

## PENGARUH PENAMBAHAN Mg DAN Sr TERHADAP KEKERASAN KOMPOSIT ADC12/nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> DENGAN METODE STIR CASTING

Ahmad Al Kautsar<sup>1\*</sup>, Salahuddin Junus<sup>2</sup>, Imam Solahudin<sup>2</sup>, Aris Zainul Muttaqin<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

<sup>2</sup>Staf Pengajar Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Jember Jln. Kalimantan 37, Jember 68121

E-mail: \*ahmadalkautsar@gmail.com

### ABSTRACT

*Metal matrix composites generally use Aluminum (Al) as its matrix because of its low density, high processing, and high ductility. Ductility is an important factor that must be possessed on the metal matrix composite because the amplifier used is rigid and brittle. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) is used as a reinforcing particle in a metal matrix composite because it has good thermal stability and hardness as well as a high Young modulus. Aluminum-silicon alloys (Al-Si) are excellent alloys of good melting, which have a good surface, without brittleness, and are excellent for cast alloys. The addition of magnesium (Mg) resulted in a modified rate of silicone eutectic for Al-Si-Mg, with enhanced magnesium (Mg) levels, increased alloy tensile strength but a decreasing percent elongation value. Strontium (Sr) is a common element used to modify eutectic and Si-shaped phases of rough acicular into finer and rounded fibrous forms. A metal matrix composite with a nano-sized Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> particle amplifier can be fabricated using stir casting method with the addition of Mg as a Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> wetting agent. Test results of the addition of Mg, Sr, and nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> to the highest hardness of ADC12 / nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> composites were found in ADC12-8Mg-0.03Sr / 2.5nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> variation at 78.92 HRB.*

**Keywords :** Composite Al/nano-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, alumina, magnesium, strontium, stir casting, hardness

### PENDAHULUAN

Dalam rangka menghadapi perkembangan pasar industri material, setiap perusahaan perlu meningkatkan kualitas produknya. Material yang baik akan mempengaruhi kinerja dan masa pakai suatu benda kerja. Seiring dengan hal tersebut maka perlu dilakukan penelitian-penelitian agar kualitas material dapat dioptimalkan dan disesuaikan dengan kebutuhan. Salah satu bahan yang sedang dikembangkan adalah komposit aluminium/nano-alumina.

Komposit bermatriks logam pada umumnya menggunakan logam Aluminium sebagai matriksnya karena densitasnya yang rendah, mampu proses yang tinggi, dan keuletan yang tinggi. Keuletan menjadi faktor penting yang harus dimiliki pada matriks komposit logam karena penguat yang digunakan bersifat kaku dan getas. Alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) digunakan sebagai partikel penguat pada komposit matriks logam karena memiliki stabilitas termal dan kekerasan yang baik serta modulus Young yang tinggi. Penggunaan alumina (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) sebagai partikel penguat dalam komposit matriks logam diketahui dapat meningkatkan kekerasan dan kekuatan luluh dari logam. Pada umumnya, partikel yang digunakan sebagai penguat berukuran mikro,

namun saat konsentrasi partikel alumina ditingkatkan, keuletan dari komposit matriks logam menurun secara signifikan. Untuk mengatasi masalah ini digunakan partikel penguat alumina berukuran nano yang dapat memperkuat matriks logam, tanpa mengurangi sifat keuletan secara signifikan.

Paduan aluminium-silikon (Al-Si) merupakan paduan yang sering digunakan dalam industri otomotif dan kedirgantaraan. Paduan Al-Si sangat baik kecairannya, yang mempunyai permukaan bagus, tanpa kegetasan panas, dan sangat baik untuk paduan coran. Sebagai tambahan, Al-Si mempunyai ketahanan korosi yang baik dan sangat ringan.

Sifat-sifat Al-Si dapat diperbaiki oleh unsur paduan, Umumnya yang dipakai adalah paduan magnesium. Magnesium (Mg) adalah dasar unsur yang memberikan kekuatan dan kekerasan dalam paduan ini. Al-Si-Mg dengan kadar Mg tinggi adalah bahan yang memiliki sifat ringan yang memiliki peran penting dalam aplikasi industri karena memiliki kepadatan yang rendah serta ketahanan aus yang baik.

