

Investigasi pembuatan mikropartikel carbon menggunakan mesin *high energy ball milling* (HEBM) model *shaker mill*

Nugroho Tri Atmoko^{a*}, Bambang Margono^a, Fariyono^b, Wahyu Purna Satrio^a

^aDepartemen of Mechanical Engineering, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Jl. Raya Solo – Baki No.Km 2, Kwarasan, Kec. Grogol, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah

^bDepartemen of Electrical Engineering, Sekolah Tinggi Teknologi Warga Surakarta, Jl. Raya Solo – Baki No.Km 2, Kwarasan, Kec. Grogol, Kabupaten Sukoharjo, Jawa Tengah

*E-mail: nugrohoatmok2@gmail.com

Abstract

The challenge of human civilization is to produce materials that will perform better in the future, so it is necessary to develop new materials. In this research, the process of making carbon particles will be carried out using the high-energy ball milling (HEBM) with shaker mill model. The effect of the shaker mill process on carbon particles for 120 hours on size and morphology will be analyzed through a series of tests. The research began by preparing carbon powder that had been ground and passed through mesh 200. The carbon particles that had passed through mesh 200 were pounded into steel balls (high energy ball milling) using the shaker mill model. A particle size analysis (PSA) test was carried out to measure the dimensions of the carbon particles. In contrast, a scanning electron microscopy (SEM) test was carried out to see the shape and morphology of the carbon particles. The results show that the carbon particles measured before the shaker mill process are 2526.03nm, while the dimensions of the carbon particles will decrease to 608.43 when the shaker is milled for 120 hours. Meanwhile, the shape and morphology of the carbon particles do not appear to be homogeneous. This indicates that the shaker mill process on carbon particles for 120 hours has not reached nano dimensions and is homogeneous.

Kata kunci: *carbon particle; microparticle; psa; sem; shaker mill*

Abstrak

Tantangan peradaban umat manusia saat ini adalah menghasilkan material yang memiliki kinerja lebih baik dimasa depan, sehingga perlu adanya material baru yang dikembangkan. Pada penelitian kali ini akan dilakukan proses pembuatan partikel carbon melalui metode *high energy ball milling* (HEBM) model *shaker mill*. Pengaruh proses *shaker mill* pada partikel carbon selama 120 jam terhadap ukuran dan morfologi akan dianalisis melalui serangkaian pengujian. Penelitian diawali dengan menyiapkan serbuk carbon yang sudah ditumbuk dan melewati mesh 200. Partikel carbon yang sudah melewati mesh 200 dilakukan penumbukan bola baja menggunakan metode *shaker mill*. Untuk mengukur dimensi partikel carbon tersebut dilakukan uji *Particle size analysis* (PSA) sedangkan untuk melihat bentuk serta morfologi partikel carbon dilakukan pengujian *scanning electron microscopy* (SEM). Hasil menunjukkan bahwa dimensi partikel carbon yang terukur sebelum proses *shaker mill* adalah 2526.03nm sedangkan dimensi ukuran partikel karbon akan mengecil menjadi 608.43 ketika dilakukan *shaker mill* selama 120 jam. Sedangkan bentuk serta morfologi dari partikel carbon terlihat belum homogen. Hal tersebut menandakan bahwa proses *shaker mill* pada partikel carbon selama 120 jam belum mampu mencapai dimensi nano dan homogen.

