

Pengaruh Penambahan Alumina (Al_2O_3) 0, 10, dan 15 wt% terhadap Karakteristik Konduktivitas Listrik dan Mikrostruktur Cordierite ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi

Sheila Windi Oktivianty, Simon Sembiring, Wasinton Simanjuntak dan Pulung Karo-Karo

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung
Email: sheila_windi@yahoo.com

Diterima (4 Januari 2016), direvisi (8 Januari 2016)

Abstract. This study was carried out to investigate the effect of alumina on the physical characteristics, microstructure, and electrical conductivity of cordierite. Silica obtained from rice husk through sol-gel method, while alumina and magnesium were obtained from Sigma-Aldrich. Cordierite was synthesized by the solid state method and sintered at 1200°C . The measurement results revealed that the addition of alumina on cordierite had reduced density, increased porosity, and decreased electrical conductivity. The Scanning Electron Microscopy (SEM) showed the irregular morphology of all samples. The porosity and agglomeration in cordierite were increased with addition of alumina.

Keywords. Alumina, cordierite, electrical conductivity, microstructure, and rice husk.

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan alumina terhadap karakteristik fisis, mikrostruktur, dan konduktivitas listrik cordierite. Silika diperoleh dari sekam padi melalui metode sol-gel sedangkan alumina dan magnesium berasal dari MERCK. Cordierite disintesis melalui metode padatan dengan suhu sintering 1200°C . Hasil Pengukuran menunjukkan bahwa penambahan alumina mengurangi densitas, menambah porositas, dan menurunkan nilai konduktivitas listrik sampel. Karakterisasi dengan Scanning Electron Microscopy (SEM) menunjukkan adanya bentuk yang tidak beraturan, pori yang semakin banyak dan aglomerasi yang semakin besar pada sampel dengan penambahan alumina.

Kata kunci. Alumina, cordierite, konduktivitas listrik, mikrostruktur, dan sekam padi.

PENDAHULUAN

Cordierite merupakan keramik oksida dengan formula $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$. Cordierite berpotensi untuk dikembangkan dalam berbagai aplikasi sebagai isolator listrik karena memiliki konstanta dielektrik ($\epsilon = 5 - 6$) dan konduktivitas listrik yang rendah atau resistivitas yang tinggi ($\rho = 10^{12} \Omega \text{ cm}$) (Charles, 2001; Kurama dan

Kurama, 2006). Jumlah cordierite tidak melimpah sehingga perlu dibuat dengan cara mencampur bahan-bahan sumber unsur penyusunnya.

Cordierite dapat disintesis dengan metode padatan (*solid state*). Metode padatan merupakan metode konvensional untuk mensintesis cordierite dimana oksida pembentuk cordierite direaksikan melalui proses sintering pada suhu pembentukan

kristal cordierite. Pembentukan fasa cordierite tergantung pada jenis bahan baku dan umumnya sekitar $1100\text{--}1200^\circ\text{C}$ (Siregar, 2008).

Penambahan oksida tertentu seperti alumina diperkenalkan dalam campuran cordierite untuk meningkatkan sifat isolator listrik dan sifat lainnya dari bahan (Avvakumov dan Gusev, 1999; Salwa dkk, 2007). Salwa dkk (2007) melaporkan bahwa terjadi penurunan konstanta dielektrik keramik-gelas cordierite dari batu basal dengan penambahan alumina.

Silika sekam padi diketahui memiliki stabilitas termal yang tinggi dan bersifat *amorf* sehingga memiliki reaktivitas yang lebih tinggi dibandingkan silika kristal (Beltran dkk, 2006). Selain itu, penggunaan abu sekam padi sebagai sumber silika dapat menurunkan energi aktivasi kristalisasi α -cordierite (Kurama dan Kurama, 2006).

Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan alumina terhadap cordierite berbasis silika sekam padi. Pengaruh yang diamati meliputi sifat fisis, karakteristik konduktivitas listrik, dan mikrostruktur cordierite.

METODE PENELITIAN

Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari tempat penggilingan padi di Way Kandis, Provinsi Lampung, Indonesia. Sekam padi dicuci hingga bersih dan dikeringkan. Selanjutnya dilakukan proses sintesis silika dari sekam padi menggunakan metode sol-gel yang mengacu pada penelitian sebelumnya (Sembiring dkk, 2007). Proses sintesis menggunakan larutan KOH 5% dan larutan HCl 10%. Pada tahap ini diperoleh bubuk silika (SiO_2) berwarna putih.

