m²/g)</i>
3	0,236	138	365,143
5	0,234	165	437,035
7	0,129	292	703,625
9	0,114	854	2924,132
11	0,116	770	1019,826

Holding time saat proses aktivasi yang cukup lama akan memberi kesempatan bagi aktivator untuk memaksimalkan proses pembentukan pori pada sampel. Semakin lama *holding time* saat proses aktivasi maka kemampuan daya serap karbon aktif akan semakin besar. Hal ini mengakibatkan luas permukaan dari karbon aktif juga besar. Pada penelitian ini karbon aktif yang diaktivasi selama 11 jam luas permukaannya mengalami penurunan. Hal ini diprediksikan karena jumlah pori yang terbentuk pada karbon aktif masih sedikit.

Aplikasi dari penelitian ini nantinya akan dijadikan sebagai bahan elektroda pada superkapasitor, sehingga penting dilakukan pengujian voltametri untuk dapat mengetahui sifat kapasitansinya. Sampel yang telah dijadikan elektroda pasta karbon aktif dijadikan sebagai elektroda kerja pada alat pengujian voltametri. Elektrolit yang digunakan dalam pengujian ini adalah KCl 3M. Hasil dari pengujian voltametri siklik adalah kurva voltamogram (Gambar 2).



Gambar 2. Kurva voltamogram hasil karakterisasi sampel

Kurva voltamogram setiap sampel menunjukkan adanya perbedaan luas kurva yang terbentuk. Berdasarkan data *cyclic voltametry* (CV) akan ditentukan nilai kapasitansi sampel dengan menggunakan persamaan :

$$C = \frac{\int idV}{2 w \gamma \Delta E}$$

Keterangan,

C = Kapasitansi spesifik (F/g)

i = Current (A)

V = Tegangan input pada saat pengujian (V)

w = Massa sampel(g)

γ = scan rate (V/s)

ΔE = Potential window

Setelah dilakukan perhitungan dengan data CV yang diperoleh, didapatkan nilai kapasitansi untuk setiap sampel (Tabel 2).

Tabel 2. Hasil pengujian voltametri siklik

ID sampel	I_{max} (A)	V (V)	w (g)	γ (V/s)	ΔE	C (mF/g)
3 jam	1,7607	1,6	1	0,1	2	28,1712
5 jam	2,3046					36,8736
7 jam	3,29					52,7664
9 jam	12,05					192,8
11 jam	9,0593					144,9488

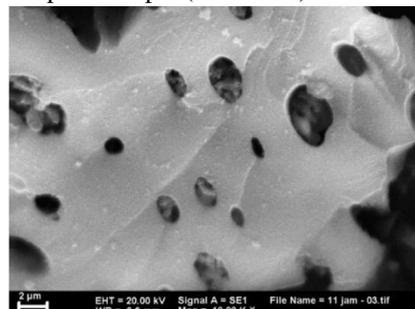
Berdasarkan hasil perhitungan, nilai kapasitansi di atas dapat dijelaskan bahwa semakin besar I_{max} maka nilai kapasitansi sampel semakin besar.

Hal ini juga bias dilihat pada kurva voltamogram, bahwa sampel dengan *holding time* 9 dan 11 jam memiliki luas area kurva lebih besar bila dibandingkan dengan kurva voltamogram pada sampel yang lain.

Besarnya kecilnya nilai kapasitansi karbon aktif dapat dipengaruhi oleh luas permukaan dan ukuran pori.

Dengan luas permukaan yang tinggi dan ukuran pori yang kecil seharusnya bias didapatkan nilai kapasitansi yang tinggi. Namun hasil dari penelitian ini nilai kapasitansi yang didapatkan masih dalam satuan mF/g, seharusnya bisa mencapai satuan F/g. Hal ini diprediksikan karena interkoneksi antar granula dari karbon aktif tidak terhubung dengan baik, sehingga fleksibilitas karbon aktif rendah. Luas permukaan yang tinggi harus diimbangi dengan tingginya fleksibilitas untuk dilewati zat cair ataupun gas. Karena fleksibilitas inilah yang akan menjadi kekuatan karbon aktif untuk dapat memiliki kemampuan daya serap yang tinggi (Nurdiansah, 2013).

