

## KAPASITANSI ELEKTRODA SUPERKAPASITOR DARI TEMPURUNG KELAPA

Genduk Alkurnia Wati<sup>1</sup>, Lydia Rohmawati<sup>2</sup>, Nugrahani Primary Putri<sup>2</sup>

<sup>1</sup>S1 Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

<sup>2</sup>Dosen Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya

e-mail: [gendukalkurniawati@gmail.com](mailto:gendukalkurniawati@gmail.com)

### Abstrak

Nanopori karbon merupakan karbon aktif yang memiliki pori dalam skala nanometer. Distribusi pori yang besar pada nanopori, luas permukaan yang sangat besar, dan kapasitas yang besar menyebabkan bahan ini dipilih sebagai bahan elektroda pada superkapasitor. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui ukuran pori, luas permukaan nanopori karbon dari tempurung kelapa, dan nilai kapasitas. Pembuatan nanopori karbon dilakukan dengan menggunakan metode pirolisis dengan menggunakan larutan NaOH, selanjutnya nanopori karbon ini dianalisis menggunakan BET. Pembentukan elektroda dengan cara dipelet dengan diameter 1,5 cm dan ketebalan 2 mm. Setelah itu elektroda tersebut dikarakterisasi menggunakan voltametri. Dari analisis BET menunjukkan bahwa karbon aktif memiliki ukuran pori antara 3,08 sampai 3,80 nm dengan luas permukaan sebesar 414 m<sup>2</sup>/g. Dan didapatkan nilai kapasitas sebesar 10 F/g.

**Kata Kunci:** nanopori karbon, kapasitas, elektroda.

### Abstract

*Nanopori carbon is activated carbon which has pores in the nanometer scale. Large pore distribution in nanopore, has a very large surface area, and high value of capacity have been causing material as electrode materials in supercapacitors. This study aims to determine the pore size and surface area of the carbon from coconut shell nanopore. Synthesis carbon nanopore performed using pyrolysis method using NaOH solution, then this carbon nanopore analyzed using BET. The formation of the electrode by pressed with a diameter 1.5 cm and a thickness 2 mm. After that electrodes were characterized using voltammetry. From BET analysis showed that activated carbon has a pore size of 3.08 to 3.80 nm with a surface area of 414 m<sup>2</sup> / g. And the value of capacity of electrode is 10 F/g.*

**Keywords :** nanopori carbon, capacity, electrode.

### PENDAHULUAN

Kelapa disebut juga sebagai pohon kehidupan. Hampir semua bagiannya bisa dimanfaatkan, bahkan limbahnya. Meskipun begitupun masih terdapat limbah yang kurang begitu dimanfaatkan yaitu bagian tempurung kelapa. Pemanfaatan limbah ini salah satunya dapat dijadikan sebagai bahan karbon aktif. Terutama karbon aktif yang memiliki ukuran pori berskala nanometer atau yang lebih dikenal sebagai nanopori karbon.

Dalam penelitian ini tempurung kelapa dipilih sebagai bahan pembuatan karbon aktif karena secara teoritis tempurung kelapa memiliki kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin yang cukup tinggi sehingga kandungan karbon (C) pada

tempurung kelapa juga sangat tinggi. Hal ini dikarenakan kandungan selulosa, hemiselulosa dan lignin tersebut merupakan senyawa organik dengan banyak rantai karbon (Iskandar, 2012). Karena sebagian besar tersusun atas unsur karbon, sehingga sangat cocok digunakan dalam pembuatan nanopori karbon.

Hal itu sesuai dengan beberapa penelitian yang telah dilakukan, yang memperlihatkan bahwa karbon aktif dapat diaplikasikan sebagai bahan penyerap, penyaring air, pemisahan gas, serta serat sintetik (Rosi dkk, 2009). Karbon aktif juga digunakan untuk memperbaiki sifat mekanik, sifat anti korosif, sifat fisis, dan komposisi baja JIS 415 (Izahyanti, 2012). Selain itu, karbon aktif yang memiliki ukuran pori berskala nano juga sangat

menarik untuk dikembangkan sebagai elektroda superkapasitor, karena memiliki sifat adsorben, stabil terhadap pemanasan tinggi dan memiliki luas permukaan yang besar yaitu 400-2200 m<sup>2</sup>/g (Rosi dkk, 2009). Dengan adanya luas permukaan yang sangat besar tersebut akan mengakibatkan elektron yang terserap ke dalam elektroda akan semakin banyak sehingga elektroda memiliki nilai kapasitansi yang besar pula. Tahun 2012 Rosi dkk. melakukan penelitian lanjutan untuk mengembangkan nanopori karbon sebagai elektroda superkapasitor dan didapatkan luas permukaan karbon sebesar 400 m<sup>2</sup>/g dengan kapasitansi 39,8 Fg<sup>-1</sup>. Oleh karena itu dalam penelitian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran pori, luas permukaan nanopori karbon, dan nilai kapasitansi yang didapat sebagai bahan elektroda pada baterai superkapasitor. Berdasarkan uraian tersebut tujuan penelitian ini sejalan dengan permasalahan yang diangkat.

