

**PENGARUH KOMBINASI AKTIVASI KOH DAN RADIASI  
GELOMBANG MIKRO PADA ELEKTRODA KARBON  
TEMPURUNG KELAPA TERHADAP SIFAT FISIS  
SUPERKAPASITOR**

**Agustino\*, Erman Taer, Sugianto**

**Mahasiswa Program S1 Fisika  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Riau  
Kampus Bina Widya Pekanbaru, 28293, Indonesia  
\*agustino.physics@gmail.com**

**ABSTRACT**

Carbon electrodes from coconut shell by using a combination of chemical activation and microwave radiation by spraying method have been investigated. The chemical activation was performed by using mass ratio of carbon and KOH 1:3, 1:4, and 1:5 at a temperature of 80° C for 2 hours and also irradiated by a microwave of 600 watts for 20 minutes. Combination of chemical activation and microwave radiation affected physical properties of those three electrodes. The physical properties consisted of surface morphology electrodes, crystalline properties and a content of carbon electrode elements. Surface morphology structure, crystalline properties of electrodes, and a content of carbon electrode elements were analyzed by using Scanning Electron Microscopy method, X-ray Diffraction, and Energy Dispersive X-rays. The X-rays Diffraction measurement showed the amorphous peaks of carbon electrodes at  $2\theta$  of 23.933<sup>0</sup>- 47.34<sup>0</sup> which represented the presence of carbon materials with their crystal orientation of (002) and (100). The Energy Dispersive X-rays analysis showed the carbon contents of 98.73% and 97.48%. The results indicate that the physical properties of supercapacitor electrode is affected by the concentration of activator material.

Keywords: Coconut shell carbon, Microwaves, Supercapacitors, Carbon electrodes, Spraying method.

**ABSTRAK**

Telah dilakukan penelitian pembuatan elektroda karbon dari tempurung kelapa menggunakan kombinasi aktivasi kimia dan radiasi gelombang mikro dengan metode penyemprotan. Aktivasi kimia dilakukan menggunakan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3, 1:4, dan 1:5 pada suhu 80 °C selama 2 jam serta diradiasi dengan gelombang mikro dengan daya 600 Watt selama 20 menit. Kombinasi pengaktifan secara kimia dan radiasi gelombang mikro mempengaruhi sifat fisis untuk ketiga elektroda tersebut. Sifat fisika meliputi morfologi permukaan elektroda, nilai sifat kristalin dan kandungan unsur elektroda karbon. Struktur morfologi permukaan, sifat kristalin elektroda, dan kandungan unsur elektroda karbon dianalisis menggunakan metode *Scanning Electron Microscopy*, difraksi sinar-X dan Energi Dispersif Sinar-X. Pengujian Difraksi sinar-X menunjukkan puncak amorf karbon pada sudut  $2\theta$ , yaitu 23,933<sup>0</sup>- 47,34<sup>0</sup> yang menggambarkan senyawa karbon dengan orientasi kristal (002) dan (100). Pengujian Energi Dispersif Sinar-X menunjukkan kandungan karbon sebesar 98,73% dan 97,48%. Berdasarkan semua hasil pengukuran ditunjukkan bahwa sifat fisis elektroda superkapasitor dipengaruhi oleh konsentrasi bahan pengaktif.

Kata Kunci : Karbon tempurung kelapa, Gelombang mikro, Superkapasitor, Elektroda karbon, Metode penyemprotan

## PENDAHULUAN

Superkapasitor sebagai alat penyimpanan energi, telah digunakan secara luas pada bidang elektronik dan transportasi, seperti sistem telekomunikasi digital, komputer dan *pulse laser system*, *hybrid electrical vehicles*, dan sebagainya (Wang Gui Xin, 2004). Superkapasitor adalah piranti yang digunakan untuk menyimpan energi, seperti halnya baterai akan tetapi bekerja dengan mekanisme yang berbeda, karena piranti ini dapat mengisi (*charging*) dan melepaskan energi (*discharging*) dengan sangat cepat.

