



## Pengaruh Waktu *Milling* dan Suhu *Sintering* terhadap Densitas dan Kekerasan Keramik Alumina

Suprapedi

Program Studi Magister Teknik Informatika, Universitas Dian Nuswantoro, Semarang

E-mail: suprapu@gmail.com

Masuk : 10 Oktober 2019

Direvisi : 15 November 2019

Disetujui : 5 Desember 2019

**Abstrak:** Telah dilakukan proses sintering terhadap keramik alumina. Bahan yang dipergunakan adalah serbuk  $Al_2O_3$  dari E-Merck dengan kemurnian 99,90 %. Bahan baku digiling secara basah menggunakan aquades dan digunakan bola *milling* dari bahan keramik zirconia dengan perbandingan bola *milling* dengan serbuk alumina adalah : 4 :1. Waktu *milling* divariasikan yaitu : 12 jam, 24 jam dan 48 jam. Kemudian bahan dikeringkan pada suhu  $110^{\circ}C$  selama 24 jam. Bahan serbuk yang telah kering ditambahkan bahan perekat sebanyak 5% PVA. Proses pencetakan dilakukan menggunakan gaya tekan sebesar 15 Tonf dan ukuran pelet yang dihasilkan dengan diameter 18 mm dengan ketebalan sekitar 19 mm. Selanjutnya pelet yang dihasilkan di sintering menggunakan tngku listrik pada suhu : 1100, 1200 dan  $1300^{\circ}C$ , dengan waktu penahanan selama 4 jam dan kecepatan kenaikan suhu  $8^{\circ}C$ /menit. Sampel yang telah di sintering selanjutnya dilakukan pengukuran densitas dan persen penyerapan air, serta dilakukan pengukuran kekerasan vickers. Dari hasil penelitian menunjukan bahwa proses *milling* sampel alumina terkecil dicapai sebesar  $8.67 \mu m$  dengan waktu *milling* 48 jam menggunakan ball mill. Variasi ukuran partikel dapat memberikan pengaruh tingkat densifikasi dan kekerasan yang signifikan, dimana densitas tertinggi sebesar  $3.37 g/cm$  dan kekerasan tertinggi sebesar  $552.08 Hv$  dicapai pada sampel dengan suhu sintering  $1300^{\circ}C$ .

**Kata kunci:** Alumina, *Ball Milling*, *Sintering*, Densitas, *Hardness*

**Abstract:** The alumina ceramic has been sintered. The material used is  $Al_2O_3$  powder from E-Merck with a purity of 99.90%. The raw material is milled wet using distilled water and used milling balls made of zirconia ceramic with the ratio of milling balls to alumina powder is: 4: 1. The milling time was varied, namely: 12 hours, 24 hours and 48 hours. Then the material is dried at  $110^{\circ}C$  for 24 hours. The dry powder material is added with 5% PVA adhesive. The printing process is carried out using a compressive force of 15 Tonf and the resulting pellet size is 18 mm in diameter with a thickness of about 19 mm. Furthermore, the pellets produced are sintered using electric tngku at temperatures: 1100, 1200 and  $1300^{\circ}C$ , with a holding time of 4 hours and a temperature increase speed of  $8^{\circ}C / minute$ . Samples that have been sintered are then measured for the density and percent absorption of water, as well as measuring the hardness of the vickers. The results showed that the smallest sample milling process for alumina was  $8.67 \mu m$  with a milling time of 48 hours using a ball mill. The variation in particle size can give significant effect on the density and hardness level, where the highest density of  $3.37 g / cm$  and the highest hardness of  $552.08 Hv$  was achieved in samples with a sintering temperature of  $1300^{\circ}C$ .

**Keywords:** Alumina, *Ball Milling*, *Sintering*, Density, *Hardness*

### PENDAHULUAN

Material keramik dikenal oleh masyarakat sejak lama, dan berdasarkan bahan penyusun keramik maka material keramik di golongkan dalam beberapa kelompok yaitu [1] : keramik berbasis bahan silikat alam atau lempung, keramik berbasis bahan oksida atau *mixed oxide* (alumina  $Al_2O_3$ , zirkonia  $ZrO_2$ , silika  $SiO_2$ ,  $MgO$ ,  $TiO_2$ ,  $BaTiO_3$ ,  $AlTiO_4$ ) dan material keramik berbasis non oksida ( $Si_3N_4$ ,  $SiC$ ,  $SiAlON$ ,  $WC$ ). Material keramik dalam kelompok berbasis oksida atau *mixed oxide* dan non oksida dikatakan sebagai material keramik teknik, karena material keramik tersebut banyak dipergunakan sebagai komponen-komponen permesinan atau alat-alat tertentu di industri [1. 2].

