

Pengaruh Penambahan Alumina (Al_2O_3) 0, 10, dan 15% (b/b) terhadap Karakteristik Kekerasan dan Struktur *Cordierite* ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi

Nur Faizah, Simon Sembiring, dan Rudy T.M Situmeang

Jurusan Fisika FMIPA Universitas Lampung
Jl. Sumantri Brojonegoro No. 1 Bandar Lampung
Email: nurr.2193@gmail.com

Diterima (15 Juni 2016), direvisi (21 Juni 2016)

Abstract. This study was carried out to investigate the effect of alumina on hardness characteristics, and structure 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 increased hardness, reduced density, and increased porosity. X-Ray Diffraction (XRD) showed existence of obtained structure is cristobalite, corundum, cordierite, spinel, and periclase. Along the increasing of alumina, hence increases also mass fraction corundum structure on sample.

Keywords: Alumina, cordierite, hardness, rice husk, and X-Ray Diffraction.

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan alumina terhadap karakteristik kekerasan, dan struktur *cordierite*. Silika diperoleh dari sekam padi melalui metode sol-gel, sedangkan alumina dan magnesium oksida berasal dari Sigma-Aldrich. *Cordierite* disintesis melalui metode padatan dengan temperatur sintering 1200°C . Hasil pengukuran menunjukkan bahwa penambahan alumina meningkatkan nilai kekerasan, mengurangi densitas, dan meningkatkan porositas. Karakterisasi dengan X-Ray Diffraction (XRD) menunjukkan adanya struktur yang diperoleh, yaitu kristobalit, *corundum*, *cordierite*, spinel, dan *periclase*. Seiring meningkatnya komposisi alumina pada sampel, maka semakin meningkat pula nilai fraksi massa struktur *corundum* di dalam sampel.

Kata kunci: Alumina, *cordierite*, kekerasan, sekam padi, struktur, dan X-Ray Diffraction.

PENDAHULUAN

Keramik *cordierite* memiliki sifat yang tahan pada temperatur tinggi, tahan korosi terhadap bahan kimia, memiliki kekerasan yang tinggi sehingga tahan abrasi, bersifat isolator listrik, resistivitas tinggi ($\rho > 10^{12} \Omega\text{cm}$), stabilitas kimia (Zhu dan Wang, 2007).

Pada sintesis *cordierite* dengan penambahan alumina akan menghasilkan material paduan yang memiliki termal ekspansi yang rendah, mempertinggi ketahanan terhadap kekuatan mekanik, penyusutan akan menurun, dan densitas akan meningkat (Ye li, 2014). Pada temperatur 1200°C menyebabkan terjadinya kristalisasi *cordierite hexagonal* dikarenakan menggunakan temperatur yang tinggi, maka keramik *cordierite* yang

Nur Faizah dkk: Pengaruh Penambahan Alumina (Al_2O_3) 0, 10, dan 15 % (b/b) terhadap Karakteristik Kekerasan dan Struktur *Cordierite* ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi

dipadukan dengan alumina memiliki porositas yang tinggi, penurunan *modulus rupture* (MOR), menurunkan nilai densitas, serta nilai kekerasan, dan kuat tekan yang besar (Salwa et al, 2007).

Silika sekam padi diketahui memiliki stabilitas termal yang tinggi, dan bersifat *amorf* sehingga memiliki reaktivitas yang lebih tinggi dibandingkan silika kristal (Kurama dan Kurama, 2006). Berdasarkan uraian diatas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan alumina (Al_2O_3) 0, 10, dan 15%(b/b) terhadap karakteristik keramik *cordierite*. Karakteristik struktur dilakukan dengan menggunakan *X-Ray Diffraction* (XRD), dan analisis kekerasan dengan menggunakan metode *Vickers Hardness*.

METODE PENELITIAN

Sekam padi yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari tempat penggilingan padi di Way Kandis, Bandar Lampung, 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 dan Karo-Karo, 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 μm . Diperoleh bubuk *cordierite* berwarna putih.