Superkapasitor menarik perhatian saat ini karena kemampuannya dalam menyimpan energi yang lebih banyak, kemampuan debit daya tinggi dan siklus hidup lebih lama dibandingkan dengan perangkat penyimpan energi lain yang tersedia (Yuan dkk, 2005). Menurut Zhang., dkk (2009) karbon aktif adalah salah satu elektroda superkapasitor yang digunakan dalam industri elektronik. Superkapasitor dapat memberikan kemampuan daya yang tinggi (60-120 Watt), reversibilitas yang sangat baik (90-95% atau lebih tinggi) dan siklus hidup yang lama ( $> 10^5$ ).

Banyak usaha telah didedikasikan untuk pembuatan superkapasitor yang menggunakan bahan-bahan yang berbasis karbon, karbon nanotubes (CNTs), karbon, *carbonfibers* dan Grafena.

Pembuatan karbon aktif dari tempurung kelapa menggunakan radiasi gelombang mikro sudah dilakukan oleh Li dkk., (2009) dan Yang dkk., (2010). Namun pada penelitian ini mereka menggunakan proses aktivasi fisika dengan waktu yang lebih lama. Dalam penelitian ini karbon aktif dari tempurung kelapa diaktivasi secara kimia menggunakan KOH dan diradiasi menggunakan oven gelombang mikro, kemudian pembuatan elektroda karbon menggunakan metode penyemprotan. Sifat

dari karbon aktif seperti luas permukaan, ukuran pori-pori dan nilai kapasitansi spesifik dianalisis untuk mengetahui potensi pemanfaatannya sebagai elektroda superkapasitor.

## METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode eksperimen dengan cara penyemprotan.

### a. Prosedur Pembuatan Sampel

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah karbon tempurung kelapa. Langkah pertama yang perlu dilakukan adalah pemilihan karbon tempurung kelapa, karbon tempurung kelapa yang dipilih adalah karbon tempurung yang memiliki kualitas yang baik. Setelah diperoleh karbon dengan kualitas yang diinginkan, karbon tempurung kelapa dihancurkan dengan menggunakan lesung penggilingan manual sampai diperoleh ukuran sebesar  $\pm 0.5$  mm. Karbon tempurung kelapa kemudian digiling menggunakan alat *ballmilling* selama 20 jam. Selanjutnya, dilakukan pengayakan untuk memperoleh serbuk karbon dengan ukuran 50-100  $\mu\text{m}$ . Setelah diperoleh serbuk karbon dengan variasi ukuran tersebut, kemudian dilakukan aktivasi kimia dengan menggunakan aktivator KOH.

Aktivasi kimia menggunakan KOH dengan perbandingan massa antara serbuk arang tempurung kelapa dan KOH, yaitu 1:3, 1:4, dan 1:5. Aktivasi ini dilakukan dengan mencampurkan variasi sampel ke dalam gelas beker yang berisi 100 ml larutan KOH dengan dengan massa sampel untuk masing-masing variasi adalah 20 gram. Kemudian larutan KOH dan air suling dipanaskan menggunakan *Hot Plate* pada suhu 80 °C 1 jam. Masukkan 20 gram serbuk arang tempurung kelapa untuk

masing-masing variasi selama 2 jam dengan suhu tetap 80 °C. Kemudian sampel diradiasi menggunakan oven gelombang mikro dengan lama waktu radiasi 20 menit dan daya sebesar 600 Watt. Tujuan dilakukan radiasi ini adalah untuk membantu pengaktifan karbon oleh Kalium Hidroksida. Selanjutnya pencucian sampel yang bertujuan untuk menetralkan pH karbon dan meningkatkan kemurnian karbon. Pencucian ini dilakukan secara berulang-ulang selama 24 jam menggunakan air suling yaitu dengan cara merendam serbuk di dalam gelas beker selama 24 jam. Langkah terakhir adalah pengeringan. Proses pengeringan ini menggunakan oven pada suhu 110 °C selama  $\pm$  24 jam.

