

**KARAKTERISTIK MIKROSTRUKTUR DAN KONDUKTIVITAS LISTRIK  
ZEOLIT SERTA POTENSINYA SEBAGAI ELEKTRODE  
SUPERKAPASITOR**

Alfi Hamidah, Agus Riyanto, Pulung Karo Karo

Fakultas MIPA Universitas Lampung  
e-mail: alfiha\_midah@gmail.com

**ABSTRACT**

Supercapacitor has been widely used to provide a power source for the excess that has a large charge storage capacitance and power density. One of the important properties that must be possessed by electrode supercapacitor is having high electrical conductivity. Zeolite with silica base material of rice husk (sodium silicate) and alumina (sodium aluminate) using sol-gel method with volume ratio 5: 1 has been prepared. Zeolite samples were made in pellets and thermally treated 150 °C, 250 °C and 350 °C, then characterized using Scanning Electron Microscopy (SEM) and Inductance, Capacitance, and Resistance (LCR) meter. SEM characterization is conducted to obtain information of microstructure including the particle size, pore, and grains of zeolite. Small particle size and large pore size produce high electrical conductivity, while the small grain size can degrade its electrical conductivity. The highest electrical properties of zeolite obtained in 250 °C of  $1.5540 \times 10^{-4}$  S/cm. At temperature 250 °C pore size and grain size support the value of their electrical conductivity, respectively amounted to 2.400 to 8.000  $\mu\text{m}$  and 1.800 to 10.400  $\mu\text{m}$ . Based on the result of electrical conductivity values, it indicates that zeolite is included in the semiconductor and has potential as a supercapacitor electrode.

**Keywords:** Zeolite, thermal treatment, microstructure, electrical conductivity.

**1. PENDAHULUAN**

Penggunaan baterai sebagai penyimpan energi telah banyak digunakan saat ini. Namun, baterai memiliki siklus hidup yang pendek, rapat daya yang rendah, dan waktu pengisian yang lama (Emmenegger *et al*, 2003). Hal ini disebabkan karena baterai harus mengubah energi listrik menjadi bentuk kimia agar energi ini dapat tersimpan (Lu dan Hartman, 2011). Dibanding baterai, superkapasitor memiliki banyak kelebihan, diantaranya memiliki rapat daya yang besar, kapasitansi penyimpanan muatan yang sangat besar, pengisian muatan yang cepat, dan tahan lama (Deshpande, 2015). Salah satu komponen yang menentukan performa superkapasitor adalah elektrode.

Umumnya, elektrode superkapasitor menggunakan bahan karbon karena beberapa sifat keunggulannya, seperti luas permukaan yang tinggi, konduktivitas listr

ik yang tinggi, relatif murah, dan ketersediannya melimpah. Selain karbon, senyawa aluminosilikat seperti zeolit juga memiliki potensi sebagai elektrode superkapasitor, diantaranya memiliki luas permukaan yang cukup tinggi, selektivitas bentuk, ukuran, dan muatan, serta memiliki pori yang berukuran molekuler. Zeolit juga termasuk dalam membran organik yang memiliki sifat tidak mudah rusak bila terkena pelarut organik maupun bahan kimia, sehingga *lifetime* membran dapat lebih lama. Mendez *et al.* (2014) juga mengatakan bahwa penggunaan zeolit dapat meningkatkan konduktivitas ionik, kekuatan mekanik, stabilitas termal dan stabilitas elektrokimia.

Zeolit merupakan material yang tersusun atas silika dan alumina dengan perbandingan tertentu. Dewasa ini, penelitian telah banyak dilakukan dengan pemanfaatan silika yang terkandung dalam sekam padi sebagai bahan untuk mensintesis zeolit (Nur, 2001; Fuadi *et al.*, 2012). Menurut Sapendik (2012) sekam padi memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu sebesar 18-22%, memiliki sifat *amorf* dan ukuran *ultra fine*, serta sangat reaktif (Chandrasekhar *et al.*, 2003).

Pada penelitian ini, karakterisasi sampel zeolit meliputi analisis mikrostruktur menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) serta nilai konduktivitas listrik menggunakan *Inductance, Capacitance, and Resistance* (LCR) meter. Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan Muttaqin dkk (2014) bahwa dengan penambahan zeolit pada campuran resin dammar dapat meningkatkan konduktivitas listrik campuran tersebut. Dengan demikian pada penelitian ini diharapkan didapatkan nilai konduktivitas listrik zeolit yang dapat diaplikasikan sebagai elektrode superkapasitor.