Manufaktur untuk material keramik secara umum dilakukan melalui proses metallurgi serbuk yang disertai dengan proses sintering. Proses metallurgi serbuk digunakan untuk tahapan preparasi serbuk yang umumnya

melalui proses *milling* untuk mendapatkan distribusi ukuran partikel yang diharapkan dan dilanjutkan dengan proses pra *firing* atau disebut dengan proses kalsinasi untuk menyempurnakan pembentukan kristal [3]. Untuk memperoleh bentuk produk keramik yang diinginkan dilakukan tahapan pembentukan (cara tekan atau sistem cetak tuang / *slip casting*) dan dilanjutkan proses sintering [3]. Proses sintering merupakan proses konsolidasi sekumpulan serbuk agar terjadi proses pemadatan dan ikatan yang kuat antar partikel melalui mekanisme difusi [4]. Tahapan sintering merupakan tahapan yang menentukan sifat dan karakteristik produk keramik. Beberapa parameter proses sintering yang berperan pada perubahan sifat-sifat produk keramik antara lain: kemurnian dari nahan atau titik lebur bahan, ukuran kehalusan dari bahan serta suhu pembakaran dan lamanya penahanan [4,5]. Tingkat kepadatan suatu produk atau disebut sebagai tingkat densifikasi sangat dipengaruhi oleh ketiga hal tersebut. Nilai densifikasi merupakan perbandingan antara densitas teori dengan densitas yang dicapai [5].

Keramik alumina dengan dengan formula  $Al_2O_3$  atau disebut juga dengan istilah corundum, tergolong material keramik yang memiliki titik lebur yang sangat tinggi yaitu mendekati suhu sekitar  $1800 - 1900^\circ C$  dan densitas teori sebesar  $3,97 \text{ g/cm}^3$  [6]. Keramik alumina tergolong material yang stabil pada suhu tinggi, tahan korosi dan bersifat konduktor panas dan isolator listrik, serta memiliki tingkat kekerasan tinggi ( $>700 \text{ HV}$ ) dan kuat mekanik yang tinggi [6,7]. Aplikasinya banyak dipergunakan sebagai ; material refraktori, komponen listrik, dan komponen mekanik[7]. Karena alumina mempunyai titik lebur yang sangat tinggi, sehingga proses sinteringnya harus dilakukan pada suhu yang tinggi, beberapa penulis mencoba melakukan sintering alumina pada suhu sekitar  $1500 - 1700^\circ C$  [8,9]. Maka pada penelitian ini dicoba melakukan penghalusan bahan baku melalui proses *milling* sehingga diharapkan dengan memperkecil ukuran partikel dapat menurunkan suhu sintering keramik alumina.

