

Pengaruh Luas Permukaan Spesifik terhadap Kapasitansi Spesifik Elektrode Zeolit Akibat Variasi Suhu Kalsinasi

ROSALINA,* SUPRIHATIN DAN PULUNG KARO KARO

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

Jl. Prof. Dr. Soemantri Brojonegoro No.1 Gedung Meneng Bandar Lampung 35145

email: linarosa908@yahoo.co.id

ABSTRACT

The effect of specific surface area to the specific capacitance of electrode zeolite with variation of calcination temperatures. This study describes the potential of zeolite as a supercapacitor electrode which aims to determine the effect of surface area on the specific capacitance of the zeolite. Zeolites was synthesized from a mixture of silica based rice husk and alumina using sol gel methode and was calcined at 150, 250, 350, 450, 550, and 650 °C. The XRD result showed already formed alumina and silica phases for each calcinations temperature and the temperature of 350 °C has formed gmelinite phase which marks have been formed zeolite. The specific capacitance increase in the specific surface area at 90.69 - 150.01 m²/g, and occurred saturation of specific capacitance at a specific surface area of 150.01 m²/g. The highest of specific capacitance is at specific surface area of 150.01 m²/g is equal to 8.13×10⁻³ F/g obtained from zeolites with calcination temperature of 650 °C. Based on this value, the zeolite can be used as a supercapacitor electrode material.

Keywords: Specific capacitance, electrical conductivity, surface area, zeolite

PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik di Indonesia setiap tahunnya sangat besar mencapai 200 ton of oil energy. Penggunaan energi listrik ini akan terus mengalami peningkatan, sehingga dibutuhkan media penyimpanan energi listrik dengan kapasitas daya besar dan dapat digunakan dalam waktu yang lama.

Superkapasitor merupakan piranti penyimpanan energi yang memiliki rapat daya besar, waktu dan siklus hidup panjang (106 siklus), waktu pengisian cepat, serta material pembuatannya murah (Conway, 1999). Salah satu komponen utama superkapasitor adalah elektrode. Umumnya elektrode terbuat dari material seperti, karbon, ruthenium oksida, dan polimer konduktif. Di-

antara bahan tersebut, ruthenium memiliki kapasitansi yang paling tinggi karena memiliki luas permukaan spesifik yang besar dan strukturnya berpori (Murkami *et al.*, 1997). Namun, bahan ruthenium memiliki keterbatasan yang terbatas dan harga yang tinggi. Oleh sebab itu, dibutuhkan terobosan baru dalam pembuatan elektrode superkapasitor menggunakan bahan yang murah dan mudah untuk diperoleh, salah satunya, yaitu zeolit sintesis.

Zeolit sintesis merupakan mineral aluminosilikat yang dapat dibuat melalui proses sederhana menggunakan perpaduan silika dan alumina. Zeolit memiliki struktur mikropori dengan ukuran 3-10 Å yang sebagian besar strukturnya berkanal dan berpori.

*Penulias korespondensi

Zeolit juga memiliki sifat unik seperti stabilitas termal, kerapatan rendah, serta kemampuan penyimpanan dan penukar ion (Bagdanov et al., 2009). Luas permukaan yang besar, ukuran pori kecil, serta kemampuan penukar ion dapat menjadikan zeolit sebagai bahan elektrode untuk superkapasitor (Muresan, 2011) yang dapat menyimpan muatan berdasarkan mekanisme *faradaic*, karena terjadi reaksi reduksi oksidasi yang melibatkan transfer muatan antara elektrode dan larutan elektrolit (Shukla et al., 2000).

Zeolit dapat disintesis dari beberapa bahan yang memiliki sumber silika tinggi, seperti abu layang batu bara, abu dasar batu bara, pasir, dan sekam padi. Diantara bahan tersebut, sekam padi memiliki kemurnian silika yang tinggi mencapai 95% (Sembiring & Karo Karo, 2007) dan memiliki luas permukaan spesifik mencapai $81 \text{ m}^2/\text{g}$ (Della et al., 2002).