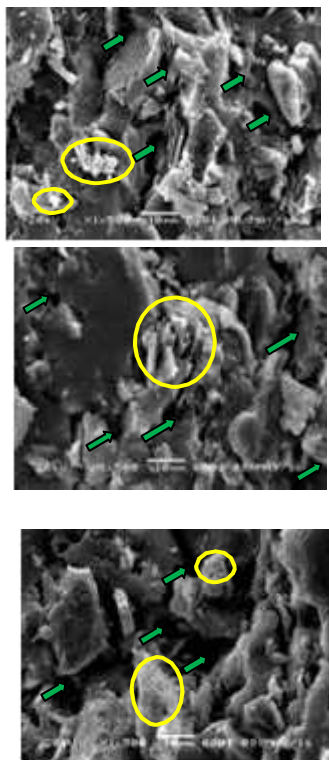
## **2. METODE PENELITIAN**

Penelitian ini mencakup beberapa tahapan, diantaranya ekstraksi silika sekam padi, sintesis zeolit, perlakuan kalsinasi, dan pengujian sampel. Pada tahapan ekstraksi silika, sekam padi dibersihkan melalui proses pencucian, perendaman, dan pengeringan terlebih dahulu. Proses ekstraksi dilakukan dengan teknik *sol gel* menggunakan 50 gr sekam padi yang dilarutkan dalam NaOH 5%, dididihkan selama 30 menit, didinginkan, disaring, dan *diaging* selama 24 jam. Sol silika diaduk dengan sol aluminat yang diperoleh dari 5 gr  $Al(OH)_3$  yang dilarutkan ke dalam 50 ml larutan NaOH 5% dengan kecepatan 500 rpm selama 2 jam dan ditetesi  $HNO_3$  5%

hingga diperoleh pH 7. Kemudian diaduk dengan kecepatan 1000 rpm selama 7 jam dan *diaging* selama 24 jam. Selanjutnya *gel* zeolit dikeringkan dalam oven pada suhu 110 °C selama 7 jam, digerus, dan diayak menggunakan ayakan 100 µm. Selanjutnya, sampel zeolit diberikan perlakuan termal 150, 250, dan 350 °C dengan kenaikan suhu 3° per menit dan waktu penahanan selama 3 jam. Kemudian dilakukan pengujian mikrostruktur dan konduktivitas listrik zeolit.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Zeolit kalsinasi 150 °C mulai terbentuk pori-pori yang ditunjukkan dengan panah berwarna hijau dengan bentuk dan ukuran yang tidak seragam. Partikel yang terbentuk juga terlihat menumpuk dan belum menyatu dengan distribusi yang tidak merata pada permukaan. Warna putih seperti yang ditunjukkan lingkaran berwarna kuning merupakan kandungan Si dan warna hitam merupakan kandungan Al. Pada kalsinasi 250 °C, terlihat adanya aglomerasi (penumpukan), sehingga partikel cenderung berukuran lebih besar. Sedangkan perlakuan termal 350 °C membuat penumpukan partikel terlihat berkurang, sehingga mengindikasikan mulai terjadinya keteraturan dan keseragaman.



**Gambar 1.** Hasil mikrograf SEM sampel zeolit; (a) kalsinasi 150 °C (b) 250 °C (c) 350 °C

**Tabel 1.** Hasil perhitungan ukuran partikel

**Tabel 1.** Hasil perhitungan ukuran partikel

Suhu kalsinasi (°C)	Luas rata-rata ( $\mu\text{m}$ )	Diameter ( $\mu\text{m}$ )
150	206,581	16,222
250	549,874	24,465
350	186,079	15,396

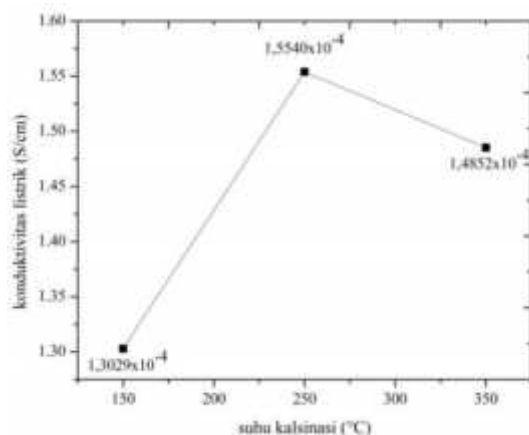
**Tabel 2.** Hasil perhitungan ukuran butir

Suhu kalsinasi (°C)	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Mean ( $\mu\text{m}$ )
150	1,600-9,600	4,430
250	1,800-10,400	5,190
350	2,00-11,200	5,291

