

Volume Kerja dan Waktu Penggilingan Tongkol Jagung pada Ukuran Produk/ Morfologi dalam Proses Ball Mill

Ahmad Nurul Muttaqin^{1*}, Uswatul Hasanah Mihdar²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Ujung Pandang, Makassar 90245, Indonesia
^{*}ahmadnurulmuttaqin@poliupg.ac.id

***Abstract:** The use of corncob powder is very wide in various industrial fields, namely as a source of dietary fiber, the basic material for making bio-plastics, partial replacement of cement in the manufacture of concrete, functional chemicals, oyster mushroom cultivation media. The most efficient method in producing corncob powder is the Ball Mill Process. The purpose of this study was to evaluate the effect of working volume and milling time on the characteristics of corn cob powder. The research procedures include specimen preparation (including cutting and drying processes) and milling processes. The results obtained were then characterized using a scanning laser microscope (LSM) to analyze the morphology and size of the product, lower working volume results in a smaller powder production with a needle-like sharp edge morphology and a higher work volume also results in a powder that has a blunt edge morphology. Although working volume can potentially be used to control particle size, this parameter has a direct effect on powder yield. As for the long milling time, it produces a smaller powder size than the faster milling time.*

Keywords: Ball Mill Process; Scanning Laser Microscope; Working Volume, Milling Time

Abstrak: Pemanfaatan serbuk tongkol jagung sangat luas dalam berbagai bidang industri yaitu sebagai sumber serat pangan, bahan dasar pembuatan bioplastik, pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton, bahan kimia fungsional, media budidaya jamur tiram. Metode yang paling efisien dalam memproduksi bubuk tongkol jagung adalah Proses Ball Mill. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh volume kerja dan waktu giling terhadap karakteristik tepung tongkol jagung. Prosedur penelitian meliputi preparasi spesimen (termasuk proses pemotongan dan pengeringan) dan proses milling. Hasil yang diperoleh kemudian dikarakterisasi menggunakan scanning laser mikroskop (LSM) untuk menganalisis morfologi dan ukuran produk, volume kerja lebih rendah menghasilkan produksi serbuk yang lebih kecil dengan morfologi ujung yang tajam seperti jarum dan volume kerja yang lebih tinggi juga menghasilkan serbuk yang memiliki morfologi ujung yang tumpul. Meskipun volume kerja berpotensi digunakan untuk mengontrol ukuran partikel, parameter ini memiliki efek langsung pada hasil bubuk. Sedangkan untuk waktu milling yang lama menghasilkan ukuran serbuk yang lebih kecil dibandingkan dengan waktu milling yang lebih cepat.

Kata kunci : Ball Mill; Scanning Laser Microscope; Volume Kerja; Waktu Penggilingan

I. PENDAHULUAN

Jagung merupakan sayuran utama dan penting yang dibudidayakan di Indonesia. Sayuran ini mengandung nutrisi yang lengkap, seperti karbohidrat, protein, vitamin, dan beberapa mineral penting. Permintaan jagung di Indonesia saat ini meningkat drastis, namun produksi dan produktivitasnya rendah karena beberapa faktor pembatas antara lain variasi kondisi iklim pertanian dan budidaya jagung non hibrida [1]. Produksi dan produktivitas jagung di Indonesia dapat ditingkatkan dengan membudidayakan hibrida genjah, meningkatkan produktivitas lahan, dan merotasi hibrida genjah yang adaptif dengan iklim agroklimat dan waktu tanam tertentu. Strategi ini dapat diterapkan dengan sukses jika dapat memilih hibrida berumur lebih awal dan berproduksi tinggi [1].

Tongkol jagung merupakan limbah lignoselulosa yang ketersediaannya sangat melimpah di Indonesia. Limbah lignoselulosa merupakan limbah pertanian yang mengandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin. Masing-masing merupakan senyawa yang berpotensi untuk diubah menjadi produk yang lebih bermanfaat. Salah satu produk pertanian unggulan Indonesia adalah jagung.

Berdasarkan data BPS (Badan Pusat Statistik), produktivitas jagung pada tahun 2011 mencapai 17,92 juta ton, sedangkan pada tahun 2013 meningkat menjadi 18,51 juta ton dan selalu meningkat setiap tahunnya. Hasil jagung terdiri dari 60-70% berupa jagung pipilan dan 30% berupa limbah tongkol jagung[2].