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui luas permukaan spesifik terhadap nilai kapasitansi spesifik zeolit. Selain itu, untuk mengetahui pengaruh variasi suhu kalsinasi terhadap struktur kristal zeolit.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan dalam menyintesis zeolit, yaitu preparasi dan ekstraksi silika sekam padi, pembuatan sol sodium aluminat, dan pembuatan zeolit. Preparasi dan ekstraksi silika sekam padi mengacu pada penelitian Sembiring & Karo Karo (2007). Pembuatan sodium aluminat, yaitu menggunakan larutan NaOH 5% sebanyak 50 ml, ditambahkan $\text{Al}(\text{OH})_3$ sebanyak 5 gr. Kemudian, diaduk menggunakan *magnetic hot plate stirrer* dengan kecepatan 500 rpm selama 2 jam.

Tahapan selanjutnya adalah pembuatan zeolit (Imam et al., 2013), yaitu de-

ngan mencampurkan sol silika sebanyak 250 ml dan sol sodium aluminat sebanyak 50 ml. Campuran tersebut diaduk dengan kecepatan 1.000 rpm selama 1 jam. Kemudian, ditetesi dengan larutan HNO_3 5% hingga mencapai pH 7 dan diaduk kembali selama 7 jam. Gel yang diperoleh diaging selama 24 jam kemudian dioven pada suhu 110°C selama 7 jam hingga menjadi padatan. Selanjutnya, dikalsinasi pada suhu 150, 250, 350, 450, 550, dan 650°C . Kemudian, zeolit dikarakterisasi menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), *Surface Area Analyzer* (SAA), *Inductance Capacitance and Resistance* (LCR) meter, dan *cyclic voltammetry*.

HASIL DAN DISKUSI

Analisis Struktur Kristal Zeolit

Tabel 1 menunjukkan fasa yang terbentuk dan ukuran kristal zeolit akibat variasi suhu kalsinasi 150, 250, 350, 450, 550, dan 650°C . Berdasarkan Tabel 1, pada suhu kalsinasi 150°C , fasa yang terbentuk didominasi oleh senyawa alumina, yaitu *gibbsite* dan belum menunjukka fasa dari silika. Hal ini dikarenakan belum terjadi reaksi termal sehingga alumina masih basah dan menutupi permukaan silika.

Sementara pada suhu kalsinasi 250°C , sebagian fasa *gibbsite* bertansformasi menjadi fasa *bohmite* dan muncul fasa amorph dari senyawa silika, yaitu *silicon oxide hydrate*. Namun belum terjadi reaksi antara silika dan alumina menjadi zeolit. Pada suhu 350°C , silika dan alumina telah bereaksi membentuk zeolit. Hal ini ditunjukkan dengan munculnya fasa *gmelinite* yang merupakan nama senyawa zeolit.

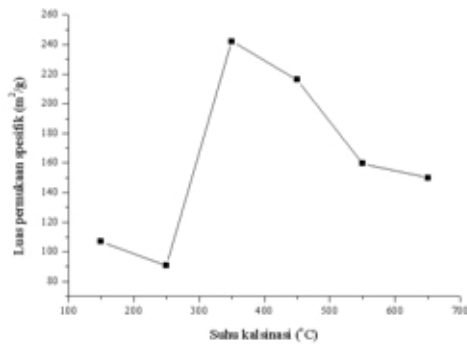
Pada suhu 450°C , senyawa alumina telah bertransformasi menjadi fasa yang lebih stabil, yaitu *aluminum oxide gamma*.

Tabel 1: Fasa dan ukuran kristal zeolit akibat variasi suhu kalsinasi 150, 250, 350, 450, 550, dan 650 °C.