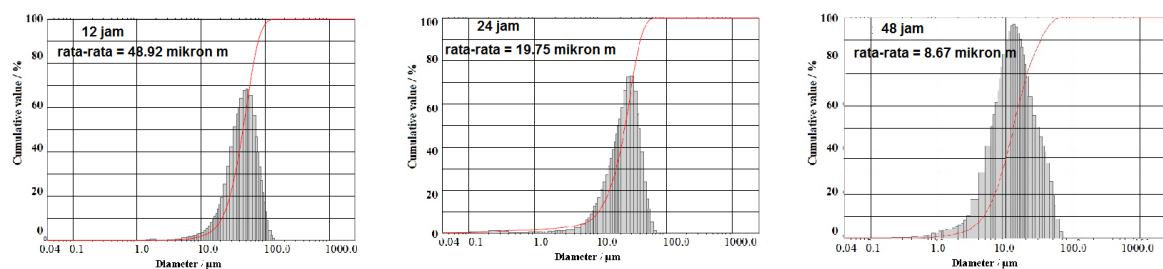
## METODOLOGI

Untuk penelitian ini digunakan bahan baku  $Al_2O_3$  dari E-Merck dengan kemurnian 99,90 %. Pada tahapan awal dilakukan preparasi serbuk alumina melalui proses penggilingan menggunakan alat ball mill. Proses penggilingan dilakukan secara basah yaitu menggunakan aquades sebagai media *miling*, dan digunakan bola *milling* dari bahan keramik zirconia. Perbandingan volume antara bola *milling* dengan serbuk alumina adalah : 4 :1. Proses *milling* dilakukan dengan memvariasikan waktu *milling* yaitu : 12 jam, 24 jam dan 48 jam. Setelah melalui proses *milling* dengan variasi waktu dilanjutkan dengan proses pengeringan bahan untuk menguapkan air yang digunakan sebagai media *milling*, proses penegeringa di lakukan menggunakan lemari pengering pada suhu  $110^\circ C$  selama 24 jam. Bahan serbuk yang telah kering selanjutnya dicetak tekan, dan sebeluk dicetak ditambahkan bahan perekat sebanyak 5% berat Poly Vinyl Alcohol (PVA). Proses pencetakan dilakukan menggunakan gaya tekan sebesar 15 Tonf dan ukuran pelet yang dihasilkan dengan diameter 18 mm dengan ketebalan sekitar 19 mm. Selanjutnya pelet yang dihasilkan di sintering menggunakan tngku listrik pada suhu : 1100, 1200 dan  $1300^\circ C$ , dengan waktu penahanan selama 4 jam dan kecepatan kenaikan suhu  $8^\circ C/\text{menit}$ .

Sampel yang telah di sintering selanjutnya dilakukan pengukuran densitas dan persen penyerapan air, serta dilakukan pengukuran kekerasan vickers

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengukura distribusi ukuran partikel untuk sampel-sampel yang telah di *milling* dengan variasi waktu *milling* diperlihatkan pada Gambar 1.

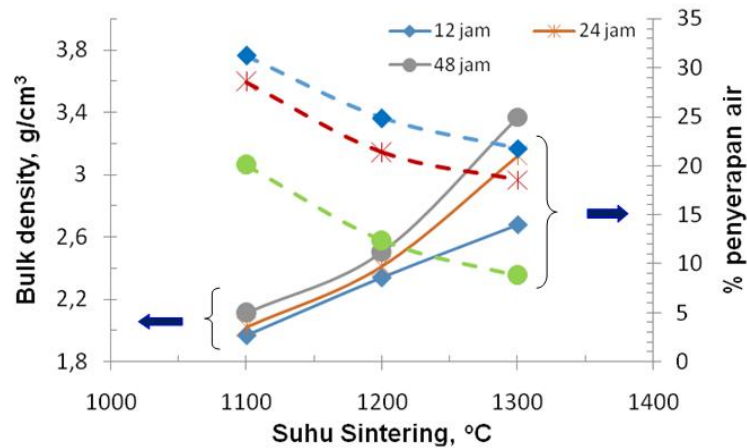


Gambar 1. Kurva distribusi ukuran partikel dengan variasi waktu *milling*

Dengan semakin lama waktu *milling* terjadi pengurangan ukuran partikel yang signifikan, dimana dengan waktu *milling* 12 jam diperoleh ukuran rata-rata adalah  $48,92 \mu\text{m}$ , dan untuk waktu *milling* 24 jam diperoleh

ukuran partikel rata-rata adalah 19,75  $\mu\text{m}$ , untuk waktu *milling* 48 jam diperoleh ukuran partikel rata-rata = 8,67  $\mu\text{m}$ .

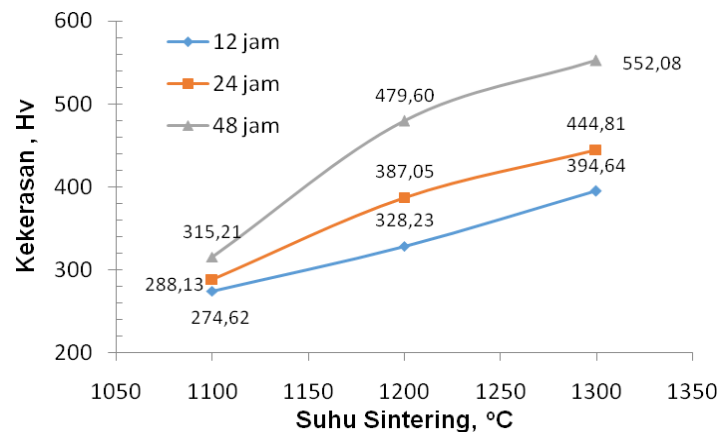
Hasil pengukuran bulk density dan persen penyerapan air diperlihatkan pada Gambar 2.



