

Studi Analisis Melalui Simulasi Program Mathematica 5.1 Dalam Menentukan Nilai Densitas Dan Porositas Keramik Cordierite

Juliandi Siregar^{1}, M. Gade¹, Khairiah¹, Shinta Marito Siregar*

¹*Pendidikan Fisika FKIP Universitas Muslim Nusantara Alwashliyah Medan*

**Email: juliandisiregar77@gmail.com*

Abstrak. Penelitian yang dilakukan adalah eksperimen komputer dengan rancangan simulasi komputasi menggunakan program Wolfram Mathematica 5.1 untuk melihat dan menganalisa karakter fisis berupa densitas dan porositas Keramik Cordierite. Melakukan penelitian dengan menggunakan kecanggihan komputer merupakan jembatan antara teori dan eksperimen yang telah di terima sebagai salah satu metode penelitian dan pengembangan material. Variabel penelitian simulasi ini adalah suhu sintering 1200 °C, 1250 °C, 1300 °C dan 1350 °C selanjutnya dicampur dengan serbuk kayu sebesar 20% berat. Parameter penelitian ini adalah densitas dan porositas. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan komposisi 20% serbuk kayu dan suhu sintering 1300 °C menghasilkan nilai densitas 0,97 g/cm³ dan porositas 60,11% merupakan kondisi terbaik yang mendekati nilai literatur. Dari perbandingan hasil simulasi dan eksperimen dapat disimpulkan bahwa melalui analisis simulasi untuk densitas dan porositas 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: Wolfram Mathematica 5.1, Densitas, Porositas, Keramik Cordierite.

Analysis Study Through Mathematica 5.1 Simulation Program in Determining The Density and Porosity of Cordierite Ceramics

Abstract. The research conducted was a computer experiment with computational simulation design using Wolfram Mathematica 5.1 program to see and analyze physical characters such as the density and porosity of Cordierite Ceramics. Conducting research using computer sophistication is a bridge between theory and experimentation that has been accepted as a method of material research and development. The simulation research variables are sintering temperature 1200 °C, 1250 °C, 1300 °C and 1350 °C then mixed with wood powder by 20% by weight. The parameters of this study are density and porosity. The simulation results show that with the composition of 20% wood powder and sintering temperature of 1300 °C, the density values of 0.97 g / cm³ and porosity of 60.11% are the best conditions that are close to the literature value. From the comparison of simulation and experimental results it can be concluded that through simulation analysis for density and porosity constant changes can be obtained due to the constant increase in sintering temperature and can also be analyzed with smaller temperature increase intervals. This research is a research in the field of material focus.

Keywords: Wolfram Mathematica 5.1, Density, Porosity, Cordierite Ceramics.

1. PENDAHULUAN

Dengan adanya kemajuan dalam ilmu komputer dan kemampuan komputasi yang jauh lebih kuat daripada dahulu, terbuka kemungkinan baru yaitu eksperimen komputer atau melakukan percobaan dengan menggunakan kecanggihan komputerisasi. Eksperimen komputer adalah jembatan antara teori dan eksperimen yang telah diterima sebagai salah satu metoda penelitian dan pengembangan material. Suatu eksperimen material secara fisik dapat didahului oleh eksperimen komputer untuk menentukan kondisi yang dibutuhkan atau memprediksi hasilnya. Keuntungan eksperimen komputer diantaranya adalah harga yang relatif lebih murah dan dapat melakukan pekerjaan atau perhitungan matematika dengan lebih mudah meskipun untuk sistem yang lebih kompleks. Selain itu, kemampuan eksperimen komputer meningkat sejalan dengan kemajuan komputer.

Membuat program komputasi tidak terlepas dari hal pembuatan sistem dan model. Suatu sistem adalah suatu kumpulan dari komponen atau unsur yang dianggap sebagai penyusun dari bagian dunia nyata yang dipertimbangkan, dan unsur tersebut berhubungan satu sama lain dan dikelompokkan untuk tujuan studi dari bagian dunia nyata tersebut. Seleksi dilakukan terhadap unsur penyusun sistem berdasarkan tujuan studi, karenanya sistem hanya merupakan wakil dari bentuk sederhana realita.

