

PENGARUH WAKTU AGING TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO KOMPOSIT Al-Si-Mg/Al₂O₃ DENGAN METODE *STIR CASTING*

Salahuddin Junus^{1,2}, Anne Zulfia², Melisa², Lilis Mariani³

¹ Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Jember

Kampus Univ. Jember-Kalimantan 37, Jawa Timur 68121, Indonesia

² Departement Metalurgy dan Material, Fakultas Teknik, University Indonesia,
Kampus UI-Depok, Jawa Barat, 16424, Indonesia

³ Pusat Teknologi Roket, LAPAN

Jl. Raya LAPAN No.2, Desa Mekarsari Rumpin, Bogor 16350

ABSTRACT

Aluminum composite needs proper aging period to achieve its optimum mechanical properties through precipitation hardening process. In this research, alumina (Al₂O₃) particulate reinforced aluminum alloy 6061 composite which is fabricated by stir casting method, undergoes T6 treatment in 175°C for 2 hours, 4 hours, 6 hours, and 8 hours. Mechanical properties evaluations such as tensile testing, hardness testing, and wear rate testing; also microstructure and SEM observation are conducted. Research shows that the optimum artificial aging period for the aluminum composite is 6 hours in 175°C. Wear rate decreases after T6 treatment applied. Hardness increases after T6 treatment applied with aging period of 4 and 6 hours. Tensile strength decreases compared to as-cast composite due to formation of void at interface when T6 treatment conducted. Manufacturing factors will affect the mechanical properties of composite.

Keywords: Aluminum composite, billet Al.6061, T6, aging period, stir casting

PENDAHULUAN

Komposit aluminium awalnya dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan alat transportasi di era tahun 90an, perkembangan yang sangat pesat dari komposit aluminium maka peneliti dunia telah mengalihkan aplikasi dari komposit aluminium untuk kebutuhan peralatan militer atau yang dikenal dengan material armor. Penciptaan material baru yang ringan dan memiliki sifat mekanik yang unggul, tahan temperatur tinggi adalah tujuan akhir dari material komposit aluminium. Dengan paradigma tersebut perkembangan komposit aluminium menjadi sangat pesat, sehingga semakin menciptakan peluang untuk aplikasi yang lebih luas, seperti aplikasi untuk material *aerospace*, transportasi, *thermal management*, *recreational*, industri dan infrastruktur [1].

Material komposit adalah kombinasi makroskopik dari dua jenis material atau lebih yang berbeda fasa menjadi sebuah material baru yang memiliki sifat berupa gabungan keunggulan-keunggulan dari material-material penyusunnya [2]. Sifat-sifat yang dikombinasikan antara lain adalah ketangguhan, kekakuan, kestabilan dimensi, dan kekuatan pada temperatur tinggi. Salah satu komposit yang sering ditemui dalam kehidupan sehari-hari ialah komposit bermatriks logam, di mana logam yang kuat dan tangguh dipadukan dengan keramik yang kaku dan tahan suhu tinggi atau polimer yang ringan dan ulet.

Stir Casting adalah salah satu proses pembuatan komposit aluminium dalam kondisi cair dengan menggunakan pengaduk, yang dilakukan pada temperatur sedikit diatas temperatur lebur dari Aluminium. Keuntungan metode *stir casting* adalah

proses yang sederhana, fleksibel dan dapat digunakan untuk produk dalam jumlah yang banyak, serta dapat mereduksi *final cost* dari suatu proses. Metode ini paling ekonomis dalam pembuatan komposit aluminium dan memungkinkan digunakan untuk proses fabrikasi komponen berukuran besar [3].

Untuk meningkatkan kekuatan komposit Al6061/Al₂O₃, dilakukan pula perlakuan panas T6 berupa *solution treatment* yang dilanjutkan dengan pendinginan cepat dan *artificial aging*. Pembentukan presipitat pada matriks aluminium ketika proses aging diharapkan mampu menghambat pergerakan dislokasi sehingga meningkatkan sifat mekanis komposit. Pada penelitian ini akan diamati pula waktu aging yang optimum untuk menghasilkan sifat mekanis komposit yang maksimal.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui struktur mikro dan kekerasan komposit Al-Si-Mg/Al₂O₃ akibat pengaruh waktu aging yang berbeda. Dengan perbedaan waktu aging pada perlakuan panas T6, maka nantinya akan diketahui seberapa mampu terbentuknya fasa-fasa baru didalam matrik yang berguna untuk meningkatkan sifat mekanik komposit. Beberapa langkah yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu, meliputi preparasi bahan penyusun komposit Al-Si-Mg/Al₂O₃ dan pengecoran dengan metode *stir casting* agar bisa menghasilkan aliran *vortex* dengan harapan akan meningkatkan sifat mekanik komposit aluminium. Setelah itu dilakukan perlakuan panas T6.