#### **b. Karakterisasi Sifat Fisis Karbon Aktif**

Karakterisasi ini bertujuan untuk mengetahui sifat fisis dan keadaan morfologi dari serbuk karbon tempurung kelapa yang sudah diaktivasi.

##### **1. Scanning Electron Microscopy**

Karakterisasi menggunakan SEM bertujuan untuk mengetahui struktur morfologi dari sampel material tersebut. Selain itu, karakterisasi SEM bertujuan untuk menganalisa ukuran pori serta besarnya struktur pori yang terbentuk pada elektoda karbon. Pengukuran SEM ini menggunakan perbesaran 1000 kali dan 5000 kali. Pengukuran SEM dilakukan menggunakan alat JEOL-JSM 6360LA.

##### **2. Energi Dispersif Sinar-X**

Prinsip pengukuran Energi dispersif sinar-X ini hampir sama dengan SEM. Analisis unsur dengan menggunakan Energi dispersif sinar-X pada prinsipnya menggunakan deteksi sinar-X yang dipancarkan dalam material target. Energi Dispersif sinar-X merupakan karakterisasi dengan menggunakan sinar-X yang

diemisikan ketika material mengalami tumbukan dengan elektron dengan mengandalkan perangkat analisa secara semi kuantitatif untuk menentukan kadar unsur dalam sampel. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk mengetahui komposisi unsur yang terkandung dalam permukaan arang tempurung kelapa. Pengukuran ini dilakukan menggunakan alat JEOL-JSM 6360LA

##### **3. Difraksi Sinar-X**

Spektroskopi difraksi sinar-X (*X-ray diffraction*) merupakan salah satu metoda karakterisasi material yang paling tua dan paling sering digunakan hingga sekarang. Difraksi sinar-X digunakan untuk mengetahui parameter kisi, ukuran kristal, dan fasa kristalin pada elektroda karbon menggunakan Difraktometer tipe *X-pert powder analytical* dengan sumber sinar  $CuK\alpha$ , dengan panjang gelombang 15,4 nm dan sudut difraksi yang digunakan adalah  $2\theta$  yaitu pada rentang sudut 10-100°. Difraksi sinar-X dilakukan pada sampel yang berupa elektroda karbon dari tempurung kelapa dengan mengarahkan sinar-X ke permukaan sampel. Kemudian sinar-X tersebut akan didifraksikan oleh atom-atom yang berada pada kisi periodik. Detektor kemudian merekam pola sinar yang didifraksikan sehingga diperoleh pola difraksi sinar-X dari sampel. Jarak antara kisi sampel dapat ditentukan berdasarkan persamaan Bragg.

#### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

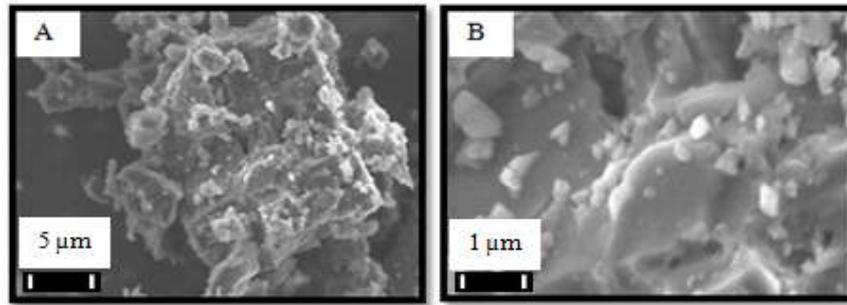
##### **1. Karakterisasi Karbon Aktif Tempurung Kelapa**