Karbon aktif yang digunakan untuk pembuatan elektroda pada superkapasitor harus memiliki ukuran pori relatif kecil dalam skala nanometer dengan luas permukaan yang besar (400 – 2200 mg<sup>-1</sup>) (Rosi dkk, 2012). Hal ini dikarenakan dengan luasnya permukaan pada karbon aktif maka anion dan kation dapat terkumpul secara menyeluruh pada tiap-tiap permukaan elektroda (Ariyanto dkk, 2012).

**METODE PENELITIAN**

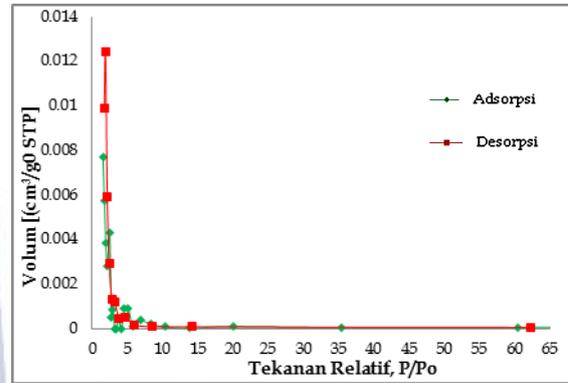
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah tempurung kelapa, HCl 2 M, NaOH 0,5 M, dan aquades. Pembuatan karbon dengan metode karbonasi (Izahyanti, 2013), kemudian diaktivasi menggunakan metode pirolisis (Rosi dkk, 2012) dengan cara serbuk arang dibakar pada suhu 400°C selama 6 jam. Setelah itu karbon direndam kedalam larutan NaOH 0,5 M dengan perbandingan 1:3 selama 24 jam serta diaduk selama 1 jam. Disaring dan selanjutnya dipanaskan pada suhu 800°C selama 5 jam. Kemudian dicuci dengan aquades dan HCl 1 M sampai pH 7, selanjutnya disaring dan dikeringkan pada suhu 110°C selama 10 menit dan terbentuk serbuk nanopori karbon yang selanjutnya diuji BET untuk mengetahui ukuran pori dan luas permukaannya, dan voltametri untuk mengetahui nilai kapasitansinya.

**HASIL PENELITIAN**

**A. Analisi BET Nanopori Karbon**

Nanopori karbon diuji Brunner Emmett Teller (BET) dengan isotherm adsorpsi desorpsi

menggunakan nitrogen dan hasilnya terdapat pada Gambar 1. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui ukuran pori serta luas permukaannya. Berdasarkan Gambar 1 terlihat dari siklus adsorpsi menghasilkan data tekanan sebagai fungsi jumlah nitrogen yang di masukkan dan diserap sampel. Berikut merupakan grafik BET pada Gambar 1.



Gambar 1 Adsorpsi desorpsi nanopori karbon

Gambar 1 adalah grafik adsorpsi/ desorpsi karbon yang merupakan hubungan antara tekanan relatif pada suhu 77,3 K dengan volume gas adsorbat berupa nitrogen. Pada Gambar 1 terlihat volume gas yang di adsorpsi akan terukur dengan hasil penurunan tekanan gas dari serapan bagian volume gas yang diketahui. Selanjutnya dari besaran volume gas dikonversi menjadi besaran luasan. Berdasarkan The Brunauer-Deming-Deming-Teller (BDDT) bentuk grafik tersebut termasuk dalam tipe I. Dalam tipe kesatu isotherm ini, ditandai dengan adanya peningkatan volume adsorbat secara terus-menerus sampai tekanan relatif melebihi nilai yang ditentukan. Keadaan ini dialami oleh material mesopori dengan luas permukaan yang relatif besar.

