

Pengaruh Putaran Mill Jar pada Proses Penghalusan Serbuk Alumina dengan Horizontal Ball Mill



Ade Indra¹, Haby Yuriko²

¹²Teknik Mesin, Institut Teknologi Padang, Indonesia

ABSTRACT

Powder technology is one of the most frequently used processes for making ceramic products. The powder must be made as small as possible because the mechanical strength of ceramics is inversely proportional to the size of the powder. Powder grinding can be done using a horizontal ball mill. A ball mill is equipment that functions to grind powder material with the help of grinding balls inside. The aim of the research is to determine the effect of variations in mill jar rotation speed on the quality of alumina powder products at room temperature. Experiments were carried out by varying the rotation speed of the mill jar, namely: 100 rpm, 125 rpm, 150 rpm, 175 rpm, 200 rpm, 225 rpm, and 250 rpm. The results of the research show that variations in the rotation speed of the mill jar affect the size of the alumina powder produced. The best mill jar rotation speed from this test was 150 rpm, producing a percentage of submicron powder size of 8.0% and a reduction in powder size from 70.28 μm to 44.07 μm .

ABSTRAK

Teknologi serbuk merupakan salah satu proses pembuatan produk keramik yang paling sering digunakan. Serbuk harus dibuat dengan ukuran sekecil mungkin karena kekuatan mekanik dari keramik berbanding terbalik dengan ukuran serbuk. Penghalusan serbuk dapat dilakukan dengan menggunakan alat *horizontal ball mill*. *Ball mill* merupakan peralatan yang berfungsi untuk menghaluskan material serbuk dengan bantuan bola-bola penggerus yang ada didalamnya. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran *mill jar* terhadap kualitas produk serbuk *alumina* pada suhu ruang. Eksperimen dilakukan dengan memvariasikan kecepatan putaran *mill jar* yaitu: 100 rpm, 125 rpm, 150 rpm, 175 rpm, 200 rpm, 225 rpm, dan 250 rpm. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa variasi kecepatan putaran *mill jar* berpengaruh terhadap ukuran serbuk *alumina* yang dihasilkan. Kecepatan putaran *mill jar* yang terbaik dari pengujian ini adalah 150 rpm, dengan menghasilkan persentase ukuran serbuk submikron sebanyak 8,0 % dan reduksi ukuran serbuk dari 70,28 μm menjadi 44,07 μm .

CONTACT

adeindra@itp.ac.id

KEYWORDS

Keramik, Alumina, Horizontal Ball Mill

Received: 26/09/2023

Revised: 22/10/2023

Accepted: 22/10/2023

Online: 12/12/2023

Published: 14/12/2023



Risenologi is licenced under a Creative Commons Attribution 4.0 International Public Licence (CCBY 4.0)

PENDAHULUAN

Keramik merupakan material teknik non logam, anorganik, dan metaloid yang tersusun oleh ikatan kovalen dan ikatan ionik (Lin et al, 2018; Wright & Luo, 2020). Material keramik memiliki sifat mekanik yang kuat, keras, dan stabilitas yang baik pada suhu tinggi, dan tahan korosi (Kaur et al, 2019). Akan tetapi, material keramik memiliki kelemahan, yaitu bisa patah tiba-tiba dengan *fracture toughness* yang rendah (Feng et al, 2014; Indra et al, 2020). Dengan sifatnya yang tahan pada temperatur tinggi sehingga efisien dalam penggunaan bahan bakar (Groseclose & Johnson, 1985; Kaur et al, 2019).

Serbuk *alumina* merupakan salah satu jenis keramik teknik yang dapat disinter menjadi keramik dan banyak digunakan pada industri seperti katalis heterogen, *abrasive*, adsorben, biomaterial (Feng et al, 2014; Prastowo et al, 2020). Serbuk *alumina* adalah bahan serbaguna yang dapat disinter menjadi keramik yang berguna, dengan aplikasi pada banyak industri seperti katalis heterogen, abrasif, dan adsorben (Bodaghi et al, 2008). Bahan *alumina* memiliki sifat fisik dan mekanik yang baik, yaitu memiliki kekerasan yang tinggi, tahan terhadap korosi, titik leleh tinggi, konduktivitas termal rendah, dan tahan terhadap suhu yang tinggi (Chang et al, 2000; Zhang et al, 2017).

Kontaminasi media penghalus dan aglomerat menjadi salah satu masalah yang sering terjadi pada proses teknologi serbuk *alumina* (Reid et al, 2008; J. Yuan et al, 2019). Bentuk partikel serbuk, ukuran partikel serbuk, dan distribusi ukuran partikel serbuk dari suatu komponen komposit dapat mempengaruhi sifat mekanik dari produk keramik (Cai et al, 2009).

Pada saat ini untuk mendapatkan serbuk keramik dengan kualitas tinggi yang berukuran nano di Indonesia masih sangat sedikit, oleh karena itu Indonesia masih tergantung dengan produk impor luar negeri seperti Jerman, USA, China, dan lainnya. Hal tersebut dapat menjadi kendala dalam pengembangan produk-produk keramik yang berasal dari bahan lokal.

