

## PENGUJIAN POROSITAS PIRINGAN BERPORI BERBAHAN MATERIAL CORUNDUM HASIL PROSES SINTERING

\*Ghazy Nibraskara Adhi Mahasin<sup>1</sup>, Sulistyo<sup>2</sup>, Agus Suprihanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: ghazy.nibraskara@gmail.com

### Abstrak

Material berpori dapat dibuat dari berbagai macam jenis material, meliputi material logam, material polimer, dan material keramik. Salah satu tipe material berpori yang berbahan dari material keramik adalah corundum yang terbuat dari aluminium oksida ( $Al_2O_3$ ). Corundum memiliki karakteristik dimana mampu menyimpan panas dengan baik sehingga banyak digunakan sebagai isolator panas. Karakteristik tersebut dipengaruhi oleh sifat permeabilitas. Penelitian ini bertujuan untuk melakukan pengujian permeabilitas material pori dalam bentuk piringan berbahan baku serbuk corundum dengan variasi suhu sintering. Permeabilitas yang dikaji memiliki variasi gas yaitu oksigen, nitrogen, dan udara. Pembuatan piringan berpori berdiameter 25 mm dan tebal sebesar 2 mm melalui 3 tahap yaitu, tahap mixing dengan mencampurkan alumunium oksida ( $Al_2O_3$ ) sebesar 97% dan Polyethylene Glicol (PEG) sebesar 3% hingga homogen. Lalu di kompaksi dengan tekanan sebesar 686 Mpa dan dilakukan proses sintering. Proses sintering ini dilakukan dengan 3 variasi suhu  $1100^{\circ}C$ ,  $1200^{\circ}C$ , dan  $1300^{\circ}C$  dengan laju pemanasan  $10^{\circ}C/min$ . Spesimen yang sudah disinter akan diuji nilai porositasnya menggunakan metode massa. Pengujian porositasnya menggunakan alat timbangan analitik untuk mengetahui massa kering dan basahnya. Didapatkan nilai porositas pada suhu  $1100^{\circ}C$  sebesar 12,87%, suhu  $1200^{\circ}C$  sebesar 10,32%, dan pada suhu  $1300^{\circ}C$  sebesar 9,69%. Maka dapat disimpulkan semakin tinggi suhu sintering, semakin kecil nilai porositas pada piringan berpori.

**Kata kunci:** corundum; material berpori; porositas; sintering

### Abstract

*Porous materials can be made from various types of materials, including metal materials, polymer materials, and ceramic materials. One type of porous material made from ceramic material is corundum which is made from aluminum oxide ( $Al_2O_3$ ). Corundum has the characteristic of being able to store heat well so it is widely used as a heat insulator. These characteristics are influenced by permeability properties. This research aims to test the permeability of pore materials in the form of plates made from corundum powder with variations in sintering temperature. The permeability studied has gas variations, namely oxygen, nitrogen, and air. The manufacture of porous plates with a diameter of 25 mm and a thickness of 2 mm through 3 stages, namely, the mixing stage by mixing aluminum oxide ( $Al_2O_3$ ) by 97% and Polyethylene Glicol (PEG) by 3% until homogeneous. Then compressed with a pressure of 686 Mpa and the sintering process was carried out. The sintering process was carried out with 3 temperature variations of  $1100^{\circ}C$ ,  $1200^{\circ}C$ , and  $1300^{\circ}C$  with a heating rate of  $10^{\circ}C/min$ . The sintered specimens will be tested for porosity using the mass method. The porosity test uses analytical scales to determine the dry and wet mass. The porosity value at  $1100^{\circ}C$  was 12.87%,  $1200^{\circ}C$  was 10.32%, and at  $1300^{\circ}C$  was 9.69%. So it can be concluded that the higher the sintering temperature, the smaller the porosity value on the porous disk.*

**Keywords:** corundum; porosity; porous material; sintering

### 1. Pendahuluan

Material berpori merupakan sebuah material yang memiliki struktur yang mengandung pori-pori ataupun ruang kosong di dalamnya. Suatu material dapat dikategorikan sebagai material berpori adalah saat materisil tersebut memiliki porositas sebesar 0,2-0,95 [1]. Material memiliki beberapa sifat unik, salah satunya adalah untuk menjebak udara dalam pori-pori yang membuat sebuah lapisan isolasi yang efektif [2]. Oleh karena itu, material berpori banyak digunakan dalam dunia industri dan dunia pengetahuan dan penelitian.

Material berpori dapat dibuat dari berbagai macam jenis material seperti logam, polimer, dan *ceramic*. Salah satunya adalah material *ceramic* yang dimana dalam pembuatannya ini melalui beberapa proses yaitu proses *mixing*, proses kompaksi, dan proses sintering. Proses *mixing* ini bertujuan mencampurkan material utama dengan binder ataupun performan hingga menjadi homogen. Proses kompaksi bertujuan membentuk material menjadi spesimen dengan ukuran yang kita inginkan [3]. Proses kompaksi yang digunakan pada penelitian ini adalah *pressure molding* menggunakan *hydraulic press*. Selanjutnya adalah proses sintering yang menurut definisi adalah proses yang diaktifkan secara thermal, dimana serbuk padat diubah menjadi benda tegar melalui peristiwa transportasi massal pada skala atom [4], [5].

