

## PERBANDINGAN ANTARA HASIL SIMULASI DAN EKSPERIMEN NILAI DENSITAS KERAMIK ALUMINA ( $Al_2O_3$ ) TERHADAP SUHU

Marnanda Seragih<sup>1)</sup>, Juliandi Siregar<sup>2)</sup>

Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah

### ABSTRAK

Telah dilakukan sebuah rancangan simulasi komputasi dengan program Matlab untuk menganalisis hubungan densitas terhadap suhu sintering pada keramik alumina ( $Al_2O_3$ ) dengan variasi penambahan zat aditif mullit. Penelitian simulasi ini menggunakan variabel suhu sintering 1300 °C, 1400 °C, 1500 °C dan 1600 °C yang dicampur dengan zat aditif mullit 0%, 10%, 15%, 20% dan 25%. Sebagai parameter penelitian adalah densitas. Hasil simulasi menunjukkan bahwa hasil terbaik diperoleh yang mendekati nilai literatur adalah dengan komposisi aditif mullit 25 % pada suhu sintering 1600 °C menghasilkan nilai densitas 3,58 g/cm<sup>3</sup>. Perbandingan hasil simulasi dan eksperimen menunjukkan bahwa melalui analisis simulasi untuk densitas dapat diperoleh perubahan yang konstan akibat kenaikan suhu sintering yang konstan dan dapat juga dianalisis dengan interval kenaikan suhu yang lebih kecil. Penelitian ini merupakan penelitian dalam bidang fokus material.

**Kata kunci:** Densitas, Keramik Alumina, Zat Aditif Mullit, Matlab.

### ABSTRACT

A computational simulation design has been carried out with the Matlab program to analyze the relationship of density to sintering temperatures in alumina ceramics ( $Al_2O_3$ ) with variations in the addition of mullite additives. This simulation research uses variable sintering temperature of 1300 °C, 1400 °C, 1500 °C and 1600 °C mixed with additives mullite 0%, 10%, 15%, 20% and 25%. As a research parameter is a density. The simulation results show that the best results obtained close to the literature value are the 25% mullite additive composition at a sintering temperature of 1600 °C resulting in a density value of 3.58 g / cm<sup>3</sup>. Comparison of simulation results and experiments shows that through the analysis of simulations for density can be obtained a constant change due to a constant rise in sintering temperature and can also be analyzed with smaller temperature rise intervals. This research is research in the material focus area.

**Keywords:** Density, Ceramic Alumina, Mullet Addictive Substances, Matlab.

### 1. PENDAHULUAN

Penelitian yang akan dilakukan adalah eksperimen komputer. Telah di rancang simulasi komputasi dengan program Matlab untuk menganalisis hubungan densitas terhadap suhu sintering pada keramik alumina ( $Al_2O_3$ ) dengan variasi penambahan zat aditif mullit. Melakukan penelitian dengan menggunakan kecanggihan komputer merupakan jembatan antara teori dan eksperimen yang telah di terima sebagai salah satu metode penelitian dan pengembangan material.

Teori-teori baru mengenai material pada skala atomic mempermudah peneliti untuk memprediksi perilaku material pada skala makroskopik dan memberikan kemampuan untuk merancang material-material baru dengan sifat-sifat tertentu yang diinginkan. Namun analisa dan rancangan material dahulu hanya dapat dilakukan dengan eksperimen berkali-kali yang memerlukan biaya yang sangat mahal dan waktu yang sangat lama. Selain itu, ada berbagai kondisi yang sulit atau tidak dapat diimplementasikan, antara lain eksperimen pada suhu

yang sangat tinggi atau tekanan yang sangat besar.