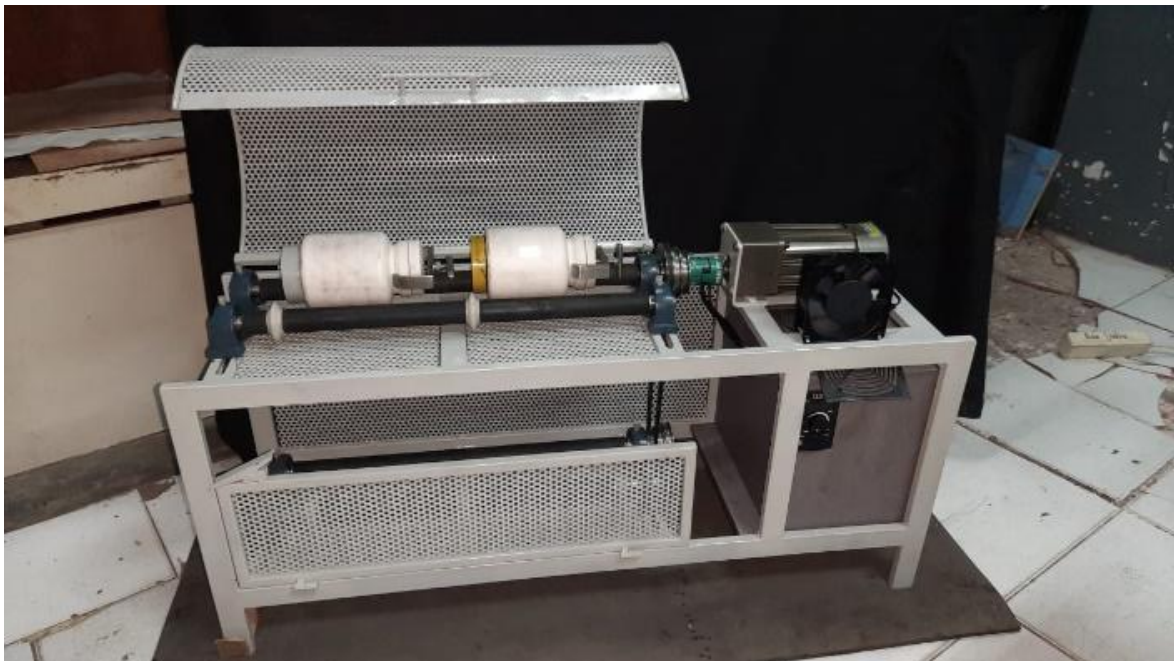
Berdasarkan data *unit price* pada situs aplikasi *Merck KGaA (sigmaaldrich.com)* pada tahun 2022, terdapat perbedaan harga yang signifikan antara material *alumina* produk “*Sigma-Aldrich*” dimana *alumina* berukuran 3 μm yang memiliki harga 125.35 SGD/250 g dan *alumina* berukuran 13 nm senilai 579 SGD/250 g. Perbedaan harga tersebut dikarenakan adanya perbedaan kualitas produk, dimana semakin kecil ukuran serbuk *alumina* yang dihasilkan, maka akan menghasilkan kualitas produk yang lebih baik dari segi kekuatan.

Menurut Indra dkk, (2020) dalam penelitiannya telah memproses penghalusan serbuk dengan berbagai metode, dari beberapa hasil penelitian tersebut menyatakan semakin kecil ukuran serbuk *alumina* akan menghasilkan produk *sintered body* keramik yang memiliki kekuatan yang lebih baik. Untuk mendapatkan produk dengan kualitas yang lebih baik, maka serbuk *alumina* harus dibuat dengan ukuran sekecil mungkin karena kekuatan mekanik dari keramik berbanding terbalik dengan ukuran serbuk.

Pada penelitian ini proses penghalusan serbuk *alumina* dilakukan dengan menggunakan alat *horizontal ball mill*, yang merupakan peralatan yang berfungsi untuk menghaluskan serbuk dengan bantuan bola-bola penggerus yang ada di dalam *mill jar*. Tujuan dari penelitian yaitu untuk mengetahui pengaruh variasi kecepatan putaran *mill jar* terhadap kualitas produk serbuk *alumina* pada suhu ruang.

METODE

Pada penelitian ini menggunakan material serbuk keramik *alumina* dengan rata-rata ukuran pada mesh 220 dengan kemurnian tinggi 99,9%. Metode penghalusan butiran menggunakan alat *horizontal ball mill* dengan memvariasikan kecepatan putaran *mill jar*, seperti pada gambar 1, proses penghalusan serbuk keramik *alumina* dilakukan dengan variasi kecepatan putaran *mill jar* 100 rpm, 125 rpm, 150 rpm, 175 rpm, 200 rpm, 225 rpm, dan 250 rpm. Serbuk yang akan dihaluskan untuk masing-masing variasi disiapkan di dalam *mill jar* (seperti tabel 1) dan ditambahkan *zirconia ball* sebagai media penghalus. Setelah proses penghalusan untuk masing-masing variasi putaran, kemudian dilakukan proses pengujian *particle size analyzer* (PSA) dan pengamatan bentuk serbuk dengan *scanning electron microscopy* (SEM).



