

Karakteristik Termal (DTA/TGA) dan Konduktivitas Termal Kordierit ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi Akibat Penambahan MgO (0, 10, 15% berat)

ANNISA RIZKA AMALIA^{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: annisarzkaa@yahoo.com

ABSTRACT

Synthesis and characterization of cordierite-based rice husk silica has been conducted by MgO 0, 10, and 15wt%. Preparation of cordierite used MgO, Al_2O_3 , and silica rice husk. Silica was extracted by alkalis method using 1.5 NaOH solution and 10% HNO_3 . The samples were sintered at temperature of 1250°C . The characteristics of thermal were analysed by DTA/TGA and thermal conductivity were analysed by ASTM E1530, while physics characterization were analysed by density and porosity. DTA/TGA result showed that the crystallization process of cordierite through spinel bonding. The thermal conductivity values obtained were between 2.9089 - 3.1647 (W/mK). Based on the result, it can be concluded that the addition of MgO on cordierite increased thermal conductivity and porosity as well as reduced density.

Keywords: Cordierite, magnesium oxide, rice husk silica, solid state method

PENDAHULUAN

Kordierit merupakan keramik dengan material pembentuknya adalah SiO_2 , Al_2O_3 , dan MgO, dengan rumus molekul $\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$ atau $2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$ (Kingery *et al.*, 1976). Kordierit memiliki jumlah yang tidak melimpah di alam, hanya ditemukan pada batuan yang telah mengalami metamorfosis seperti batuan lumpur, batuan vulkanik, dan batuan beku (Carey & Novrotsky, 1992) sehingga perlu dilakukan sintesis kordierit. Metode yang digunakan dalam mensintesis kordierit antara lain metode padatan (*solid state*), peleburan (*melting*) dan sol-gel. Dalam penelitian ini, digunakan metode padatan untuk mensintesis kordierit.

Kordierit dapat digunakan dalam berbagai aplikasi, salah satunya, yaitu sebagai bahan refraktori tinggi. Kordierit memiliki ekspansi termal yang rendah $1,8 \times 10^{-6}/^\circ\text{C}$, sehingga memiliki thermal shock yang sangat baik dan memiliki konduktivitas termal yang cukup stabil pada suhu kamar 18 W/mK. Namun, kordierit memiliki ketahanan terhadap suhu tinggi yang masih cukup rendah, yaitu sekitar 1460°C , jika diaplikasikan sebagai bahan dengan ketahanan panas yang baik seperti isolator (Quakertown, 2007).

Magnesium oksida (MgO) ditambahkan sebagai bahan paduan kordierit. MgO memiliki titik leleh yang tinggi, yaitu berkisar sekitar 2800°C sehingga MgO sta-

*Penulias korespondensi

bil pada temperatur tinggi, memiliki konduktivitas panas yang cukup baik, yaitu 42 W/mK (Charles, 2001). MgO ditambahkan pada bahan kordierit dengan harapan diperoleh sifat yang lebih baik pada kordierit, seperti lebih tahan terhadap suhu tinggi dan konduktivitas panas yang lebih baik.

Bahan utama yang digunakan dalam mensintesis kordierit antara lain MgO, alumina (Al_2O_3), dan silika (SiO_2). Silika yang digunakan adalah silika hasil ekstraksi sekam padi. Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik termal, konduktivitas termal, dan sifat fisis kordierit akibat penambahan MgO (0, 10, 15% berat).

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Fisika Material, Laboratorium Kimia Instrumentasi FMIPA Universitas Lampung, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI) Tanjung Bintang, karakterisasi sampel dilakukan di BATAN (Badan Tenaga Nuklir) dan ITS (Institut Teknologi Surabaya). Dalam penelitian ini digunakan sekam padi yang diekstrak untuk mendapatkan silika sebagai bahan dasar dalam mensintesis kordierit dengan bahan kimia yang digunakan meliputi larutan NaOH 1,5%, HNO_3 10%, MgO, Al_2O_3 Sigma-Aldrich, aquades, alkohol, indikator pH. Peralatan yang digunakan adalah furnace, neraca digital, alat pengukur konduktivitas termal ASTM E1530 dan *Differential Thermal Analysis/ Thermogravimetric Analysis* (DTA/TGA), serta alat pendukung lain seperti gelas ukur, gelas beaker, labu ukur, labu elemeyer, corong kaca, tabung reaksi, pipet tetes, kertas saring, cawan petri, spatula, kompor listrik, aluminium foil, kertas tissue, oven, magnetic stirrer, pengayak/saringan 63 μm , alat press hidrolik

merk Graseby Specac.