###### **a. Scanning Electron Microscopy**

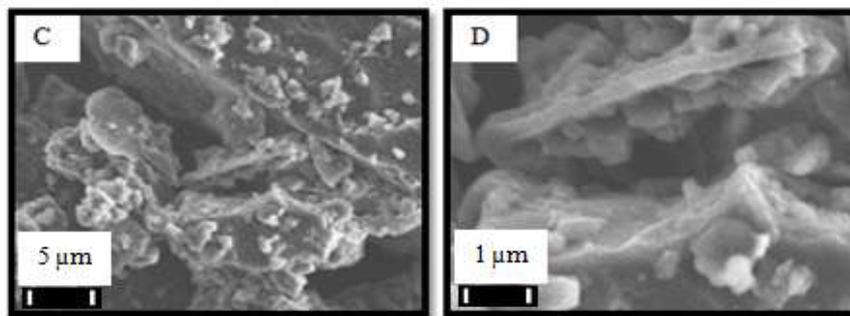
Gambar morfologi pada permukaan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan KOH dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 dan 1:5 pada perbesaran 1000 kali

dan 5000 kali ditunjukkan pada Gambar

1 dan Gambar 2 dibawah ini:



Gambar 1. Morfologi permukaan sampel karbon aktif tempurung kelapa (A) Perbesaran 1000 kali dan (B) Perbesaran 5000 kali



Gambar 2. Morfologi permukaan sampel karbon aktif tempurung kelapa (C) Perbesaran 1000 kali dan (D) Perbesaran 5000 kali

Gambar 1 menunjukkan morfologi permukaan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 pada perbesaran 1000 kali dan 5000 kali. Gambar 1 A dengan perbesaran 1000 kali menunjukkan morfologi permukaan serbuk karbon dan pada perbesaran ini pori-pori pada permukaan karbon sudah terlihat akan tetapi ukuran porinya belum bisa diketahui. Sedangkan Gambar 1 C menunjukkan morfologi permukaan serbuk karbon dengan perbesaran 5000 kali. Pada perbesaran ini menunjukkan hasil pori-pori yang tersebar pada permukaan karbon. Gambar 2 menunjukkan morfologi permukaan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan

KOH 1:5 pada perbesaran 1000 kali dan 5000 kali. Gambar 2 B menunjukkan morfologi permukaan serbuk karbon dengan perbesaran 1000 kali, menunjukkan belum terlihat adanya pori hal ini berbeda dengan perbesaran 1000 kali pada Gambar 1 B dimana pada permukaan karbon sudah terlihat adanya pori. Perbedaan lain terdapat pada Gambar 2 C dan Gambar 1 C dimana pada perbesaran yang sama yaitu 5000 kali, pori yang terbentuk pada Gambar 4.3 c lebih sedikit.

#### b. Energi Dispersif Sinar-X

Tujuan karakterisasi menggunakan Energi Dispersif Sinar-X adalah untuk mengetahui jenis atau kandungan unsur yang terkandung dalam karbon aktif. Kandungan unsur yang terkandung dalam karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium

hidroksida dan radiasi gelombang mikro sengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 dan 1:5 diperoleh dari pengujian Energi Dispersif Sinar-X pada permukaan sampel karbon. Adapun kandungan unsur yang terkandung dalam sampel adalah Karbon (C), dan Kalium (K) seperti terlihat pada Tabel berikut.

Tabel 1 menunjukkan kandungan unsur yang terkandung dalam sampel karbon tempurung kelapa. Karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 dan 1:5 memiliki kandungan unsur yang sama yaitu, Karbon (C) dan Kalium (K). Kalium (K) ini berasal dari aktivator yang digunakan dalam proses aktivasi yaitu Kalium Hidroksida.

Perbandingan persentase pada kedua sampel terlihat bahwa karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 memiliki kandungan berat karbon dan persentase atomik yang lebih besar daripada 1:5 yaitu sebesar 98,73 % untuk berat Karbon dan 99,61% untuk persentase atomik karbon. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin besar persentase kandungan karbon yang terdapat pada sampel karbon aktif tempurung kelapa maka semakin besar pula persentase atomik yang dihasilkan. Berikut ditampilkan diagram kandungan unsur yang terkandung dalam karbon aktif tempurung kelapa.