Gambar 1. *Ball mill* HRF 21 A

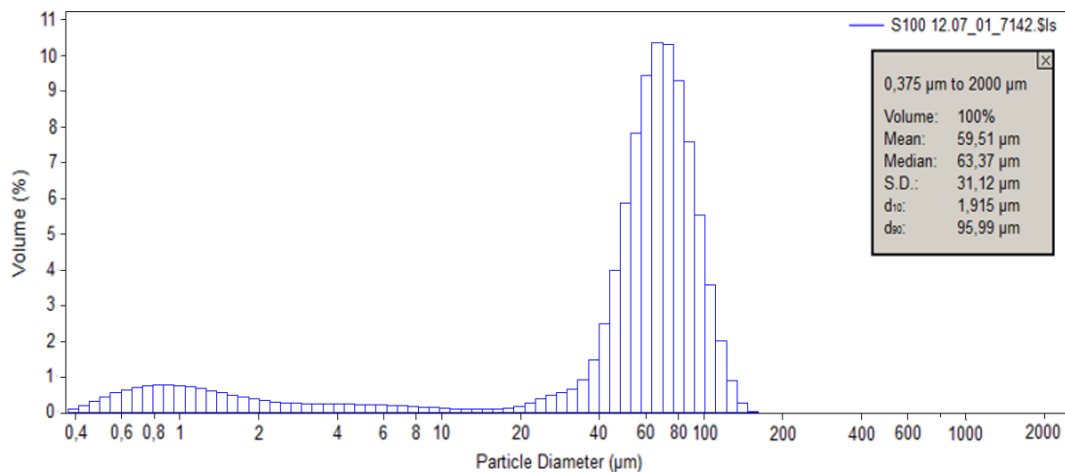
Tabel 1. Data pengujian penghalusan serbuk *alumina* dengan variasi putaran *mill jar*

Jenis Pengujian	Putaran <i>mill jar</i> (rpm)						
	S-100	S-125	S-150	S-175	S-200	S-225	S-250
SEM	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g	2 g
PSA	2 g	2 g	2 g	3 g	2 g	2 g	2 g

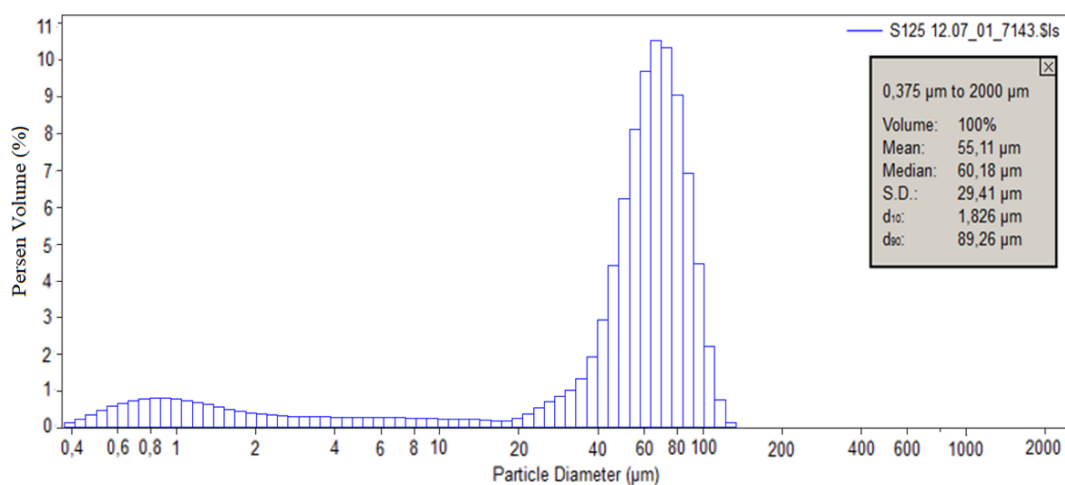
HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Distribusi Ukuran Serbuk Keramik Alumina

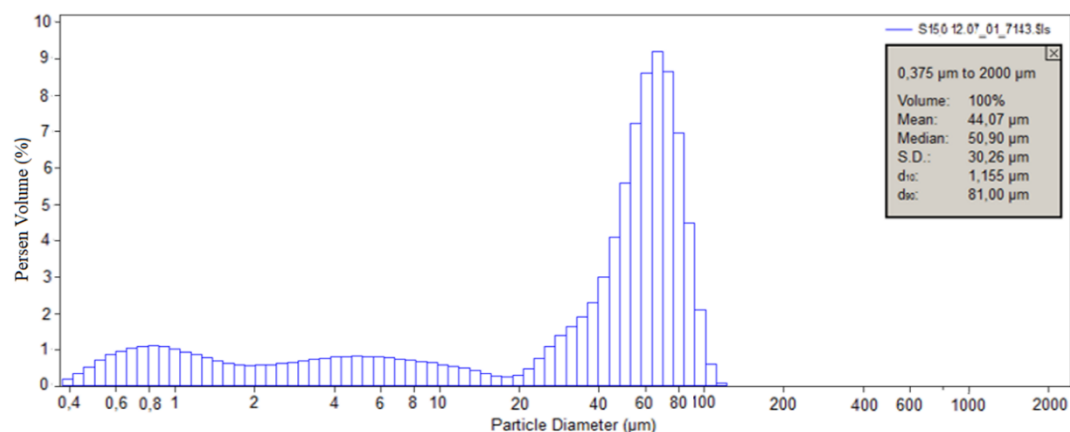
Dari pengujian PSA, kita dapat melihat distribusi ukuran serbuk alumina dan nilai rata-rata (*mean*) ukuran serbuk *alumina* dalam μm . Hasil pengujian PSA untuk semua variasi pengujian dapat dilihat pada gambar 2 – 8. Gambar 2 pada pengujian dengan kecepatan putaran 100 rpm, diperoleh nilai rata-rata ukuran serbuk alumina adalah 59,51 μm dengan median 63,37 μm . Gambar 3 pada putaran 125 rpm, diperoleh nilai rata-rata ukuran serbuk alumina adalah 55,11 μm dengan median 60,18 μm . Gambar 4 pada putaran 150 rpm, diperoleh nilai rata-rata ukuran serbuk alumina adalah 44,07 μm dengan median 50,90 μm .