MgO, Al_2O_3 , dan SiO_2 ditimbang dengan perbandingan persen massa 14 : 35 : 51 dan kemudian diaduk menggunakan mortar selama 3 jam lalu diayak dengan ukuran

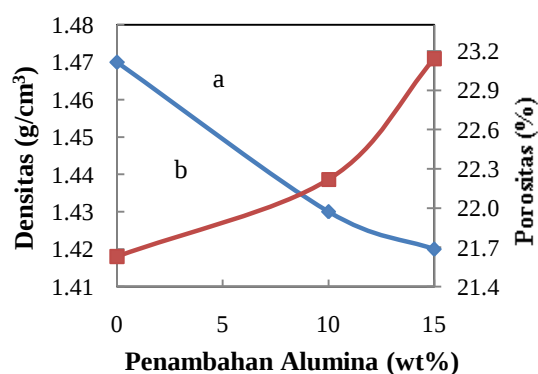
lubang $63\ \mu\text{m}$. Diperoleh bubuk cordierite berwarna putih.

Pembuatan sampel cordierite dengan penambahan alumina 0, 10, dan 15 wt% (C_0 , C_{10} , dan C_{15}) diawali dengan menimbang cordierite dan alumina sesuai presentasi massa dalam campuran. Campuran diaduk selama 4 jam dengan kecepatan 120 rpm di dalam larutan alkohol. Paduan cordierite-alumina hasil pengadukan dioven pada suhu 70°C selama 3 jam kemudian digerus dan diayak dengan ukuran lubang $63\ \mu\text{m}$. Bubuk paduan cordierite-alumina dicetak dalam bentuk pelet menggunakan alat *press* dengan tekanan 50 ton. Pelet kemudian disintering pada suhu 1200°C dengan waktu tahan 3 jam. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap penyusutan, densitas, porositas, dan konduktivitas listrik serta karakterisasi SEM pada sampel.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengukuran Densitas dan Porositas

Gambar 1 menunjukkan hasil perhitungan densitas dan porositas sampel. Terjadi penurunan densitas sampel dengan penambahan alumina. Penurunan densitas dimungkinkan karena perbedaan yang besar dari nilai koefisien ekspansi termal alumina dan cordierite (Salwa dkk, 2007).



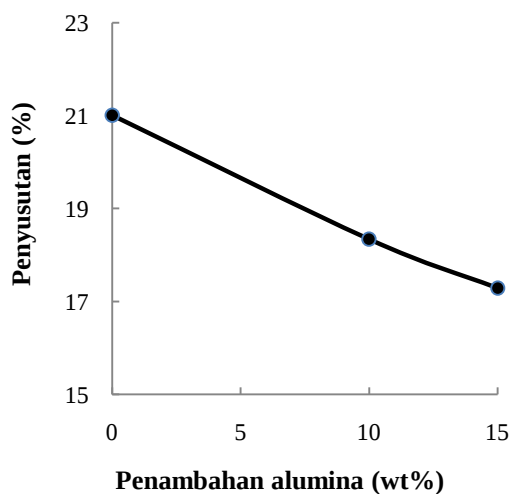
Gambar 1. Perubahan (a) densitas, (b) porositas sampel C_0 , C_{10} , dan C_{15}

Partikel alumina yang mengkerut pada proses pendinginan meninggalkan pori-pori disekitarnya.

Densitas sampel pada penelitian ini lebih kecil dibandingkan nilai densitas teoritis cordierite murni 2,3-2,5 g/cm³ (Charles, 2001). Apabila bahan mengandung beberapa fasa, maka densitasnya akan berkurang. Hal ini dijelaskan melalui persamaan $\frac{1}{\rho_{gab}} = \frac{1}{\rho_1} + \frac{1}{\rho_2} + \frac{1}{\rho_3} + \dots + \frac{1}{\rho_n}$ untuk menghitung densitas gabungan. Kondisi ini mengindikasikan bahwa sampel terdiri dari beberapa fasa dan belum sepenuhnya terbentuk cordierite.