Kata kunci: *micropartikel; partikel carbon; psa; shaker mill; sem*

1. Pendahuluan

Sepanjang sejarah peradaban umat manusia didunia telah banyak membuat dan menyempurnakan material baru dengan tujuan untuk memenuhi serta menghasilkan material yang memiliki kinerja lebih baik dimasa depan. Kehidupan di abad ke dua puluh satu ini tidak bisa didasarkan pada kelompok material dasar saja, akan tetapi sebaliknya kehidupan pada abad ini harus didasarkan pada penemuan material tingkat lanjut yang disebut dengan “*advanced materials*”. Meskipun ada beberapa strategi dan pendekatan untuk membuat material tingkat lanjut, tumbukan secara mekanik (*mechanical milling*) dan kimia mekanik (*mechanochemistry*) telah menarik banyak perhatian dikalangan peneliti (1). Salah satu jenis tumbukan mekanik yang saat ini menjadi perhatian dikalangan peneliti adalah *High energy ball milling* (HEBM) yang merupakan suatu proses perlakuan pada serbuk dimana pemrosesan tersebut memanfaatkan energi tumbukan yang ditimbulkan oleh bola secara berulang. Model dari jenis tumbukan tersebut biasanya dibagi menjadi dua

model yakni *lowenergy* dan *high-energy mills* (2). Proses yang terjadi selama proses HEBM yakni deformasi, cacat material (*defect*), patahan (*fracture*) dan pemutusan/pembentukan ikatan kimia (3).

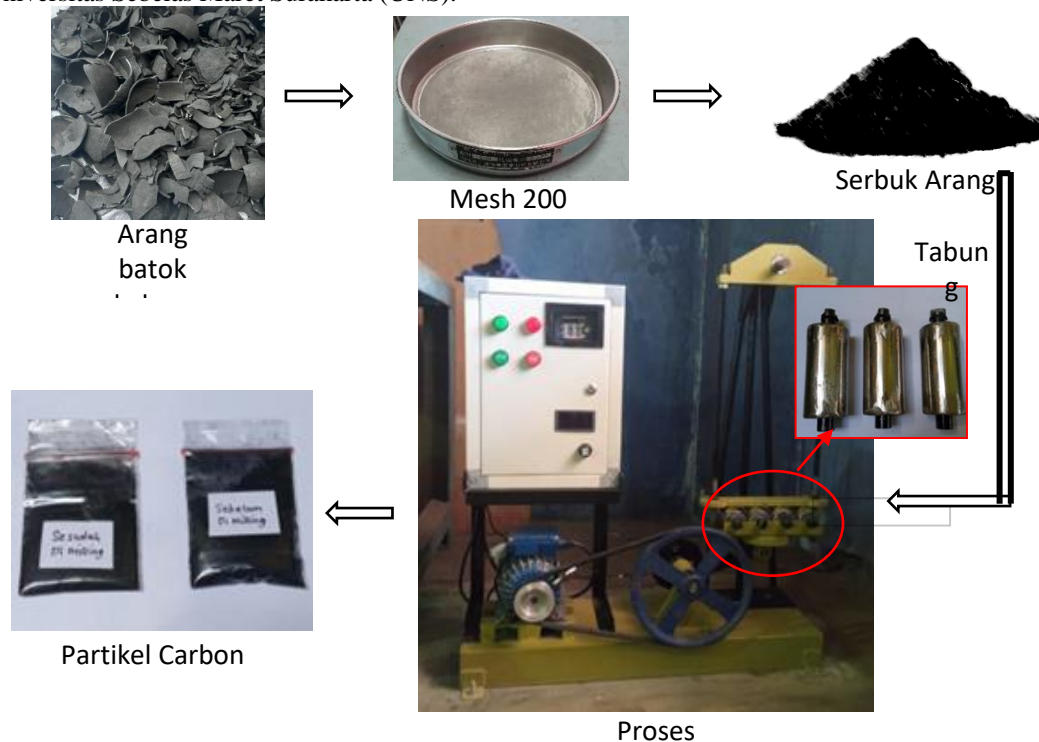
Penelitian tentang proses pembuatan carbon nanopartikel masih jarang dijumpai, sampai saat ini berbagai metode pembuatan nanoparticle yang pernah dilakukan yakni melalui metode *chemical vapor deposition*, ledakan (4), *plasma arc-discharging* (5,6), induksi gelombang mikro (7), reaksi hidrotermal (8) dan tumbukan bola baja (9). Umumnya metode yang digunakan tersebut membutuhkan biaya yang mahal, suhu yang tinggi, tekanan yang besar serta prosedur yang rumit, sehingga dinilai kurang efektif (9). Oleh karena itu, metode yang lebih efektif untuk proses pembuatan nanoparticle dimana lebih hemat biaya, sederhana dan tidak membutuhkan prosedur yang rumit sangat dibutuhkan. Salah satu penelitian yang memanfaatkan metode tumbukan bola baja sebenarnya pernah dilakukan oleh Indra dkk dimana pembuatan partikel carbon menggunakan bola baja ¼ inch sebagai penumbuk ketika proses penumbuk bola baja berlangsung selama 2 juta siklus, 3 juta siklus dan 4 juta siklus. Untuk menganalisa hasil dari proses penumbuk bola baja tersebut pengujian *particle size analysis* (PSA) dan *Scanning electron microscopy* (SEM-EDX) dilakukan. Hasil menunjukkan bahwa unsur kimia yang terdapat pada carbon nanopartikel tersebut tidak homogen (10).