METODOLOGI PENELITIAN

Aluminium paduan (Al.6061 billet) dipotong dengan ukuran (6x3x1) cm dan diletakkan didalam crucible. Partikel Al_2O_3 yang digunakan, memiliki kemurnian 97.1 %, *spherical shape*, dan diameter rata-rata 63 μm . Sebelum dilakukan proses *stir casting*, partikel keramik Al_2O_3 dengan 10% vf dipanaskan pada suhu 1100°C selama 1 jam. Paduan aluminium dipanaskan pada suhu 800°C dan ditahan selama 2 menit dalam kondisi aluminium cair. Gas inert (Ar) dialirkan kedalam aluminium cair selama 2 menit. Partikel keramik Al_2O_3 dan Mg 8 wt % ditambahkan kedalam cairan paduan. Pencampuran dilakukan dengan pengadukan pada kecepatan konstan sebesar 1000 rpm selama 2 menit agar menghasilkan aliran vortex yang sempurna. *Solution treatment* pada suhu 530°C selama 90 menit. *Artificial aging* pada 175°C selama 2 jam, 4 jam, 6 jam, dan 8 jam.

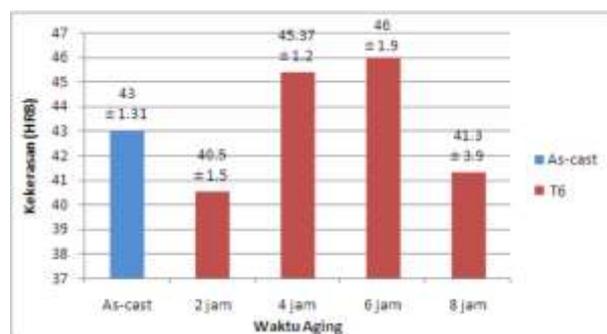
HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan

Sifat kekerasan pada umumnya merupakan fungsi dari kekuatan ikatan aluminium dan material keramik [4].

Hasil pengujian kekerasan pada sampel komposit tanpa perlakuan T6 (as-cast) dan sampel komposit yang mengalami perlakuan T6 pada empat variasi waktu aging yang diberikan pada Gambar 1, menunjukkan nilai kekerasan komposit meningkat dengan diberikannya perlakuan T6 pada waktu aging 4 jam dan 6 jam.

Jika nilai kekerasan pada keempat variasi waktu aging dibandingkan, maka terlihat bahwa nilai kekerasan komposit Al/Al_2O_3 dengan aging selama 6 jam menunjukkan nilai kekerasan tertinggi dibanding lainnya. Kekerasan meningkat dari komposit yang mengalami aging selama 2 jam hingga 6 jam, kemudian nilai kekerasan turun pada aging selama 8 jam



Gambar 1 Grafik Kekerasan vs Waktu Aging

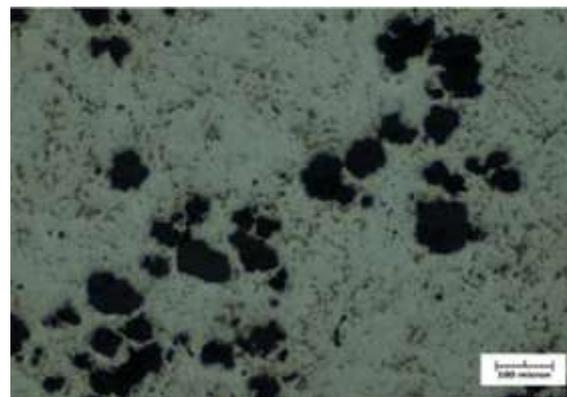
Gambar 1 memperlihatkan bahwa perlakuan T6 tidak senantiasa menaikkan kekerasan komposit Al/Al_2O_3 . Hal ini dibuktikan dengan adanya nilai kekerasan di bawah nilai kekerasan material komposit Al/Al_2O_3 as-cast, yaitu sebesar 43 HRB. Nilai kekerasan tersebut terjadi pada aging selama 2 jam, yaitu dengan nilai kekerasan sebesar 40.5 HRB, dan pada aging selama 8 jam, yaitu dengan nilai kekerasan sebesar 41.3 HRB. Pada aging selama 4 jam, nilai

kekerasan komposit Al/Al_2O_3 mengalami kenaikan menjadi 45.37 HRB. Kekerasan optimum tercapai pada komposit Al/Al_2O_3 yang mengalami perlakuan T6 dengan waktu aging selama 6 jam.