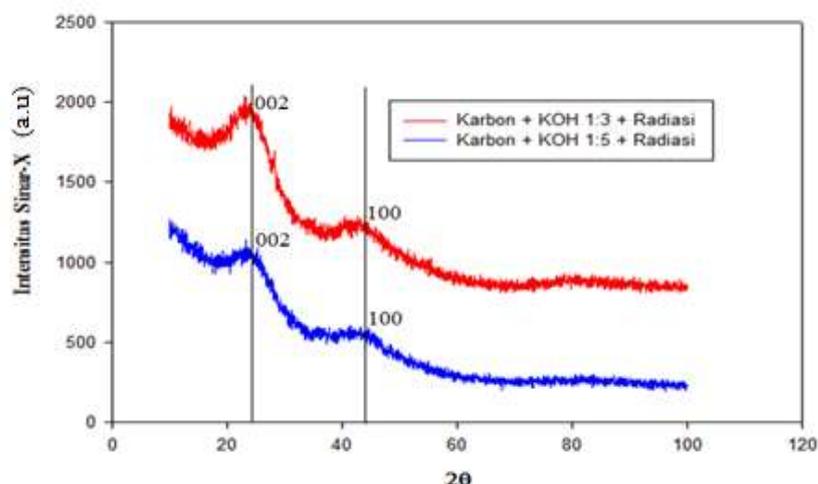
Tabel 1. Persentase kandungan unsur yang terkandung dalam sampel karbon tempurung kelapa

No	Unsur	karbon + KOH 1:3 + radiasi		karbon + KOH 1:5 + radiasi	
		Berat %	Atom %	Berat %	Atom %
1	Karbon	98,73	99,61	97,48	99,21
2	Kalium	1,27	0,39	2,52	0,79
Total		100,00			

### c. Analisa Difraksi Sinar-X

Kurva difraksi sinar-X sampel karbon tempurung kelapa yang diaktivasi

menggunakan KOH dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 dan 1:5 dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Pola difraksi sinar-X berdasarkan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 dan 1:5 dengan radiasi gelombang mikro

Hasil karakterisasi difraksi sinar-X yang menunjukkan adanya dua puncak dengan sudut  $2\theta$  pada rentang  $20^\circ$  sampai  $120^\circ$ , karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 memiliki sudut  $24,097^\circ$  untuk  $d_{002}$  dan  $47,340^\circ$  untuk  $d_{100}$ , sedangkan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan

KOH 1:5 memiliki sudut  $23,933^\circ$  untuk  $d_{002}$  dan  $45,122^\circ$  untuk  $d_{100}$ . Kedua puncak ini menandakan bahwa elektroda karbon bersifat amorf. Sudut-sudut tersebut menggambarkan posisi puncak yang bersesuaian dengan bidang (002) dan (100) pada struktur karbon (Taer dkk., 2011).

Gambar 3 menunjukkan pola difraksi sinar-X yang hampir sama pada kedua kedua sampel. Nilai parameter tinggi lapisan ( $L_c$ ), lebar kisi ( $L_a$ ), dan jarak antar kisi ( $d$ ).

Tabel 2. Parameter kisi karbon aktif tempurung kelapa berdasarkan hasil difraksi sinar-X

Kode	$2\theta$ (002)	$2\theta$ (100)	$d$ (002) (Å)	$d$ (100) (Å)	$L_a$ (Å)	$L_c$ (Å)
Karbon+KOH1:3 +Radiasi	24,097	47,34	3,690244	1,918707	9,337135	11,66483
Karbon+KOH1:5 +Radiasi	23,933	45,122	3,715158	2,007732	10,62401	12,06899

Tabel 2 di atas dapat dilihat bahwa karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 memiliki nilai  $d_{hkl}$  untuk  $d_{002}$  dan  $d_{100}$  yaitu  $3,690244 \text{ \AA}$  dan  $1,918707 \text{ \AA}$ , sedangkan karbon aktif tempurung kelapa yang diaktivasi menggunakan Kalium hidroksida dan radiasi gelombang mikro dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:5 memiliki nilai  $d_{hkl}$  untuk  $d_{002}$  dan  $d_{100}$  yaitu  $3,715158 \text{ \AA}$  dan  $2,007732 \text{ \AA}$ .