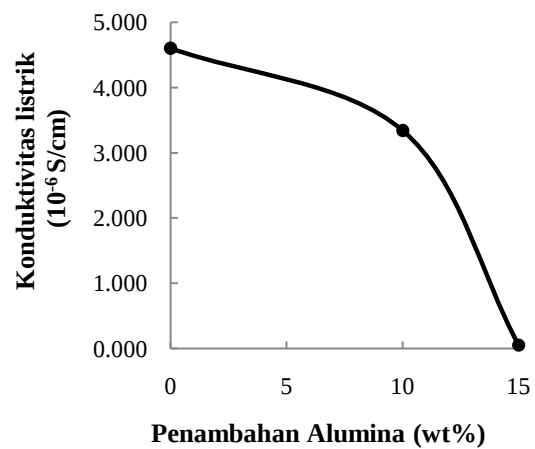
Hasil Pengukuran Penyusutan

Proses sintering mengakibatkan penyusutan pada sampel. **Gambar 2** menunjukkan penyusutan pada sampel semakin kecil seiring dengan bertambahnya presentase alumina. Viskositas kaca menurun dan meningkat sesuai dengan jumlah alumina, semakin banyak jumlah alumina akan meningkatkan viskositas kaca yang menyebabkan penurunan densifikasi (Johar dkk, 2011). Penurunan densifikasi menyebabkan aktivitas penyusutan berkurang.



Gambar 2. Penyusutan sampel C₀, C₁₀, dan C₁₅ pada suhu sintering 1200°C

Hasil Pengukuran Konduktivitas Listrik



Gambar 3. Hasil pengukuran konduktivitas listrik sampel C₀, C₁₀, dan C₁₅

Gambar 3 menunjukkan hasil pengukuran konduktivitas listrik sampel C₀, C₁₀, dan C₁₅ pada frekuensi 100 Hz menggunakan *Inductance Capacitance Resistance* (LCR) meter. Konduktivitas listrik sampel cordierite dipengaruhi oleh penambahan alumina. Terjadi penurunan konduktivitas listrik seiring dengan penambahan alumina.

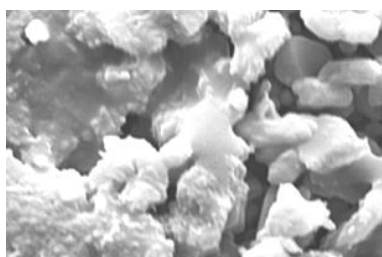
Nilai konduktivitas menunjukkan adanya perbedaan kemudahan arus listrik untuk mengalir pada setiap sampel yang bergantung pada sifat fisik material. Sifat fisik tersebut antara lain adalah porositas, densitas, dan distribusi ukuran butiran. Penurunan konduktivitas listrik pada sampel C₁₀ dan C₁₅ dapat terjadi karena penurunan densitas dan peningkatan porositas cordierite akibat penambahan alumina. Seperti yang diungkapkan oleh Biasetto (2005) bahwa konduktivitas meningkat dengan meningkatnya densitas dan menurunnya porositas. Jika pori semakin banyak, maka konduktivitas batas butir semakin kecil (Nurhayati dkk, 2012). Hal tersebut dikarenakan pori-pori material yang bertambah menyebabkan hambatan semakin besar sehingga elektron yang mengalir semakin sedikit.

Nilai konduktivitas sampel pada penelitian ini berkisar antara 10^{-8} - 10^{-6} S/cm yang masuk kedalam range nilai konduktivitas listrik bahan insulator. (Moulson dan Herbert, 2003). Penambahan alumina 10-15 wt% telah menurunkan konduktivitas listrik cordierite namun tidak mengubah statusnya sebagai bahan semi-insulator.

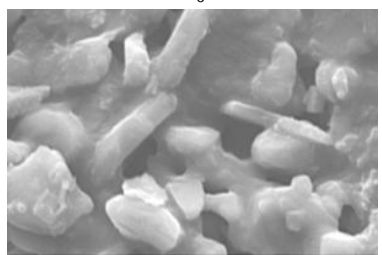
Karakterisasi SEM

Morfologi permukaan pada **Gambar 4** menunjukkan mikrostruktur sampel yang tidak homogen, adanya pori, dan gumpalan (*cluster*) dengan ukuran dan bentuk partikel yang berbeda, serta distribusinya tidak merata pada permukaan. Perbedaan ukuran dan bentuk partikel menunjukkan bahwa mikrostruktur permukaan sampel cordierite berbentuk amorph (Sembiring dkk, 2009).