Temperatur (°C)	Nama fasa	Ukuran kristal (nm)
150	Gibbsite	57,39
250	Gibbsite	56,94
	Bohmite	45,17
	Silicon Oxide Hydrate	51,14
350	Gibbsite	40,97
	Bohmite	27,05
	Silicon Oxide Hydrate	36,33
	Gmelinite	44,62
450	Bohmite	36,42
	Silicon Oxide Hydrate	36,91
	Aluminum Oxide Gamma	9,64
	Gmelinite	44,62
550	Silicon Oxide Hydrate	42,61
	Aluminum Oxide Gamma	10,22
	Gmelinite	50,58
650	Silicon Oxide Hydrate	44,38
	Aluminum Oxide Gamma	13,26
	Gmelinite	67,44

Tabel 2: Pengaruh suhu kalsinasi terhadap luas permukaan spesifik zeolit.

Temperatur (°C)	Luas permukaan (m ² /g)
150	106,94
250	90,69
350	242,12
450	216,26
550	159,57
650	150,01



Gambar 1: Pengaruh suhu kalsinasi terhadap luas permukaan spesifik zeolit.

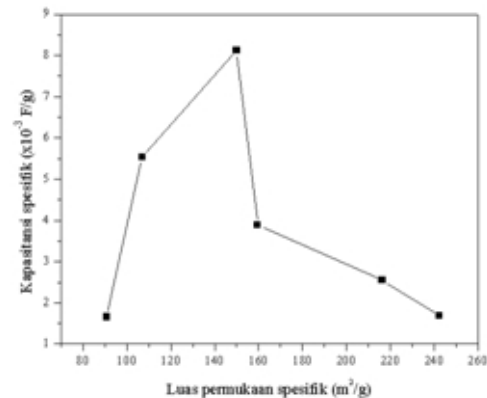
Pada suhu kalsinasi 550 dan 650 °C, fasa yang terbentuk sama dikarenakan pada suhu ini belum cukup untuk merubah fasa menjadi lebih kristal dan stabil.

Pengaruh Suhu Kalsinasi terhadap Luas Permukaan Spesifik Zeolit

Tabel 2 dan Gambar 1 menunjukkan hubungan suhu kalsinasi dan luas permukaan spesifik zeolit.

Pada suhu kalsinasi 150 dan 250 °C, luas permukaan spesifik mengalami penurunan. Berdasarkan kajian yang dilakukan oleh [Weitkamp & Lothar \(1999\)](#), hal ini disebabkan karena terjadi perubahan fasa dan ukuran kristal zeolit. Sementara pada suhu kalsinasi 350 °C, luas permukaan spesifik mengalami kenaikan yang signifikan dikarenakan telah berkurangnya senyawa H₂O pada zeolit.

Sementara pada suhu kalsinasi 450 - 650 °C, luas permukaan mengalami penurunan. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh [Utomo \(2008\)](#), karena terjadi pertumbuhan butir yang dapat menyebabkan pemadatan dan terjadi penutupan pori. Oleh karena itu, dapat men-



Gambar 2: Pengaruh luas permukaan spesifik terhadap kapasitansi spesifik zeolit.

gakibatkan penyusutan luas permukaan spesifik.

Pengaruh Luas Permukaan Spesifik terhadap Kapasitansi Spesifik Zeolit

Tabel 3 dan Gambar 2 menunjukkan hubungan luas permukaan spesifik dan kapasitansi spesifik zeolit.

Berdasarkan Gambar 2, pada luas permukaan spesifik 90,69 - 150,01 m²/g, kapasitansi spesifik mengalami kenaikan. Berdasarkan penelitian oleh [Ariyanto et al. \(2012\)](#), hal ini dikarenakan dengan meningkatnya luas permukaan maka semakin banyak ion baik kation maupun anion yang terserap ke dalam elektrode.

Pada luas permukaan spesifik di atas 150,01 m²/g, nilai kapasitansi spesifik mengalami penurunan. Hal ini karena telah terjadi saturasi kapasitansi yang akan menyebabkan penurunan kapasitansi spesifik pada daerah luas permukaan di atas 150,01 m²/g. Saturasi kapasitansi disebabkan oleh beberapa hal, seperti yang dikaji oleh [Ania et al. \(2007\)](#), yaitu penipisan dinding pori, ukuran pori terlalu besar, serta derajat aktivasi pemanasan yang tinggi.