Keramik alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) adalah keramik oksida yang memiliki kekuatan yang sangat tinggi, sangat keras, tahan suhu tinggi dan memiliki titik lebur mencapai  $2050\text{ }^\circ\text{C}$  serta bersifat isolator listrik. Oleh karena itu dalam pembuatan keramik alumina yang padat dan kuat diperlukan suhu pembakaran / sintering yang mendekati titik leburnya sekitar  $1800 - 1900\text{ }^\circ\text{C}$ . Keramik alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) merupakan keramik refraktori yang sangat keras, biasa diaplikasikan pada struktur temperatur tinggi dan aplikasi substrat karena memiliki kekerasan yang bagus dan koefisien ekspansi thermal yang tinggi.

Beberapa cara yang dapat mengurangi suhu sintering keramik alumina antara lain memperkecil ukuran butiran hingga ukuran nano atau menambahkan bahan aditif yang memiliki titik lebur yang lebih rendah dari alumina. Diantara zat aditif yang sering digunakan adalah Mullit. Aditif Mullit ( $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ ) yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mullit yang memiliki koefisien ekspansi termal yang cukup rendah, memiliki kekuatan mekanik yang mendekati alumina. Oleh karena itu sangatlah tepat memadukan antara alumina dan mullit sebagai keramik alumina untuk penggunaan bahan refraktori. Aplikasinya antara lain sebagai alat pelengkap tungku pembakar (hot plate, roller kiln, crucible, lining brick). Bahan-bahan semacam ini banyak dibutuhkan oleh industri keramik, gelas maupun industri pengecoran logam yang ada di Indonesia.

## 2. Tinjauan Pustaka

### 2.1 Keramik Alumina

Senyawa alumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) bersifat polimorf yang diantaranya adalah struktur  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  dan  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$ . Bentuk lain adalah  $\beta\text{-Al}_2\text{O}_3$  yang merupakan alumina tidak murni.  $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$  merupakan bentuk struktur yang paling stabil pada suhu tinggi dan di sebut dengan korundum. Struktur dasar kristal korundum adalah tumpukan padat heksagonal (Hexagonal Closed Packed - HCP). Kation  $\text{Al}^{+3}$  menempati  $2/3$  bagian dari sisipan octahedral sedangkan anion ( $\text{O}^{2-}$ ) menempati HCP.

Alumina dapat diperoleh dari alam sebagai mineral bauxit mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebanyak  $70 - 80\%$ , sisanya merupakan pengotor berupa  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  dan  $\text{TiO}_2$ . Untuk mendapatkan alumina yang murni dengan kadar  $> 90\%$ , maka mineral bauxit harus dimurnikan dengan proses bayer. Mullit merupakan material gabungan dari dua macam oksida, yaitu  $\text{Al}_2\text{O}_3$  dan  $\text{SiO}_2$  dengan formula  $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ . Mullit tidak dijumpai di alam, tetapi merupakan material yang di sintesis dan kegunaannya cukup luas di bidang material keramik.

### 2.2. Densitas

Densitas (rapat massa) didefinisikan sebagai perbandingan antara massa ( $m$ ) dengan volume ( $v$ ). Untuk pengukuran volume, khususnya bentuk dan ukuran yang tidak beraturan sulit ditentukan. Oleh karena itu salah satu cara untuk menentukan densitas (*bulk density*) dari sampel keramik Alumina yang telah disintering adalah dengan menggunakan metoda Archimedes (standar ASTM C. 373 - 72 ), memenuhi persamaan berikut :

$$\text{Densitas} = \frac{m_s}{m_b - (m_g - m_k)} \times \rho_{\text{air}} \dots\dots\dots(1)$$

Dimana :

- ms : massa sampel kering (g)
- mb : massa sampel setelah direndam air (g)
- mg : massa sample digantung didalam air (g)
- mk : massa kawat penggantung (g)

**3. METODOLOGI PENELITIAN**

**3.1. Pemilihan Dan Pengambilan Data**

Pemilihan atau pengambilan data dari penelitian yang telah dilakukan oleh Tarigan, Nerus, 2006. Penelitian dilaksanakan dengan menggunakan alat komputer mandiri.