Berdasarkan studi literatur yang peneliti temukan, masih jarang penelitian yang berfokus untuk menganalisis hasil dari proses pembuatan carbon nanopartikel menggunakan metode *high energy ball milling* model *shaker mill*. Maka dari itu, melalui penelitian ini akan dilakukan proses pembuatan carbon nanoparticle yang terbuat dari arang tempurung kelapa dengan memanfaatkan metode *high energy ball milling* model *shaker mill*. Analisis yang dilakukan meliputi pengukuran dimensi, morfologi serta struktur partikel carbon.

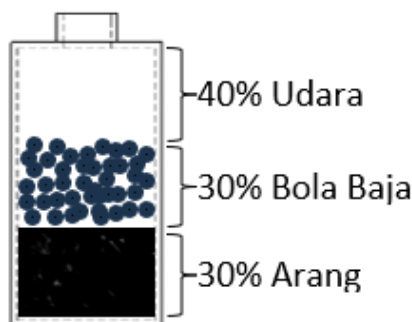
Penelitian ini diharapkan mampu menciptakan material carbon yang berskala nano serta dapat menjadi salah satu sumber referensi dalam proses pembuatan carbon nanopartikel yang telah dianalisis melalui serangkaian pengujian.

2. Material dan metode penelitian

Gambar 1 merupakan tahapan penelitian pembuatan partikel carbon menggunakan metode *high energy ball milling* model *shaker mill*. Penelitian diawali dengan menyiapkan arang tempurung kelapa yang nantinya digunakan sebagai bahan dasar pembuatan carbon partikel. Sebelum dilakukan proses *shaker mill* partikel carbon dari arang tempurung kelapa tersebut diayak menggunakan mesh 200. Partikel carbon yang telah melewati proses mesh 200 dimasukkan kedalam tabung reaksi dengan perbandingan isian ruang 30% arang; 30% bola baja dan 40% udara seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Bola baja menggunakan ukuran 3/16 Inch. Terdapat 4 tabung reaksi pada penelitian ini serta memanfaatkan motor listrik dengan kecepatan putar 700 RPM. Proses *shaker mill* dilakukan selama 120 Jam yang bertempat di Laboratorium Pengelasan Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta. Untuk menganalisis hasil pembuatan partikel carbon berupa dimensi serta ukuran dilakukan pengujian *particle size analysis* (PSA) sedangkan untuk mengetahui bentuk morfologi dan struktur partikel carbon pada penelitian ini dilakukan uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM). Pengujian untuk menganalisis hasil pembuatan partikel carbon tersebut dilakukan di PUI-Baterai Lithium Universitas Sebelas Maret Surakarta (UNS).