Gambar 2. Grafik distribusi dan mean serbuk alumina pada putaran 100 rpm

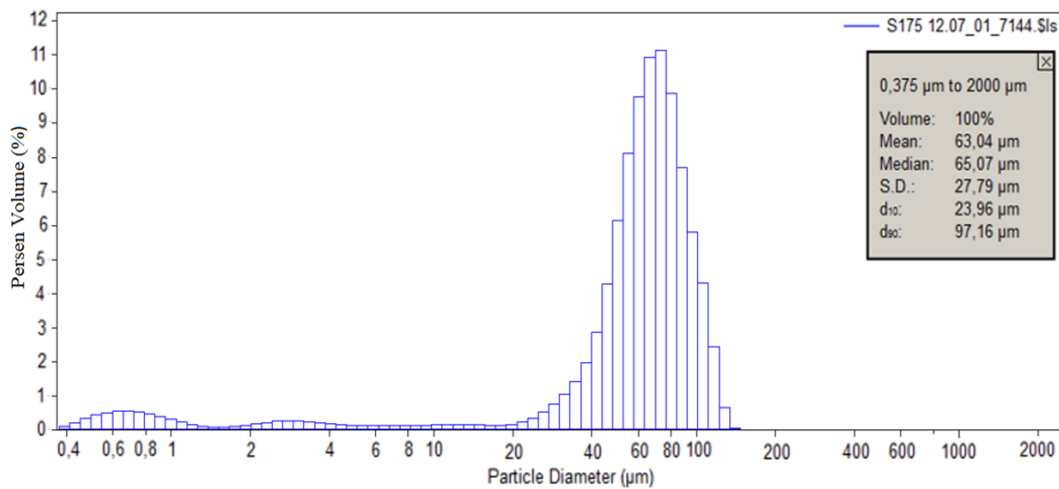


Gambar 3. Grafik distribusi dan mean serbuk alumina pada putaran 125 rpm

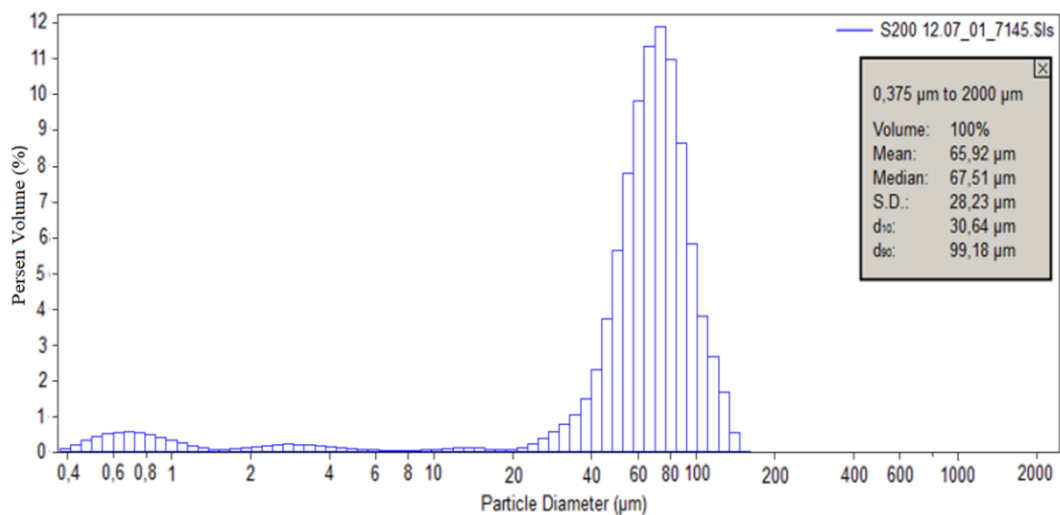


Gambar 4. Grafik distribusi dan mean serbuk alumina pada putaran 150 rpm

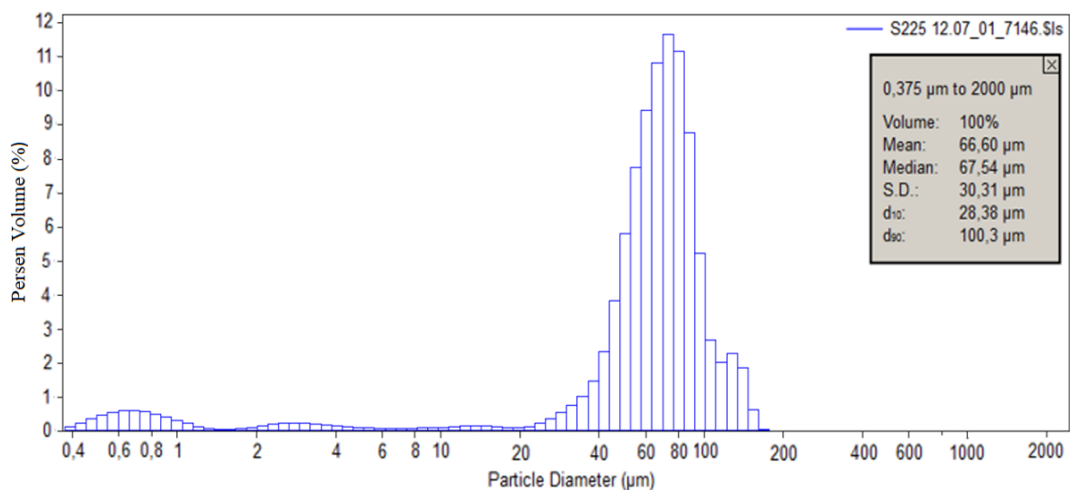
Gambar 5 pada pengujian dengan kecepatan putaran 175 rpm, diperoleh nilai rata-rata ukuran serbuk alumina adalah 63,04 μm dengan median 65,07 μm . Gambar 6 pada putaran 200 rpm, diperoleh nilai rata-rata ukuran serbuk alumina adalah 65,92 μm dengan