Penelitian yang dilakukan adalah eksperimen komputer dengan jalan membuat rancangan simulasi komputasi melalui program Wolfram Mathematica untuk melihat dan menganalisa nilai densitas dan porositas keramik cordierite ($2\text{MgO}.2\text{Al}_2\text{O}_3.5\text{SiO}_2$). Mathematica adalah salah satu bahasa pemrograman komputer generasi ke - 4 yang ditulis oleh Wolfram Inc. Hal-hal yang diperkenalkan adalah penyelesaian matematika dengan mathematica yang meliputi pemrograman, pembuatan fungsi, pembuatan grafik dan penggunaan fungsi-fungsi intrinsik yang tersedia dalam bahasa mathematica.

Cordierite merupakan salah satu jenis keramik oksida dengan formula : $2\text{MgO}.2\text{Al}_2\text{O}_3.5\text{SiO}_2$. sifat-sifat keramik ini antara lain : material ini cukup stabil dan tahan suhu tinggi sampai suhu 1300°C , memiliki kekuatan mekanik yang lebih tinggi dibandingkan keramik porselin, koefisien termal ekspansi rendah $(2 - 3) \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$, sehingga dapat tahan terhadap kejutan suhu, dan tahan korosi/abrasi. Dilihat dari sifat-sifatnya tersebut maka keramik cordierite dapat dipergunakan sebagai bahan refraktori, dan sebagai bahan filter gas buang. Selain itu, cordierite juga memiliki konstanta dielektrik yang rendah sehingga dapat dipergunakan sebagai isolator listrik serta bahan penyangga *heating element*.

Dari penelitian diperlihatkan karakter keramik *cordierite* yang dihasilkan berpori, tetap kuat, stabil bila terkena pemanasan sampai suhu sekitar 1000°C , porositasnya berkisar antara (30 – 60) % dan ringan bila digunakan sebagai filter gas buang dengan analisa metode komputasi. Juga diperlihatkan karakter keramik *cordierite* yang dibuat dengan menambahkan bahan organik dalam bentuk serbuk kayu 20% berat yang akan terurai menjadi gas pada rentang suhu sekitar : (400 – 500) $^\circ\text{C}$ maka pada bodi keramik *cordierite* akan menghasilkan pori, dengan suhu sintering adalah 1200, 1250, 1300 dan 1350°C yang mengacu pada diagram fasa sistem $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2$.

2. Metode Penelitian

a. Densitas dan Porositas

Simulasi komputasi yang dilakukan adalah dengan menggunakan data dari penelitian yang telah dilakukan oleh Sudiati tahun 2006. 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*) dan porositas dari sampel keramik cordierite berpori yang telah disintering adalah dengan menggunakan metoda Archimedes (standar ASTM C. 373 – 72), memenuhi persamaan berikut.:

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

$$\text{Porositas} = \frac{m_b - m_s}{m_b - (m_g - m_k)} \times 100 \% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

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

b. Korelasi Densitas Terhadap Suhu

Hubungan densitas dengan naiknya suhu sintering secara geometris sebagai berikut :

$$\rho = aT^b \dots\dots\dots(3)$$

bila diambil logaritma kedua ruas persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\log \rho = \log a + b \log T \dots\dots\dots (4)$$

c. Korelasi Porositas Terhadap Suhu

Hubungan porositas dengan naiknya suhu sintering secara geometris sebagai berikut :

$$P = aT^b \dots\dots\dots(5)$$

bila diambil logaritma kedua ruas persamaan tersebut maka diperoleh :

$$\log P = \log a + b \log T \dots\dots\dots(6)$$

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

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

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

d. Algoritma Analisis Simulasi

Dalam merancang suatu program yang terstruktur dan terkendali dengan baik perlu dilakukan perancangan algoritma sehingga dapat memperjelas langkah-langkah dalam membuat program secara utuh.

i. 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

ii. Algoritma Program Simulasi untuk Menentukan Porositas

Adapun algoritma untuk menentukan Porositas adalah sebagai berikut :

INPUT

1. ms : massa sampel kering, g
2. mb : massa sampel setelah direndam air, g
3. mg : massa sampel digantung didalam air, g
4. mk : massa kawat penggantung, g
5. Suhu

PROSES

1. Kalkulasi porositas
2. Kalkulasi logaritma porositas
3. Kalkulasi logaritma suhu
4. Kalkulasi perkalian logaritma porositas dan logaritma suhu
5. Kalkulasi logaritma suhu kuadrat
6. Dilakukan perulangan untuk 4 data
7. Kalkulasi sigma logaritma porositas
8. Kalkulasi sigma logaritma suhu
9. Kalkulasi sigma perkalian logaritma porositas 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 porositas

OUTPUT

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

3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil densitas dan porositas keramik cordierite yang telah dilakukan dapat diperlihatkan dalam tabel berikut.