Jagung memiliki potensi besar sebagai bahan baku industri makanan, minuman, minyak dan pakan ternak. Kandungan protein jagung lebih tinggi dari beras, sehingga cocok sebagai bahan makanan yang bergizi. Hasil analisis yang dilakukan oleh Balitjas bahwa kandungan protein 100 g tepung jagung, sorgum dan terigu berturut-turut adalah 9,2 g, 11,0 g dan 11,5 g, lebih tinggi dari tepung beras yang hanya mengandung 7,0 g protein [3]. Dalam beberapa penelitian, serbuk tongkol jagung dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang, misalnya serbuk tongkol jagung dapat dimanfaatkan sebagai sumber serat pangan [4], dapat digunakan sebagai bahan dasar pembuatan bioplastik [5], dapat digunakan sebagai pengganti sebagian semen dalam pembuatan beton[6], dapat digunakan sebagai sumber bahan kimia fungsional[7] dan masih banyak lagi fungsi bubuk tongkol jagung.

Ball mill merupakan peralatan yang memiliki peranan penting dalam bidang produksi dalam suatu industri. Ball mill banyak digunakan oleh industri sebagai bahan gerinda, salah satunya adalah semen, produk silikat, bahan refraktori, pupuk kimia, kaca, keramik. Mill ini sangat cocok untuk material dengan kekerasan tinggi karena kerja dari ball mill itu sendiri menggiling material secara terus menerus sehingga material tersebut digiling hingga menjadi halus. Secara konvensional, istilah penggilingan halus digunakan untuk kisaran ukuran di bawah 100 μm dan penggilingan sangat halus digunakan untuk ukuran partikel di bawah 10 μm [8].

Penggilingan bola adalah teknik mekanis yang banyak digunakan untuk menggiling bubuk menjadi partikel halus dan bahan campuran.18 Menjadi teknik yang ramah lingkungan dan hemat biaya, teknik ini telah menemukan aplikasi luas dalam industri di seluruh dunia. Karena review mini ini terutama berfokus pada kondisi yang diterapkan untuk persiapan dan fungsionalisasi turunan nanoselulosa oleh ball mill, daripada permesinan itu sendiri [9].

Namun demikian, gambaran umum dari berbagai jenis peralatan dilaporkan dalam bagian ini. Tergantung pada aplikasinya, ada berbagai jenis ball mill. Namun, umumnya terdiri dari cangkang silinder berongga yang berputar mengelilingi porosnya, yang sebagian diisi dengan bola yang terbuat dari misalnya baja, baja tahan karat, keramik atau karet. Itu bergantung pada energi yang dilepaskan dari benturan dan gesekan antara bola (media penggilingan atau penggilingan) dan bubuk [9]. Permasalahan yang dihadapi dalam pengembangan tepung tongkol jagung sebagai alternatif sumber selulosa industri di Indonesia saat ini adalah belum adanya metode penggilingan tongkol jagung yang tepat untuk menghasilkan tepung yang berkualitas baik. Masih banyak kendala atau kekurangan yang muncul dari metode yang dikembangkan saat ini, misalnya stamp mill. Salah satu kendalanya adalah proses milling yang tidak efisien, karena membutuhkan waktu grinding. Selain itu penggilingan masih menghasilkan ukuran serbuk yang relatif besar, semua kendala tersebut perlu diatasi dengan mengembangkan metode penggilingan lain yang dapat menutupi segala kekurangan. Salah satunya adalah metode "Ball Mill".

Metode Ball Mill didasarkan pada prinsip penghancuran material dengan menggunakan sejumlah tumbukan bola dalam tabung horizontal yang berputar sehingga bola akan terangkat pada sisi-sisi tabung kemudian jatuh menimpa material yang ditumbuk dan menimbulkan bola tersebut. untuk istirahat. struktur material dengan ukuran yang sangat halus. Keunggulan metode Ball Mill adalah waktu penggilingan lebih cepat dan serbuk yang dihasilkan relatif lebih halus sehingga dapat meningkatkan hidrasi serbuk menjadi air.