**Gambar 2.** Kurva hubungan Bulk density dan % penyerapan air terhadap variasi suhu sintering dan waktu *milling*.

Berdasarkan pada Gambar 2 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sintering dan semakin lama waktu *milling* diperoleh kenaikan densitas dan juga terjadi penurunan nilai persen penyerapan air. Sesuai dengan teori sintering bahwa semakin tinggi suhu sintering maupun semakin halus ukuran partikel maka proses difusi antar partikel selama proses sintering akan cenderung semakin cepat, akibatnya terjadi peningkatan kepadatan dan pengurangan pori atau rongga, yang ditandai dengan semakin berkurangnya nilai persen penyerapan air. Nilai densitas tertinggi yaitu 3,37  $\text{g}/\text{cm}^3$  dicapai pada sampel dengan suhu sintering 1300°C dan telah di *milling* selama 48 jam. Bila hasil tersebut dibandingkan dengan nilai densitas teoritis (3,97  $\text{g}/\text{cm}^3$ ) maka masih lebih kecil. Maka berdasarkan penelitian ini untuk suhu sintering 1300°C baru tercapai tingkat kepadatan maksimal (densifikasi) sebesar 84,88%. Oleh karena itu untuk bisa tercapai densifikasi mendekati 100% perlu dilakukan proses sintering lebih tinggi lagi.

Hasil pengukuran kekerasan vickers diperlihatkan pada Gambar 3 untuk variasi suhu sintering dan waktu *milling*.



**Gambar 3.** Kurva hubungan Kekerasan vickers terhadap variasi suhu sintering dan waktu *milling*

Berdasarkan hasil yang diperlihatkan pada Gambar 4 menunjukkan bahwa semakin tinggi suhu sintering dan semakin halus ukuran partikel sampel maka nilai kekerasan semakin meningkat. Tetapi hasil kekerasan tertinggi sebesar 552,08 Hv masih tergolong lebih rendah bila dibandingkan dengan kekerasan alumina yang umumnya mencapai > 800 Hv. Hal ini karena faktor densifikasi sampel masih relatif rendah.

## KESIMPULAN

Dari hasil penelitian menunjukan bahwa proses milling sampel alumina terkecil dicapai sebesar 8.67  $\mu\text{m}$  dengan waktu milling 48 jam menggunakan ball mill. Variasi ukuran partikel dapat memberikan pengaruh tingkat densifikasi dan kekerasan yang signifikan, dimana densitas tertinggi sebesar 3,37 g/cm dan kekerasan tertinggi sebesar 552.08 Hv dicapai pada sampel dengan suhu sintering 1300°C.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1]. T. Manfredini, M. Hanuskova, Natural raw materials in “traditional” ceramic manufacturing, *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy*, 47, 4, 2012, 465-470.
- [2]. Mircchyan, R. V., A. A. Ismatov, & R. A. Musaeov. 2002. A High-Quality Ceramic Material. *Journal Glass and Ceramics*. Vol 59, Nos. 5-6, 2002, 177-179.
- [3]. Feng Shi, *CERAMIC MATERIALS – PROGRESS IN MODERN CERAMICS*, Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, 2012, Croatia
- [4]. M.N Rahaman, *Ceramic Processing and Sintering*, second edition, Marcel, Dekker, New York 2006.
- [5]. Arunachalam Lakshmanan, *SINTERING OF CERAMICS – NEW EMERGING TECHNIQUES*, Published by InTech Janeza Trdine 9, 51000 Rijeka, Croatia, 2012.
- [6]. Shinji FUJIWARA, Development of New High-Purity Alumina, “SUMITOMO KAGAKU”, vol. 2007-I.
- [7]. M. V. Grigoriev and S. N. Kulkov, Structures and properties of alumina-based ceramic for reconstructive oncology, *AIP Conference Proceedings* 1760, 020022 (2016).
- [8]. Y. Pontikes, C. Rathossi, P. Nikolopoulos, G.N. Angelopoulos, D.D. Jayaseelan, W.E. Lee, Effect of firing temperature and atmosphere on sintering of ceramics made from Bayer process bauxite residue, *Ceramics International* 35 (2009) 401–407.
- [9]. Liang A. Xue and I-Wei Chen, Low-Temperature Sintering of Alumina with Liquid-Forming Additives, *J. Am. Ceram. Soc.*, 74 [8] 2011-13 (1991).