

Struktur Mikro dan Konduktivitas Listrik Keramik Kordierit dengan Penambahan Magnesium Oksida (0, 10, 15 wt %) Berbasis Silika Sekam Padi

ADE LIA TRISTIANA^{1*}, SIMON SEMBIRING¹ DAN WASINTON SIMANJUNTAK²

¹Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung

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

²Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung

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

email: adeliatristiana@gmail.com

ABSTRACT

Research was conducted to determine the effect of magnesium oxide 0, 10, and 15wt% to the microstructure and electrical conductivity of cordierite. Cordierite was made by commercial MgO and alumina and silica from rice husk which is extracted by sol-gel method. Synthesis of cordierite was done with solid state reaction method and sintering at 1250 °C for 3 hours. Microstructure cordierite analyzed by SEM/EDS, while the electrical conductivity was analyzed using LCR meter, as well as physical test include its density, porosity and shrinkage. The results showed that the addition of MgO has reduced density, and shrinkage of cordierite and increase porosity. Microstructure cordierite with the addition of MgO indicated that sample with a lot of pores and their agglomeration. Conductivity values decreased with the addition of 10% MgO and increased at 15% MgO.

Keywords: Cordierite, electrical conductivity, magnesium oxide, microstructure, rice husk

PENDAHULUAN

Kordierit merupakan keramik yang terdiri dari senyawa oksida, yaitu magnesium oksida (MgO), aluminium oksida (Al₂O₃), dan silika (SiO₂). Rumus kimia dari keramik ini adalah 2MgO.2Al₂O₃3.5SiO₂. Keramik kordierit mempunyai keunggulan, yaitu cukup stabil, memiliki konstanta dielektrik rendah (4,1 - 5,3), resistivitas tinggi (10¹⁶Ω/cm pada suhu 25 °C), memiliki sifat mekanik yang lebih baik dibandingkan porselen dan bersifat isolator listrik sehingga dapat digunakan sebagai substrat elektronik (Buchanan, 2004).

Kordierit tidak tersedia di alam,

tetapi dapat disintesis dengan mencampurkan bahan-bahan yang mengandung MgO, Al₂O₃ dan SiO₂. Sembiring & Manurung (2009) mensintesis kordierit dari bahan magnesium nitrat hidrat (Mg(NO₃)₂.6.12H₂O), aluminium nitrat hidrat (Al(NO₃)₂.9.15H₂O), dan silika sol.

Umumnya silika yang digunakan adalah silika komersial yang relatif mahal. Oleh karena itu, banyak penelitian menggunakan bahan-bahan alternatif untuk mengganti silika, seperti aerosil atau asap silika. Pada penelitian ini silika yang akan digunakan adalah silika yang diekstrak dari sekam padi dengan metode sol-gel.

Penelitian ini dilakukan untuk menge-

*Penulias korespondensi

tahui pengaruh penambahan MgO terhadap mikrostruktur dan konduktivitas listrik keramik kordierit berbasis silika sekam padi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sembiring & Manurung (2009), kordierit murni yang dibuat dari silika sekam padi dan di-sinterring pada suhu 1300 - 1500 °C menunjukkan morfologi tidak teratur dan penggumpalan dari partikel padat dan tersusun rapat, karena ukuran partikel halus. Selain itu, tampaknya ada distribusi ukuran lebar partikel pada permukaan sampel. Menurut Alwiyah et al. (2014) penambahan MgO sebesar 3% dapat memperbaiki mikrostruktur, yaitu membuat bahan memiliki permukaan yang lebih halus.

METODE PENELITIAN

Ekstraksi Silika Sekam Padi

Sekam padi yang telah dipreparasi ditimbang sebanyak 50 gram, dididihkan dengan larutan NaOH 1,5% selama 30 menit sambil terus diaduk lalu didiamkan selama 24 jam. Setelah itu, ampas sekam padi dipisahkan dari ekstrak kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk memperoleh sol silika.