Untuk mendapatkan kondisi optimal untuk mereduksi ukuran partikel akhir, banyak parameter yang harus diperhatikan [10], seperti waktu milling [10,11], kecepatan milling [10,12,13], beban bola dan material [10,12], ukuran bola dan material [12], diameter botol milling, volume kerja [13]. Diantara parameter-parameter tersebut di atas, volume kerja merupakan salah satu parameter yang

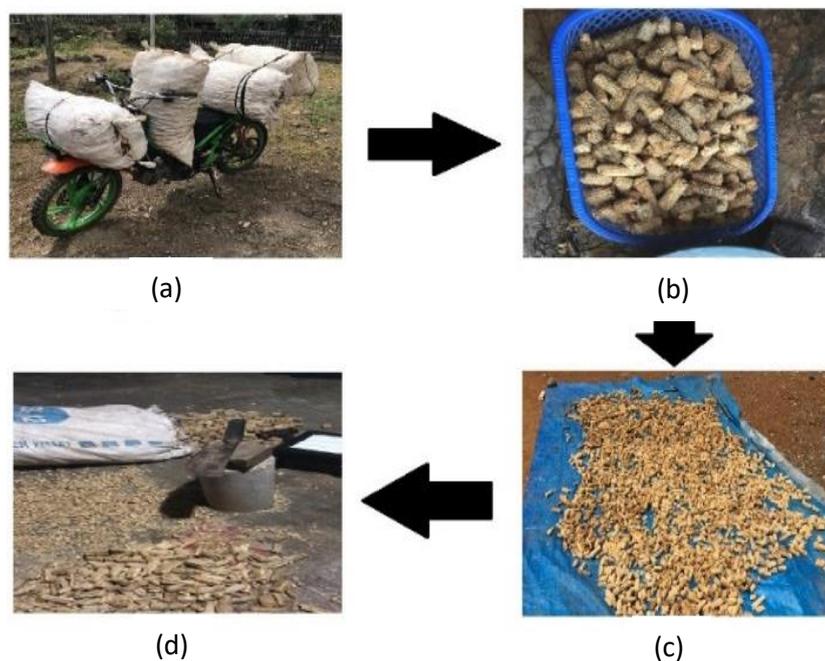
paling menarik karena memiliki korelasi langsung dengan jumlah input/output pada proses ball milling [13]. Berdasarkan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi volume kerja dan waktu penggilingan tongkol jagung pada ukuran produk/ morfologi dalam proses ball mill.

II. METODE PENELITIAN

Prosedur percobaan meliputi: (i) persiapan spesimen (termasuk proses pemotongan dan pengeringan) dan (ii) proses penggilingan bola. Gambar 1 ditambahkan untuk memperjelas prosedur percobaan yang dilakukan dalam penelitian ini.

A. Persiapan spesimen

Tongkol jagung (diperoleh dari Sapaya, Gowa) dicuci, dikeringkan, dan diiris kecil-kecil. Pencucian tongkol jagung menggunakan air tawar adalah langkah awal, kemudian tongkol jagung dijemur selama 12 jam dalam waktu 2 hari dengan panas matahari setelah dilakukan proses penjemuran, selanjutnya tongkol jagung dipotong kecil-kecil dengan ukuran kurang lebih 1 cm untuk memudahkan proses penggilingan.



Gambar 1. Proses persiapan spesimen, (a) Pengumpulan Bahan, (b) Pencucian, (c) Pengeringan, dan (d) Pemotongan tongkol jagung.

B. Proses penggilingan bola

Proses penggilingan dilakukan dengan memasukkan tongkol jagung yang telah dipotong kecil-kecil ke dalam alat *ball milling*. Secara umum alat *milling ball* sendiri terdiri dari tabung milling berbentuk silinder (ST 37; diameter = 22,86 cm; panjang = 38 cm) [14] dan bola stainless steel ukuran 20 mm sebanyak 100 biji dan ukuran 10 mm sebanyak 100 biji. Proses *ball milling* dilakukan pada suhu ruang, kecepatan putaran tabung milling adalah 100 rpm. Pada penelitian ini waktu milling divariasikan dari 30, 40, dan 60 menit, dan volume kerja atau pengisian tabung *ball mill* divariasikan dari 20, 30, 50 hingga 70% [13]. Selain itu, untuk mendapatkan rendemen produk, massa produk dibandingkan dengan massa awal benda uji.