Penambahan strontium (Sr) dalam paduan aluminium silikon digunakan sebagai modifier untuk memodifikasi fasa silikon eutektik. Menurut Jennifer barrirero dkk, dengan penambahan konsentrasi

rendah strontium dapat memodifikasi struktur mikro dari fasa Si dengan mengubah struktur fasa Si menjadi lebih bulat, sehingga meningkatkan daktilitas, kekuatan impact dan ketahanan thermal. Penambahan strontium sebesar 0,08% membuat fasa  $Mg_2Si$  paduan menjadi lebih halus. Dimana ukuran partikel  $Mg_2Si$  menurun dari 46,4  $\mu m$  menjadi 5,3  $\mu m$ , sedangkan ukuran fasa Si dari 26,2  $\mu m$  menjadi 7,5  $\mu m$ . Dengan penambahan strontium juga dapat meningkatkan kepadatan jumlah partikel fasa eutektik  $Mg_2Si$  dan Si yang berkaitan dengan berkurangnya ukuran partikel kedua fasa tersebut (Tabib, 2014). Sedangkan penambahan strontium (Sr) sebesar 0,02% mampu meningkatkan kekuatan tarik paduan dari pada paduan tanpa strontium. Peningkatan ini disebabkan strontium mengubah morfologi partikel silikon eutektik dari spherical menjadi bentuk halus berserat (Ibrahim, 2015).

Komposit matriks logam dengan penguat partikel alumina berukuran nano dapat dibuat menggunakan metode stir casting dengan penambahan Mg sebagai pembasah alumina. Schultz, Ferguson, dan Rohatgi (2011) pada penelitiannya menyebutkan bahwa penggunaan unsur Mg pada metode stir casting memiliki potensial untuk mengurangi efek clustering dan mampu meningkatkan kemampubasahan pada partikel penguat.

Dalam penelitian ini akan dilakukan pembuatan komposit matriks aluminium dengan menggunakan metode stir casting. Penelitian ini juga akan mencari pengaruh penambahan Mg dan nano- $Al_2O_3$  terhadap karakterisasi komposit ADC12/nano- $Al_2O_3$ . Pengujian dalam penelitian ini meliputi uji tarik, uji kekerasan, dan struktur mikro. Dari hasil penelitian ini diharapkan ada peningkatan sifat mekanik dari komposit ADC12/nano- $Al_2O_3$ .

## METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini, bahan aluminium ADC 12, Mg, Sr, dan nano- $Al_2O_3$  dilakukan penimbangan sesuai dengan variasi Mg sebesar 4% dan 8%, Sr sebesar 0.01% dan 0.03%, nano- $Al_2O_3$  dengan ukuran partikel 135 nm sebesar 0.5%, 1.5%, dan 2.5%. Komposit ADC12-Mg-Sr/nano- $Al_2O_3$  yang telah disesuaikan fraksi beratnya kemudian dilebur menggunakan *crucible furnace*, selama proses peleburan dilakukan proses *degassing* dengan gas argon yang berguna untuk menghilangkan hidrogen dan oksigen yang terjebak di dalam hasil leburan dan kemudian dilakukan stirring untuk mencampur partikel nano- $Al_2O_3$ . Kemudian paduan tersebut dituangkan kedalam cetakan permanen.

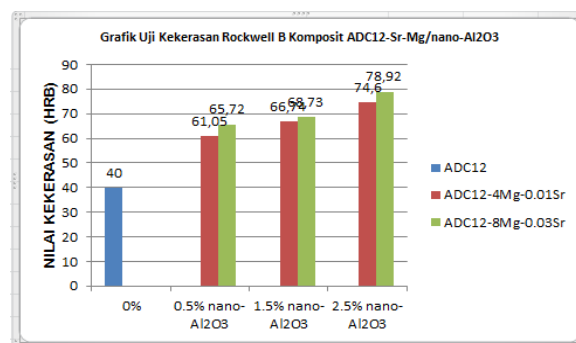
Data Pengujian tarik diperoleh menggunakan alat *Hardness Tester TH120B*. Dalam pengujian kekerasan menggunakan standart pengujian ASTM E10.

## HASIL PENELITIAN

### Pengujian Kekerasan

Dalam pengujian kekerasan menggunakan standart pengujian ASTM E10. Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat *Hardness Tester TH120B* yang sudah otomatis mengeluarkan angka kekerasan setiap bahannya, spesimen yang digunakan yaitu spesimen uji kekerasan. Pengujian ini dilakukan pada 10 titik yang berbeda untuk setiap spesimen. Uji kekerasan dilakukan pada keenam variabel.

Data pengujian kekerasan pada komposit ADC12-Mg-Sr/nano- $Al_2O_3$  dengan variasi Mg, Sr, dan nano- $Al_2O_3$  hasil pengecoran *stir casting* ditampilkan pada Gambar 1 dibawah ini.