Pembuatan sampel *cordierite* dengan penambahan alumina 0, 10, dan 15%(b/b) (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

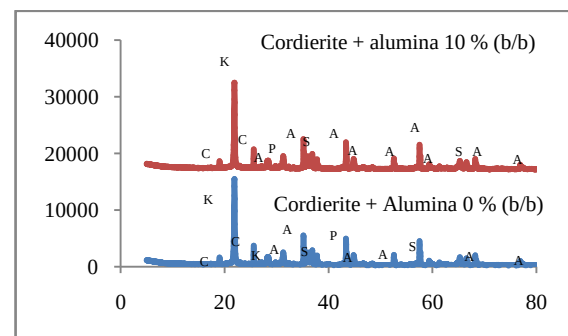
3 jam kemudian digerus dan diayak dengan ukuran lubang 63 μm . Bubuk paduan *cordierite*-alumina dicetak dalam bentuk pelet menggunakan alat *press* dengan tekanan 50 ton. Pelet kemudian disintering pada suhu 1200°C dengan waktu tahan 3 jam. Selanjutnya dilakukan pengukuran terhadap karakterisasi XRD pada sampel dan kekerasan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi XRD

Analisis Kualitatif dengan PCPDFWIN

Gambar 1 menunjukkan bahwa tiap sampel C_0 dan C_{10} diperoleh fasa yang paling dominan, yaitu $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$ (*corundum*). Terbentuknya fasa *corundum* diakibatkan interaksi aluminium dengan oksigen, dimana aluminium berasal dari bahan dasar sintesis *cordierite* menggunakan metode reaksi padatan.



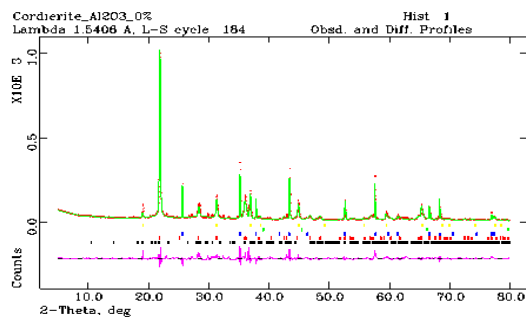
Gambar 1. Grafik pola difraksi sinar-X sampel dengan K: Kristobalit (SiO_2) PDF 391425, A: α Alumina (Al_2O_3) (*corundum*) PDF 461212, C: *Cordierite* ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) PDF 130293, Spinel (MgAl_2O_4) PDF 211152, dan P: *Periclase* (MgO) PDF 450946

Fasa kristobalit terbentuk dari sekam padi yang mengindikasikan bahwa silika dari sekam padi belum seluruhnya bereaksi dengan bahan lain untuk membentuk *cordierite*.

Indikasi sampel menunjukkan kehadiran fasa *cordierite*. Ini terjadi akibat hidrolisis larutan antara magnesium oksida dengan aluminium oksida yang disintesis dengan silika dari bahan sekam padi hasil ekstraksi melalui metode *sol gel*. Terbentuknya fasa spinel menunjukkan bahwa terjadi interaksi atom-atom silika, aluminium, dan magnesium. Fasa terakhir yang terdapat pada sampel yaitu *periclase*. Adanya fasa *periclase* mengindikasikan bahwa pembentukan ikatan gugus fungsi antara Mg-O.

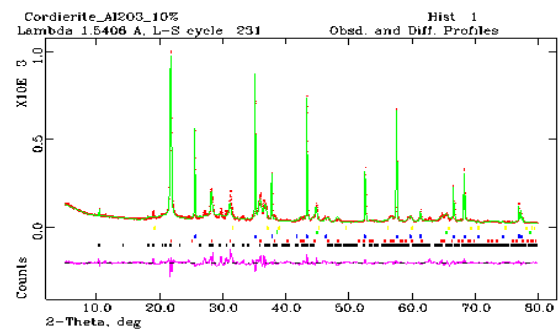
Berdasarkan analisis yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa seiring meningkatnya komposisi alumina dalam sampel, maka kehadiran fasa *corundum* semakin merata. Oleh karena itu, keberadaan fasa *corundum* lebih stabil.

Analisis Kuantitatif dengan GSAS (General Structure Analysis System)



Gambar 2. Plot keluaran hasil penghalusan sampel C_0 dengan panjang gelombang = $1,541874 \text{ \AA}$ (Garis hijau: data eksperimen, garis merah: data kalkulasi, garis ungu: fasa-fasa kristalin, dan garis putus-putus: selisih antara data eksperimen dengan data kalkulasi).

Pada penelitian ini, analisis kuantitatif dilakukan dengan metode *rietveld* melalui software GSAS (General Structure Analysis System). Hasil penghalusan dapat dilihat pada **Gambar 2** dan **3**.