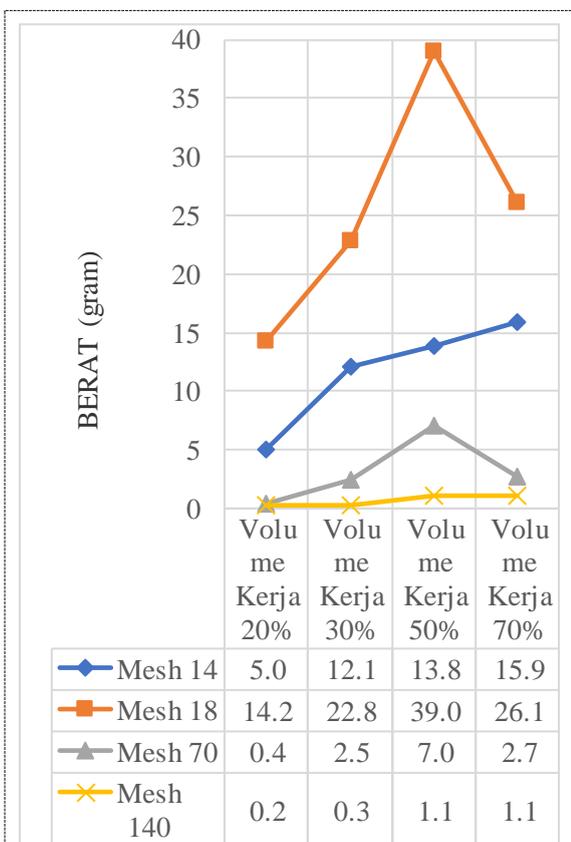
Beberapa karakterisasi yang dilakukan: pemindaian *Laser Scanning Microscope* (LSM; DL541DG; Lab Metalurgi, Universitas Hasanuddin) untuk menganalisis morfologi dan ukuran produk.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

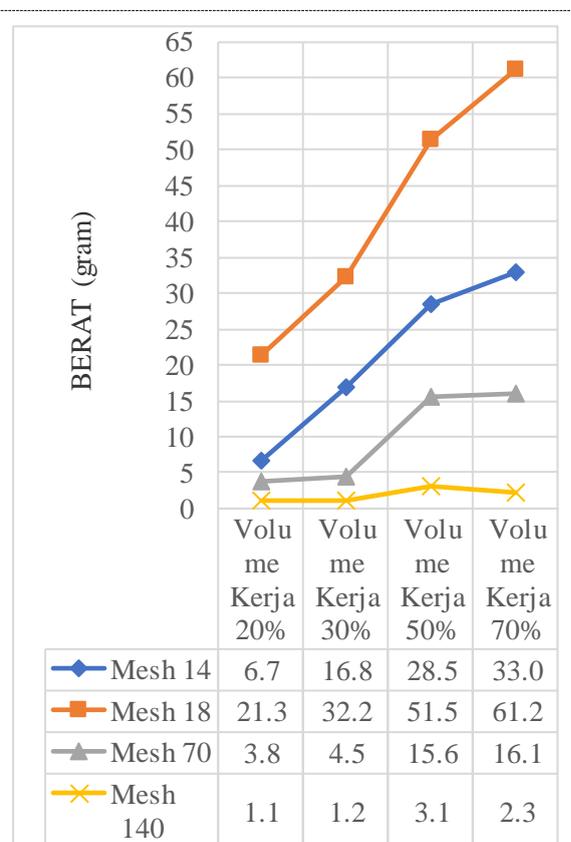
Pembahasan dalam penelitian ini dibagi menjadi 4 poin yaitu (i) pengaruh volume kerja dan waktu penggilingan pada proses ball mill, (ii) karakterisasi menggunakan LSM untuk melihat morfologi bubuk tongkol jagung.

A. Pengaruh waktu milling dan volume kerja pada proses ball milling

Gambar 2 menunjukkan hasil analisis distribusi ukuran di bawah ini dengan waktu milling 30 menit menggunakan volume kerja 20, 30, 50, dan 70%. Hasil ini menunjukkan bahwa partikel awal (setelah proses pemotongan pisau) memiliki distribusi ukuran yang lebar. Kemudian, puncak maksimum distribusi ukuran bergeser ke ukuran yang lebih kecil seiring waktu pemrosesan yang diperpanjang. Gambar 3 menunjukkan hasil analisis distribusi ukuran di bawah ini dengan waktu milling 60 menit menggunakan volume kerja 20, 30, 50, dan 70%. Waktu milling yang optimal diperoleh saat menerapkan proses milling 60 menit. Semakin lama waktu milling ternyata berpengaruh pada proses pengecilan ukuran [15].