Tabel 3: Pengaruh luas permukaan spesifik terhadap kapasitansi spesifik zeolit.

Luas permukaan spesifik (m^2/g)	Kapasitansi spesifik ($\times 10^{-3} \text{ F/g}$)
90,69	1,66
106,94	5,53
150,01	8,13
159,57	3,89
216,26	2,55
242,12	1,69

KESIMPULAN

Semakin tinggi suhu kalsinasi, maka terjadi perubahan fasa yang lebih stabil dan kristalin. Zeolit mulai terbentuk pada suhu kalsinasi 350°C ditandai dengan munculnya fasa *gmelinite*. Meningkatnya kapasitansi spesifik disebabkan oleh luas permukaan spesifik yang besar karena banyak terjadi penyerapan ion dan transfer elektron pada permukaan elektrode. Kapasitansi spesifik zeolit tertinggi berada pada luas permukaan spesifik $150,01 \text{ m}^2/\text{g}$, yaitu sebesar $8,13 \times 10^{-3} \text{ F/g}$.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Material FMIPA Unila, Kepala Laboratorium Teknik Mesin Unila, dan Kepala Laboratorium PSTBM BATAN Serpong.

REFERENSI

Ania C.O., K. Voldymyr, R. P. Encarnacion, B. P. Jose, & B. Francois. 2007. The Large Electrochemical Capacitance of Microporous Doped Carbon Obtained by using Zeolite Template. *Advanced Functional Material*. Vol. 17. pp 1828-1836.

Ariyanto T., P. Iman , & Rochmadi. 2012.

Pengaruh Struktur Pori terhadap Kapasitansi Elektroda Superkapasitor yang Dibuat dari Karbon Nanopori. *Reaktor*. Vol. 14. No. 1. pp 25-32.

Bogdanov B., G. Dimitar, A. Krasimira, & H. Yanco. 2009. Synthetic Zeolites and Their Industrial and Environmental Application. *Natural and Mathematical Science*. Vol. IV. pp 1-5.

Conway B.E. 1999. *Electrochemical Supercapacitors Fundamentals and Technological Application*. Kluwer Academic/ Plenum Publisher. New York.

Della V.P., I. Khun, & D. Hotza. 2002. Rice Husk Ash as Alternate Source for Active Silica Production. *Materials Letters*. Vol. 57. pp 818-821.

Iman T., M. S. Arneli, & S. Ahmad. 2013. Pengaruh Konsentrasi NaOH pada Pengambilan Silika dari Abu Sekam Padi untuk Sintesis Zeolit dan Aplikasi sebagai Builder Deterjen. *Chem Info*. Vol. 1. No. 1. pp 275-282.

Muresan L. M. 2011. Zeolite Modified Electrodes with Analytical Application. *Pure Application Chemistry*. Vol. 83. No. 2. pp 325-343.

Murkami Y., K. Takeshi , H. Yoshiro, Hayato, & T. Yushio. 1997. Porous Ruthenium

- Oxide Electrode Prepared by Adding Lanthanum Chloride to The Coating Solution. *Journal of alloys and Compounds*. Vol. 261. pp 178-181.
- Sembiring S. & P. Karo Karo 2007. Pengaruh Suhu Sintering terhadap Karakteristik Termal dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi. *Jurnal Sains MIPA*. Vol. 13. No.3. pp 233-239.
- Shukla A. K., S. Sampath, & K. Vijayamoh. 2000. Electrochemical Supercapacitors: Energy Storage Beyond Batteries. *Current Science*. Vol. 79. No. 12. pp 1656-1661.
- Utomo M.P. 2008. Deaktivasi Katalis pada Konversi Pentanol menjadi Pentana dengan Katalis Pt/Zeolit. *Seminar Nasional Kimia*.
- Weitkamp J. & P. Lothar. 1999. *Catalysis and Zeolites: Fundamentals and Application*. Springer-Verlag. Berlin.