Gambar 3. Plot keluaran hasil penghalusan pola difraksi sinar-x sampel C_{10} dengan panjang gelombang = $1,541874 \text{ \AA}$ (Garis hijau: data eksperimen, garis merah: data kalkulasi, garis ungu: fasa-fasa kristalin, dan garis putus-putus: selisih antara data eksperimen dengan data kalkulasi).

Berdasarkan hasil penghalusan diperoleh lima fasa, yaitu *kristobalit*, *corundum*, *cordierite*, *spinel*, dan *periclase*. Setiap komposisi sampel *cordierite* dengan penambahan alumina memiliki nilai fraksi massa yang berbeda-beda dalam masing-masing fasa.

Tabel 1 menunjukkan bahwa seiring meningkatnya komposisi alumina pada sampel, maka semakin meningkat pula nilai fraksi massa struktur fasa *corundum*. Hal ini disebabkan fasa *corundum* telah mencapai tahap kestabilan.

Tabel 1. Parameter Struktur Hasil Penghalusan sampel C_0 dan C_{10}

Sampel	d_1 (mm)	d_2 (mm)	d_{rt} (mm)	d_{rt}^2 (mm ²)	Nilai HVN (kgf/mm ²)
C_0	4,52	4,52	0,113	0,012769	50,02641
C_{10}	3,96	3,96	0,099	0,009801	58,71377

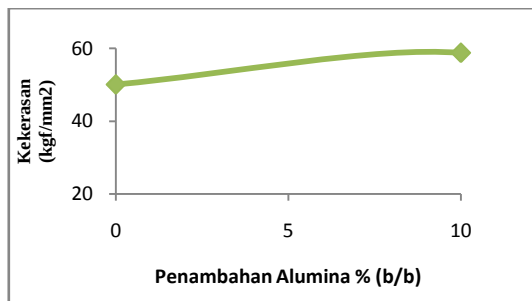
Tabel 2. Data perhitungan hasil penghalusan dengan metode *rietveld* pada sampel C_0 dan C_{10}

Sampel	R_p	R_{wp}	R_{exp}	χ^2
C_0	10,07	13,77	13,32	1,069
C_{10}	8,20	11,32	10,89	1,079

Dari hasil penghalusan yang telah dilakukan terhadap semua sampel diperoleh, bahwa data keluaran yang menunjukkan tingkat kesesuaian antara data eksperimen dengan data perhitungan (*profile figures of merit*) yang dinyatakan dengan R_{exp} (%), R_{wp} (%), dan (χ^2) GOFTabel 2. Hasil penghalusan (χ^2) yang diperoleh dari penelitian ini bernilai 1,069, dan 1,079. Hasil tersebut menunjukkan bahwa tingkat kesesuaian yang relatif signifikan dengan nilai *godness of fitting* atau $\chi^2 \leq 4$ (Kisi, 1994).

Hasil Pengukuran Kekerasan

Gambar 4 menunjukkan bahwa dengan kondisi C_0 diperoleh nilai kekerasan sebesar $50,027 \text{ kgf/mm}^2$, terjadi peningkatan nilai kekerasan sebesar $58,714 \text{ kgf/mm}^2$ pada sampel C_{10} . Peningkatan nilai kekerasan ini disebabkan dari keberadaan fasa *corundum*. Keberadaan fasa *corundum* merupakan fasa terbesar dalam peningkatan nilai kekerasan.



Gambar 4. Perubahan nilai *hardness cordierite* terhadap penambahan Alumina

Tabel 3. Hasil pengukuran nilai kekerasan

Fasa	Fraksi Massa C_0	Fraksi Massa C_{10}	Sistem kristal
Kristobalit	46,93	32,34	Tetragonal
Corundum	39,86	59,23	Hexagonal
Cordierite	0,03	0,82	Ortorombik
Spinel	8,65	5,48	Kubik
Periclase	4,53	2,13	Kubik

Fasacorundum memiliki ikatan antara aluminium dengan oksigen yang kuat, maka membuat kristal lebih keras dan kuat. Selain itu peningkatan nilai kekerasan dipengaruhi oleh nilai dari konduktivitas termal sampel. Konduktivitas termal pada sampel C_{10} diperoleh nilai paling tinggi sebesar $12,97 \text{ W/mK}$ (Tamalia, 2016). Hal ini disebabkan, zat pengotor yang terkandung pada sampel C_{10} hanya unsur C. Lain halnya dengan sampel C_0 zat pengotor yang terkandung ada unsur C, Au dan F. Sedangkan pada sampel C_{15} zat pengotornya paling tinggi yaitu C, Ca, K dan Na (Oktivianty, 2016). Artinya semakin banyak zat pengotor yang terkandung pada sampel maka nilai konduktivitas termal semakin rendah. Sehingga seiring meningkatnya nilai dari konduktivitas termal, maka nilai kekerasan pun akan meningkat.