Gambar 2. Grafik ukuran mesh 14, 18, 70, dan 140 untuk waktu milling 30 menit.



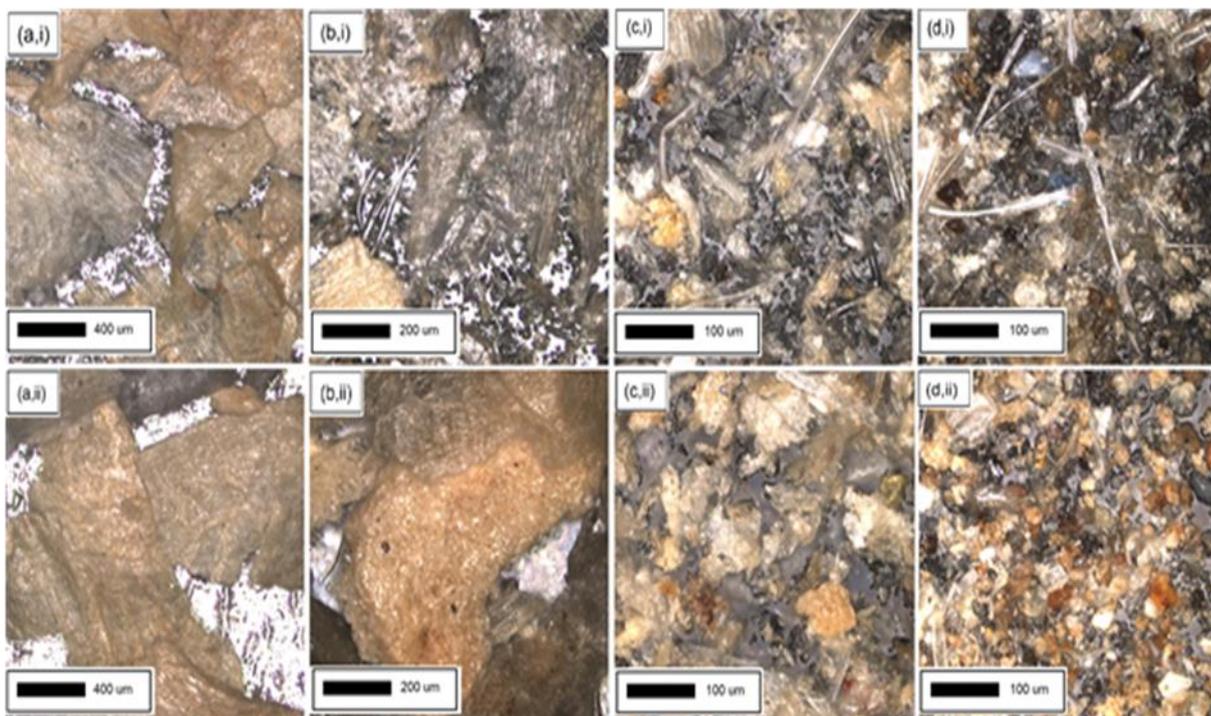
Gambar 3. Grafik ukuran mesh 14, 18, 70, dan 140 untuk waktu milling 60 menit.

Gambar 2 dan gambar 3 juga menunjukkan hasil analisis berbagai variasi volume pekerjaan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa volume kerja 50% dan 70% dapat lebih memperkecil ukuran serbuk. Dibandingkan dengan volume kerja 20% dan 30%, didapatkan hasil bahwa waktu milling yang optimal adalah 60 menit dengan volume kerja lebih dari 50% - 70%. Penerapan waktu milling yang lebih lama berdampak besar pada pengurangan ukuran partikel [15].