Corundum merupakan material berpori yang termasuk ke dalam jenis material berpori *ceramic*. Corundum terbentuk atas mineral alumina oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) kristal [6]. Corundum banyak digunakan dalam dunia industri, industri biomedis dan militer karena memiliki sifat yang tahan oksidasi dan korosi, ketahanan suhu yang baik, dan kekerasan yang tinggi.

Porositas ( $\phi$ ) adalah sebuah presentasi pori yang dimiliki sebuah material yang dimana pori-pori tersebut dapat ditempati oleh fluida. Jadi ini adalah kuantifikasi nilai tunggal dari jumlah ruang yang tersedia untuk fluida dalam badan material tertentu [7]. Porositas pula dapat didefinisikan sebagai perbandingan volume pori dengan total volume.

## 2. Bahan dan Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Material, Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro Jl. Prof. H. Soedarto, S.H. Tembalang, Semarang. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Alumina Oksida ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) sebagai bahan utama dan *Polyethylene Glicol* (PEG) sebagai binder. Alumina oksida yang digunakan berbentuk serbuk dengan ukuran partikel sebesar 44 microns atau 0,0017 inch. Kemudian untuk PEG yang digunakan pada penelitian ini diperoleh dari PRMM.

Variabel penelitian yang digunakan berupa variasi suhu sintering (1100°C, 1200°C, dan 1300°C) dan variasi gas yang digunakan dalam pengujian permeabilitas (Gas oksigen, Gas nitrogen, dan Udara). Proses pembuatan spesimen bermula dari proses *mixing* antara material utama dengan binder. Proses ini bertujuan untuk mencampurkan material utama dengan binder hingga keadaannya homogen [8]. Proses *mixing* yang dilakukan dalam penelitian ini menggunakan mortar dan menghaluskan dan mencampurkan kedua bahan dengan komposisi alumina oksida sebesar 97% dan PEG sebesar 3%. Setelah tercampur secara homogen, material tersebut dimasukkan ke dalam cetakan yang sudah dibuat dengan ukuran yang diinginkan. Material yang sudah dimasukkan, akan melalui proses kompaksi yang menggunakan metode *pressure molding* [9]. Alat yang digunakan dalam proses kompaksi adalah *hydraulic press* dengan tekanan yang digunakan sebesar 686 MPa. Penekanan akan berlangsung selama 10 – 15 menit. Setelah itu, spesimen dapat diambil dari cetakan dan akan melalui tahap sintering. Sintering ini berfungsi untuk mengkristalisasi material utama yaitu alumina oksida menjadi material *ceramic* yaitu corundum. Proses sintering ini akan menggunakan *furnace chamber* dengan variasi suhu sebesar 1100°C, 1200°C, dan 1300°C. *Heat rate* yang digunakan sebesar 10°C/menit dan *holding time* pada variasi suhu selama 2 jam. Sebelum dilakukan proses sintering, spesimen dimasukkan ke dalam ovem terlebih dahulu dengan suhu 150°C selama 2 jam. Setelah proses sintering selesai, spesimen sudah dapat digunakan dalam penelitian ini.

Setelah spesimen selesai dibuat, maka akan dilakukan pengujian porositas menggunakan metode massa. Persamaan yang digunakan sebagai berikut

$$\% \text{Porositas} = \frac{m_{\text{basah}} - m_{\text{kering}}}{m_{\text{kering}}} \times 100\%$$

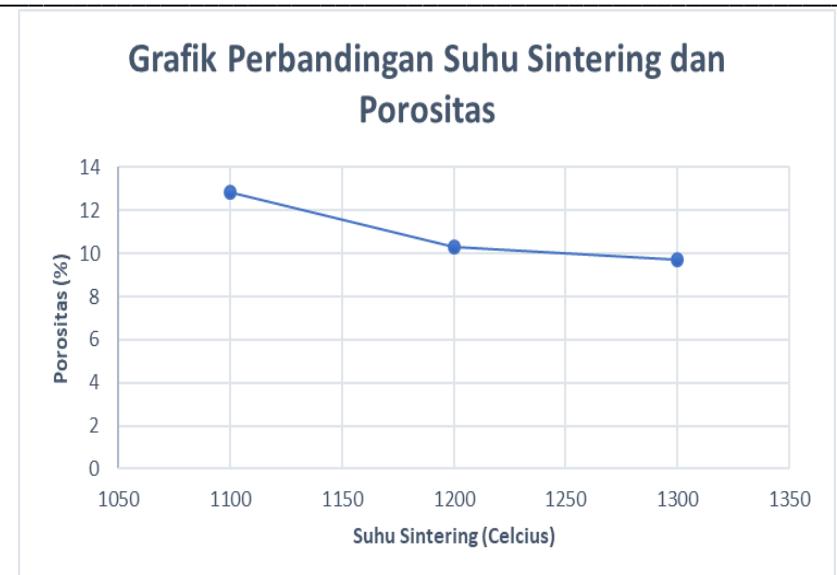
## 3. Hasil dan Pembahasan

Data hasil pengujian porositas untuk masing-masing variasi suhu sintering dapat dilihat pada Tabel 1. sebagai berikut