median 67,51 μm . Gambar 7 pada putaran 225 rpm, diperoleh nilai rata-rata ukuran serbuk alumina adalah 66,60 μm dengan median 67,55 μm .



Gambar 5. Grafik distribusi dan mean serbuk alumina pada putaran 175 rpm

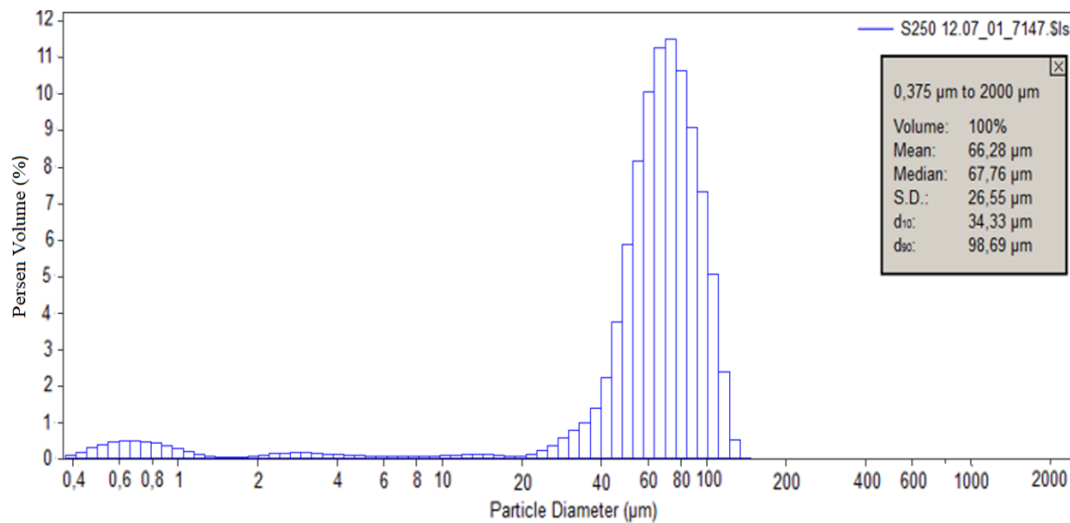


Gambar 6. Grafik distribusi dan mean serbuk alumina pada putaran 200 rpm



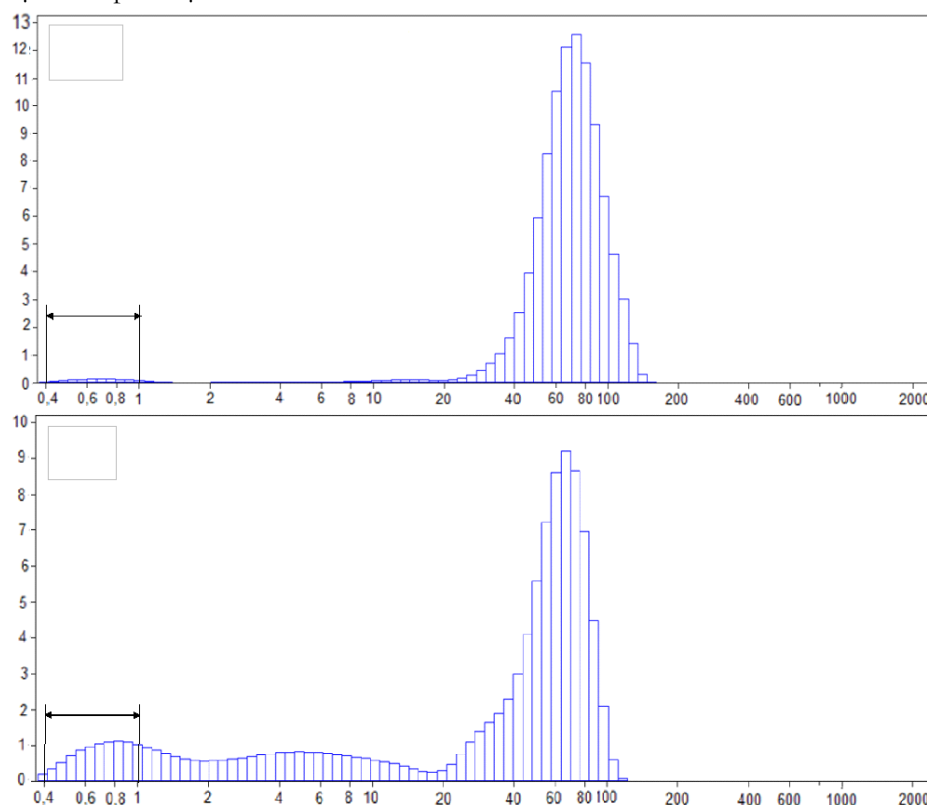
Gambar 7. Grafik distribusi dan mean serbuk alumina pada putaran 225 rpm

Gambar 8 pada pengujian dengan kecepatan putaran 250 rpm, diperoleh nilai rata-rata ukuran serbuk alumina adalah 66,28 μm dengan median 67,76 μm .