**Tabel 3.** Hasil perhitungan ukuran pori

Suhu kalsinasi (°C)	Ukuran ( $\mu\text{m}$ )	Mean ( $\mu\text{m}$ )
150	2,400-6,933	3,786
250	2,400-8,000	3,996
350	0,533-8,400	2,110

Pada **Tabel 1** menunjukkan kalsinasi 350 °C memiliki ukuran partikel paling kecil dan pada kalsinasi 250 °C ukuran partikel menunjukkan kenaikan pesat. Hal ini terjadi karena adanya aglomerasi, sehingga mengakibatkan sampel memiliki ukuran partikel lebih besar. Pada **Tabel 2** menunjukkan kalsinasi 350°C menghasilkan ukuran butir yang paling besar karena semakin tinggi suhu kalsinasi, maka semakin besar ukuran dan kekasaran butir. Berdasarkan hasil pengukuran nilai konduktivitas listrik pada **Gambar 2** menunjukkan bahwa kalsinasi 250 °C memiliki nilai konduktivitas listrik cenderung lebih besar. Hal ini disebabkan oleh adanya perubahan struktur kristal (Considine, 1995) dan ukuran pori paling besar (Hakamada *et al*, 2007). Konduktivitas listrik yang tinggi juga dapat dipengaruhi oleh ukuran partikel yang kecil (Sadeli dkk, 2012). Namun, nilai konduktivitas listrik kalsinasi 250 °C tidak didukung oleh ukuran partikel yang kecil akibat adanya aglomerasi.



**Gambar 2.** Grafik perubahan suhu kalsinasi terhadap nilai konduktivitas listrik

#### 4. KESIMPULAN

Sampel zeolit silika berbasis silika sekam padi yang telah dikalsinasi pada suhu 150, 250, dan 350 °C memiliki nilai konduktivitas yang termasuk dalam rentang semikonduktor dan berpotensi sebagai elektrode superkapasitor dengan nilai konduktivitas listrik tertinggi terdapat pada perlakuan kalsinasi 250 °C.

#### 5. DAFTAR PUSTAKA

- Chandrasekhar, S., Pramada, P.N., and Majeed, J. 2003. Effect of Calcination Temperature and Heating Rate on The Optical Properties and Reactivity of Rice Husk Ash, *Journal of Materials Science*, Vol. 41. Pp 7926-7933.
- Considine, D. M. 1995. *Van Nostrand's Scientific Encyclopedia 8<sup>th</sup> Edition*. Springer Science. New York. Pp 599.
- Deshpande R.P. 2015. *Ultracapacitors*. Mc Graw-Hill Education. India. Pp 71-72.
- Emmenegger, Ch., Maunon, Ph., Sudan, P., Wenger, P., Hermann, V., Gallay, R., and Zuttel, A. 2003. Investigation of Electrochemical Double-layer (ECDL) Capacitors Electrodes Based on Carbon Nanotubes and Activated Carbon Materials. *J. Power Sources*. Vol.124, Pp 321-329.
- Fuadi, A. M., Musthofa, M., Harismah, K., Haryanto, dan Hidayati, N. 2012. Pembuatan Zeolit Sintesis dari Sekam Padi. *Symposium Nasional RAPI XI FT UMS-2K012*. Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Hakamada, M., Tetsunome, K., Youging, C., Hiromu, K., and Mamoru, M. 2007. Influence of Porosity and Pore Size On Electrical Resistivity of Porous Aluminum Produced by Spacer Method. *Material Transactions*. Vol. 48, No.1. Pp 32-36.
- Lu, W., and Hartman, R. 2011. Nanocomposite Electrodes for High-Performance Supercapacitors. *Journal of Physical Chemistry Letters*. Vol. 43. Pp 655.

- Mendez, S.L., Lopes, A.C., and Martins, P. 2014. Aluminosilicate and Aluminosilicate based polymer composites; Present status, applications and future trends. *Progress in Surface Science*. Vol. 89. Pp 239-277.
- Muttaqin H.S A, Emriadi, Alif., A dan Tetra, O.N. 2014. Konduktivitas Elektroda dari Campuran Resin Dammar dan Zeolit dari Bottom Ash. *Jurnal Ilmu Fisika*. Vol. 6, No. 1
- Nur, H. 2001. Direct Synthesis of NaA Zeolite From Rice Husk And Carbonaceous Rice Husk Ash. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, Vol. 1. Pp 40-45.
- Sapei, L. Miryanti, A., dan Widjaja, L.B. 2012. Isolasi dan karakterisasi silika dari sekam padi dengan perlakuan awal menggunakan asam klorida. *The 1<sup>st</sup> Symposium in Industrial Technology*. Vol. 2. Hal A8-A1.