Selanjutnya, silika sol ditetesi larutan HNO₃ 10% sampai terbentuk gel. Silika gel di-aging selama 24 jam sebelum dicuci dengan air hangat dan pemutih agar gel berwarna putih. Silika gel lalu dikeringkan di dalam oven pada suhu 110 °C selama 7 jam sehingga diperoleh silika padatan. Silika padatan digerus sampai halus untuk memperoleh serbuk silika.

Sintesis kordierit

Kordierit disintesis dengan metode padatan (*solid state*). Bahan-bahan penyusun Al₂O₃, MgO, dan SiO₂ ditimbang dengan per-

bandingan 2 : 2 : 5 kemudian digerus 3 jam dan diayak dengan ayakan 200 mesh ukuran 63µm sehingga diperoleh serbuk kordierit murni.

Sintesis Paduan Kordierit-MgO

MgO ditimbang sesuai persentase yang telah ditentukan, yaitu 0, 10 dan 15 wt% kemudian dicampur dengan kordierit murni dan ditambahkan alkohol 70% lalu di-stirrer selama 4 jam. Larutan yang telah di-stirrer disaring kemudian dioven selama 2 jam pada suhu 100 °C. Paduan yang telah kering digerus dan disaring dengan ayakan 200 mesh agar diperoleh paduan kordierit-MgO yang homogen.

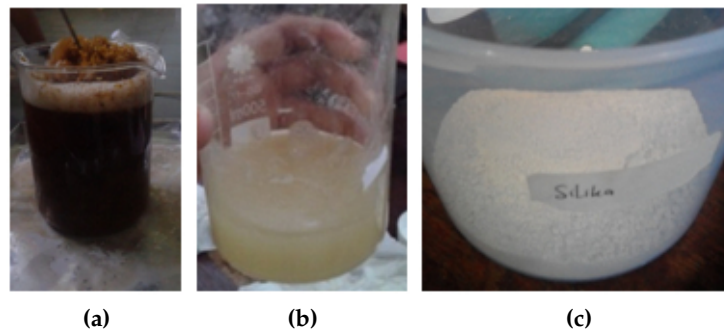
Paduan kordierit-MgO terlebih dahulu dibentuk menjadi pelet sebelum dilakukan sintering pada suhu 1250 °C selama 3 jam. Setelah itu dilakukan analisis mikrostruktur dengan SEM/EDS, konduktivitas listrik dengan LCR meter serta dilakukan uji fisis meliputi densitas, porositas dan penyusutan.

HASIL DAN DISKUSI

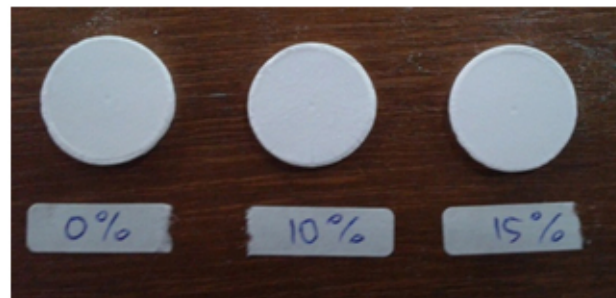
Analisis mikrostruktur

Sampel tanpa penambahan MgO (Gambar 3a) menunjukkan butiran kecil yang saling menyatu membentuk gumpalan dan butiran besar berbentuk batangan. Menurut Sijabat (2007) partikel berbentuk batangan tersebut merupakan partikel kordierit. Hal ini berarti pada sampel 0% MgO telah terjadi reaksi antara senyawa-senyawa penyusunnya membentuk fasa kordierit.

Sampel tanpa penambahan MgO menunjukkan sedikit pori. Pori-pori tersebut semakin banyak pada sampel dengan penambahan 10% MgO (Gambar 3b). Hal ini didukung oleh hasil pengukuran porositas



Gambar 1: Ekstraksi silika sekam padi.



Gambar 2: Paduan kordierit-MgO.

sampel, dimana sampel dengan penambahan 10% MgO memiliki porositas yang lebih tinggi (Gambar 5). Mikrostruktur sampel dengan penambahan 15% MgO (Gambar 3c) menunjukkan butiran-butiran kecil semakin tak terlihat, memiliki karakteristik yang lebih padat dengan partikel yang mengalami aglomerasi. Pori-pori menjadi lebih sedikit namun ukurannya menjadi lebih besar.