Dari Gambar 1 di atas dapat disimpulkan bahwa kondisi aging selama 2 jam dan 4 jam merupakan kondisi underage dari komposit Al/Al_2O_3 dan kondisi aging selama 8 jam merupakan kondisi overage dari komposit Al/Al_2O_3 . Hal ini sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh B.G. Park, et al [5], bahwa peak aging terjadi pada temperatur 175°C selama 6 jam.

Struktur Mikro

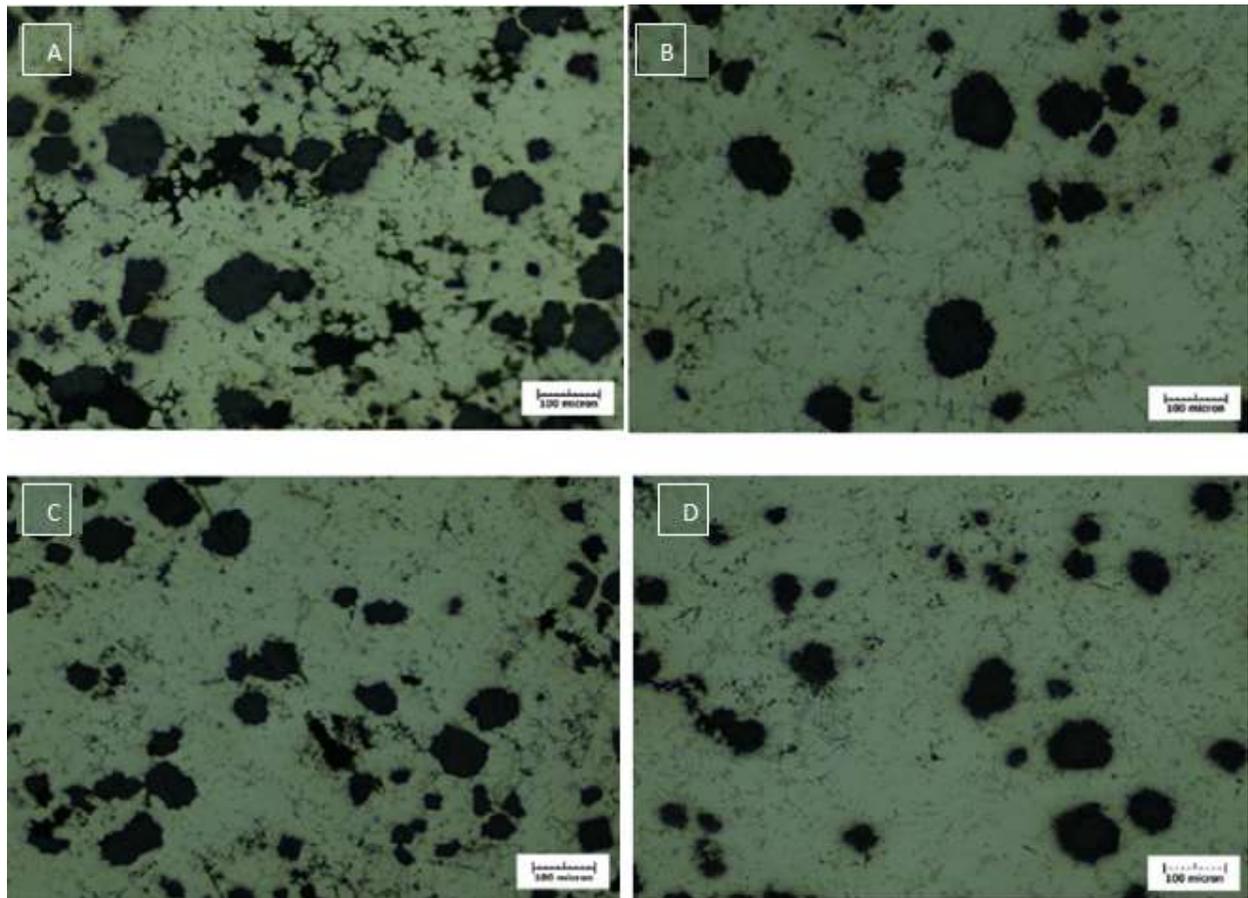
Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk membandingkan struktur mikro komposit Al/Al_2O_3 tanpa perlakuan T6 (as-cast) dengan struktur mikro komposit Al/Al_2O_3 dengan perlakuan T6 pada waktu aging yang berbeda. Pada pengamatan struktur mikro komposit yang mengalami perlakuan T6 diharapkan terlihat presipitat yang terbentuk dan dapat dilihat perkembangannya seiring kenaikan waktu aging.