Gambar 1. Grafik pengaruh penambahan Mg, Sr, dan nano- $Al_2O_3$  terhadap kekerasan komposit ADC12-Mg-Sr/nano- $Al_2O_3$

Gambar 1 menunjukkan bahwa variasi Mg, Sr, dan nano- $Al_2O_3$  pada komposit ADC12-Mg-Sr/nano- $Al_2O_3$  dapat meningkatkan nilai kekerasan, dengan variasi ADC12-4Mg-0.01Sr/0.5nano- $Al_2O_3$  memiliki nilai kekerasan sebesar 61.05 HRB. Hal lain yang dapat diamati dari gambar 1 adalah semakin meningkatnya nilai kekerasan seiring meningkatnya persentase variasi Mg, Sr, dan nano- $Al_2O_3$  pada komposit ADC12-Mg-Sr/nano- $Al_2O_3$ . Nilai kekerasan tertinggi terjadi pada variasi ADC12-8Mg-0.03Sr/2.5nano- $Al_2O_3$  yaitu sebesar 78.92 HRB. Nilai kekerasan ADC12 atau sebelum terbentuk komposit memiliki nilai kekerasan sebesar 40 HRB.

Berdasarkan data yang didapat dari hasil pengujian kekerasan (gambar 4.2) bisa diketahui bahwa semakin besar penambahan kadar Mg, Sr, dan nano- $Al_2O_3$  dalam komposit ADC12-Mg-Sr/nano- $Al_2O_3$  mampu untuk meningkatkan kekerasannya. Peningkatan nilai kekerasan dalam komposit ini disebabkan karena Mg bersama-sama dengan Si membentuk senyawa  $Mg_2Si$ , dimana senyawa ini akan menutup ruang kosong dalam struktur kristal

yang lebih rapat sehingga akan meningkatkan sifat mekanik seiring penambahan magnesium (Salleh, 2015). Peningkatan nilai kekerasan dalam komposit ini juga disebabkan karena perubahan mikro struktur silikon hipoeutektik dari paduan Al-Si-Mg. Perubahan mikro struktur paduan sendiri terjadi pada bentuk silikon hipoeutektik yang semula memiliki bentuk *spherical* dan memiliki konsentrasi tegangan yang tinggi, berubah menjadi bentuk *needle* yang tersebar merata dan mengurangi konsentrasi tegangannya (Amri, 2008). Dan juga menurut Davis (2010) dalam jurnalnya mengatakan  $Al_2O_3$  digunakan sebagai partikel penguat pada komposit matriks logam karena memiliki stabilitas termal dan kekerasan yang baik serta modulus Young yang tinggi, itu sebabnya nilai kekerasan dari komposit ADC12-Mg-Sr/nano- $Al_2O_3$  jadi meningkat.

#### KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan maka peneliti dapat menarik kesimpulan sebagai berikut : Variasi penambahan Mg,Sr, dan nano- $Al_2O_3$  pada komposit ADC12/nano- $Al_2O_3$  mempengaruhi nilai kekerasan komposit ADC12/nano- $Al_2O_3$ , dimana kekerasan terendah didapat pada variasi ADC12-4Mg-0.01Sr/0.5nano- $Al_2O_3$  dengan nilai kekerasan sebesar 61.05 HRB dan kekerasan tertinggi didapat pada variasi ADC12-8Mg-0.03Sr/2.5nano- $Al_2O_3$  dengan nilai kekerasan sebesar 78.92 HRB. Sedangkan nilai kekerasan ADC12 atau sebelum terbentuk komposit dengan nilai kekerasan sebesar 40 HRB.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] ASM Handbook Vol. 15 : Casting. (1988). ASM Internasional.
- [2] JIS H 5302 : Alluminium Alloy Die Casting. (2000). Tokyo: JSA.
- [3] ASM Handbook Vol. 03 : Alloy Phase Diagrams. (2004). ASM International.
- [4] Athy, L. (1930). Density, porosity and compaction of sedimentary rocks. 1-24.
- [5] Auerkari, P. (1996). Mechanical and Physical Properties of Engineering Alumina Ceramics. Meddenladen: VTT Tiedotteita.
- [6] Brown, J. R. (1994). Fosco non-ferous foundryman's handbook. Oxford: Butterworth.
- [7] Byeon, H. L. (2016). Role Of Mg In Simultaneously Improving The Strength And Ductility Of Al-Mg Alloys. Material Science & Engineering.
- [8] Callister, J. W. (2001). Fundamental of Materials Science and Engoneering, Departement of Metallurgical Engineering. New York: Jhon Wiley & Son. inc.
- [9] Callister, J. W. (2007). Materials Science and Engineering an Introduction. New York: Jhon Wiley & Sons, Inc.
- [10] Cawla, N. (2006). Metal Matrix Composite. Springer, 3.
- [11] Chung, D. (2010). Composite Materials, Science and Application. Springer.
- [12] Das, B. (1990). Principles of Foundation Engineering. Boston: PWS Kent Publishing Company.
- [13] Davis, K. (2010). Material review : Alumina ( $Al_2O_3$ ) . School of Doctoral Studies (European Union) Journal, 109-114.
- [14] Erhard, O. (2002). Development of Al-Si-Mg Alloys for Semi-Solid Processing and Silicon Spheroidization Treatment (SST) for Al-Si Cast Alloys.
- [15] Gibson, R. (1993). Principles Composite Material Mechanics 2nd edision . New York: CRC Press Taylor & Francis Group.
- [16] Jewwet, S. (2009). Fisika untuk Sains dan Teknik. Jakarta: Salemba Teknika.
- [17] Junus, S. (2006). Pengaruh prosentase magnesium dan waktu tahan terhadap karakteristik komposit matrik logam berbasis aluminium ( $Al/Al_2O_3$ ) dengan proses primex (infiltrasi tanpa tekanan). Depok: Teknik Metalurgi fakultas teknik universitas indonesia.
- [18] Kainer, K. (2003). Metal Matrix Composites. Custom Made Materials for Automotive and Aerospace Engineering. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. .
- [19] Kainer, K. U. (2006). Custom-made Materials for Automotive and AerospaceEngineering. Weinheim: WILEY-VCH Verlag GmbH & Co.KGaA.
- [20] Kok, M. (2005). Production and Mechanical Properties of  $Al_2O_3$  Particle-Reinforced 2024 Aluminium Alloy Composites. J Material Processing Technology 161, 381-387.
- [21] Mikell, P. G. (2010). Fundamental Of Modern Manufacturing.
- [22] Muzakki Sholihuddin M., H. P. (2013). Analisis Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Paduan Al-Mg Hasil Proses Metalurgi Serbuk. Jurnal Teknik POMITS.
- [23] Pai, B. (1995). Role of Magnesium in Cast Aluminium Alloy Matrix Composites. Journal of Materials Science 30, 1903-1911.
- [24] Reddy, R. (2003). Processing of Nanoscale Materials. Reviews on Advance Materials, 121-133.
- [25] Ron Cobden, A. B. (1994). Aluminium:Physical Properties, Characteristics and Alloys . EAA - European Aluminium Association .
- [26] Sajjadi, S. (2011). Microstructure and mechanical properties of Al- $Al_2O_3$  micro and nano composites. Materials Science and Engineering.

- [27] Schon, J. (1996). Physical Properties of Rock. Austria: Institute of Applied Geophysics Leoben.
- [28] Schultz, B. (2011). Microstructure and Hardness of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticle Reinforced Al – Mg Composites Fabricated by Reactive Wetting and Stir Mixing. *Materials Science and Engineering A* 530, 87-97.
- [29] Schultz, B., Furguson, J., & Ruhotgi, P. (2011). Microstructure and Hardness of Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Nanoparticle Reinforced Al – Mg Composites Fabricated by Reactive Wetting and Stir Mixing. *Materials Science and Engineering*, 87-97.
- [30] Shaw, L. (2004). Compressive Behavior of an Extruded Nanocrystalline Al-FeCr-Ti Alloy. *Scripta Materialia*, 921-925.
- [31] Suharno, B. (2011). Diklat Kuliah Pembentukan Logam 2011/2012. Depok: Jurusan Teknik Metalurgi dan Material Universitas Indonesia.
- [32] Sujatno, A. (2015). STUDI SCANNING ELECTRON MICROSCOPY (SEM) UNTUK KARAKTERISASI PROSES OXIDASI PADUAN ZIRKONIUM. *Jurnal Forum Nuklir*, 45-46.
- [33] Tata Surdia, S. S. (2000). Pengetahuan Bahan Teknik. Jakarta: Pradnya Paramita.
- [34] Thünemann, M. (2007). Aluminum Matrix Composites Based on Pre-ceramic-polymer-bonded SiC Preforms. *Composites Science and Technology*, 2377-2383.
- [35] Widodo, S. (2009). Proses Sintesa dan Pengujian X-Ray Diffraction (XRD) Hidroksiapatit dari Bulk Gypsum Alam Cikalong dengan Bejana Tekan.
- [36] Yuwono, A. H. (2009). Buku panduan karakterisasi material 1 pengujian merusak (destructive test). Depok: Departemen metalurgi dan material fakultas teknik universitas indonesia.
- [37] Zhiqiang, Y. (2005). Effect of coating Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Reinforcing Particle on the Interface and Mechanical Properties of 6061 Alloy Aluminium Matrix Composites. *Materials Letters* 59, 2281-2284.