B. Hasil Analisis LSM

Proses penggilingan bola ke sampel menyebabkan pengurangan lebih lanjut ditemukan saat menggunakan volume kerja yang lebih tinggi, yang memungkinkan produksi partikel dengan ukuran jaring ganda. Untuk konfirmasi morfologi partikel, perbesaran citra LSM disajikan pada gambar 3 dengan working volume 20% dengan waktu milling 60 menit dengan mesh size 14 dengan perbesaran 50X (a,i), size mesh size 18 dengan perbesaran 100X (b, i), ukuran mesh 70 dengan perbesaran 200X (c, i), dan mesh size 140 dengan perbesaran 200X (d, i), Sedangkan untuk bagian kedua, volume kerja 70% dengan Waktu milling 60 menit dengan ukuran mesh 14 dengan perbesaran 50X (a,ii), mesh size 18 dengan perbesaran 100X (b,ii), mesh size 70 dengan perbesaran 200X (c,ii), dan mesh size 140 dengan perbesaran 200X (d, ii).

Hasil penelitian menjawab bahwa volume kerja berpengaruh terhadap perubahan distribusi ukuran partikel akhir. Partikel dengan distribusi ukuran lebar diperoleh saat menggunakan 70% volume kerja. Kemudian, ketika menggunakan volume kerja 20%, dihasilkan partikel yang lebih kecil dengan distribusi ukuran yang lebih sempit. Perbedaan bentuk dan ukuran partikel diperoleh dengan memvariasikan volume kerja (lihat Gambar 3). Besarnya ruang gerak bola menyebabkan momentum bola [14] lebih besar untuk volume kerja 20% sehingga menghasilkan serbuk dengan ujung yang tajam, sedangkan untuk volume kerja 70% menyebabkan berkurangnya ruang gerak bola. bola bergerak dan momentum bola kurang sehingga menghasilkan serbuk dengan ujung tumpul [13].



Gambar 3. Angka-angka analisis LSM spesimen di bawah berbagai volume kerja adalah: (a,i) ukuran mesh 14 pada perbesaran 50X untuk volume kerja 20%, (b,i) ukuran mesh 18 pada 100X untuk volume kerja 20%, (c,i) ukuran mesh 70 pada ukuran 200X untuk volume kerja 20%, dan (d,i) ukuran mesh 140 pada 200X untuk volume kerja 20%. (a,ii) ukuran mesh 14 pada perbesaran 50X untuk volume kerja 70%, (b,ii) ukuran mesh 18 pada 100X untuk volume kerja 70%, (c,ii) ukuran mesh 70 pada ukuran 200X untuk volume kerja 70%, dan (d,ii) ukuran mesh 140 pada 200X untuk volume kerja 70%.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian tentang karakterisasi serbuk tongkol jagung metode ball mill dengan variasi volume pengerjaan dan waktu penggilingan, dapat disimpulkan bahwa:

- a. Perancangan mesin Ball Mill dibuat menggunakan aplikasi Autodesk Inventor Professional 2018 dengan berbagai referensi skala laboratorium, berkapasitas 1,8 kg tongkol jagung dengan kecepatan putaran 100 rpm. Mesin ball mill horizontal adalah mesin gerinda dengan metode milling menggunakan tabung untuk pengaduk dengan bola Stainless Steel sebagai benda untuk membantu milling. Sistem kerja mesin ini menggunakan motor listrik 1 HP sebagai penggerak mesin. Massa bola gerinda sangat mempengaruhi besar kecilnya serbuk yang dihasilkan, variasi bola 20 mm dan 10 mm sebanyak 100 biji lebih optimal dalam menghasilkan serbuk dengan ukuran mata jaring 18 dibandingkan dengan mata jaring 14, 70, dan 140. Uji coba dengan variasi bola 20 mm dan 10 mm menghasilkan serbuk terbanyak pada ukuran mesh 14, diikuti mesh 18, 70, dan 140 .
- b. Hasil analisis LSM menunjukkan bahwa volume kerja yang tinggi menyebabkan bola menjadi kecil dan momentum bola menjadi kecil selama proses ball mill, sehingga menghasilkan powder flakes dengan morfologi tepi tumpul. Sedangkan untuk volume kerja yang rendah menyebabkan ruang gerak bola dan momentum bola pada saat proses ball mill menghasilkan serbuk serpih dengan ujung tajam seperti jarum