Gambar 8. Grafik distribusi dan mean serbuk alumina pada putaran 250 rpm

Dari hasil pengujian yang dilakukan di atas, dapat dilihat bahwa terjadi penurunan ukuran serbuk alumina dari putaran *mill jar* 100 rpm ke putaran 150 rpm, dengan nilai penurunan dari 59,51 μm menjadi 44,07 μm , terjadi reduksi ukuran mencapai 26%. Sedangkan jika dibandingkan dengan ukuran awal (sebelum dihaluskan) sampai putaran 150 rpm terjadi penurunan dari 70,28 μm menjadi 40,07 μm , terjadi reduksi ukuran 37,3 %. Namun, seiring dengan meningkatnya putaran dari 150 rpm menjadi 250 rpm, terlihat ukuran serbuk tidak terjadi reduksi ukuran. Diduga hal ini disebabkan karena terlalu tinggi putaran *mill jar*, maka energi tumbukan pada *zirconia ball* menjadi berkurang. Gambar 9 memperlihatkan perbandingan distribusi ukuran serbuk alumina pada kondisi awal (sebelum proses *ball mill*) dengan putaran 150 rpm, terlihat peningkatan ukuran serbuk yang lebih halus terjadi pada rentang 0.4 μm sampai 10 μm .



Gambar 9. Perbandingan distribusi ukuran serbuk alumina (a) Serbuk awal (b) Serbuk hasil *ball mill* pada putaran 150 rpm

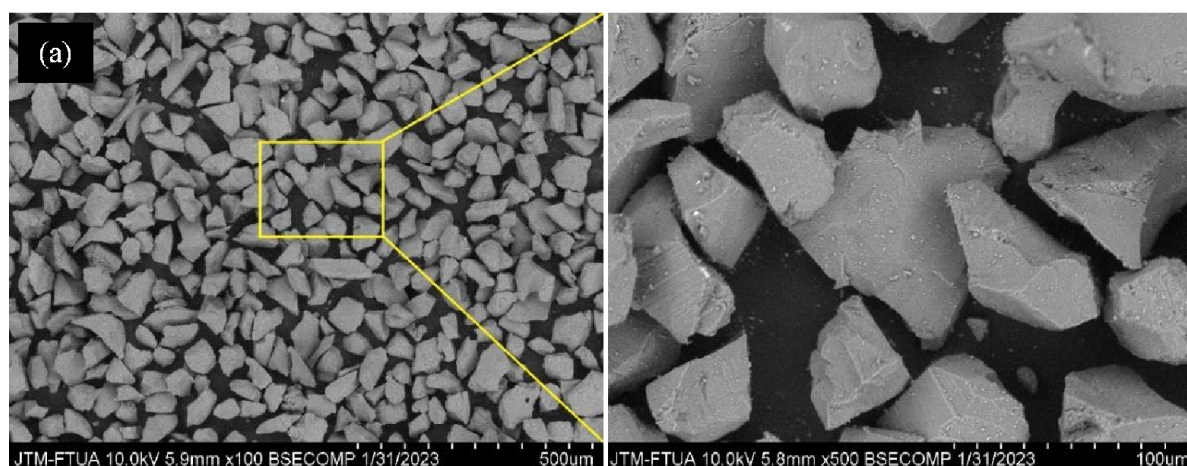
Tabel 2 memperlihatkan nilai rata-rata hasil penghalusan serbuk alumina pada masing-masing variasi kecepatan putaran. Dapat dilihat pada sampel S-100, S-125 dan S-150 reduksi ukuran pada serbuk meningkat atau ukuran serbuk semakin halus, akan tetapi pada sampel S-175, S-200, S-225, dan S-250 reduksi ukuran pada serbuk menurun atau tidak terjadi pengurangan ukuran serbuk. Hal ini terjadi dikarenakan kecepatan putaran *mill jar* memengaruhi terhadap tinggi jatuhnya *zirconia ball* di dalam *mill jar* (Arman, 2018). *Zirconia ball* yang berputar menghasilkan energi untuk menumbuk material yang ada di dalam *mill jar* dengan menggunakan gaya sentrifugal, sehingga material dapat hancur dengan menghasilkan ukuran yang lebih kecil (Sejati et al, 2019; C. Yuan & Wu, 2013). Diduga apabila kecepatan putaran ditingkatkan, maka pengaruh gaya sentrifugal akan meningkat dan mengakibatkan *zirconia ball* tidak jatuh menumbuk material yang ada di dalam *mill jar*.