Untuk mendapatkan silika sebagai bahan baku kordierit, sekam padi diekstrak dengan menggunakan NaOH 1,5% dan larutan HNO_3 10%. Silika sol hasil ekstraksi ditetesi larutan HNO_3 dan diaduk menggunakan magnetic stirrer, hingga sol berubah menjadi gel. Selanjutnya dilakukan pengeringan pada suhu 110 °C selama 5 jam untuk mendapatkan gel dalam bentuk serbuk dan digerus. Kemudian, mencampurkan bahan dasar MgO, Al_2O_3 , dan silika dengan perbandingan molar 2 : 2 : 5. Ketiga bahan tersebut dicampur dan digerus dengan ukuran butir 63 μm . Selanjutnya, MgO ditambahkan pada campuran bahan tersebut sebanyak 0, 10, dan 15% berat (C_0 , C_{10} dan C_{15}) dengan filtrat alkohol dan diaduk menggunakan magnetic stirrer selama 4 jam. Selanjutnya dilakukan pengeringan pada suhu 70 °C selama 2,5 jam, kemudian digerus dan disaring kembali.

HASIL DAN DISKUSI

Hasil Analisis Termal (DTA/TGA)

Hasil analisis TGA disajikan dalam Gambar 1 dan analisis DTA disajikan pada Gambar 2 yang mengindikasikan terjadinya pelepasan kalor dan penyerapan kalor akibat penambahan persentase MgO sampel kordierit. Perlakuan termal (DTA/TGA) pada sampel kordierit dengan penambahan MgO mengakibatkan terjadinya pelepasan kalor dan penyerapan kalor. Pada rentang temperatur 50-400 °C, pada sampel C_0 terjadi pengurangan massa 0,8 mg, ditandai dengan adanya puncak endotermal pada 372 °C. Pada sampel C_{10} terjadi pengurangan massa 0,8 mg, ditandai dengan adanya puncak endotermal pada 373 °C. Pada sampel C_{15} terjadi pengurangan massa 0,6 mg, ditandai de-

ngan adanya puncak endotermal pada 371 °C. Pengurangan massa yang terjadi dikarenakan pada rentang suhu ini terjadi proses evaporasi. Hal ini sesuai dengan penelitian [Naskar & Catterjee \(2004\)](#), bahwa molekul air dan senyawa-senyawa volatil yang mudah menguap, yaitu ikatan karbon (C-O) dalam sampel masih cukup besar sehingga penguapan air dan senyawa volatil dalam sampel cukup tinggi. Selain itu pengurangan massa yang terjadi mengindikasikan terjadinya dekomposisi ion Si-O-Si.

Pada rentang temperatur 400-750 °C, untuk sampel C₀ dan C₁₅ terdapat puncak endotermal pada 680 °C dan 468 °C. Puncak endotermal yang terjadi berasal dari dehidroksilasi, pembentukan amonia dan CO₂. Proses eksotermal untuk sampel C₀, terbentuk pada 509 °C, terjadi kenaikan massa 0,06 mg, untuk sampel C₁₀ terjadi kenaikan massa 0,07 mg, untuk sampel C₁₅ terjadi kenaikan massa sebesar 0,07 mg. Pada tahap ini tidak terjadi pengurangan massa melainkan kenaikan massa. Hal itu disebabkan terjadinya pembentukan lapisan-lapisan oksida. Lapisan oksida yang terbentuk dapat menghambat proses difusi antar partikel dan meningkatkan temperatur. Pada rentang suhu 400 °C, oksida logam muncul berupa fasa MgO dan pada rentang suhu 500 °C, muncul fasa oksida logam berupa corundum (Al₂O₃) sampai pada suhu 550 °C. Pada rentang temperatur 750-1.000 °C, untuk sampel C₁₀ terdapat puncak eksotermal pada 925 °C. Pada rentang ini tidak disertai dengan pengurangan massa, hal itu menunjukkan bahwa struktur bersifat metastabil. Proses eksotermal menandakan penurunan entalpi sampel yang mengindikasikan perubahan ke struktur yang lebih stabil. Pada suhu 1.000 °C senyawa spinel terbentuk.