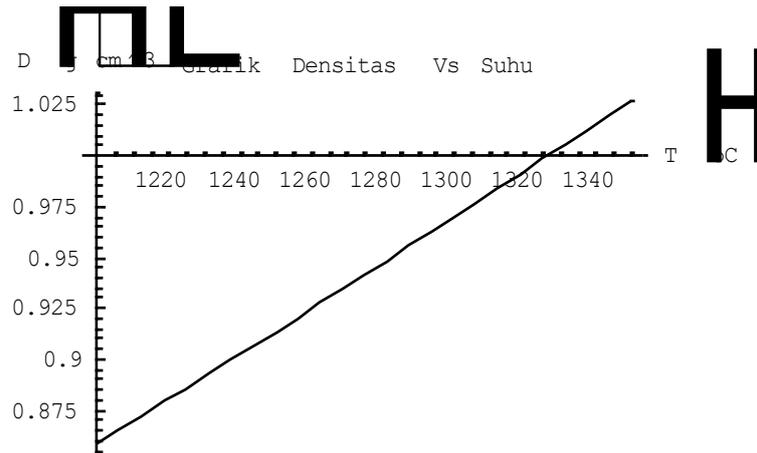
Tabel 1. Data hasil pengukuran densitas

Serbuk Kayu (%)	Suhu Sintering (°C)	Ws (g)	Wb (g)	Wg (g)	Wk (g)	Densitas Eksperimen (g/cm ³)	Densitas Simulasi (g/cm ³)
20	1200	4,112	7,1348	2,3301	0,0549	0,85	0,85
	1250	4,1158	6,8005	2,4341	0,0549	0,93	0,91
	1300	4,0072	6,4511	2,4089	0,0549	0,98	0,97
	1350	4,011	6,3670	2,4701	0,0549	1,01	0,27

Tabel 2. Data hasil pengukuran porositas

Serbuk Kayu (%)	Suhu Sintering (°C)	Ws (g)	Wb (g)	Wg (g)	Wk (g)	Porositas Eksperimen (%)	Porositas Simulasi (%)
20	1200	4,112	7,1348	2,3301	0,0549	62,20	61,91
	1250	4,1158	6,8005	2,4341	0,0549	60,72	60,98
	1300	4,0072	6,4511	2,4089	0,0549	59,75	60,11
	1350	4,011	6,3670	2,4701	0,0549	59,62	59,28

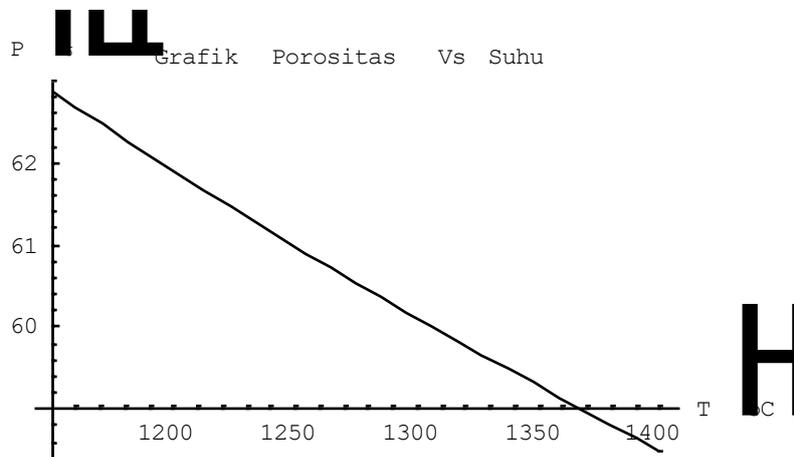
Hasil analisis simulasi korelasi densitas terhadap suhu sintering dengan persentase 20% penambahan serbuk kayu dengan batas suhu sintering minimum 1200 °C dan suhu maksimum 1350 °C diperlihatkan pada kurva Gambar 1.