Konduktivitas Listrik

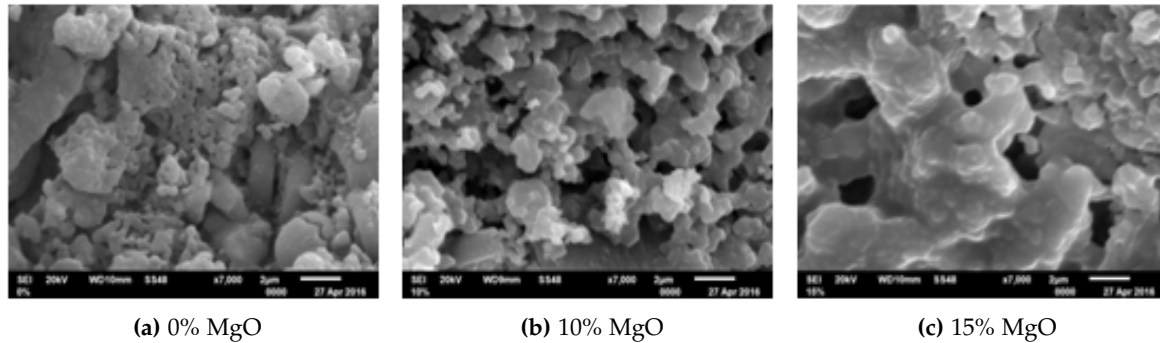
Pada frekuensi 0,1Hz - 1KHz, konduktivitas listrik mengalami penurunan untuk sampel dengan penambahan 10% MgO (Gambar 4). Penurunan konduktivitas listrik ini dipengaruhi oleh mikrostruktur sampel. Mikrostruktur sampel 10% MgO menunjukkan banyak pori sehingga mempunyai

nilai porositas yang tinggi. Bahan yang memiliki porositas yang tinggi cenderung memiliki nilai konduktivitas rendah. Hal ini dikarenakan pori-pori menyebabkan hambatan semakin besar sehingga elektron yang mengalir sedikit. Hal ini sesuai dengan penelitian [Nurhayati et al. \(2012\)](#).

Konduktivitas listrik sampel 15% MgO mengalami sedikit kenaikan. Peningkatan tersebut berkaitan dengan fasa yang terbentuk pada sampel. Peningkatan forsterit erat kaitannya dengan peningkatan sifat elektrik suatu bahan.

Selain fasa, ukuran butir juga mempengaruhi nilai konduktivitas listrik suatu bahan. Hal ini sesuai dengan penelitian [Nurhayati et al. \(2012\)](#), semakin besar ukuran butir maka konduktivitas listriknya akan semakin kecil.

Berdasarkan hasil pengukuran kuan-



Gambar 3: Mikrograf SEM sampel pada perbesaran 7.000 $\times$.

titatif, sampel MgO 10% memiliki ukuran butir rata-rata yang paling besar sehingga konduktivitas listriknya paling rendah di antara kedua sampel lainnya (Gambar 4). Sementara konduktivitas listrik sampel dengan penambahan 15% MgO mengalami peningkatan karena ukuran butir rata-ratanya mengalami penurunan.

Nilai konduktivitas listrik yang diperoleh pada penelitian berkisar antara $1,17 \times 10^{-8}$ S/cm - $1,85 \times 10^{-7}$ S/cm. Nilai tersebut merupakan nilai konduktivitas bahan insulator yang berkisar antara 10^{-7} - 10^{-16} S/cm. Penambahan 10 - 15% MgO menurunkan konduktivitas listrik kordierit yang berkisar antara $0,33 \times 10^{-6}$ - $0,14 \times 10^{-5}$ S/cm dan mengubah statusnya dari semi insulator menjadi insulator.