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Laboratorium Fisik Metalurgi Jurusan Teknik Mesin Universitas Hasanuddin dan semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu per satu atas dukungan yang telah diberikan sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Salsabila, Dregs Tea. 2020. "Indonesian Journal of Devotion an Empowerment 2 (1) 2020." 2(1):35–37.
- [2] Regency, District Kendal. 2015. "Analysis of Production Functions and Efficiency of Corn at Patean District Kendal Regency." JEJAK: Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan 8(2):160–72. doi: 10.15294/jejak.v8i2.6168.
- [3] Mancebo, Camino M., Cristina Merino, Mario M. Martínez, and Manuel Gómez. 2015. "Mixture Design of Rice Flour, Maize Starch and Wheat Starch for Optimization of Gluten Free Bread Quality." Journal of Food Science and Technology 52(10):6323–33. doi: 10.1007/s13197-015-1769-4.
- [4] Anioła , Jacek , Jan Gawęcki , Jolanta Czarnocińska , and Grzegorz Galiński . 2009. "Corncoobs as a Source of Dietary Fiber ." Polish Journal of Food and Nutrition Sciences 59(3):247–49.
- [5] C. Onuoha, O.O. Onyemaobi, C.N. Anyakwo, G. C. Onuegbu. 2017. "Effect Of Filler Loading And P article Size On The Mechanical Properties Of Periwinkle Shell-Filled Recycled Polypropylene Composites." American Journal of Engineering Research (AJER) 6(4):72–79.
- [6] Ashour, Ahmed, Mohamed Amer, Amani Marzouk, Kuniyoshi Shimizu, Ryuichiro Kondo, and Saleh El-Sharkawy. 2013. "Corncoobs as a Potential Source of Functional Chemicals." Molecules 18(11):13823–30. doi: 10.3390/molecules181113823.
- [7] Desai, Pranav H. 2018. "Experimental Study on Corn Cob Ash Powder As Partial Replacement of Cement in Concrete." 724–28.
- [8] Mulenga, Francois. 2008. "Effect of Ball Size Distribution On." 102.
- [9] Piras, Carmen C., Susana Fernández-Prieto, and Wim M. De Borggraeve. 2019. "Ball Milling: A Green Technology for the Preparation and Functionalisation of Nanocellulose Derivatives."

- Nanoscale Advances 1(3):937–47. doi: 10.1039/c8na00238j.
- [10] Stolle, Achim, Tony Szuppa, Silke E. S. Leonhardt, and Bernd Ondruschka. 2011. “Ball Milling in Organic Synthesis: Solutions and Challenges.” *Chemical Society Reviews* 40(5):2317–29. doi: 10.1039/c0cs00195c.
- [11] Li, Xinyue, Mito Kokawa, and Yutaka Kitamura. 2018. “Influence of Micro Wet Milling Parameters on the Processing of Komatsuna (*Brassica Rapa* Var. *Perviridis*) Juice with Rich Phosphatidic Acid.” *Journal of Food Engineering* 217:50–57. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2017.08.021.
- [12] Lv, Yi Ju, Jing Su, Yun Fei Long, Xiao Yan Lv, and Yan Xuan Wen. 2014. “Effect of Milling Time on the Performance of Bowl-like LiFePO₄/C Prepared by Wet Milling-Assisted Spray Drying.” *Ionics* 20(4):471–78. doi: 10.1007/s11581-013-1002-2.
- [13] Nandiyanto, Asep Bayu Dani, Riezqa Andika, Muhammad Aziz, and Lala Septem Riza. 2018. “Working Volume and Milling Time on the Product Size/Morphology, Product Yield, and Electricity Consumption in the Ball-Milling Process of Organic Material.” *Indonesian Journal of Science and Technology* 3(2):82–94. doi: 10.17509/ijost.v3i2.12752.
- [14] Ugwuegbu, C. C., A. I. Ogbonna, U. S. Ikele, J. U. Anaele, U. P. Ochieze, and A. Onwuegbuchulam. 2017. “Design, Construction and Performance Analysis of a 5 KgLaboratory Ball Mill.” *Global Journal of Researches in Engineering* 17(2):26–42.
- [15] Toozandehjani, Meysam, Khamirul Amin Matori, Farhad Ostovan, Sidek Abdul Aziz, and Md Shuhazlly Mamat. 2017. “Effect of Milling Time on the Microstructure, Physical and Mechanical Properties of Al-Al₂O₃ Nanocomposite Synthesized by Ball Milling and Powder Metallurgy.” *Materials* 10(11). doi: 10.3390/ma10111232.