Gambar 1. Tahapan penelitian pembuatan carbon particle menggunakan metode HEBM model *shaker mill*



Gambar 2. Komposisi tabung reaksi

Besarnya energi tumbukan yang terjadi antara bola baja dan partikel carbon di dalam tabung reaksi mengikuti formulasi energi kinetik berikut (11)(12):

$$Ek = I\omega^2R$$

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Untuk menganalisis hasil dari pembuatan *carbon particle* menggunakan metode *high energy-ball milling* (HEM) model *shaker mill* pada penelitian ini maka terdapat dua pengujian yang dilakukan yakni pengujian *particle size analysis* (PSA) dan *scanning electron microscopy* (SEM).

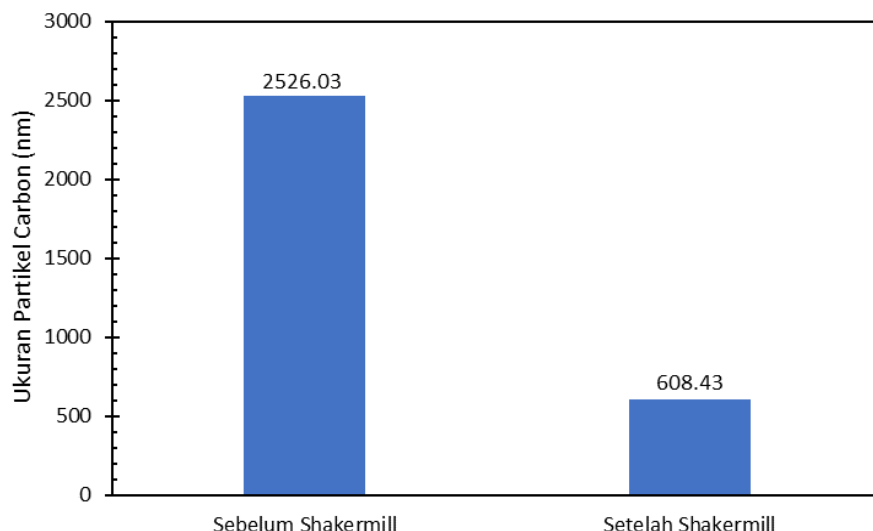
3.1. Uji Particle Size Analysis (PSA)

Pengujian PSA dilakukan untuk mengetahui dimensi dari partikel carbon sebelum dan setelah mengalami proses *shaker mill*. Partikel carbon berasal dari arang Sebelum dilakukan proses *shaker mill* partikel carbon diayak menggunakan mesh 200, adapun tujuan dari proses ayak tersebut agar partikel carbon memiliki dimensi yang seragam. Pada saat proses pengujian PSA, masing-masing spesimen uji dilakukan tiga kali pengukuran dimensi partikel (sampling), hasil dari pengujian PSA dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 3.1 Hasil Uji Particle Size Analysis (PSA)

No	Jenis Spesimen	Sampling ke-	Ukuran Partikel (nm)	Rata-rata (nm)
1	Sebelum <i>shaker mill</i>	1	3335.60	2526.03
		2	2053.20	
		3	2189.30	
2	Setelah <i>Shaker mill</i>	1	592.40	608.43
		2	675.40	
		3	557.50	