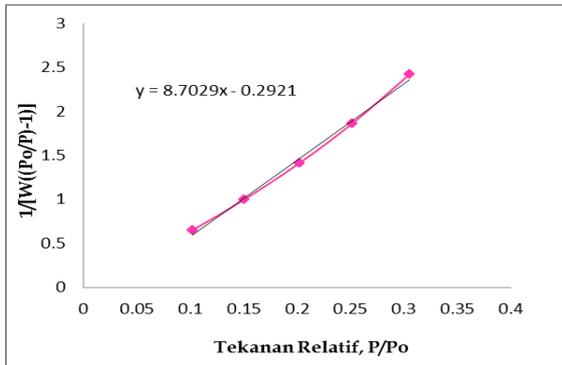
Untuk menentukan persamaan BET diperoleh dari data linier (Gambar 2), yaitu tekanan relatif sebagai sumbu x dan  $[1/(W(P_o/P)-1)]$  sebagai sumbu y, maka selanjutnya bisa diketahui persamaan linier BET tersebut dengan menggunakan persamaan 1 dan 2:

$$\frac{1}{W \left[ \left( \frac{P_o}{P} \right) - 1 \right]} = \frac{C-1}{W_o C} \left( \frac{P_o}{P} \right) + \frac{1}{W_m C} \quad (1)$$

$$S_r = \frac{W_m N A_{cs}}{M} \quad (2)$$

Dimana pada persamaan tersebut diketahui P = tekanan keseimbangan, P<sub>o</sub> = tekanan saturasi, W = jumlah gas yang teradsorpsi, W<sub>m</sub> = jumlah gas yang teradsorpsi pada satu lapis, C = konstanta BET, M = berat molekul adsorbat, A<sub>cs</sub> = luas penampang adsorbat (nitrogen = 16,2 Å<sup>2</sup>), N = bilangan

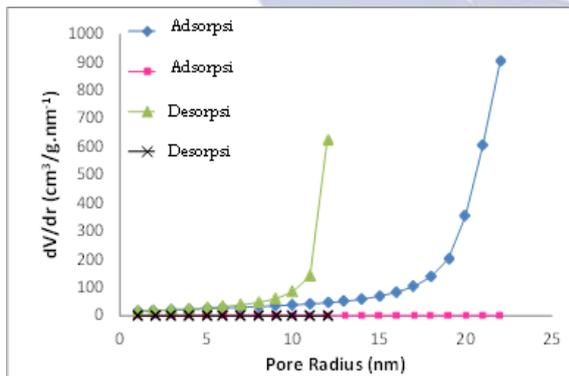
Avogadro ( $6,023 \times 10^{23}$ ), dan  $S_p$ = luas permukaan total (Abdullah dkk, 2009).



Gambar 2 Grafik linier persamaan BET

Sehingga setelah dimasukkan pada persamaan tersebut maka didapatkan hasil bahwa nanopori karbon memiliki luas permukaan sebesar  $414 \text{ m}^2/\text{g}$ .

Selanjutnya untuk mengetahui ukuran pori nanopori karbon yaitu dengan melihat distribusi pori yang paling besar pada adsorpsi dan desorpsi (Gambar 3). Dengan menggunakan Metode Barret Joyner Halenda (BJH) dimana metode ini berfungsi untuk menentukan distribusi pori. Distribusi ukuran pori secara matematis ditulis  $\frac{dV_p}{dr_p}$  atau  $\frac{dA_p}{dr_p}$  sebagai fungsi  $r_p$ , dengan  $V_p$  = volume pori ( $\text{m}^3$ ),  $r_p$  = jari-jari pori ( $\text{\AA}$ ),  $A_p$  = luas permukaan atau dinding pori ( $\text{m}^2/\text{g}$ ).



Gambar 3 Analisis distribusi jari-jari pori karbon dengan metode BJH

Distribusi yang paling besar saat adsorpsi adalah  $7,7188 \times 10 \text{ cm}^3/\text{g.nm}^{-1}$  yang terletak pada radius  $1,5435 \text{ nm}$  dan pada desorpsi distribusi yang paling besar yaitu  $1,2451 \times 10 \text{ cm}^3/\text{g.nm}^{-1}$  yang terletak pada radius  $1,8974 \text{ nm}$  dan dihasilkan ukuran pori pada rentang  $3,08 \text{ nm} - 3,80 \text{ nm}$  yang merupakan ukuran mesopori ( $2 - 50 \text{ nm}$ ).