Tabel 2. Ukuran rata-rata (*mean*) serbuk alumina berdasarkan variasi putaran *mill jar*

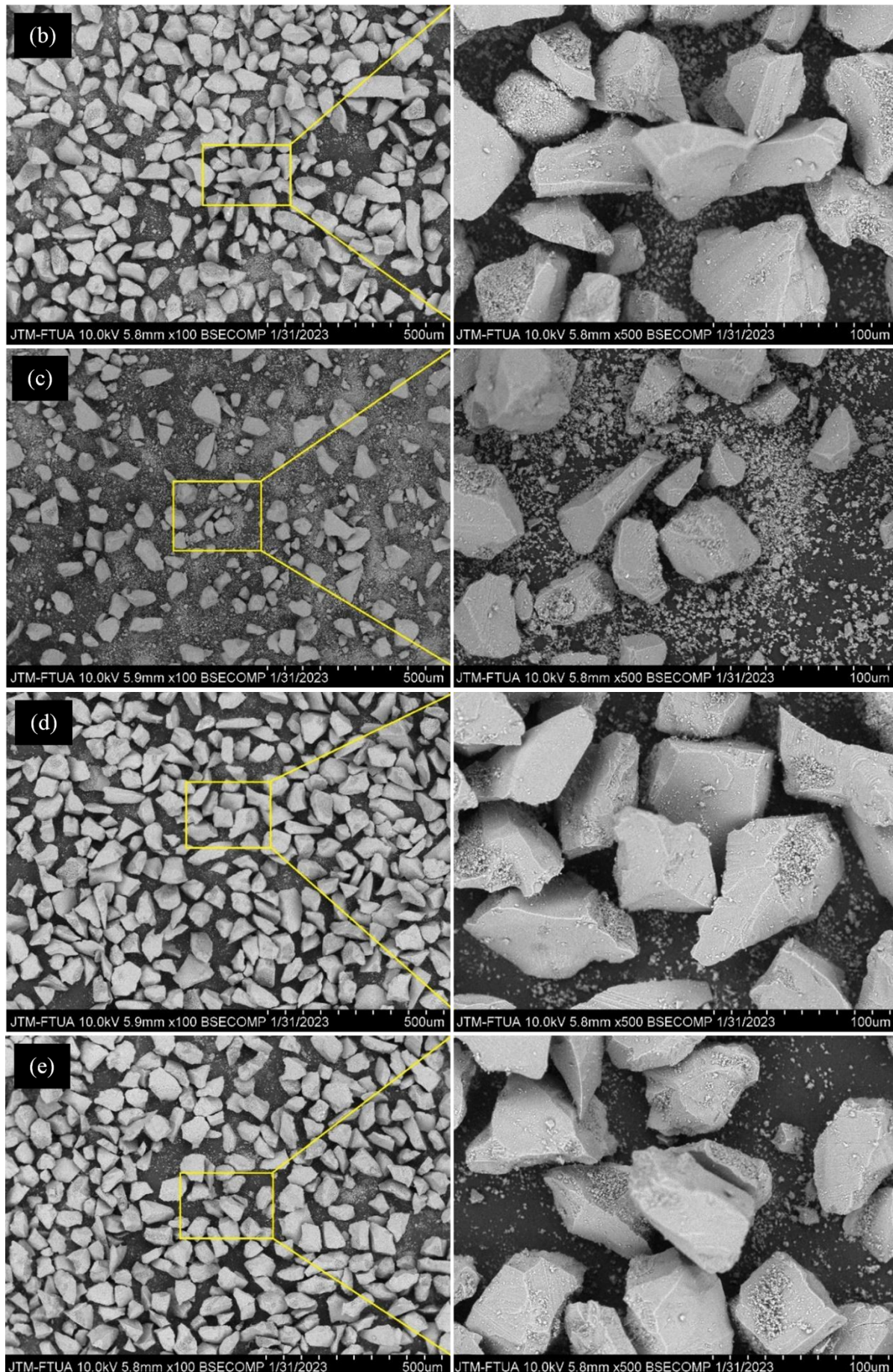
Sampel Code	Putaran <i>mill jar</i> (rpm)	Persentase <i>alumina powder</i> : <i>zirconia ball</i> (wt%)	Persentase <i>zirconia ball</i> terhadap vol <i>mill jar</i> (%)	Rerata <i>powder size alumina</i> (μm)
S-100	100	1:20	40	59,51
S-125	125	1:20	40	55,11
S-150	150	1:20	40	44,07
S-175	175	1:20	40	63,04
S-200	200	1:20	40	65,92
S-225	225	1:20	40	66,60
S-250	250	1:20	40	66,28

2. Pengamatan Struktur Mikron Serbuk Alumina

Gambar 10 memperlihatkan bentuk struktur mikro serbuk alumina yang diamati dengan *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Gambar 10 (a) adalah gambar SEM serbuk alumina pada kondisi awal sebelum proses *ball mill*, serbuk terlihat dengan ukuran yang lebih seragam dengan bentuk *irregular*. Gambar 10 (b) adalah serbuk alumina setelah proses penghalusan pada putaran *mill jar* 100 rpm, sebagian kecil serbuk alumina terlihat dengan ukuran halus yang menandakan sudah terjadinya proses penghalusan. Gambar 10 (c) adalah serbuk alumina setelah proses penghalusan pada putaran *mill jar* 150 rpm, terlihat jumlah serbuk yang halus semakin meningkat dimana dari hasil pengujian PSA juga membuktikan putaran optimal terjadi pada kondisi ini. Gambar 10 (d dan e) adalah serbuk alumina setelah proses penghalusan pada putaran *mill jar* masing-masing 200 rpm dan 250 rpm, pada kondisi ini terlihat proses penghalusan serbuk tidak terjadi dengan baik, hal ini sejalan dengan yang telah diuraikan pada bagian tabel 2 di atas.