**3.2. Parameter Yang Digunakan.**

Parameter yang digunakan pada analisis ini adalah Hubungan Densitas Terhadap Suhu Sintering dengan variasi penambahan zat aditif mullit.

Hubungan densitas dengan naiknya suhu sintering secara geometris sebagai berikut :

$$\rho = aT^b \dots\dots\dots(2)$$

bila diambil logaritma kedua ruas persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\log \rho = \log a + b \log T \dots\dots\dots(3)$$

Analog dengan persamaan linier

$$y = a + bx \dots\dots\dots(4)$$

dengan :

- y = log ρ
- a = log a
- x = log T

Untuk memperoleh konstanta a dan b melalui persamaan regresi linier, digunakan metode kuadrat terkecil yaitu :

$$a = \frac{(\Sigma Y)(\Sigma X^2) - (\Sigma X)(\Sigma XY)}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

$$b = \frac{n\Sigma XY - (\Sigma X)(\Sigma Y)}{n\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}$$

### 3.3. Algoritma Program Simulasi untuk Menentukan Densitas

Adapun algoritma untuk menentukan densitas adalah sebagai berikut :

#### INPUT

1.  $m_s$  : massa sampel kering, g
2.  $m_b$  : massa sampel setelah direndam air, g
3.  $m_g$  : massa sampel digantung didalam air, g
4.  $m_k$  : massa kawat penggantung, g
5. Densitas air,  $\rho_{air} = 1 \text{ g/cm}^3$
6. Suhu

#### PROSES

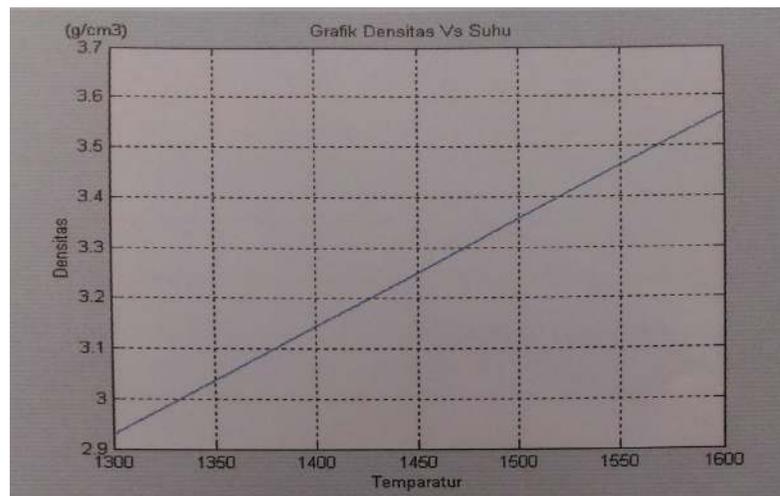
1. Kalkulasi densitas
2. Kalkulasi logaritma densitas
3. Kalkulasi logaritma suhu
4. Kalkulasi perkalian logaritma densitas dan logaritma suhu
5. Kalkulasi logaritma suhu kuadrat

6. Dilakukan perulangan untuk 4 data
7. Kalkulasi sigma logaritma densitas
8. Kalkulasi sigma logaritma suhu
9. Kalkulasi sigma perkalian logaritma densitas dan logaritma suhu
10. Kalkulasi sigma logaritma suhu kuadrat
11. Kalkulasi kuadrat sigma logaritma suhu
12. Kalkulasi logaritma a
13. Kalkulasi antilogaritma a
14. Kalkulasi b
15. Kalkulasi densitas

#### OUTPUT

1. Untuk memperoleh hasil tekan key shift + enter
2. Plot grafik dengan memblok seluruh program lalu ditekan key Ctrl + Y

## 4. Hasil dan Pembahasan



Gambar 1. Korelasi Densitas dan Suhu Sintering dengan penambahan mullit 25%

Hasil analisis simulasi korelasi densitas terhadap suhu sintering dengan penambahan mullit 25 % dimana batas suhu sintering

minimum 1300 °C dan suhu maksimum 1600 °C diperlihatkan pada gambar 1 di atas. Hasil ini juga

dapat terlihat melalui tabel 1 berikut ini.