Pada penelitian ini, menunjukkan bahwa keramik *cordierite* yang dipadukan dengan alumina memiliki keterkaitan antara kekerasan dengan konduktivitas termal sampel. Dimana seiring meningkatnya kekerasan suatu sampel, maka konduktivitas termal akan meningkat pula. Semakin meningkat kekerasan dan konduktivitas termal sampel, maka zat pengotor yang terkandung hanya terdapat satu unsur saja.

KESIMPULAN

Secara umum penambahan alumina 0, dan 10% (b/b) pada *cordierite* mengalami peningkatan nilai intensitas puncak difraksi sinar-X, sehingga meningkatkan nilai dari kekerasan sampel. Selain itu, sampel memiliki keterkaitan antara kekerasan dengan konduktivitas termal. Dimana seiring meningkatnya kekerasan suatu sampel, maka konduktivitas termal akan meningkat pula. Semakin meningkat kekerasan dan konduktivitas termal, maka zat pengotor yang terkandung hanya terdapat satu saja.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Laboratorium Fisika Material Universitas Lampung, Kepala Laboratorium Kimia Organik Universitas Lampung, Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Analitik Universitas Lampung, Kepala Laboratorium Balai Besar Pasca Panen Bogor, dan Kepala Laboratorium Magnet dan Bahan struktur reaktor Badan Tenaga Nuklir Nasional (BATAN) Serpong.

DAFTAR PUSTAKA

- Charles, A.H. 2001. *Handbook of Ceramic glasses, and Diamonds*. Mc Graw Hills Company Inc. USA.
- Kisi, E.H. 1994. *Rietveld Analysis of Power Diffraction Pattern*. Material Forum. Vol.18, PP. 135-153.
- Kurama, H. dan Kurama, S. 2006. The Reaction Kinetics of Rice Husk Based Cordierite Ceramics. *Ceramic International*. Vol.34, PP. 269-272.
- Oktavianty, S. 2016. Pengaruh Penambahan Alumina 0, 10, dan 15 wt% Terhadap Karakteristik Konduktivitas Listrik dan Mikrostruktur Keramik Cordierite ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi. *Skripsi*. FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- PCPDFWIN, *Powder Diffraction Files*, 2011.
- Rietveld, H.M. 1969. A profil Refinement Method for Nuclear and Magnetic Structure. *Journal Applied Crystal*. Vol. 1, PP. 65-71.
- Salwa, A.M., Hameed, A. dan Bakr, I.M., 2007. Effect of Alumina on Ceramic Properties of Cordierite Glass-Ceramic from Basalt Rock. *Journal of the European Ceramic Society*. Vol.27, PP. 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. Vol. 18, PP. 21-25
- Tamalia, N. 2016. Pengaruh Penambahan Alumina 0, 10, dan 15 wt% Terhadap Karakteristik Termal DTA-TGA dan Konduktivitas Termal Bahan Keramik Cordierite ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi. *Skripsi*. FMIPA Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Ye Li, Haoran Qian, Xudong Chen, Ruifang Zhang, and Heping Zhang. 2014. Fabrication of Dense Cordierite Ceramic Through Reducing Al_2O_3 Mole Ratio. *Materials Letter*. Vol. 21, PP. 262-264.
- Zhu, S., and Wang R. 2007. Preparation and characterization of SiC/ Cordierite composite porous ceramics. *Journal ceramics International*. Vol.33, PP.115-116.

Nur Faizah dkk: Pengaruh Penambahan Alumina (Al_2O_3) 0, 10, dan 15 % (b/b) terhadap Karakteristik Kekerasan dan Struktur *Cordierite* ($2\text{MgO} \cdot 2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{SiO}_2$) Berbasis Silika Sekam Padi