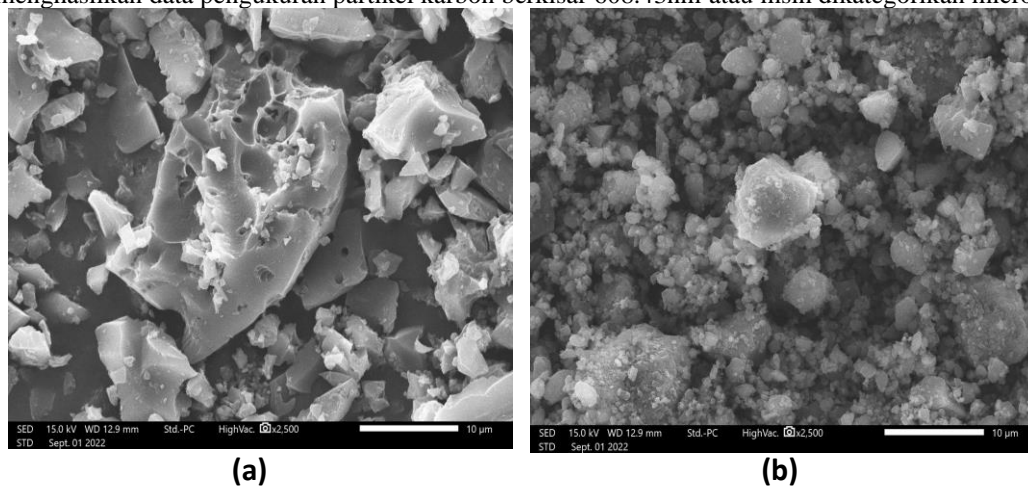
Untuk memudahkan analisis maka dari Tabel 1 dibuat grafik seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Gambar 3 menunjukkan hasil rata-rata perbandingan ukuran partikel carbon sebelum dan setelah proses *shaker mill*. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan melalui uji PSA didapat data bahwa sebelum *shaker mill* partikel carbon memiliki ukuran-rata-rata sebesar 2526.03 nm, sedangkan partikel carbon setelah mengalami proses *shaker mill* menjadi 608.43 nm atau mengalami penyusutan ukuran sebesar 76% jika dibandingkan dengan partikel carbon sebelum proses *shaker mill*. Hasil tersebut sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh A.Storion dkk yang menyatakan dalam penelitiannya bahwa pembuatan partikel carbon memanfaatkan metode *high energy-ball milling* model *shaker mill* terbukti efektif untuk mengurangi ukuran suatu partikel dan waktu yang dibutuhkan jauh lebih singkat jika dibandingkan dengan metode konvensional (13).



Gambar 3. Perbandingan rata-rata ukuran partikel carbon sebelum dan sesudah *shaker mill*

3.2 Hasil Uji *Scanning Electron Microscopy* (SEM)

Pengujian SEM dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui morfologi serta bentuk struktur partikel carbon sebelum dan setelah mengalami proses *shaker mill*. Hasil uji SEM dapat dilihat pada Gambar 4 yang menunjukkan morfologi serta bentuk partikel carbon sebelum dan setelah mengalami proses *shaker mill*. Pada Gambar 4(a) yang merupakan hasil uji SEM dari partikel carbon sebelum proses *shaker mill* terlihat bahwa partikel tidak homogen dan cenderung kasar. Sedangkan pada Gambar 4(b) yang merupakan hasil uji SEM pada spesimen partikel carbon setelah mengalami proses *shaker mill* terlihat morfologi dari partikel carbon lebih seragam dan homogen, selain itu ukuran partikel carbon cenderung lebih kecil jika dibandingkan dengan partikel carbon sebelum mengalami proses *shaker mill*. Namun berdasarkan morfologi dari hasil uji SEM pada Gambar 4 partikel carbon yang dihasilkan dari proses *shaker mill* pada penelitian ini belum bisa dikatakan mencapai skala nano (14), hal tersebut juga diperkuat dengan hasil uji PSA yang menghasilkan data pengukuran partikel karbon berkisar 608.43nm atau masih dikategorikan microparticle.



Gambar 4. Morfologi partikel carbon hasil pengujian *scanning electron microscopy* (SEM): (a) Sebelum *shaker mill* dan (b) Setelah *Shaker mill*

4. Kesimpulan

Proses *High Energy ball milling* model *shaker mill* yang dilakukan pada serbuk carbon dapat mengurangi dimensi partikel tersebut. Berdasarkan hasil penelitian bahwa dimensi partikel carbon yang terukur sebelum proses *shaker mill* adalah 2526.03nm sedangkan dimensi ukuran partikel karbon akan mengecil menjadi 608.43 ketika dilakukan *shaker mill* selama 120 jam. Hal tersebut menandakan bahwa proses *shaker mill* selama 120 jam belum mampu mencapai ukuran nanopartikel. Selain itu berdasarkan hasil uji SEM menunjukkan bahwa partikel carbon memiliki ukuran yang tidak seragam atau belum mencapai dimensi yang homogen baik sebelum *shaker mill* maupun setelah proses *shaker mill*.