Ukuran bidang kisi dari suatu material digambarkan oleh besar kecilnya nilai parameter  $L_a$  dan  $L_c$ . Semakin besar nilai parameter  $L_a$  dan  $L_c$  maka semakin besar bidang kisi yang dihasilkan begitu juga sebaliknya. Besar kecilnya ukuran partikel dapat dilihat dari parameter  $d_{hkl}$ ,  $L_a$ , dan  $L_c$  dari suatu material.

## KESIMPULAN

Hasil analisa kandungan unsur menggunakan Energi Dispersif Sinar-X untuk karbon yang diaktivasi

menggunakan KOH dan radiasi gelombang mikro dengan dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 memiliki kandungan berat Karbon yang lebih besar yaitu 98,73 % dan persentase atomik karbon sebesar 99,61%. Semakin besar persentase kandungan karbon yang terdapat pada sampel karbon aktif tempurung kelapa maka semakin besar pula persentase atomik yang dihasilkan. Nilai  $L_a$  dan  $L_c$  karbon yang diaktivasi menggunakan KOH dan radiasi gelombang mikro dengan dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:3 berturut-turut adalah  $9,337135 \text{ \AA}$  dan  $11,66483 \text{ \AA}$ . Sedangkan nilai  $L_a$  dan  $L_c$  untuk karbon yang diaktivasi menggunakan KOH dan radiasi gelombang mikro dengan dengan perbandingan massa karbon dan KOH 1:5 sebesar  $10,62401 \text{ \AA}$  dan  $12,06899 \text{ \AA}$  untuk  $L_c$ .

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kemenristek Dikti untuk Hibah Kompetensi yang berjudul "Nano Karbon

Berbasis Limbah Biomassa sebagai Inti Elektroda Campuran untuk Superkapasitor“ Tahun 2015 atas pendanaan yang telah diberikan melalui Dr. Erman Taer, M.Si.

review. *International Journal of Hydrogen Energy* 34:4889–4899

## DAFTAR PUSTAKA

- Li W., Peng J., Zhang L., Yang K., Xia H., Zhang S., Guo SH. 2009. Preparation of Activated Carbon from Coconut Shell Chars in Pilot-Scale Microwave Heating Equipment at 60 Kw. *Waste Management* 29: 756–760
- Taer. E, Deraman. M, Thalib. I. A, Awitdrus, A., Hasmi, S. A., Umar A., A. 2011. Preparation of a Highly Prous Binderless Activated Carbon Monolith from Rubber Wood Saw Dust by a Multi Step Activation Process for Application in Supercapacitors. *Int. Journal Electrochem. Sci*; 6:3301
- Wang, Gui-Xin. 2004. Manganese Oxide/MWNTs Composite Electrodes For Supercapacitor. *Solid state ionics vol 176 hal 1169-1174*
- Yang K, Peng J, Srinivasakannan C, Zhang L, Xia H, DuanX. 2010. Preparation of high surface area activated carbon from coconut shells using microwave heating. *Bioresource Technology* 101: 6163–6169
- Yuan Gh, Jiang Zh, Aramat M, Gao Yz. 2005. Electrochemical behavior of activated-carbon capacitor material loaded with nickel oxide. *Carbon* 43: 2913–2917
- Zhang Y, Feng H, Wu X, Wang L, Zhang A, Xia T, Dong H, Li X, Zhang L. 2009. Progress of electrochemical capacitor electrode materials: a