Gambar 10. Foto SEM bentuk serbuk alumina (a) kondisi awal, (b) 100 rpm, (c) 150 rpm, (d) 200 rpm, dan (e) 250 rpm

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan terhadap penghalusan serbuk alumina, dapat disimpulkan bahwa putaran *mill jar* 150 rpm merupakan putaran yang paling optimal karena dapat mereduksi ukuran serbuk alumina mencapai 37,3 %, dari ukuran awal 70,28 μm menjadi 44,07 μm . Pada hasil pengamatan bentuk serbuk alumina dengan SEM, juga membuktikan bahwa putaran 150 rpm menghasilkan ukuran serbuk yang lebih halus dengan bentuk *irregular*.

REFERENSI

- Arman, D. (2018) 'klasifikasi ukuran penggerusan tipe screener ball mill, *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Surabaya*, pp. 97–103.
- Cai, X., Tong, H., Shen, X., Chen, W., Yan, J., & Hu, J. (2009). Preparation and characterization of homogeneous chitosan-poly(lactic acid)/hydroxyapatite nanocomposite for bone tissue engineering and evaluation of its mechanical properties. *Acta Biomaterialia*, 5(7), 2693–2703. <https://doi.org/10.1016/j.actbio.2009.03.005>
- Chang, L. S., Chuang, T. H., & Wei, W. J. (2000). Characterization of alumina ceramics by ultrasonic testing. *Materials Characterization*, 45(3), 221–226. [https://doi.org/10.1016/S1044-5803\(00\)00081-4](https://doi.org/10.1016/S1044-5803(00)00081-4)
- Feng, P., Niu, M., Gao, C., Peng, S., & Shuai, C. (2014). A novel two-step sintering for nano-hydroxyapatite scaffolds for bone tissue engineering. *Scientific Reports*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep05599>
- Feng, P., Niu, M., Gao, C., Peng, S., & Shuai, C. (2014). A novel two-step sintering for nano-hydroxyapatite scaffolds for bone tissue engineering. *Scientific Reports*, 4, 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep05599>
- Groseclose, L. E., & Johnson, R. A. (1985). Status of the Agt 100 Advanced Gas Turbine Program. *American Society of Mechanical Engineers (Paper)*, 1–6. <https://doi.org/10.1115/85-gt-205>
- Indra, A., Firdaus, R., Mulyadi, I. H., Affi, J., & Gunawarman. (2020). Enhancing the physical and mechanical properties of pellet-shaped hydroxyapatite by controlling micron- and nano-sized powder ratios. *Ceramics International*, 46(10), 15882–15888. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2020.03.136>
- Kaur, G., Kumar, V., Baido, F., Mauro, J. C., Pickrell, G., Evans, I., & Bretcanu, O. (2019). Mechanical properties of bioactive glasses, ceramics, glass-ceramics and composites: State-of-the-art review and future challenges. *Materials Science and Engineering C*, 104, 109895. <https://doi.org/10.1016/j.msec.2019.109895>
- Lin, C., Rüssel, C., & Dai, S. (2018). Chalcogenide glass-ceramics: Functional design and crystallization mechanism. *Progress in Materials Science*, 93, 1–44. <https://doi.org/10.1016/j.pmatsci.2017.11.001>
- Prastowo, F., Giovanny, A., Andri, M., Handra, N., Elfina, S., & Indra, A. (2020). Sifat Sintered Body Keramik Alumina pada Ukuran Partikel yang Direduksi. *Prosiding Nasional Rekayasa Teknologi Industri Dan Informasi XV*, 2020, 115–121.
- Reid, C. B., Forrester, J. S., Goodshaw, H. J., Kisi, E. H., & Suaning, G. J. (2008). A study in the mechanical milling of alumina powder. *Ceramics International*, 34(6), 1551–1556. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2007.05.003>
- Sejati, A. W., Suhendi, A., & Wibowo, E. (2019). Rancang Bangun Mesin Ball Mill Vertikal Dengan Kontrol Kecepatan Berbasis Pulse Width Modulation. *eProceedings of Engineering*, 6(1).
- Wright, A. J., & Luo, J. (2020). A step forward from high-entropy ceramics to compositionally complex ceramics: a new perspective. *Journal of Materials Science*, 55(23), 9812–9827. <https://doi.org/10.1007/s10853-020-04583-w>
- Yuan, C., & Wu, F. (2013). Robust control of switched linear systems via min of quadratics. In *ASME 2013 Dynamic Systems and Control Conference, DSCC 2013* (Vol. 1). <https://doi.org/10.1115/DSCC2013-3715>
- Yuan, J., Liu, J., Zhou, Y., Wang, J., & Xu, T. (2019). Aluminum agglomeration of AP/HTPB composite propellant. *Acta Astronautica*, 156, 14–22. <https://doi.org/10.1016/j.actaastro.2018.11.009>
- Zhang, W., Wang, F., Davis, K. O., Jiang, K., Schoenfeld, W. V., & Looney, J. P. (2017). Interfacial structure and passivation properties of Al₂O₃ on silicon. *2017 IEEE 44th Photovoltaic Specialist Conference, PVSC 2017*, 42–45. <https://doi.org/10.1109/PVSC.2017.8366229>