Ucapan Terima Kasih

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Sekolah Tinggi Teknologi “Warga” Surakarta yang telah memberikan pendanaan melalui skema Penelitian Dasar Pemula (PDP) Lokal tahun 2023 (No.001/SPK-Penlok/PDP/PPPM/STTW/VII/2023)

Daftar Pustaka

1. Sherif El-Eskandarany M, Al-Hazza A, Al-Hajji LA, Ali N, Al-Duweesh AA, Banyan M, et al. Mechanical milling: A superior nanotechnological tool for fabrication of nanocrystalline and nanocomposite materials. *Nanomaterials*. 2021;11(10).
2. Aliofkhazraei M. *Handbook of Mechanical Nanostructuring*. 2015.
3. Dudina D V., Bokhonov BB. Materials Development Using High-Energy Ball Milling: A Review Dedicated to the Memory of M.A. Korchagin. *J Compos Sci*. 2022;6(7).
4. Luo N, Li X, Wang X, Yan H, Zhang C, Wang H. Synthesis and characterization of carbon-encapsulated iron/iron carbide nanoparticles by a detonation method. *Carbon N Y [Internet]*. 2010;48(13):3858–63. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2010.06.051>
5. Chaudhary RP, Mohanty SK, Koymen AR. Novel method for synthesis of Fe core and C shell magnetic nanoparticles. *Carbon N Y [Internet]*. 2014;79(1):67–73. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.carbon.2014.07.043>
6. Wang L, Xiong H, Ur Rehman S, Chen Y, Tan Q, Zhang L, et al. Optimized microstructure and impedance matching for improving the absorbing properties of core-shell C@Fe₃C/Fe nanocomposites. *J Alloys Compd [Internet]*. 2019;780:552–7. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.jallcom.2018.12.001>
7. Liang YC, Hwang KC, Lo SC. Solid-state microwave-arcing-induced formation and surface functionalization of core/shell metal/carbon nanoparticles. *Small*. 2008;4(4):405–9.
8. Zhang Z, Kong J. Novel magnetic Fe₃O₄@C nanoparticles as adsorbents for removal of organic dyes from aqueous solution. *J Hazard Mater [Internet]*. 2011;193:325–9. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jhazmat.2011.07.033>
9. Zhang Z, Wen G. Synthesis and characterization of carbon-encapsulated magnetite, martensite and iron nanoparticles by high-energy ball milling method. *Mater Charact [Internet]*. 2020;167(July):110502. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2020.110502>
10. Wardana surya indra. *Kajian Nano Partikel Dari Arang Bambu Dengan Penumbuk Bola Baja (Gotri) Ukuran ¼ Inchi*. 2017;1–20.
11. Bai Y, He F. Modeling on the effect of coal loads on kinetic energy of balls for ball mills. *Energies*. 2015;8(7):6859–80.
12. Huang P, Ding Y, Wu L, Fu S, Jia M. A novel approach of evaluating crushing energy in ball mills using regional total energy. *Powder Technol*. 2019;355:289–99.
13. Storion AG, Pallone EM de JA, Giraldi TR, Maestrelli SC. Influence of the *shaker mill* in the properties of ZnO processed by high energy milling. *Res Soc Dev*. 2021;10(12):e476101220855.
14. Prerna, Dubey A, Gupta R. An Overview: Nanoparticles. *Drugs Cell Ther Haematol*. 2021;1(3):215–20.