Pengujian SEM dilakukan untuk mendapatkan morfologi dari sampel. Alat SEM yang digunakan dalam pengujian ini adalah SEM merk FEI tipe Inspect-S50. Perbesaran yang digunakan dalam pengujian ini adalah 10000X dengan tujuan agar terlihat pori-pori yang terbentuk pada sampel (Gambar 3).



Gambar 3. Hasil uji SEM karbon aktif dengan *holding time* 7 jam

Berdasarkan hasil SEM dapat dilihat bahwa sampel karbon aktif memiliki pori-pori atau berongga yang biasa disebut *sponge*. Pori yang terbentuk menunjukkan bahwa telah terjadi proses pemecahan senyawa organik, dan tampak bahwa diameter pori tidak homogen. Hal ini diperkirakan karena proses aktivasi yang tidak dialiri gas Nitrogen (Nurdiansah, 2013), sehingga pori yang terbentuk tidak dapat seragam.

PENUTUP

Simpulan

Kesimpulan pada penelitian ini adalah semakin lama waktu penahanan (*holding time*) saat proses aktivasi, ukuran pori yang terbentuk pada karbon aktif semakin kecil, luas permukaan semakin besar dan nilai kapasitansi juga semakin besar. Dari kelima sampel yang telah disintesis, karbon aktif yang di-*holding time* selama 9 jam memiliki kualitas paling baik bila dibandingkan dengan sampel lainnya, yaitu dengan ukuran pori 0,114 nm, luas permukaan 2924 m²/g dan nilai kapasitansi sebesar 192,8 mF/g.

Saran

Beberapa saran yang perlu diperhatikan apabila melakukan penelitian berikutnya, adalah :

1. Perlu dilakukan pengujian DTA/TGA pada tempurung kluwak sebelum proses karbonasi,
2. Proses karbonasi sebaiknya dilakukan pada suhu 700°C dengan menutup *crussible alumina* dengan aluminium foil.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyanto, Teguh., Prasetyo, Imam., Rochmadi. "Pengaruh Struktur Pori Terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor yang dibuat dari Karbon Nanopori". Reaktor. Universitas Gadjah Mada. Vol. 14 No. 1 (2012).

Fitriana, Vinda Nur. "Sintesis Dan Karakterisasi Superkapasitor Berbasis Nanokomposit TiO₂ /C". Skripsi S1. Program Studi Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang (2014).

Habibah, Montic Dyta., Nurdiana, Henti., Rohmawati, Lydia., Setyarsih, Woro. "Sintesis Nanopori Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (*Pangium Edule*)". Prosiding Seminar Nasional Fisika Pendidikan Fisika (SNFPF). Universitas Sebelas Maret. ISSN : 2089-6158 (2014).

Latifan, R., Susanti, D., "Apilkasi Karbon Aktif dari Tempurung Kluwak (*Pangium Edule*) dengan Variasi Temperatur Karbonasi dan Aktivasi Fisika sebagai Electric Double Layer Capacitor (EDLC)". Institut Teknologi Industri. Jurnal Teknik Material dan Metalurgi, Vol.1 No.1 (2012).

Lu, Wen. Hartman, Rachel., "Nanocomposite Electrodes for High-Performance Supercapacitors". Department of Chemical Engineering, Case Western Reserve University. J. Phys. Chem (2011).

Nurdiansah, Haniffudin., "Pengaruh Variasi Temperatur Karbonasi dan Temperatur Aktivasi Fisika dari Elektroda Karbon Aktif Tempurung Kelapa dan Tempurung Kluwak Terhadap Nilai Kapasitansi Electric Double Layer Capacitor (EDLC)". Jurusan Teknik Material dan Metalurgi, Institut Teknologi Surabaya (2013).

Rosi, M., Ekaputra., Iskandar., Abdullah., Khairurrijal. " Superkapasitor menggunakan Polimer Hidrogel Elektrolit dan Elektroda Nanopori Karbon". Prosiding Seminar Nasional Material. Institut Teknologi Bandung (2012).

Wati, Genduk Alkurnia. "Pembuatan Elektroda Baterai Superkapasitor dari Bahan Nanopori Karbon dan Fe₃O₄". Skripsi S1. Program Studi Fisika. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Surabaya (2015).