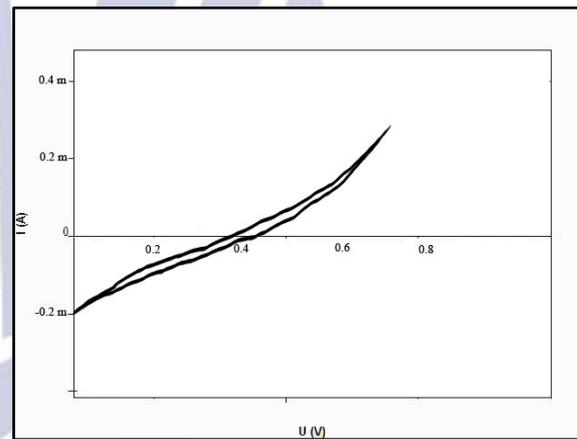
## B. Hasil Uji Voltametri Elektroda

Siklus voltametri elektroda superkapasitor (Gambar 4) pada rentang potensial dari  $0,0 \text{ V}$  sampai  $0,8 \text{ V}$  dengan laju scan  $100 \text{ mV/s}$  secara bolak-balik pada temperatur ruang. Dapat diketahui bahwa elektroda memiliki kurva histerisis yang reversibel (Gambar 4). Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa elektroda memiliki kurva histerisis dengan loop yang sangat sempit, dan dapat diketahui nilai kapasitansi elektroda dengan menggunakan persamaan 3 dan 4:

$$C_{sel} (F) = \frac{\int idV}{\Delta V \times V_s} \quad (3)$$

$$C_s (Fg^{-1}) = \frac{2 C_{sel}}{m} \quad (4)$$

Dengan  $C_{sel}$  = kapasitansi sel (F),  $I$  = arus pengosongan (A),  $V_s$  = laju scan ( $\text{mV/s}$ ),  $\Delta V$  = rentang potensial (V),  $C_s$  = kapasitansi spesifik ( $Fg^{-1}$ ),  $m$  = massa elektroda (g),  $x$  = tebal elektroda (cm) (Rosi dkk, 2009).



Gambar 4 Grafik hasil uji voltametri elektroda nanopori karbon

Elektroda yang telah dibuat memiliki nilai kapasitansi  $10 \text{ F/g}$ . Hasil ini berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh Rosi dkk. (2009) yaitu sebesar  $39,8 \text{ F/g}$ . Kecilnya nilai kapasitansi dikarenakan luas permukaan karbon aktif yang masih rendah. Hal ini dikarenakan pada saat sintesis karbon aktif kemungkinan pori-pori masih banyak yang belum terbuka dan tertutup oleh impuritas lainnya. Serta penyimpanan dari karbon aktif ini harus diletakkan dalam tempat penyimpanan kedap udara, karena pori-pori karbon aktif bersifat adsorben. Sehingga dalam pembuatan elektroda karbon aktif ini memerlukan perlakuan khusus agar luas permukaannya bisa ditingkatkan kembali.

## KESIMPULAN

Hasil Penelitian yang telah dilakukan menunjukkan bahwa Pori-pori pada karbon aktif

memiliki ukuran dengan rentang 3,08 nm - 3,80 nm yang termasuk dalam kategori ukuran mesopori dengan luas permukaan sebesar 414 m<sup>2</sup>/g, dan didapatkan nilai kapasitansi sebesar 10 F/g.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Abdullah, Mikrajuddin dan Khairurrijal. 2009. *Review: Karakterisasi Nanomaterial*. Jurnal Nano Sains dan Teknologi, Vol. 2, No. 1, ISSN 1979-0880.
- Iskandar. 2012. *Analisis Unsur Karbon Aktif Tempurung Kelapa dengan Metode Analisis Ultimat (Ultimate Analysis)*. Jurnal Fisika.
- Izahyanti, Ria D. 2013. *Pengaruh Suhu dan Holding Time pada Proses Pack Carburizing dengan Menggunakan Media Arang Aktif Tempurung Kelapa Terhadap Sifat Mekanik, Sifat Korosif, Sifat Fisis dan Komposisi Baja JIS 415*. Skripsi. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Rosi, M., Abdullah, M., Khairurrijal. 2009. Sintesi Nanopori Karbon dari Tempurung Kelapa sebagai Elektroda Superkapasitor. Jurnal Nanosains & Nanoteknologi, ISSN 1979-0880. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Rosi, M., Ekaputra, M., Iskandar, F., Abdullah, M., Khoirurrijal. 2012. *Superkapasitor Menggunakan Polimer Hidrogel Elektrolit dan Elektroda Nanopori Karbon*. Prosiding Seminar Nasional Material. Bandung: Institut Teknologi Bandung.

