

---

## **Studi *mechanical properties* dan struktur mikro hasil variasi temperatur dan waktu *aging* pada *aluminium matrix composite* (AMC) hasil proses *stir casting* dengan kandungan *matrix* berlebih**

**Iman Saefuloh<sup>1)</sup>, Agus Pramono<sup>2)</sup>, Reinhart Bonke<sup>3)</sup>, Yazid Rukmayadi<sup>4)</sup>**

<sup>1,3,4</sup>Jurusan Teknik Mesin, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

<sup>2</sup>Jurusan Teknik Metalurgi, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Banten, Indonesia

\*E-mail : iman.saefuloh@untirta.ac.id

### **Abstrak**

*Aluminium matrix composite* (AMC) banyak digunakan sebagai bahan di banyak bidang (otomotif, pertambangan, penerbangan, pertahanan) karena ringan, dipilih sebagai material ini ringan dan relatif murah dan mudah difabrikasi. Proses pembuatan AMC tidak mudah karena matrik dapat membentuk gumpalan. Proses *Stir casting* dipilih dalam proses ini karena dapat menghasilkan AMC lebih merata dan dapat memecah gumpalan tersebut. Setelah *stir casting* dilakukan proses perlakuan panas *aging* agar material hasil lebih baik. Penelitian ini bertujuan menggunakan aluminium sebagai matrik dan senyawa karbida SiC sebagai penguat dengan proses *aging* suhu 100<sup>0</sup>C dan 200<sup>0</sup>C dengan waktu penahanan selama 1, 2, 3 dan 4 jam untuk meningkatkan *mechanical properties* dan memperbaiki struktur mikro. Setelah melalui proses pengujian didapatkan waktu *aging* berpengaruh terhadap *mechanical properties* yang di hasilkan, semakin lama waktu *aging* semakin besar pula kenaikan *mechanical properties*, untuk nilai kekuatan tarik naik sampai 70% dan kekerasan naik sampai 31%.

Kata Kunci: *Aluminium matrix composite*, waktu *aging*, variasi temperatur, *stir casting*.

### **Abstract**

*Aluminum matrix composite* (AMC) is widely used as the material in many fields (automotive, mining, aviation, defense) because it is lightweight, relatively inexpensive and easily fabricated material. The process of making AMC is not easy because the matrix can form clumps. In this study, the *Stir casting* process was chosen because it could produce AMC more evenly and can break the clumps. After the *stir casting* process, the *aging* heat treatment process was carried out in order to produce better material. This study aimed to use aluminum as a matrix and SiC carbide compounds as reinforcement with an *aging* process of 100<sup>0</sup>C and 200<sup>0</sup>C with a holding time of 1, 2, 3 and 4 hours to improve *mechanical properties* and improve microstructures. After going through the testing process, it is found that the *aging* time affected the *mechanical properties* that were produced; the longer the *aging* time, the greater the *mechanical properties* increased, with the tensile strength value increased to 70% and the hardness increased to 31%.

Keywords: *aging*, *Mechanical properties*, *Aluminium matrix composite*, *stir casting*

## 1. PENDAHULUAN

Penggunaan bahan dasar logam telah lama dikembangkan untuk produk industri sebab mempunyai beberapa keunggulan baik sifat mekanis, elektrik maupun yang lain. Pemilihan material untuk suatu komponen atau strukturnya umumnya menyangkut beberapa aspek, yaitu: aspek kekuatan spesifik, kekakuan, ringan, tidak korosif dan ketahanan atau umur material [1]. Pada umumnya aluminium banyak digunakan karena material ini ringan dan relatif murah dan mudah difabrikasi. Permasalahannya adalah material ini mempunyai kekuatan yang lebih rendah dibandingkan material komersil lainnya seperti besi tuang, baja maupun tembaga [2]. Namun aluminium dapat ditingkatkan kekuatannya dengan melalui proses pemaduan (*alloying*), proses pengerjaan dingin (*cold working*) dan perlakuan panas (*heat treatment*) serta proses penuaan (*aging*) [3]. Untuk menangani permasalahan tersebut, diperlukan adanya pemilihan bahan komposit berupa senyawa karbida SiC yang memiliki sifat kekerasan yang tinggi dan ketahanan pada lingkungan bertemperatur tinggi dengan matrik paduan Aluminium- Tembaga-Magnesium(Al-Cu-Mg) [4-8].

