

PENGARUH BENTUK PARTIKEL FRAKSI PENGUAT FLY ASH PADA PENINGKATAN KEKERASAN DALAM PEMBUATAN METAL MATRIK KOMPOSIT

Muhammad Ghazali Arrahim^{1*)}, Leo Hutri Wicaksono¹⁾

¹⁾ Program Studi S1 Teknik Mesin, Universitas Widyagama Malang, Kota Malang

*Email Korespondensi: Ghazali@widyagama.ac.id

ABSTRAK

Metal Matrik komposit merupakan salah satu komposit logam yang memanfaatkan paduan aluminium sebagai matrik dalam fabrikasinya. Metal Matrik komposit memiliki aplikasi yang luas dalam bidang industri, karena sifatnya yang ringan dan kekuatan tinggi. Fabrikasi Metal Matrik komposit menggunakan aluminium paduan sebagai matrik didasari karena sifat aluminium sendiri sebagai material konvensional memiliki beberapa kelemahan diantaranya dalam hal kekuatan dan kekerasan. Dalam hal ini pembuatan komposit metal perlu ditambahkan penguat dengan spesifikasi bentuk partikel yang sesuai sehingga dalam penyebarannya dapat saling mengikat dan mengisi rongga yang terbentuk dan meningkatkan sifat kekerasan. Material penguat yang digunakan dalam penelitian kali ini yaitu fly ash. Fly ash sendiri merupakan limbah hasil pembakaran batu bara dengan bentuk partikel pozolan/spherical. Dalam penelitian ini proses fabrikasi spesimen menggunakan metode metalurgi serbuk. Metalurgi serbuk sendiri merupakan teknik produksi dengan menggunakan serbuk sebagai material awal kemudian dilakukan proses pembentukan. Proses yang dilakukan yaitu dengan memadatkan serbuk logam menjadi bentuk yang diinginkan dan kemudian memanaskannya di bawah temperatur leleh. Sehingga partikel-partikel antar matrik dan penguat dapat mengikat dengan lebih baik karena mekanisme transportasi massa akibat difusi atom antar permukaan partikel. Penggunaan fly ash sebagai penguat memberikan dampak terhadap ikatan antar partikel sehingga homogenitas terbentuk antara partikel matrik dan penguat. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan menunjukkan kenaikan kekerasan terhadap spesimen MMC yang ditambahkan penguat fly ash dengan variasi fraksi 9% memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 66,7 HRB. Dan dalam pengujian struktur mikro (SEM) ditunjukkan partikel fly ash yang tersebar secara merata dalam matrik aluminium. Bentuk partikel fly ash berupa spherical/bulatan memudahkan partikel berdifusi dalam matrik dan meningkatkan sifat kekerasan spesimen MMC.

Kata kunci: Metal Matrik Komposit, Aluminium, Fly Ash, Metalurgi Serbuk, Kekerasan

ABSTRACT

Metal matrix composite use that utilizes aluminum alloy as a matrix in its fabrication. Have a wide application in industry, due to their light weight and high strength. aluminum itself as a conventional material has several weaknesses including in terms of strength and hardness. In this case, the manufacture of metal composites needs to be added with reinforcement with the appropriate particle shape specifications so that in its distribution it can bind to each other and fill the voids formed and increase the hardness properties. The reinforcing material used in this study is fly ash. Fly ash itself is a waste from coal combustion in the form of pozzolanic/spherical particles. In this research, the specimen fabrication process uses powder metallurgy method. Production technique using powder as the starting material and then the forming process is carried out. The process is carried out by condensing a metal powder into a desired shape and then heating it below the melting temperature. So that the particles between the matrix and reinforcement can bind better because of the mass transport mechanism due to atomic diffusion between the particle surfaces. The use of fly ash

as a reinforcement has an impact on the bond between particles so that homogeneity is formed between the matrix and reinforcing particles. The results of the hardness test carried out showed an increase in the hardness of the MMC specimen which was added with fly ash with a variation of 9% fraction having the highest hardness value of 66.7 HRB. And in the microstructure test (SEM) it was shown that fly ash particles were evenly distributed in the aluminum matrix. The shape of the fly ash particle is spherical/spherical which makes it easier for the particles to diffuse in the matrix and increases the hardness of the MMC specimen.

Keywords: Metal Matrix Composite, Aluminium, fly Ash, Powder Metallurgy, Hardness

PENDAHULUAN

Komposit adalah material yang dibentuk dengan menggabungkan dua material konvensional berupa matrik dan penguat (reinforcement), matrik sebagai material dasar sedangkan penguat dapat berupa serat, partikel serbuk, agregat dan lain-lain[1]. Tujuan utama dari pembuatan komposit adalah untuk menemukan kombinasi sifat yang lebih baik yang dibentuk oleh beberapa material tunggal penyusunnya dengan menggabungkan karakteristik dari setiap komponen material penyusunnya. Komposit partikulat merupakan komposit dengan menggunakan partikel atau serbuk sebagai penguat dan terdistribusi secara merata ke dalam matrik[1]. Secara struktur mikro material komposit tidak merubah material pembentuknya (dalam orde kristalin) tetapi secara keseluruhan material komposit berbeda dengan material pembentuknya karena terjadi ikatan antar permukaan antara matriks dan Penguat, Ikatan antar permukaan ini terjadi karena adanya gaya adhesi dan kohesi pada persebaran partikel yang terjadi [2].

Dalam beberapa tahun terakhir, banyak penelitian yang secara luas mempelajari dan menganalisis paduan aluminium, Aluminium dalam bentuk paduannya memiliki keterbatasan, dimana aluminium sangat rentan kekerasannya dan sangat mudah terdeformasi. Metal Matrix Composite (MMC) merupakan salah satu komposit logam yang memanfaatkan paduan aluminium sebagai matrik dalam fabrikasinya. MMC memiliki aplikasi yang luas dalam bidang industri, karena sifatnya yang ringan dan kekuatan tinggi [3].

Dengan menambahkan penguat seperti Copper, Silikon, Zinc, dan Mangan menghasilkan komposit dengan kualitas, karakteristik dan sifat-sifat yang lebih baik, sehingga material yang digabungkan berupa matriks dan penguat harus diperhitungkan. Hal tersebut dikarenakan unsur kimia yang terkandung dalam logam pada metal matriks komposit berfungsi sebagai pembentuk senyawa, pengatur dan pengontrol butir dan didasari pada bentuk partikel, persentase fraksi, jenis penguat, reaksi pemanasan dan pengaruh temperatur pemanasan [4].

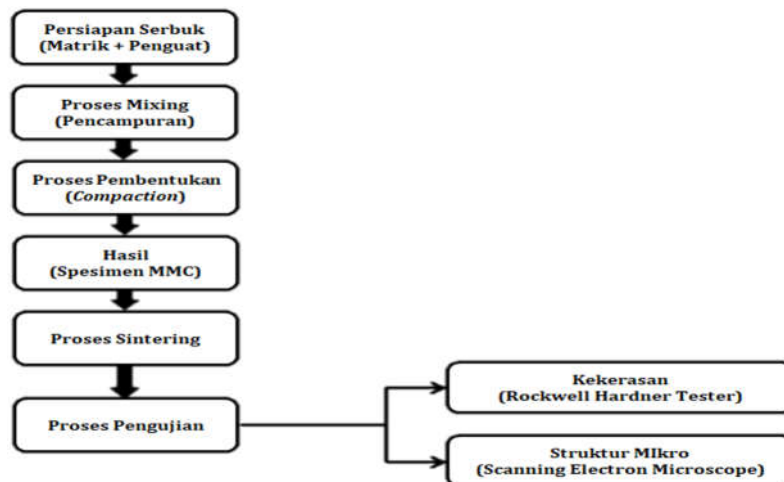
Penggunaan fly ash sebagai penguat pada pembuatan MMC didasari karena fly ash merupakan limbah pembakaran batu bara pada pembangkit listrik tenaga uap yang mengandung fraksi penguat berupa silika (Si) dengan kadar yang cukup tinggi dengan bentuk partikel yang berupa butiran/spherical [5].

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan MMC, dengan memanfaatkan serbuk aluminium sebagai matrik ditambahkan penguat fly ash dengan persentase fraksi yang ditentukan. Pengaruh bentuk partikel pada fly ash mempengaruhi pergerakan partikel lebih baik dan berdampak pada kerapatan yang terbentuk sehingga mengurangi dampak porositas dan menaikkan nilai kekerasan dan kekuatan pada produk MMC. pengaruh temperatur pada proses penekanan (*compacting*) dan proses sintering juga mempengaruhi *grain size reduction* sehingga ikatan kimia antar partikel yang terjadi memberikan perubahan terhadap sifat mekanik dan berdampak pada perubahan struktur mikro yang akan dilihat dan dianalisis menggunakan mikroskop optik dan elektron atau

mikroskop lainnya, sehingga material MMC dengan peningkatan sifat mekaniknya dapat dimanfaatkan secara aplikatif khususnya dalam bentuk komponen otomotif dan dapat menjadi sebuah produk yang kompetitif di pasar global.

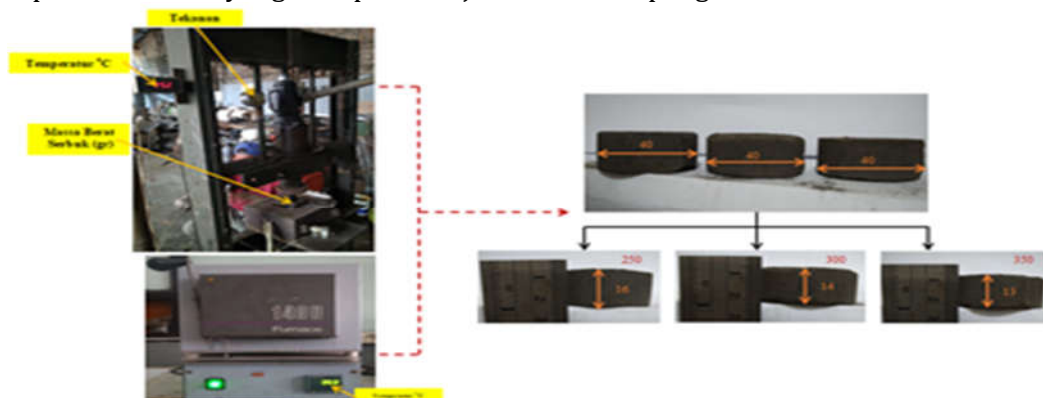
METODE PENELITIAN

Metode yang digunakan dalam penelitian ini berupa metode eksperimental dimana tahapan proses pembuatan MMC dilakukan dengan memperhatikan batasan penelitian yang sudah ditentukan peneliti seperti ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1. Tahapan Proses Pembuatan Metal Matrik Komposit

Tahapan yang dilakukan yaitu dengan mempersiapkan bahan konvensional yang digunakan berupa matrik menggunakan serbuk aluminium dan penguat fly ash. Pada saat pembentukan spesimen serbuk aluminium dipadukan dengan fraksi partikel dengan komposisi pencampuran serbuk yang disesuaikan. Dimana variasi fly ash yang digunakan sebesar 3%, 5%, 7%, dan 9%. Proses selanjutnya dilakukan tahapan pemadatan yang dilakukan secara *hot isotatic pressing* (HIP) yang dilakukan secara uniaxial sehingga berdampak pada perubahan mekanik, kimia, dan thermal yang terjadi secara simultan dalam transformasi partikel padat (serbuk) menjadi masif (komponen) dengan sifat kuat, tangguh, tahan aus, dan tidak beracun [6]. Kemudian spesimen yang sudah dihasilkan dilakukan proses sintering, Sehingga mempengaruhi karakteristik melalui perubahan mikrostruktur serta pengaruh bentuk partikel yang berdampak ikatan antar partikel. Dengan demikian mikrostruktur serta phase yang terbentuk mempunyai dampak yang cukup signifikan sebagai matrik pada komposit. Komposisi kimia, ukuran butiran bentuk merupakan masalah yang cukup menonjol dalam mempengaruhi sifat mekanik matrik.



Gambar 2. Proses Penekanan Dilanjutkan Sintering MMC

Adapun langkah-langkah pengambilan data yaitu dengan melakukan pengujian kekerasan menggunakan *Rockwell Hardness Tester* dengan satuan HRB untuk mengetahui seberapa besar kenaikan kekerasan spesimen MMC dengan variasi fraksi serbuk matrik dan penguat yang digunakan sehingga dapat dianalisis penyebab kenaikan dan dilakukan pembahasan. Setelah itu dilakukan pengamatan struktur mikro menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dengan pembesaran 5000-X untuk melihat pengaruh bentuk partikel terhadap penyebaran partikel penguat terhadap matrik dan ikatan antar partikel yang terjadi [6].

Karakteristik material komposit dengan menggunakan matrik logam sangat ditentukan oleh mikrostruktur dan interfarsial internal [7]. Dengan demikian mikrostruktur dan interfarsial internal serta fase-fase yang terbentuk mempunyai pengaruh yang cukup signifikan sebagai matrik pada komposit. Komposisi kimia, ukuran butiran bentuk, sehingga mempengaruhi sifat mekanik matrik. Penguat dalam material komposit dikenal sebagai fase kedua (*secondary phase*) atau fase diskontinyu yang dikarakterisasi berdasarkan persentase fraksi volume, jenis, ukuran distribusi, dan orientasi [8].

Mekanisme penguatan pada material logam merupakan hubungan antara pergerakan dislokasi dan sifat mekanik dari logam. Kemampuan suatu material logam untuk diubah secara plastis tergantung pada kemampuan dislokasi untuk dapat bergerak. Dengan mengurangi pergerakan dislokasi, kekuatan mekanik dapat ditingkatkan. Secara umum mekanisme penguatan yang digunakan pada material logam adalah melalui pengerasan regang, penguatan larutan padat, penguatan presipitasi, dan penguatan batas butir [8].

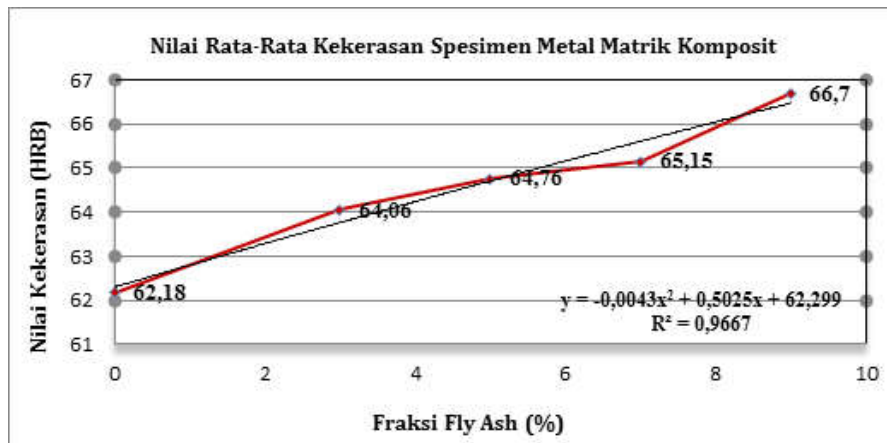
HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian secara eksperimental spesimen MMC Aluminium Fly Ash dengan menggunakan metode pengujian *Rockwell Hardness Tester* menunjukkan hasil yang signifikan dimana kenaikan kekerasan terjadi seiring dengan ditambahkan fly ash sebagai penguat. Dibandingkan dengan material konvensional tanpa ditambahkan dengan fly ash dengan nilai kekerasan awal sebesar 62,18 HRB. Hasil pengujian menunjukkan nilai kekerasan spesimen MMC Aluminium Fly Ash ditunjukkan dalam Tabel 1.

Tabel 1 Data kekerasan MMC

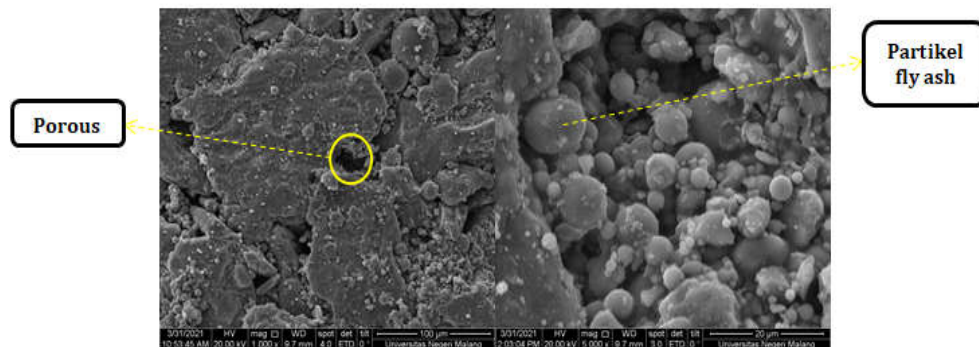
Spesimen Metal Matrik Komposit	KEKERASAN (HRB)					Rata-rata
	T1	T2	T3	T4	T5	
Raw Material	61,65	62,75	62,5	61,8	62,3	62,18
Fly Ash 3 (%)	63,65	64,4	64	64,2	63,85	64,06
Fly Ash 5 (%)	64,1	64,85	65	65,1	64,5	64,76
Fly Ash 7 (%)	65,5	65,2	64,9	65	65,5	65,15
Fly Ash 9 (%)	66,7	66,2	66,5	67,4	67,75	66,70

Dari data yang ditunjukkan pada tabel satu dapat dilihat kenaikan kekerasan yang terjadi. Hal tersebut dapat dilihat dalam bentuk diagram yang ditunjukkan pada gambar 3



Gambar 3. Grafik Kekerasan MMC

Hasil pengujian selanjutnya yang dilakukan yaitu pengamatan secara mikroskopis atau pengamatan struktur mikro menggunakan scanning electron microscope (SEM) pada spesimen MMC yang ditunjukkan pada gambar 4.



Gambar 4 Pengamatan SEM dengan dengan pembesaran 1000 dan 5000 X

Gambar 4 menunjukkan persebaran fly ash sebagai penguat terhadap matrik aluminium pada pembuatan MMC, dimana partikel fly ash dengan bentuk bulatan/spherical menyebar secara baik terhadap matrik dan mampu mengisi rongga-rongga yang terbentuk. Dampak dari persebaran tersebut adalah kerapatan yang dihasilkan sehingga mempengaruhi sifat mekanik berupa nilai kekerasan pada material MMC semakin meningkat. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 3 dimana grafik kekerasan menunjukkan peningkatan seiring ditambahkan fly ash sebagai penguat dalam pembuatan MMC dengan nilai kekerasan tertinggi pada penambahan fly ash pada variasi fraksi 9 % dengan nilai kekerasan 66,7 HRB dan pada variasi 3 % sebesar 64,18 %, 5 % 64,76 HRB dan 7 % sebesar 65,15 HRB.

KESIMPULAN

Penggunaan fly ash sebagai penguat memberikan dampak terhadap ikatan antar partikel sehingga homogenitas terbentuk antara partikel matrik dan penguat. Hasil pengujian kekerasan yang dilakukan menunjukkan kenaikan kekerasan terhadap spesimen MMC yang ditambahkan penguat fly ash dengan variasi fraksi 9% memiliki nilai kekerasan tertinggi sebesar 66,7 HRB. Dan dalam pengujian struktur mikro (SEM) ditunjukkan partikel fly ash yang tersebar secara merata dalam matrik aluminium. Bentuk partikel fly ash berupa spherical/bulatan memudahkan partikel berdifusi dalam matrik dan meningkatkan sifat kekerasan spesimen MMC.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih yang tak terhingga kepada LPPM Universitas Widyagama Malang dan rekan-rekan fakultas dan jurusan yang telah memberikan bimbingan, dorongan, saran dan masukan selama saya menjalani dan menyelesaikan penelitian ini, serta terima kasih kepada semua pihak yang namanya tidak dapat saya sebutkan satu-persatu yang telah membantu penulis baik dari segi moril maupun materil hingga selesainya penelitian ini.

REFERENSI

- [1] N. Nayiroh (2013), "Teknologi material komposit," *Yogyakarta. Ebalta diakses dari www.ebalta.de/rs/datasheet/en*.
- [2] P. Mhamane, S. Kadam, V. Phanse, and S. B. Bhosale (2019), "Materials on a Diet: Study and Investigation of Aluminium-Fly Ash Metal Matrix Composite," *Mater. Today Proc.*, vol. 24, pp. 2302–2308.
- [3] M.-I. M. Chou (2012), "Fly Ash fly ash," *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*.
- [4] W. Suprpto (2015), *Teknologi Metalurgi Serbuk*. Solo: PENAMAS.
- [5] C. Edtmaier, J. Segl, E. Rosenberg, G. Liedl, R. Pospichal (2018), "Microstructural characterization and quantitative analysis of the interfacial carbides in Al(Si)/diamond composites," *J. Mater. Sci.*, vol. 53, no. 22, pp. 15514–15529.
- [6] J. Pan, M. K. Surappa, R. A. Saravanan, B. W. Liu, and D. M. Yang (1998), "Fabrication and characterization of SiC/MoSi₂ composites," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 244, no. 2, pp. 191–198.
- [7] B. Setiadi and S. Sulardjaka (2014), "Kajian Sifat Fisis Dan Mekanis Material Komposit Dengan Matrik Alsimg Diperkuat Dengan Serbuk Sic," *J. Tek. Mesin Undip*, vol. 2, no. 4, pp. 480–487.
- [8] A. Mazahery and M. O. Shabani (2013), "Microstructural and abrasive wear properties of SiC reinforced aluminum-based composite produced by compocasting," *Trans. Nonferrous Met. Soc. China (English Ed.)*, vol. 23, no. 7, pp. 1905–1914.
- [9] W. D. Callister Jr and D. G. Rethwisch (2020), *Fundamentals of materials science and engineering: an integrated approach*. John Wiley & Sons.