**Tabel 1. Data hasil pengukuran densitas**

Zat Aditif (%)	Suhu Sintering (°C)	Ws (g)	Wb (g)	Wg (g)	Wk (g)	Densitas Eksperimen (g/cm <sup>3</sup> )	Densitas Simulasi (g/cm <sup>3</sup> )
25	1300	4,1321	4,4027	3,0031	0,0549	2,84	2,92
	1400	4,1541	4,2465	3,0295	0,0549	3,27	3,13
	1500	4,0967	4,1098	2,9682	0,0549	3,42	3,36
	1600	4,1391	4,1485	3,0112	0,0549	3,47	<b>3,58</b>

Dari grafik hubungan antara nilai densitas dengan suhu sintering serta data hasil pengukuran densitas pada tabel 1 di atas terlihat bahwa dengan bertambahnya suhu sintering maka akan meningkatkan nilai densitas. Dengan penambahan zat aditif mullit 25 % didapatkan nilai densitas pada suhu 1300 °C = 2,92 g/cm<sup>3</sup>, pada suhu 1400 °C = 3,13 g/cm<sup>3</sup>, pada suhu 1500 °C = 3,36 g/cm<sup>3</sup> dan pada suhu 1600 °C = 3,58 g/cm<sup>3</sup>.

### Penutup

Hasil yang diperoleh dari simulasi hubungan nilai densitas keramik alumina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> terhadap suhu sintering dengan persentase aditif mullit yang berbeda dapat disimpulkan bahwa hasil terbaik diperoleh yang mendekati nilai literatur adalah dengan komposisi aditif mullit 25 % pada suhu sintering 1600 °C menghasilkan nilai densitas 3,58 g/cm<sup>3</sup>.

Dari perbandingan antara hasil simulasi dan eksperimen dapat diketahui bahwa melalui analisis simulasi untuk densitas dapat diperoleh perubahan yang konstan akibat dari kenaikan suhu sintering yang konstan dan dapat juga dianalisis dengan interval kenaikan suhu yang lebih kecil. Juga terlihat

bahwa hasil metode simulasi mendekati hasil metode eksperimen. Faktor ketelitian pada metode eksperimen dapat mempengaruhi perbedaan hasil antara simulasi dan eksperimen.

### DAFTAR PUSTAKA

- James, S.R. 1988. *Introduction to The Principles of Ceramics Processing*. John Wiley & Sons. Inc. Singapore.
- Koonin. Steven E. 1986. *Computational Physics*. The Benjamin / Cummings Publishing Company. Inc.
- Rinaldi Munir. 1999. *Algoritma dan Pemrograman Dalam Bahasa Pascal dan C*. Penerbit Informatika. Bandung.
- Sahid. 2007. *Pengantar Komputasi Numerik Dengan Matlab*. Andi. Yogyakarta.
- Tarigan. Nerrus. 2006. Tesis *Pengaruh Penambahan Mullit 3Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.2SiO<sub>2</sub> Dan Variasi Suhu Sintering Terhadap Karakteristik Dan Mikrostruktur Keramik Alumina Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>*.
- William D. Callister.JR. 1997. *Material Science and Engineering*. John Wiley & Sons. Inc.

- Zarlis, M. 1993. *Pemakaian perangkat lunak Komputer dalam fisika*. disampaikan pada penataran Fisika Komputasi. kerjasama HEAD-USAID dan Universitas Bengkulu di Bengkulu.
- Zarlis, M. Handrizal. 2007. *Bahasa Pemrograman Konsep dan Aplikasi dalam C++*. USU Press, Medan.
- Zarlis, M. Sembiring, R.W. Siregar, L. Firdaus, M. 2005. *Pengantar Teknologi Informasi*. USU. Medan.