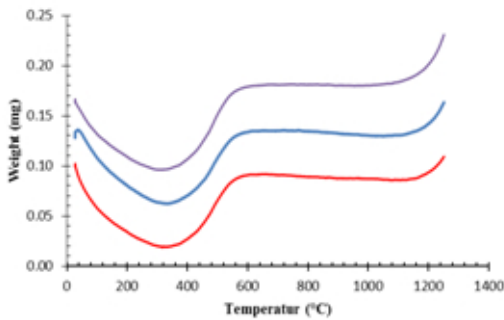
Pada rentang temperatur 1.000-1.250

°C, untuk sampel C₀, C₁₀ dan C₁₅ terdapat puncak endotermal pada 1.193 °C, 1.206 °C dan 1.202 °C. Puncak eksotermal untuk C₀ terjadi pada 1.232 °C, terjadi kenaikan massa 0,02 mg. Untuk C₁₀ terdapat puncak eksotermal pada 1.226 °C, terjadi kenaikan 0,03 mg. Untuk C₁₅ terdapat puncak eksotermal pada 1.227 °C, terjadi kenaikan massa 0,05 mg. Pada rentang suhu tersebut, tidak terjadi pengurangan massa melainkan terjadi kenaikan massa. Hal ini mengindikasikan pada sampel terjadi proses kristalisasi. Puncak eksotermal menunjukkan terjadinya proses kristalisasi kordierit terbentuk. Sampai pemanasan 1200 °C silika amorf bereaksi dengan MgO, sehingga forsterite muncul sebagai fasa tunggal.

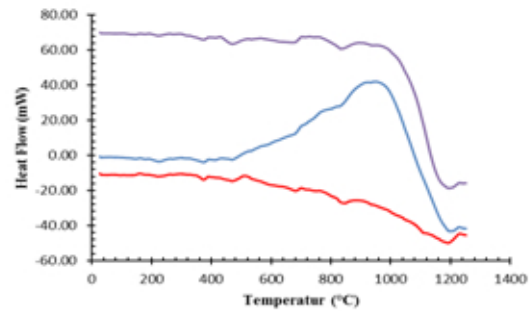
Analisis Densitas dan Porositas

Berdasarkan Gambar 3, dapat dianalisis bahwa seiring dengan penambahan persentase MgO maka nilai densitas semakin menurun. Struktur fasa cordierite tanpa penambahan MgO diantaranya, yaitu kordierit dan spinel. Nilai densitas dari sampel tanpa penambahan MgO sesuai dengan nilai densitas dari struktur yang dihasilkan. Struktur fasa kordierit dengan penambahan MgO 10 dan 15% adalah spinel dan forsterit. Hal ini sesuai dengan penelitian [Banjuraizah et al. \(2010\)](#), bahwa pembentukan fasa forsterite telah menghambat densifikasi.

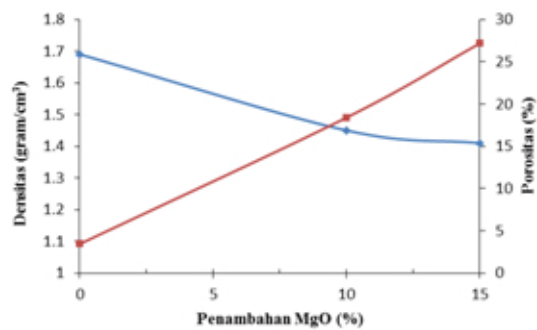
Nilai porositas yang dihasilkan dari sampel semakin tinggi seiring dengan penambahan MgO. Nilai densitas yang semakin menurun dan porositas yang semakin meningkat disebabkan karena sampel kordierit memiliki kekerasan (*hardness*) yang semakin menurun seiring dengan bertambahnya persentase MgO. Seiring dengan penambahan MgO, sampel memiliki karakteristik yang lebih padat dan pori-pori menjadi lebih



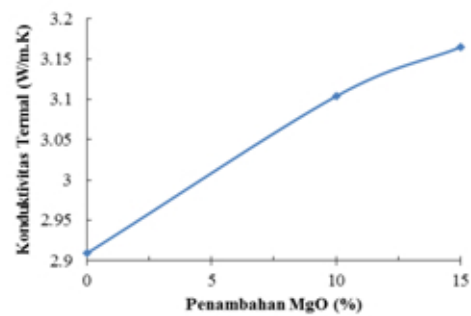
Gambar 1: Analisis termal DTA keramik kordierit paduan MgO (a) 0%, (b) 10% dan (c) 15%.



Gambar 2: Grafik perbedaan TGA pada cordirite dengan penambahan MgO (a) 0% (b) 10% dan (c) 15%.



Gambar 3: Pengaruh penambahan MgO terhadap (a) densitas dan (b) porositas sampel kordierit.



Gambar 4: Pengaruh penambahan MgO terhadap konduktivitas termal.

sedikit namun ukurannya menjadi lebih besar, partikel-partikel semakin merenggang, sehingga ikatan butiran satu dengan yang lainnya menjadi kurang kuat.