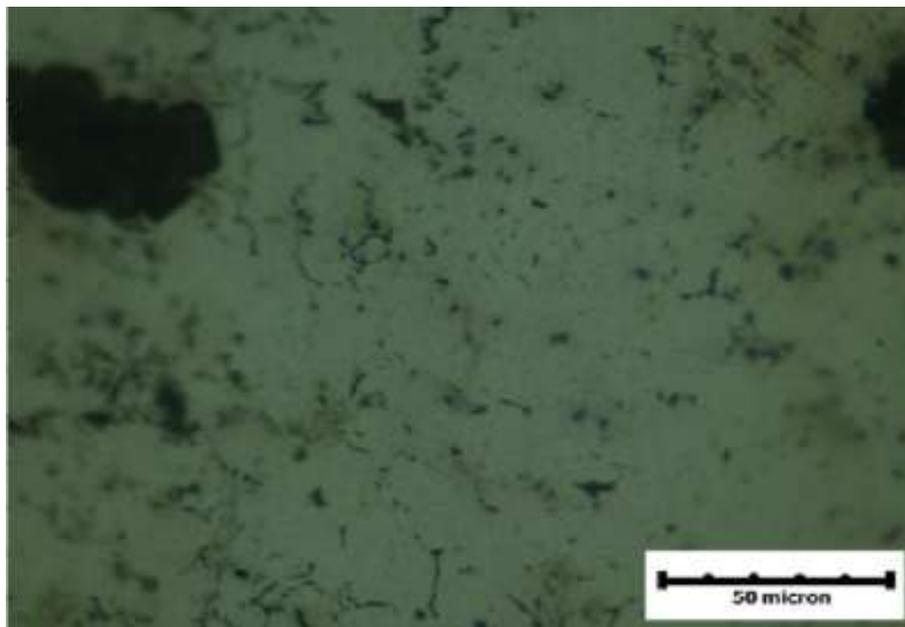
Gambar 2. Struktur Mikro Komposit Al/Al_2O_3 Tanpa Aging

Pada Gambar 2 dapat diamati struktur mikro komposit Al/Al_2O_3 as-cast, yaitu tanpa perlakuan T6. Dari Gambar 2 dapat dilihat bahwa partikel alumina mengalami clustering karena tidak tersebar secara merata di dalam matriks aluminium. Partikel alumina dalam matriks memiliki ukuran yang tidak seragam, berkisar dari rentang 40-100 μm . Dari Gambar 2 dapat diamati struktur dendrit dari Si eutektik dan antarmuka antara partikel alumina dengan matriks aluminium. Partikel alumina yang digunakan juga tidak seragam berbentuk bulat.

Gambar 3a. menunjukkan struktur mikro komposit Al/Al_2O_3 yang mengalami perlakuan T6 berupa solution treatment pada 530°C selama 90 menit dan dilanjutkan dengan kuens dan artificial aging pada 175°C selama 2 jam. Pada perbesaran 100x tampak bahwa struktur dendrit menjadi lebih besar dan lebih terlihat dibanding pada komposit Al/Al_2O_3 tanpa perlakuan T6 [6].



Gambar 3. Struktur Mikro Komposit Al/Al₂O₃ Dengan Aging : (a) 2 jam, (b) 4 jam, (c) 6 Jam, (d) 8 Jam



Gambar 4. Struktur Mikro Komposit Al/Al₂O₃ dengan Aging 6 Jam Perbesaran 500×

Gambar 3a, menunjukkan struktur mikro komposit Al/Al₂O₃ yang mengalami perlakuan T6 berupa solution treatment pada 530°C selama 90 menit dan dilanjutkan dengan kuens dan artificial aging pada 175°C selama 2 jam. Pada perbesaran 100× tampak bahwa struktur dendrit menjadi lebih besar dan lebih terlihat dibanding pada komposit Al/Al₂O₃ tanpa perlakuan T6. Pada keadaan ini, yang merupakan kondisi underage, jenis kegagalan mikro yang umum terjadi adalah kerusakan pada partikel penguat [6].

Gambar 3b, menunjukkan struktur mikro komposit Al/Al₂O₃ yang mengalami perlakuan T6 berupa solution treatment pada 530°C selama 90 menit dan dilanjutkan dengan kuens dan artificial aging pada 175°C selama 4 jam. Pada Gambar 3b, mulai tampak adanya butiran-butiran kecil di sekitar penguat. Pada perbesaran 100× terlihat bahwa struktur dendrit menjadi lebih besar dan lebar dibanding pada komposit Al/Al₂O₃ dengan aging selama 2 jam.