Gambar 1 Korelasi antara densitas terhadap suhu sintering untuk serbuk kayu 20%

Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya suhu sintering maka nilai densitasnya cenderung meningkat. Dari Gambar 1 didapatkan nilai densitas untuk penambahan serbuk kayu 20% pada suhu : 1200 °C : 0,85 g/cm³ ; 1250 °C : 0,91 g/cm³ ; 1300 °C : 0,97 g/cm³ ; 1350 °C : 1,02 g/cm³.

Hasil analisis simulasi korelasi porositas terhadap suhu sintering dengan persentase 20% penambahan serbuk kayu dengan batas suhu sintering minimum 1200 °C dan suhu maksimum 1350°C diperlihatkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Korelasi antara porositas terhadap suhu sintering untuk serbuk kayu 20%

Dari kurva hubungan porositas terhadap suhu sintering di atas dapat dilihat bahwa dengan bertambahnya suhu sintering maka nilai porositasnya semakin kecil. Dari gambar 2 didapatkan nilai porositas untuk penambahan serbuk kayu 20% pada suhu : 1200 °C : 61,91 % ; 1250 °C : 60,98 % ; 1300 °C : 60,11 % ; 1350 °C : 59,28 %.

4. Kesimpulan

Hasil yang diperoleh dari simulasi korelasi sifat mekanik keramik cordierite terhadap suhu sintering dengan persentase penambahan serbuk kayu 20% dapat disimpulkan bahwa hasil terbaik diperoleh yang mendekati nilai literatur adalah dengan komposisi 20% serbuk kayu pada suhu sintering 1300 °C dengan nilai densitas 0,97 g/cm³ dan porositas 60,11 % .

Penelitian ini dapat dikembangkan dengan menggunakan program komputasi yang lebih baik dan lebih canggih, dan melakukan variasi suhu sintering yang lebih banyak sehingga memperoleh hasil simulasi yang lebih detail tentang hubungan suhu sintering dengan sifat mekanik keramik cordierite.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Garcia, A.L. 1994. *Numerical Methods for Physics*. by Prentice-Hall. Inc.
- [2] James, S.R. 1988. *Introduction to The Principles of Ceramics Processing*. John Wiley & Sons. Inc. Singapore.
- [3] Lawrence, H. Van Vlack. 1993. *Ilmu dan Teknologi Bahan*. Erlangga. Jakarta.
- [4] Reynen, P. Bastius, H. 1986. *Powder Metallurgy International*. Vol. 8. No 2. p 91.
- [5] Richardson, D.W. 1982. *Modern Ceramic Engineering*. Marcek Dekker. Inc. New York.
- [6] Rinaldi Munir. 1999. *Algoritma dan Pemrograman Dalam Bahasa Pascal dan C*. Penerbit Informatika. Bandung.
- [7] Sembiring, S. Manurung, P. Karo-Karo, P. 2009. *Pengaruh Suhu Tinggi terhadap Karakteristik Keramik Cordierite Berbasis Silika Sekam Padi*. Jurnal Fisika dan Aplikasinya Volume 5 No. 1. Jurusan Fisika FMIPA ITS.
- [8] Stevan, C. Chapra. Raymond P. Canale, S. Sardy. 1988. *Metode Numerik Untuk Tehnik dengan penerapan pada Komputer Pribadi*.
- [9] Suarga. 2006. *Algoritma Pemrograman*. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- [10] William D. Callister.JR. 1997. *Material Science and Engineering*. John Wiley & Sons. Inc.
- [11] Wolfram, Stephen. 1991. *Mathematic A System for Doing Mathematic by Computer*. 2nd Edition, Addison – Wesley Publishing Company. Inc. Redwood City. California.
- [12] Zarlis, M. 1993. *Pemakaian perangkat lunak Komputer dalam fisika*. disampaikan pada penataran Fisika Komputasi. kerjasama HEAD-USAID dan Universitas Bengkulu di Bengkulu.
- [13] Zarlis, M. Handrizal. 2007. *Bahasa Pemrograman Konsep dan Aplikasi dalam C++*. USU Press, Medan.