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Porositas

Suhu (°C)	Massa Kering (gram)	Massa Basah (gram)	Porositas (%)
1100	2,33	2,63	12,87
1200	2,81	3,10	10,32
1300	2,27	2,49	9,69

Berdasarkan data hasil pengujian pada Tabel 1., kita dapat membuat grafik perbandingan suhu sintering dan porositas pada material corundum. Grafik perbandingan tersebut dapat dilihat pada Gambar 1. sebagai berikut



**Gambar 1.** Grafik Perbandingan Suhu Sintering dan Porositas

Berdasarkan Gambar 4.1 pada grafik perbandingan suhu sintering dan porositas, dapat dilihat bahwa semakin meningkatnya suhu, maka porositas yang dialami oleh material semakin kecil. Pori-pori material sangat dipengaruhi oleh suhu sintering, di mana semakin meningkatnya suhu sintering, proses kristalisasi yang terjadi pada material semakin besar. Proses sintering yang optimal sangat penting dalam menghasilkan material dengan sifat fisik dan mekanik yang unggul. Ketika suhu sintering dinaikkan, partikel-partikel dalam material mulai mengalami perpindahan massa yang lebih besar, menyebabkan mereka saling mendekat dan berikatan lebih kuat.

Penelitian yang dilakukan oleh Bendaoudi, et al (2018) menunjukkan bahwa peningkatan suhu sintering memicu proses kristalisasi yang lebih intensif dalam material. Proses kristalisasi ini mengakibatkan pembentukan struktur kristal yang lebih teratur dan padat, yang berperan penting dalam menutup pori-pori yang ada di dalam material. Dengan berkurangnya pori-pori, densitas material meningkat [10]

#### 4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan diatas, dapat kita simpulkan bahwa semakin tinggi suhu sintering yang diperlakukan kepada suatu material, maka semakin kecil nilai porositas pada suatu material tersebut. Hal itu disebabkan oleh semakin tinggi suhu sintering, maka proses kristalisasi pada material akan semakin tinggi yang menyebabkan material yang terbentuk akan semakin padat/*dense*. Dikarenakan densitas dari material semakin tinggi seiring kenaikan suhu sintering, maka porositas material berpori akan menurun.

#### 5. Daftar Pustaka

- [1] Liu, P. S., & Chen, G. F., 2014, “General Introduction to Porous Materials. Porous Materials”, 1–20
- [2] Sari, April & Rusiyanto, Rusiyanto., 2019, “Pengaruh Thermal Shock Resistence dan Komposisi Bahan Refraktori Terhadap Kekuatan Impact dan Struktur Makro”, Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin. 4. 105-110. 10.21831/dinamika.v4i2.27392.
- [3] Ruys, Andrew., 2023, “Reaction Sintered SiC (RSSC)”.
- [4] Trunec, M., & Maca, K, 2014, “Advanced Ceramic Processes. Advanced Ceramics for Dentistry”, 123 - 150.
- [5] Yang, Y., Huang, K., Yang, G., Yin, D., Zhou, Y., & Qin, Y., 2015, “Microsintering through a FAST Process. Micromanufacturing Engineering and Technology”, 257–276.
- [6] Mishra, R., & Ningthoujam, R. S., 2017, “High-Temperature Ceramics. Materials Under Extreme Conditions”, 377 – 409
- [7] Nimmo, J.R., 2004, “Porosity and Pore Size Distribution”, in Hillel, D., ed. Encyclopedia of Soils in the Environment: London, Elsevier, v. 3, p. 295-303.
- [8] Rimaszéki, Gergö & Hamadeh, Nuri & Meier-Hedde, Andreas & Haas-Witmüss, Richard & Athayde, Maycon & Junior, Fernando., 2017, “OPTIMAL MIXING AND GRANULATION PROCESS FOR FINE UTILIZATION IN SINTERPLANTS”, 695-704
- [9] Azlin, M. N. M., Sapuan, S. M., Zainudin, E. S., Zuhri, M. Y. M., & Ilyas, R. A., 2020, “Natural Polylactic Acid-Based Fiber Composites: A Review”, Advanced Processing, Properties, and Applications of Starch and Other Bio-Based Polymers, 21–34

- 
- [10] Bendaoudi, S., Bounazef, M. and Djeffal, A., 2018, "The effect of sintering temperature on the porosity and compressive strength of corundum", Journal of the Mechanical Behavior of Materials, Vol. 27 (Issue 3-4), pp. 20180018