Gambar 3c, menunjukkan struktur mikro komposit Al/Al₂O₃ yang mengalami perlakuan T6 berupa solution treatment pada 530°C selama 90 menit dan dilanjutkan dengan kuens dan artificial aging pada 175°C selama 6 jam. Pada Gambar 3c, tampak sangat banyak struktur berupa butiran-butiran kecil yang berukuran sekitar 5-10 μm di sekitar penguat, yang diidentifikasi sebagai presipitat. Pada perbesaran 100× terlihat bahwa struktur dendrit masih menyerupai struktur dendrit pada aging selama 4 jam, yaitu lebih besar dan lebih banyak dibanding pada komposit Al/Al₂O₃ tanpa perlakuan T6.

Gambar 3d, menunjukkan struktur mikro komposit Al/Al₂O₃ yang mengalami perlakuan T6 berupa solution treatment pada 530°C selama 90 menit dan dilanjutkan dengan kuens dan artificial aging pada 175°C selama 8 jam. Pada Gambar 3d tampak banyak struktur berupa butiran-butiran kecil yang berukuran sekitar 5-10 μm di sekitar penguat. Struktur ini jumlahnya lebih sedikit dan bentuknya lebih besar dibandingkan pada kondisi aging selama 6 jam. Pada perbesaran 100× terlihat bahwa struktur dendrit menjadi sangat halus dan ukurannya kembali menjadi kecil. Hal ini dapat terjadi akibat proses aging yang terlalu lama, sehingga struktur dendrit mengalami rekristalisasi dan kembali ke bentuk yang lebih halus. Hal inilah yang menyebabkan sifat mekanis komposit Al/Al₂O₃ kembali turun pada aging selama 8 jam. Pada kondisi ini, yang merupakan kondisi overage, jenis kegagalan mikro yang umum terjadi adalah kegagalan dekat antarmuka antara partikel dengan matriks dan kegagalan pada matriks [6].

Struktur dendrit yang merupakan Si eutektik tersebut dapat dilihat lebih jelas pada perbesaran 500×

di Gambar 4. Struktur dendrit yang tampak memiliki panjang sekitar 10-20 μm dengan bentuk yang membundar pada bagian pinggirnya. Perubahan struktur ini disebabkan oleh adanya aging yang lebih lama sehingga Si eutektik mampu mengubah bentuk dari seperti jarum menjadi lebih bulat. Sifat mekanis komposit pun akan naik akibat perubahan struktur mikro.

KESIMPULAN

Bahan penyusun komposit Al-Si-Mg/Al₂O₃ terdiri dari Billet Al.6061 sebagai matrik, Al₂O₃ sebagai penguat dan Mg sebagai *wetting agent*. Dalam pembuatan komposit menggunakan metode *stir casting*. Variabel yang digunakan dalam penelitian ini yaitu : variasi waktu aging. Pada penelitian ini akan dianalisis dan dipelajari pengaruh variabel diatas terhadap karakteristik komposit Al-Si-Mg/Al₂O₃. Berdasarkan hasil penelitian dan analisa yang ada maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Nilai kekerasan komposit Al/Al₂O₃ meningkat setelah dilakukan perlakuan T6 dengan waktu aging selama 4 dan 6 jam.
2. Kondisi peak terjadi pada aging di temperatur 175°C selama 6 jam.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D.B. Miracle, Metal matrix composites – *From Science To Technological Significance*, Composites Science and Technology 65 (2005) 2526–2540
- [2] Callister, Jr. William D. “Materials Science and Engineering: an Introduction”. New York: John Wiley & Sons, Inc.2007: 978-0-471-73696-7.
- [3] Hashim, Jasmi. “The Production of Cast Metal Matrix Composite by A Modified Stir Casting Method.” Jurnal teknologi, 35(A) Dis. 2001, pp. 9-20.
- [4] Askeland, Donald R., Fulay, Pradeep P. “Essentials of Materials Science and Engineering.” Toronto: John Wiley & Sons, Inc. ISBN-13: 978-0-495-24446-2, 2009.
- [5] B. G. Park, A. G. Crosky, A. K. Hellier. “Material characterisation and mechanical properties of Al₂O₃-Al metal matrix composites”. Journal of Materials Science 36 (2001) 2417 – 2426.
- [6] D. R. Chichili, K. T.Ramesh. “Dynamic Failure Mechanisms in a 6061-T6 Al/Al₂O₃ Metal-Matrix Composite”. Int. J Solids Structure~ Vol. 32, No. 17/18, pp. 2609-2626, 199, 1995.