Densitas dan Porositas

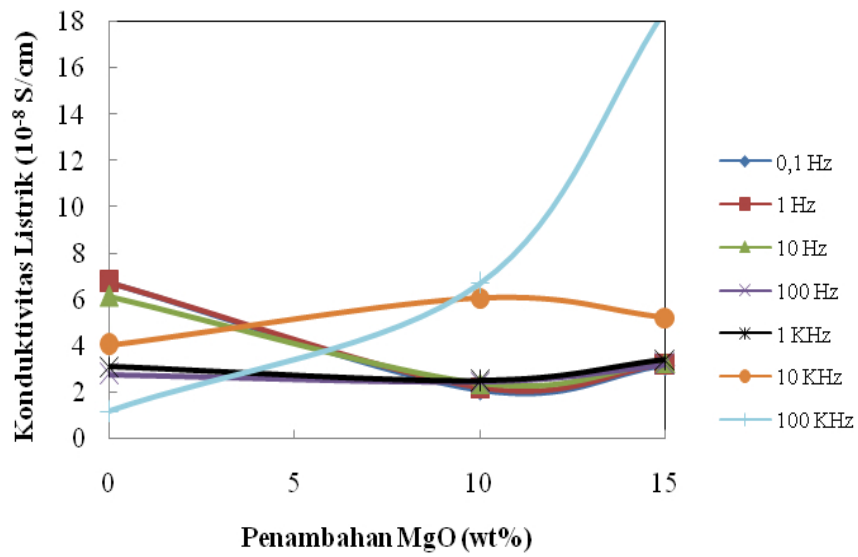
Densitas kordierit tanpa penambahan MgO pada penelitian ini adalah 1,69 gram/cm³. Nilai ini semakin menurun seiring dengan penambahan MgO sedangkan porositas semakin meningkat. Hasil analisis mikrostruktur pada penelitian ini menunjukkan hasil yang sama, dimana dengan penambahan MgO mikrostruktur terlihat lebih banyak pori dibandingkan dengan kordierit tanpa penambahan MgO.

Berdasarkan penelitian [Banjuraizah et al. \(2010\)](#), densitas yang semakin rendah disebabkan pada saat proses sintering terjadi pembentukan lebih dari satu fase kristal dan menyebabkan proses kinetik aliran viskositas menjadi lambat dan diperlukan banyak energi.

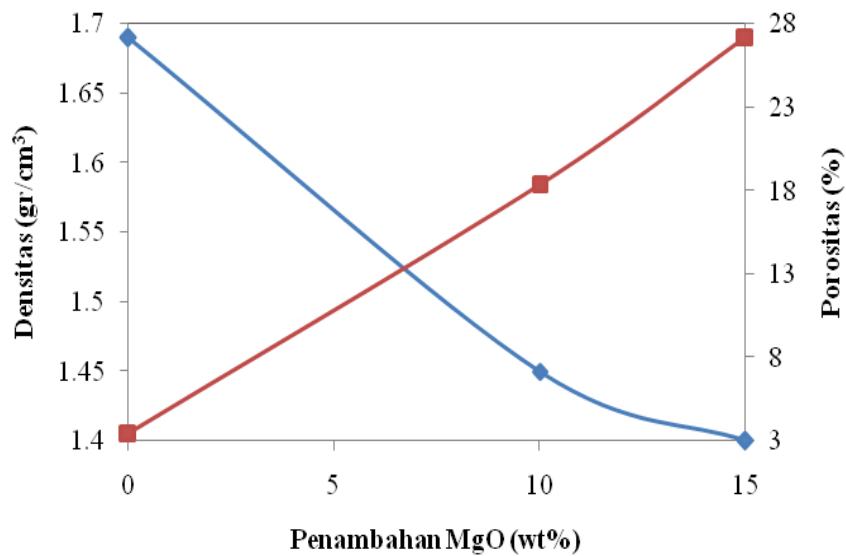
Penyusutan

Penyusutan ditandai dengan berkurangnya dimensi, volume dan massa suatu bahan yang telah diberi perlakuan sintering. Penyusutan sampel kordierit semakin menurun.