Perlakuan yang diberikan pada logam antara lain adalah perlakuan panas atau *heat treatment*, yang merupakan suatu proses perlakuan terhadap logam dengan cara memberikan pemanasan dan kemudian dilakukan pendinginan dengan media pendingin tertentu, untuk mengubah sifat mekanik. Dengan adanya pemanasan dan pendinginan pada kecepatan tertentu maka bahan-bahan logam akan memperlihatkan perubahan strukturnya sehingga sifat mekaniknya dapat diubah sesuai dengan yang diinginkan [7,8].

*Aluminium Matrix Composites* (AMC) adalah jenis material komposit logam dimana aluminium sebagai matriknya dengan Cuprum (Cu), Silikon karbida (SiC) dan Magnesium (Mg) sebagai penguat dari matrik Aluminium. AMC mempunyai prospek pengembangan yang cukup menjanjikan, didasari oleh sifat-sifatnya yang baik, seperti kekerasan dan kekuatan yang tinggi, dan bahan dasar yang mudah didapatkan. Sifat mekanik aluminium biasa dikarakterisasi atau disesuaikan sesuai keinginan dengan memberikan suatu perlakuan khusus, sehingga dapat menghasilkan suatu logam sesuai dengan yang diinginkan, dalam sebuah penelitian yang telah dilakukan, metode *aging* (penuaan) dapat meningkatkan sifat

mekanis pada material aluminium 6068 dalam hal ini kuat tarik dan kekerasannya dengan mevariasikan waktu tahan 1,5, dan 8 jam pada temperature 180° dan 200° dan membandingkannya dengan material yang tidak diberikan perlakuan panas (*aging*) [9].



Gambar 1. Mesin stir casting

Salah satu metode yang dipakai dalam Pengecoran AMC dengan Penguat Tembaga (Cu), Magnesium (Mg) dan Silikon Karbida (SiC) adalah teknik *stir casting*, metode yang digunakan dalam teknik ini adalah proses pengadukan dengan variasi putaran pada masing-masing tahap pengecoran. Metode *Stir casting* adalah suatu proses dari produk komposit dimana material penguat (*reinforced*) digabungkan dalam cairan logam dengan cara pengadukan. Pemilihan proses *Stir casting* dalam pembuatan material ini dikarenakan teknik ini dapat membuat komposit logam dengan distribusi partikel penguat yang merata dan homogen untuk mendapatkan sifat mekanik yang baik [10].

Peningkatan sifat mekanis terus meningkat seiring bertambahnya waktu penahanan dibuktikan dengan data pengujian yang dihasilkan. Nilai uji tarik meningkat dari 24,45 Kgf/mm<sup>2</sup> menjadi 30,24 Kgf/mm<sup>2</sup> sebelum dan sesudah diberikannya perlakuan panas (*aging*) begitu pula dengan kekerasannya yang meningkat dari sebelum diberikan perlakuan panas (*aging*) 79,6 BHN menjadi 94,5 BHN setelah diberikan perlakuan panas (*aging*). Dengan memanfaatkan hasil penelitian - penelitian sebelumnya, pada penelitian ini mencoba mengembangkan pembuatan aluminium paduan baru dengan 6 proses *Stir casting* dan *aging* [11],

Dalam penelitian kali ini penulis bertujuan melakukan studi perlakuan panas dan aging pada aluminium matrix komposit (AMC) Aluminium dengan komposisi matrik 5%Cu-4%Mg-15%SiC dengan sifat mekanik yang dihasilkan dan pengamatan struktur mikro.