Analisis Konduktivitas Termal

Nilai konduktivitas termal suatu bahan dipengaruhi oleh tingkatan nilai suatu benda yang menunjukkan laju perpindahan energi benda tersebut, selain itu dipengaruhi oleh struktur morfologi atau komposisi dari sampel tersebut. Hasil uji menunjukkan, sampel kordierit mengalami kenaikan konduktivitas termal seiring dengan kenaikan persentase MgO. Kordierit memiliki konduktivitas termal lebih rendah dari MgO, yaitu 1,3 - 1,7 W/mK, sementara MgO memiliki konduktivitas termal yang tinggi, yaitu 42 W/mK.

Sampel tanpa penambahan MgO memiliki konduktivitas minimum, yaitu sebesar 2,9089 W/mK, di mana struktur yang terjadi adalah kordierit dan spinel. Spinel memiliki konduktivitas termal sebesar 7,6 - 15 W/mK. Sampel dengan penambahan MgO 10% memiliki nilai konduktivitas sebesar 3,1037 W/mK, di mana struktur yang terbentuk adalah spinel dan forsterite. Forsterite memiliki konduktivitas termal sebesar 2,1 - 4,2 W/mK. Sampel dengan penambahan MgO sebesar 15% memiliki nilai konduktivitas sebesar 3,1647 W/mK, di mana struktur yang terbentuk adalah spinel dan forsterite. Hal ini sesuai dengan penelitian [Tang et al. \(2012\)](#), bahwa konduktivitas termal meningkat dengan penambahan MgO.

Konduktivitas termal bahan juga dipengaruhi oleh komposisi bahan tersebut. Pada sampel C₀, lebih mudah menyerap panas dikarenakan terdapat kandungan senyawa volatil seperti Na dan C-O. Artinya

semakin banyak zat pengotor yang terkandung pada sampel maka nilai konduktivitas termal semakin rendah.

KESIMPULAN

Hasil analisis DTA menunjukkan puncak endotermal sampel C₀, C₁₀, dan C₁₅ pada rentang temperatur 50 - 400 °C lebih mudah menyerap panas dikarenakan masih terdapat sisa-sisa air dan senyawa volatil. Puncak endotermal dan eksotermal yang terjadi tidak terlalu besar dikarenakan sampel hampir dalam kondisi stabil, begitupun penurunan persentase berat sampel pada analisis TGA. Hasil analisis DTA pada sampel C₀, C₁₀, dan C₁₅ dengan puncak eksotermal 1.232 °C, 1.226 °C, dan 1.227 °C menunjukkan terjadinya proses kristalisasi kordierit melalui ikatan MgAl₂O₄ spinel. Penambahan MgO menyebabkan penurunan densitas dan peningkatan porositas pada kordierit. Nilai konduktivitas termal pada kordierit meningkat seiring dengan penambahan MgO dengan nilai tertinggi pada sampel C₁₅, yaitu 3,1647 W/mK.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada dosen pembimbing penelitian, kepala laboratorium fisika material, laboratorium kimia instrumentasi FMIPA Universitas Lampung, Lembaga Ilmu Pengetahuan Alam (LIPI) Tanjung Bintang, Badan Tenaga Nuklir (BATAN), dan Institut Teknologi Sepuluh November (ITS) Surabaya.

REFERENSI

Banjuraizah J., M. Hasmaliza & A. A. Zainal. 2010. Densification and Crystallization of Nonstoichiometric Cordierite Glass with

- Excess MgO Synthesized from Kaolin and Talc. *Journal American Ceramic Society*. Vol. 94. pp 687-694.
- Kingery W.D., H. K. Bowen, & D. R. Uhlmann. 1976. *Introduction to Ceramics*. John Wiley and Sons. Singapore.
- Carey J. W. & A. Novrotsky. 1992. The Molar Enthalpy of Dehydration of Cordierite. *American Mineralogist*. Vol. 77. pp 930-936.
- Charles A.H. 2001. *Handbook of Ceramic Glasses and Diamonds*. Mc Graw Hills Company Inc. USA.
- Naskar M.K. & M. Chatterjee. 2004. A Novel Procces for Shyntesis of Cordierite ($\text{Mg}_2\text{Al}_4\text{Si}_5\text{O}_{18}$) Powder from Rice Husk Ash and Other Sources of Silica and Their Comparative Study. *Journal of European Ceramics Society*. Vol. 24. pp 3499-3508.
- Quakertown. 2007. *High Precision Machining of Hard Materials*. Cordierite Information-Profided by Insaco. USA.
- Tang L., C. Xi, L. Ping, & Y. Fang. 2012. Ef-fect of MgO/CuO on the Microstructure and Thermal. *Journal Engineering Materials*. Vol. 509. pp 240-244.