Ukuran rongga udara (pori) dan aglomerasi pada sampel semakin besar dengan penambahan alumina. Aglomerasi pada partikel menyebabkan ukuran partikel membesar sehingga perpindahan ion atau jarak panjang difusi (*diffusion length*) bertambah. Kondisi ini berakibat pada penurunan konduktivitas listrik sampel.



C₀



C₁₅

Gambar 4. Mikrostruktur sampel C₀ dan C₁₅ dengan perbesaran 5.000

KESIMPULAN

Secara umum penambahan alumina 0, 10, dan 15 wt% pada cordierite menyebabkan penurunan densitas dan penyusutan sampel cordierite, serta penurunan nilai konduktivitas listrik pada frekuensi 100 Hz. Selain itu, penambahan alumina pada cordierite menghasilkan mikrostruktur yang tidak homogen, perbesaran pori dan aglomerasi, serta distribusi partikel yang tidak merata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Material Universitas Lampung, Kepala Laboratorium Polimer Universitas Lampung, Kepala Laboratorium BATAN Serpong, dan Kepala Laboratorium SMK SMTIN Bandar Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

- Avvakumov, E.G. and Gusev, A.A. 1999. Cordierite as a Promising Ceramic Material. *Inorganic Materials*. 37: 868-869.
- Beltran, E. L., Prene, P., Boscher, C., Belleville, P., Buvat, P., Lambert, S., Guillet, F., Boissiere, C., Grosso, D. and Sanches, C. 2006. Nanostructure Hybrid Solar Cells Based on Self-assembled Mesoporous Titania Thin Films. *Journal Chemistry of Material*. 18: 6152-6165.
- Biassetto, Lisa. 2005. Functional Ceramic Foam from Preceramic Polymers. *Tesis*. Università Bologna.
- Charles, A.H. 2001. *Handbook of Ceramic glasses, and Diamonds*. Mc Graw Hills Company Inc. USA.

- Johar, B., Hasmaliza, M. and Arifin, A.Z. 2011. Densification and Crystallitation of Nonstoichiometric Cordierite Glass with Excess MgO Synthesized from Kaolin and Talc. *Journal of American Ceramic Society*. 94: 687-94.
- Kurama, H. and Kurama, S. 2006. The Reaction Kinetics of Rice Husk Based Cordierite Ceramics. *Ceramic International*. 34: 269-272.
- Moulson, A. J. and Herbert, J.M. 2003. *Electroceramics 2nd Edition*. John Wiley & Sons Ltd, The Atrium. Shouthern Gate. Chichester. West Sussex PO19 8SQ. England.
- Nurhayati, S., Syarif, D.G. dan Setiawan, A. 2012. Pengaruh Suhu Sinter terhadap Karakteristik Keramik Calsia Stabilized Zirconia dengan Penambahan Natrium Karbonat untuk Elektrolit Padat. *Jurnal Sains Indonesia*. 14: 99-102.
- Salwa, A.M., Hameed, A. and Bakr, I.M., 2007. Effect of Alumina on Ceramic Properties of Cordierite Glass-Ceramic from Basalt Rock. *Journal of the European Ceramic Society*. 27: 1893-1897.
- Sembiring, S. dan P. Karo-Karo. 2007. Pengaruh Suhu Sintering terhadap Karakteristik Termal dan Mikrostruktur Silika Sekam Padi. *Jurnal Sains dan Teknologi*. Universitas Lampung.
- Sembiring, S., Manurung, P., dan Karo-Karo, P. 2009. Pengaruh Suhu Tinggi Terhadap Karakteristik Keramik Cordierite Berbasis Silika Sekam Padi. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*. 5: 0901071-0901074.
- Siregar, Juliadi. 2008. Studi Analisis tentang Hubungan Suhu Sintering terhadap Karakter Keramik Berpori Cordierite ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) secara Simulasi dengan Program Mathematica 5.1. *Skripsi*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara.

Shella Windi Oktivianty dkk: Pengaruh Penambahan Alumina (Al_2O_3) 0, 10, dan 15 wt% terhadap Karakteristik Konduktivitas Listrik dan Mikrostruktur Cordierite ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi