

PENGARUH MAGNESIUM TERHADAP KOMPOSIT ALUMINIUM 6061/nano- Al_2O_3 DENGAN METODE *STIR CASTING* (*THE EFFECT OF MAGNESIUM ON ALUMINIUM 6061/nano- Al_2O_3 COMPOSITE WITH STIR CASTING METHOD*)

Rochmad Eko P.U¹, FX Kristianta², Sumarji²

¹Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

²Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember

Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-Mail: @unej.ac.id

Abstrak

Komposit aluminium merupakan suatu material yang memanfaatkan aluminium sebagai matriks. Kelebihan komposit aluminium adalah bobotnya yang ringan dan sifat mekanis yang tidak kalah dari baja. Dengan penambah nano alumina sebanyak 1 dan 3 % fraksi volume digunakan sebagai penguat. Penambahan magnesium sebanyak 1, 3, dan 5 % fraksi volume dilakukan untuk meningkatkan ikatan antara matriks dan penguat. Proses fabrikasi dilakukan dengan metode *stir casting*. Sebelum memasuki proses *stir casting* dilakukan degassing untuk menghilangkan kotoran dari cairan aluminium. Komposit yang didapatkan kemudian dilakukan pengujian meliputi kekerasan, keausan, densitas, dan metalografi. Hasil pengujian menunjukkan peningkatan nilai kekerasan seiring dengan penambahan magnesium yang diikuti dengan peningkatan ketahanan aus. Nilai kekerasan tertinggi yang tercapai adalah 44 HRB pada penambahan magnesium sebanyak 5%. Peningkatan ketahanan aus ditandai dengan semakin rendahnya laju keausan komposit berdasarkan hasil pengujian keausan dengan laju aus terendah yakni $2.86 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$. Pengamatan struktur mikro komposit menunjukkan terjadinya porositas pada sampel.

Kata Kunci: Komposit Al 6061/nano- Al_2O_3 , Magnesium, Stir Casting

Abstract

Aluminium composites are the materials that using aluminium as matrix. Aluminium composites have advantages in their low weight and high mechanical strength. The addition of 1 and 3 % volume fraction of alumina as reinforcement. Addition 1,3, and 5 % of magnesium was done to increase wettability of composites. Stir casting method are used to fabricated the composites. Degassing process are done before stirring to eliminate aluminium gross. And then composites are characterized include hardness, wear resistance, and metallography analysis. The results show increasing hardness to the maximum hardness at 44 HRB with magnesium addition 5%. increasing in wear resistance are shown with reducing wear rate with lowest wear rate is $2.86 \times 10^{-3} \text{ mm}^3/\text{m}$. Mikroskopik observation was showing porosity inside composites.

Keywords: Al 6061/nano- Al_2O_3 Composites, Magnesium, Stir Casting

Pendahuluan

Aluminium merupakan salah satu logam yang umum digunakan sebagai matriks dalam pembuatan komposit logam, hal ini dikarenakan aluminium memiliki massa yang ringan. Selain itu komposit aluminium memiliki kelebihan dalam kekuatan, ketahanan aus, kekakuan, dan stabilitas dimensi yang baik. Penambahan penguat berupa Alumina (Al_2O_3) dapat meningkatkan sifat mekanis komposit. Alumina (Al_2O_3) merupakan salah satu jenis ceramic yang sangat keras dan sering digunakan sebagai penguat dalam pembuatan komposit aluminium.

Karakteristik lain yang dimiliki Alumina adalah ketahanan pada suhu tinggi. Selain itu dengan memanfaatkan teknologi nano, penyebaran partikel alumina dapat lebih merata dibandingkan dengan partikel berukuran mikro, karena partikel nano memiliki kemampuan untuk mengisi ruang kosong yang timbul pada saat proses pengecoran

dimana ruang – ruang kosong tersebut memiliki ukuran yang tidak seragam.

Pembuatan komposit dapat dilakukan dengan beberapa metode solid, antara lain : *powder metallurgy, uniaxial pressing, isostatic pressing, extrusion and spray forming* akan tetapi metode – metode tersebut memiliki keterbatasan dalam ukuran, kompleksitas kandungan, dan biaya pembuatan yang mahal. Berbeda dengan metode liquid, seperti : *stir casting dan compocasting* yang lebih sederhana, hasilnya mendekati ukuran akhir, lebih mudah dalam mengontrol struktur matriksnya, dan biaya pembuatannya relative lebih murah [1].

Penelitian komposit aluminium ini dilakukan untuk memperoleh komposisi optimal antara matriks dan penguat yang digunakan, sehingga kemampuan mekanis dari komposit dapat dimaksimalkan. Dengan kemampuan yang maksimal, dalam penggunaannya pada tabung roket komposit aluminium dapat menggantikan material yang selama ini

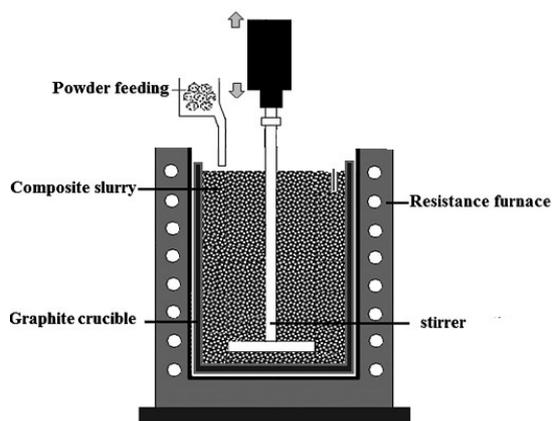
digunakan. Kelebihan dari penggunaan komposit aluminium pada tabung roket adalah beratnya yang lebih ringan dari besi atau baja dan memiliki kemampuan mekanis yang tidak kalah dari besi dan baja.

Metode Penelitian

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimental, yaitu suatu metode yang digunakan untuk menguji pengaruh variasi Mg (Magnesium) terhadap komposit Al 6061/nano- Al_2O_3 .

Bahan

Matriks yang digunakan dalam penelitian ini adalah Al 6061 dan Partikel penguat yang digunakan merupakan partikel Al_2O_3 berukuran 135 nano. Magnesium yang digunakan adalah magnesium blok dengan tingkat kemurnian 99%.



Gambar 1. Skema Proses Stir Casting

Pembuatan Al 6061/nano- Al_2O_3

Proses fabrikasi komposit Al 6061/nano- Al_2O_3 diawali dengan menimbang bahan – bahan yang akan digunakan meliputi paduan aluminium, alumina (Al_2O_3), magnesium, dan *stearic acid* untuk masing masing vraksi volume. Untuk menimbang paduan aluminium diperlukan pemotongan apabila massa yang diperoleh pada saat menimbang masih terlalu besar, proses pemotongan dilakukan dengan menggunakan mesin gergaji *bandsaw*. Proses penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital dengan ketelitian 0.01. Setelah semua bahan ditimbang dilakukan proses penggilingan Al_2O_3 yang sudah ditambahkan dengan 3% *stearic acid* menggunakan mortar.

Setelah semua bahan siap persiapan berikutnya adalah persiapan peralatan yang akan digunakan. Sebelumnya seluruh peralatan yang akan digunakan meliputi cetakan logam, batang pengaduk, dan *crucible* dilapisi dengan campuran zircon dan tiner agar cairan aluminium tidak lengket pada peralatan. Kemudian *Heating resistance Furnace* yang akan digunakan dipanaskan hingga mencapai suhu 850°C . Setelah mencapai suhu 850°C aluminium billet dimasukkan ke dalam *furnace* hingga meleleh. Setelah aluminium mencair dilakukan proses *degassing* untuk menghilangkan kotoran dari aluminium cair. Setelah kotoran aluminium diangkat barulah partikel nano alumina dan

magnesium dimasukkan kedalam *crucible* sambil diaduk seperti pada gambar 1. Setelah diaduk selama 1 menit cairan aluminium ditung ke dalam cetakan yang sudah dipanaskan 500°C selama 1 jam terlebih dahulu. Lalu komposit ditunggu hingga mengeras dan dikeluarkan dari cetakan.

Pengujian

Pengujian yang dilakukan meliputi pengujian kekerasan, pengujian keausan, pengujian densitas porositas, dan pengujian metalografi.

Pengujian kekerasan dilakukan menggunakan metode Rockwell B dengan mesin uji kekerasan Rocky dan indenter bola baja berdiameter 1/16". Penjejakan dilakukan sebanyak 5 kali pada titik yang berbeda lalu dilakukan perhitungan rata - rata dari hasil penjejakan.

Pengujian keausan dilakukan menggunakan metode Uji Keausan *Ogoshi* dimana benda uji digesekkan pada lempengan yang berputar, kemudian celah yang terbentuk diukur menggunakan mikroskop ukur dan untuk mendapatkan nilai laju aus benda uji. hasil pengukuran dimasukkan ke dalam persamaan berikut :

$$v = \frac{Bb^3}{12rx}$$

Dimana : v = laju aus (mm^3/m)

B = tebal piringan penggores (mm)

b = Jejak yang timbul (mm)

r = Jari – jari piringan penggores (mm)

x = Jarak luncur (m)

Pengujian densitas porositas dilakukan menggunakan standard ASTM C20 Standard Test Methods for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water. Pengujian densitas porositas dilakukan dengan menimbang berat komposit di udara, berat basah komposit, dan berat komposit di dalam air.

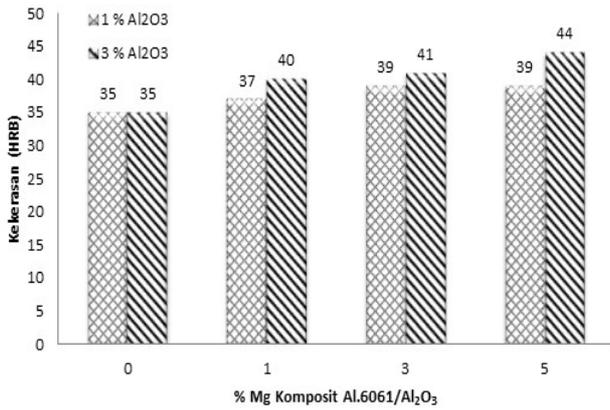
Pengujian metalografi dilakukan dengan menghaluskan sampel dengan kertas gosok grit 80, 120, 240, 400, 600, 1200, 1500 sampai permukaan rata dan orientasinya searah. Lalu dilakukan pemolesan dengan cairan titania (TiO_2) hingga goresan pada sampel hilang. Pengambilan foto mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik Olympus.

Hasil Penelitian

Hasil penelitian pengaruh variasi Mg (Magnesium) terhadap komposit Al 6061/nano- Al_2O_3 , menghasilkan peningkatan pada sifat mekanik komposit meliputi kekerasan dan ketahanan aus. Peningkatan sifat mekanis pada komposit ini dapat dilihat melalui pengamatan struktur mikro yang menunjukkan sebaran partikel penguat yang merata pada matriks.

Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode Rockwell B dengan indenter berupa bola baja berukuran 1/16".

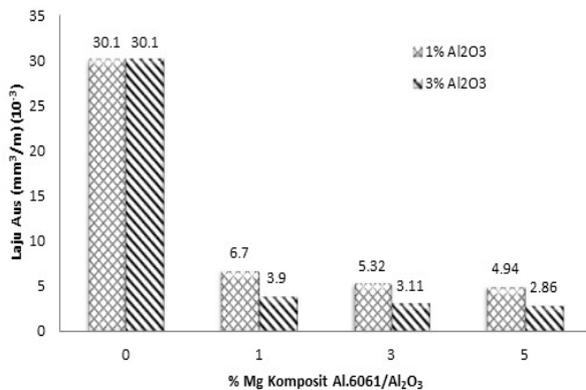


Gambar 2. Grafik Pengujian Kekerasan Komposit

Pada Gambar 2 didapatkan nilai kekerasan tertinggi untuk komposit berada pada komposit dengan penambahan magnesium sebanyak 5% dengan nilai kekerasan 44 HRB. Dengan demikian menunjukkan bahwa nilai kekerasan komposit akan meningkat seiring dengan meningkatnya fraksi volume penguat nano alumina. Peningkatan nilai kekerasan pada grafik menunjukkan bahwa dengan adanya partikel didalam matriks telah mengakibatkan peningkatan nilai kekerasan komposit secara keseluruhan [2].

Hasil Pengujian Keausan

Pengujian keausan dilakukan dengan mesin uji aus *Ogoshi*. Dengan demikian tingkat laju keausan material dapat dihitung.



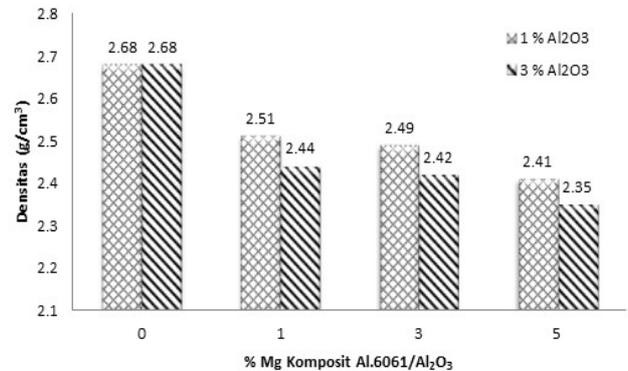
Gambar 3. Grafik Pengujian Keausan Komposit

Berdasarkan grafik pengujian laju aus pada gambar 3 dapat dilihat bahwa terjadi penurunan laju aus seiring dengan penambahan magnesium terhadap komposit jika dibandingkan dengan paduan aluminium 6061. Penurunan laju aus terendah terjadi pada penambahan Al₂O₃ sebanyak 3% Vf dan penambahan Magnesium sebanyak 5%. Dengan nilai laju aus terendah 2,86 x 10⁻³. Penurunan laju aus komposit terjadi akibat adanya penambahan partikel penguat yang menyebabkan kekerasan komposit menjadi meningkat [3]. Penambahan lebih banyak partikel penguat akan menyebabkan peningkatan terhadap ketahanan aus dari

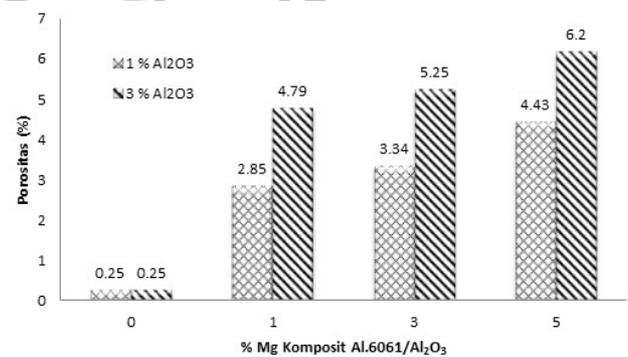
komposit, hal ini terjadi akibat dari efek penguatan pada matriks komposit dan partikel alumina berperan sebagai penghambat pada saat terjadi penetrasi, pemotongan dan penggoresan.

Hasil Pengujian Densitas Porositas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui densitas aktual komposit dan prosentase porositas yang terjadi.



Berdasarkan Gambar 4, didapatkan densitas komposit lebih rendah dibandingkan dengan densitas paduan aluminium 6061. Penurunan densitas pada komposit diikuti dengan penambahan prosentase magnesium. Pada penambahan magnesium sebanyak 5% dan penambahan penguat nano alumina sebanyak 3% didapatkan densitas sebesar 2.35 g/cm³ yang merupakan densitas terendah pada penelitian ini. Penurunan densitas merupakan akibat dari penambahan partikel penguat alumina pada aluminium, dimana partikel alumina dan aluminium memiliki ikatan yang buruk. Buruknya ikatan antar partikel alumina dan aluminium menyebabkan terjadinya porositas yang juga menurunkan densitas komposit [4].



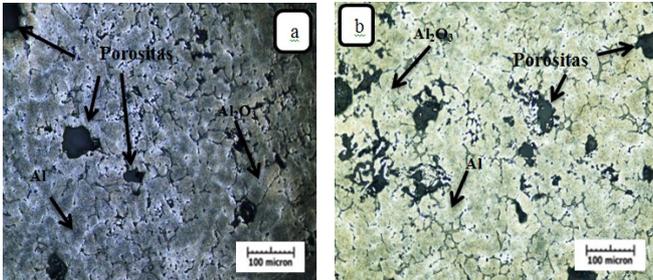
Gambar 5. Grafik Pengujian Porositas Komposit

Berdasarkan hasil pengujian pada gambar 5, dapat dilihat bahwa porositas komposit meningkat seiring dengan penambahan penguat nano alumina. Pada komposit dengan penambahan penguat nano alumina 3% dan penambahan Mg 5% merupakan komposit dengan prosentase porositas tertinggi yakni 6.2%. Secara umum porositas komposit yang dibuat melalui proses *stir casting* akan meningkat seiring dengan penambahan penguat nano alumina. Hal ini diakibatkan oleh adanya *vortex* pada saat proses *stir casting*, sehingga udara pada permukaan cairan aluminium terhisap masuk ke dalam cairan bersamaan dengan partikel nano

alumina. Ditambah lagi dengan kelarutan hidrogen yang tinggi pada aluminium saat berada pada suhu tinggi [5]. Porositas akan mengakibatkan terhalangnya distribusi beban antara matriks dan penguatnya, sehingga dapat berakibat pada menurunnya sifat mekanik komposit.

Hasil Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi dilakukan dengan mengamati foto mikro pada sampel yang telah dihaluskan menggunakan kertas gosok dan dipoles dengan larutan titania (TiO_2).



Gambar 6. Foto Mikro Komposit 1% Al_2O_3 dengan Mg 5% (a) dan 3% Al_2O_3 dengan Mg 5% (b)

Gambar 6 diatas menunjukkan perbedaan struktur mikro dari paduan aluminium 6061 dan komposit Al 6061/nano- Al_2O_3 . Pada gambar diatas terlihat dengan semakin tingginya prosentase Magnesium porositas yang terjadi juga semakin meningkat. Hal ini terjadi karena dengan semakin banyaknya prosentase magnesium didalam komposit akan mendorong terbentuknya spinel (MgAl_2O_4) yang juga akan mendorong terjadinya porositas. Porositas yang terjadi diakibatkan oleh ketidakmampuan *spinel* untuk menutup celah antara partikel penyusun komposit [6].

Penambahan prosentase magnesium ke dalam komposit memberikan efek pada ukuran butir komposit yang terbentuk. Seperti yang terlihat pada gambar 6 dengan semakin tingginya prosentase magnesium yang ditambahkan ukuran butir komposit menjadi semakin kecil. Hal ini menandakan magnesium telah meningkatkan *wettability* antara aluminium dan alumina yang menyebabkan terbentuk *interface* yang baik antara aluminium dan alumina yang juga menyebabkan meningkatnya sifat mekanis dari komposit. Tetapi penambahan magnesium dengan prosentase 5% justru memberikan efek yang berbeda, yakni terjadinya porositas yang lebih banyak dibandingkan dengan prosentase magnesium yang lebih sedikit. Seperti dijelaskan sebelumnya bahwa penambahan magnesium mendorong terbentuknya *spinel* yang juga mendorong terjadinya porositas.

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian pembuatan komposit Al6061/nano- Al_2O_3 dengan penambahan Al_2O_3 sebanyak (1 dan 3) %Vf dan penambahan Magnesium sebanyak (1, 3, dan 5) %Vf maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Penambahan magnesium memberikan peningkatan pada sifat mekanik (kekerasan dan ketahanan aus), yakni :
 - a. Nilai kekerasan tertinggi yang dicapai adalah 44 BHN dengan penambahan 5% magnesium.
 - b. Peningkatan pada sifat ketahanan aus dengan nilai laju aus terendah 2.86×10^{-3} pada penambahan 5% magnesium.
2. Hasil pengujian densitas dan porositas menunjukkan :
 - a. Densitas komposit terendah adalah 2.35 dengan penambahan magnesium sebanyak 5% dan alumina sebanyak 3%.
 - b. Prosentase porositas tertinggi sebanyak 6.2% terjadi pada komposit dengan penambahan magnesium sebanyak 5% dan alumina sebanyak 3%.

Saran

Saran yang dapat penulis ajukan agar penelitian selanjutnya dapat lebih baik dan menyempurnakan penelitian ini antara lain :

1. Diperlukan waktu penuangan yang lebih cepat agar komposit tidak membeku terlebih dahulu pada saat penuangan komposit pada cetakan.
2. Untuk menghindari *aglomerasi* (penggumpalan) partikel nano perlu dilakukan metode *cleaning* (penambahan zat tertentu yang tidak mengubah komposisi partikel dan mampu menurunkan kecenderungan partikel untuk menggumpal) dengan menggunakan *stearic acid* dan diikuti oleh proses penggilingan menggunakan ball mill.

Daftar Pustaka

- [1] Amir Khanlou, S., Niroumand, B. *Synthesis and characterization of 356-SiCp composites by stir casting and compocasting methods*. Trans. Nonferrous Met. Soc. China 20(2010) s788-s793.
- [2] Nagaral Madeva, Bharath V and V Auradi. *Effect of Al_2O_3 Particles on Mechanical and Wear Properties of 6061Al Alloy Metal Matrix Composites*. J Material Sci Eng 2013.
- [3] M. Kok. *Abrasive wear of Al_2O_3 particle reinforced 2024 aluminium alloy composites fabricated by vortex method*. Composites: Part A 37 (2006) 457–464.
- [4] Rahimian Mehdi, Nader Parvin, Naser Ehsani. *The effect of production parameters on microstructure and wear resistance of powder metallurgy Al- Al_2O_3 composite*. Materials and Design 32 (2011) 1031–1038.
- [5] Hashim J., Looney L., M.S.J. Hashmi. *Metal Matrix Composites: Production by the Stir Casting Method*. Journal of Materials Processing Technology 92 - 93 (1999) 1 – 7.
- [6] Manor E., H. Ni, C.G. Levi, *Journal of The American Ceramic Society*. 76/7 (2001) 1777-1787.