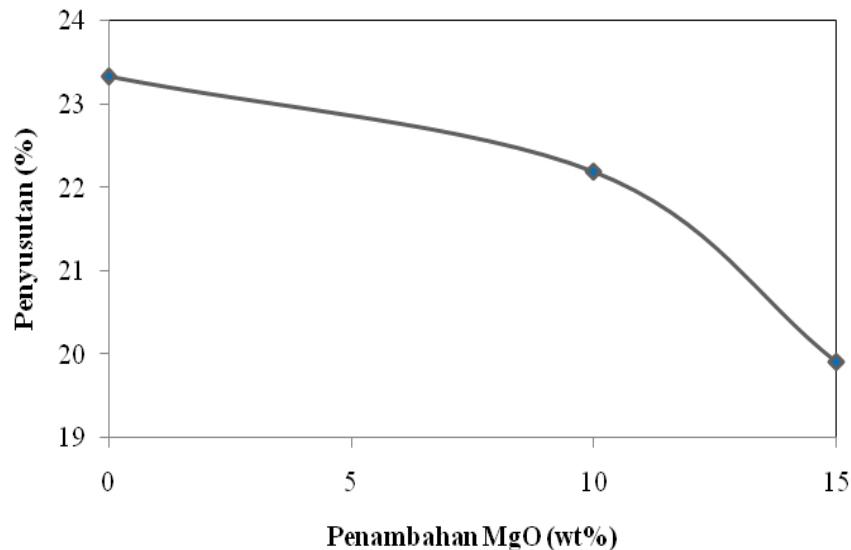
Kordierit tanpa penambahan magnesium oksida mengalami penyusutan sebesar 23,34%. Sementara untuk kordierit dengan penambahan 10 dan 15% MgO mengalami penyusutan sebesar 22,20% dan 19,92%. Menurunnya nilai penyusutan suatu bahan berpengaruh pada nilai densitas dan porositasnya, yaitu densitas akan menurun dan porositas akan meningkat. Hal ini sesuai dengan hasil pengujian densitas dan porositas pada penelitian ini.



Gambar 4: Konduktivitas listrik sampel kordierit dengan penambahan MgO pada frekuensi 0,1 Hz - 100 KHz.



Gambar 5: Densitas dan porositas kordierit.



Gambar 6: Penyusutan sampel kordierit.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa mikrostruktur kordierit dengan penambahan MgO menyebabkan pori-pori semakin banyak dan adanya aglomerasi. Nilai konduktivitas listrik menurun pada penambahan 10% MgO dan meningkat sedikit pada 15% MgO. Begitupula dengan nilai densitas dan penyusutan menurun, sedangkan nilai porositas meningkat seiring dengan penambahan MgO.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pihak Laboratorium Fisika Material dan rekan-rekan penelitian kordierit.

REFERENSI

Alwiyah, Siswanto, & N. T. Rochman. 2014. Pengaruh Variasi Magnesium Oxide (MgO) terhadap Karakteristik Semen

Gigi Modifikasi Nano Zinc Oxide Eugenol (ZOE). *Jurnal Fisika dan Terapannya*. Vol. 2. No. 1. pp 1-3.

Banjuraizah J., H. Mohamad, & A. Z. Ahmad. 2010. Thermal Expansion Coefficient and Dielectric Properties of Non-Stoichiometric Cordierite Compositions with Excess MgO Mole Ratio Synthesized from Mainly Kaolin and Talc by the Glass Crystallization Method. *Journal of Alloy and Compounds*. Vol. 494. No. 1. pp 256-260.

Buchanan R. C. 2004. *Ceramic Materials for Electronics, third edition*. University of Cincinnati. USA.

Nurhayati S., D. G. Syarif, & A. Setiawan. 2012. Pengaruh Suhu Sinter terhadap Karakteristik Keramik Calsia Stabilized Zirconia dengan Penambahan Natrium Karbonat Untuk Elektrolit Padat. *Jurnal Sains Indonesia*. Vol. 14. No. 3. pp 99-102.

Sembiring S., & P. Manurung. 2009. Syn-

thesis and Characterization of Cordierite ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) Ceramic Based on Rice Husk Silica. *Prosiding SN SMAP 09*. pp 417-423.

Sijabat K. 2007. Pembuatan Keramik Paduan Cordierite - Alumina (Al_2O_3) sebagai Bahan Refraktori dan Karakterisasinya. *Tesis*. Sekolah Pascasarjana Universitas Sumatera Utara.