

Kajian Konduktivitas Listrik Zeolit pada Perlakuan Termal 150 °C, 250 °C, 350 °C dan Potensinya sebagai Elektrode Superkapasitor

ALFI HAMIDAH*, PULUNG KARO KARO DAN BAMBANG JOKO SUROTO

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung 35145
email:alfihamidah7@gmail.com

ABSTRACT

Zeolite based silica rice husk has been prepared and analyzed with thermal treatment 150 °C, 250 °C, and 350 °C. This research was conducted to study the effect of thermal treatment with a variety temperature to particle size and electrical conductivity of zeolite. In thermal treatment at 350 °C was obtained the smallest particle size, amounted to 15.396 μm , meanwhile the highest electrical conductivity values was obtained at 250 °C, amounted to 1.5540×10^{-4} S/cm. This is caused by the phase structure changes and particle agglomeration. Based on the result of electrical conductivity values, zeolite is included in semiconductor and has a potential as a supercapacitor electrode.

Keywords: Electrical conductivity, microstructure, specific surface area, thermal treatment, zeolite

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 & Hartman, 2011). Salah satu alternatif perangkat penyimpan energi yang dapat menggantikan baterai, yaitu superkapasitor. Superkapasitor memiliki banyak kelebihan dibandingkan baterai, 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 listrik 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 (Suwardi, 2000). 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,

*Penulias korespondensi

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 (Ramli & Bahruji, 2003); (Nur, 2001); (Fuadi et al., 2012). Menurut Sapei et al. (2012) sekam padi memiliki kandungan silika yang cukup tinggi yaitu sebesar 18-22%, memiliki sifat amorf dan ukuran ultra fine, serta sangat reaktif.

Pada penelitian ini, karakterisasi sampel zeolit meliputi analisis struktur kristal untuk mengetahui struktur yang terbentuk menggunakan *X-Ray Diffractometer* (XRD), analisis mikrostruktur untuk mengetahui ukuran partikel menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dan nilai konduktivitas listrik menggunakan Induktansi, kapasitansi, dan resistensi (LCR) meter. Penelitian ini diharapkan didapatkan nilai konduktivitas listrik zeolit yang dapat diaplikasikan sebagai elektrode superkapasitor.

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 di-aging selama 24 jam. Sol silika diaduk dengan sol alumina yang diperoleh dari 5 gr $\text{Al}(\text{OH})_3$ 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 $100\ \mu\text{m}$. sampel zeolit diberikan perlakuan termal 150°C , 250°C , dan 350°C dengan kenaikan suhu 3° per menit dan waktu penahanan selama 3 jam. Setelah itu, sampel zeolit dilakukan pengujian struktur kristal, komposisi, mikrostruktur, luas permukaan spesifik, dan konduktivitas listrik.

HASIL DAN DISKUSI

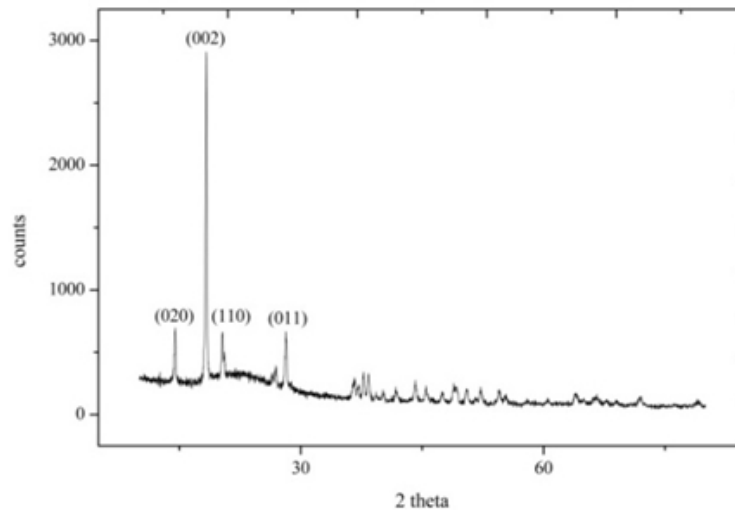
Penentuan Struktur dan Komposisi Sampel

Berdasarkan hasil analisis XRD menggunakan MATCH terdapat puncak-puncak tertinggi yang ditunjukkan Gambar 1, diantaranya pada sudut $2\theta = 14,50^\circ$ terdapat $\text{Al}(\text{OH})_2$ dengan fasa *bohmite* [COD: 96-901-2276] yang menunjukkan bidang (020). Pada $2\theta = 18,31^\circ$ dan $20,33^\circ$ terdapat $\text{Al}(\text{OH})_3$ fasa *gibbsite* [COD: 96-101-1082] yang menunjukkan bidang (002) dan pada $2\theta = 28,18^\circ$ terdapat SiO_2 dengan fasa *quartz* [COD: 96-901-1497] yang menunjukkan bidang (011).

Berdasarkan hasil tersebut, sampel terlihat didominasi oleh senyawa aluminosilikat yang merupakan bahan penyusun zeolit. Hasil ini juga diperkuat hasil SEM EDS, dengan perolehan perbandingan Si/Al sebesar 3,3 yang mengindikasikan zeolit termasuk dalam jenis zeolit silika sedang.

Pengaruh Perlakuan Termal terhadap Mikrostruktur

Berdasarkan hasil mikroskop SEM pada Gambar 2 menunjukkan bahwa zeolit kalsinasi 150°C mulai terbentuk pori-pori yang



Gambar 1: Hasil difraktogram sampel zeolit kalsinasi 250 °C.

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 terang atau putih seperti yang ditunjukkan lingkaran berwarna kuning merupakan kandungan Si dan warna gelap atau hitam merupakan kandungan Al.

Pada kalsinasi 250 °C terlihat adanya aglomerasi, sehingga partikel cenderung berukuran lebih besar. Sementara kalsinasi 350 °C aglomerasi partikel terlihat berkurang, sehingga mengindikasikan mulai terjadinya keteraturan dan keseragaman. Pada Tabel 1 menunjukkan kalsinasi 350 °C memiliki ukuran partikel paling kecil dan pada kalsinasi 250 °C ukuran partikel paling besar. Hal ini terjadi karena adanya aglomerasi.

Nilai Konduktivitas Listrik Zeolit

Pengukuran konduktivitas listrik dilakukan dengan frekuensi 42 Hz hingga 5 MHz. Hasil pengukuran yang didapatkan menggunakan LCR meter adalah berupa resis-

tansinya. Kemudian, dilakukan perhitungan menggunakan Persamaan 1.

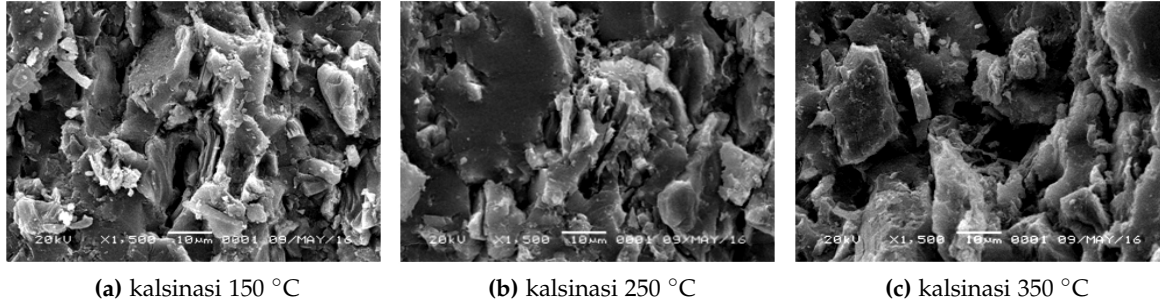
$$\sigma = G(L/A) \quad (1)$$

Dimana σ adalah Konduktivitas (Siemens/cm), G adalah Konduktansi (Siemens), L adalah Tebal (cm), A adalah Luas permukaan bahan (cm²).

Pada Gambar 3 diperoleh nilai konduktivitas listrik zeolit kalsinasi 150 °C, 250 °C, dan 350 °C berturut-turut adalah $1,3029 \times 10^{-4}$, $1,5540 \times 10^{-4}$, dan $1,4852 \times 10^{-4}$ S/cm. Pada kalsinasi 250 °C menunjukkan nilai konduktivitas listrik cenderung lebih besar. Hal ini disebabkan oleh ukuran partikel yang besar. Ukuran partikel yang besar dapat menurunkan konduktivitas listrik (Sadeli *et al.*, 2012).

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian diperoleh bahwa nilai konduktivitas listrik paling tinggi terdapat pada kalsinasi 250 °C, namun memiliki ukuran partikel yang besar akibat adanya perubahan struktur fasa dan



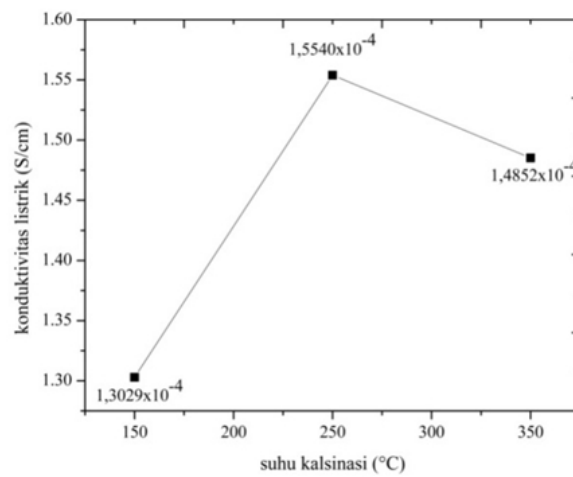
(a) kalsinasi 150 °C

(b) kalsinasi 250 °C

(c) kalsinasi 350 °C

Gambar 2: Hasil mikrograf SEM sampel zeolit dengan perbesaran 1500×.**Tabel 1:** Hasil perhitungan ukuran partikel.

Suhu kalsinasi (°C)	Luas rata-rata (μm)	Diameter (μm)
150	206,581	16,222
250	549,874	24,465
350	186,079	15,396

**Gambar 3:** Grafik perubahan suhu kalsinasi terhadap nilai konduktivitas listrik.

aglomerasi. Sampel zeolit silika berbasis silika sekam padi yang telah dikalsinasi pada suhu 150 °C, 250°C, dan 350 °C memiliki nilai konduktivitas yang termasuk dalam semikonduktor dan berpotensi sebagai sebagai elektrode superkapasitor.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada dosen pembimbing penelitian, Kepala Laboratorium Fisika Material FMIPA Universitas Lampung, Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi Kelautan (P3GL) Bandung, Laboratorium Instrumentasi dan Analisis Teknik Kimia Institut Teknologi Bandung (ITB) Bandung, serta Badan Tenaga Nuklir (BATAN) Serpong hingga terselesaikannya penelitian ini.

REFERENSI

- Deshpande R. P. 2015. *Ultracapacitors*. McGraw-Hill Education. India.
- Emmenegger Ch., Ph. Mauron, P. Sudan, P. Wenger, V. Hermann, R. Gallay, & A. Züttel. 2003. Investigation of Electrochemical Double-Layer (EDLC) Capacitors Electrodes Based on Carbon Nanotubes and Activated Carbon Materials. *Journal Power Sources*. Vol 124. pp 321-329.
- Fuadi A. M., M. Musthofa, K. Harismah, Haryanto, & N. Hidayati. 2012. Pembuatan Zeolit Sintesis dari Sekam Padi. *Symposium Nasional RAPI XI FT UMS-2K012*. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- Mendez S.L., A. C. Lopes, & Martins, P. 2014. Aluminosilicate and Aluminosilicate Based Polymer Composites; Present Status, Applications and Future Trends. *Progress in Surface Science*. Vol 89. pp 239-277.
- 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.
- Ramli Z., & H. Bahruji. 2003. Synthesis of HZSM-5 Type Zeolite using Crystalline Silica of Rice Husk Ask. *Malaysian Journal of Chemistry*. Vol 5. No 1. pp 3-5.
- Sadeli M.Y., P. Bambang, & S. Achmad. 2012. Pengaruh Variasi Besar Butir Carbon Black Terhadap Karakteristik pelat Bipolar. *Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi*. Vol 30. No 1. pp 25-32.
- Sapei L., A. Miryanti, & L. B. Widjaja. 2012. Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi dengan Perlakuan Awal Menggunakan Asam Klorida. *The 1st Symposium in Industrial Technology*. pp A8-A15.
- Suwardi. 2000. Pemanfaatan Zeolit sebagai Media Tumbuh Tanaman Hortikultura. Departemen Tanah. Fakultas Pertanian IPB. Prosiding. *Temu Ilmiah IV PPL Tokyo*. Jepang. pp 57-62.
- Lu W., & R. Hartman. 2011. Nanocomposite Electrodes for High-Performance Supercapacitors. *Journal of Physical Chemistry Letters*. Vol 43. pp 655-667.