## 2. METODOLOGI PENELITIAN

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Al-5%Cu- 4%Mg-15%SiC proses pengecoran menggunakan metode *Stir casting*, kemudian Proses *solution treatment* yaitu memanaskan specimen pada temperature 500<sup>0</sup>C dengan waktu tahan 1 jam, dilakukan pemanasan sampai mencapai temperature 500 *Solution treatment, quenching*, setelah itu Proses *Quenching* yaitu mendinginkan dengan cepat specimen yang telah dipanaskan. Media yang digunakan untuk *quenching* adalah oli selama 5 menit. Proses *Aging* dilakukan setelah proses *solution treatment* dan *quenching* yaitu memanaskan kembali spesimen dengan memvariasikan waktu tahan 1, 2, 3, dan 4 jam) pada temperatur 100<sup>0</sup>C dan 200<sup>0</sup>C, Proses pendinginan udara setelah di *aging*. Untuk mengetahui sifat mekanik yang dari AMC yang dihasilkan maka dilakukan pengujian sifat mekanik yaitu; Uji kekerasan, Uji tarik dan Uji Impak. Sementara untuk mengetahui srstruktur mikro maka dilakukan pengamatan dengan *Scaning elektro mikroskop* (SEM).

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### a. Hasil Pengujian Tarik

Specimen di uji Tarik di buat seperti standar ASTM E8M-09 dapat kita lihat pada gambar 2. Pengujian tarik material aluminium paduan hasil perlakuan panas dilakukan dengan kondisi specimen pada temperatur ruangan 23<sup>0</sup>C, benda uji dengan ukuran specimen yang telah ditentukan diseting kecepatannya 10 mm/menit.



Gambar 2. Spesimen Uji tarik

Berdasarkan data pengujian tarik material paduan Al, Cu, Mg, dan SiC dapat kita lihat table 1, kenaikan temperature berpengaruh terhadap sifat tariknya, peningkatan nilai temperature mengakibatkan kekuatan tarik semakin turun, namun waktu aging mengakibatkan kenaikan nilai kekuatan tarik yang signifikan, dapat dilihat bahwa nilai tertinggi dihasilkan pada specimen *aging* dengan suhu  $100^{\circ}\text{C}$  selama 4 jam sebesar  $66,7 \text{ N/mm}^2$ . Jika dibandingkan dengan nilai kuat tarik *non aging* sebesar  $39,3 \text{ N/mm}^2$  maka kenaikannya sampai 70%. sedangkan pada *aging*  $200^{\circ}\text{C}$  nilai kekuatan tarik terbesar dimiliki waktu aging selama 4 jam sebesar  $60,6$ , namun demikian jika dibandingkan dengan kekuatan tarik tanpa aging masih mengalami kenaikan sebesar penurunan nilai kuat tarik sebesar 54%, Namun demikian jika dibandingkan antara temperature aging  $200^{\circ}\text{C}$  dengan pada aging temperature  $100^{\circ}\text{C}$  mengalami Penurunan harga kekuatan sekitar 12%, ini disebabkan karena semakin getasnya material paduan seiring dengan naiknya suhu *aging*.

Tabel 1. Nilai kekerasan

No	Spesimen	Hasil Uji Tarik ( $\text{N/mm}^2$ )
1	Non Aging	39,3
2	Aging $T=100^{\circ}\text{C}$ , $t = 1\text{jam}$	60,4
3	Aging $T=100^{\circ}\text{C}$ , $t = 2\text{jam}$	63,9
4	Aging $T=100^{\circ}\text{C}$ , $t = 3\text{jam}$	62,2
5	Aging $T=100^{\circ}\text{C}$ , $t = 4\text{jam}$	66,7
6	Aging $T=200^{\circ}\text{C}$ , $t = 1\text{jam}$	44
7	Aging $T=200^{\circ}\text{C}$ , $t = 2\text{jam}$	47,5
8	Aging $T=200^{\circ}\text{C}$ , $t = 3\text{jam}$	56,3
9	Aging $T=200^{\circ}\text{C}$ , $t = 4\text{jam}$	60,6

### b. Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode *brinell* dengan standar SNI 19-0405-1989. Pengujian ini menggunakan alat uji kekerasan “Frank Welltest” dengan indentor 5 mm, diberikan beban pada specimen dengan sebesar 62,5 kgf specimen ditunjukkan pada gambar 3.



Gambar 3. Spesimen Uji Kekerasan

Tabel 2. Nilai kekerasan

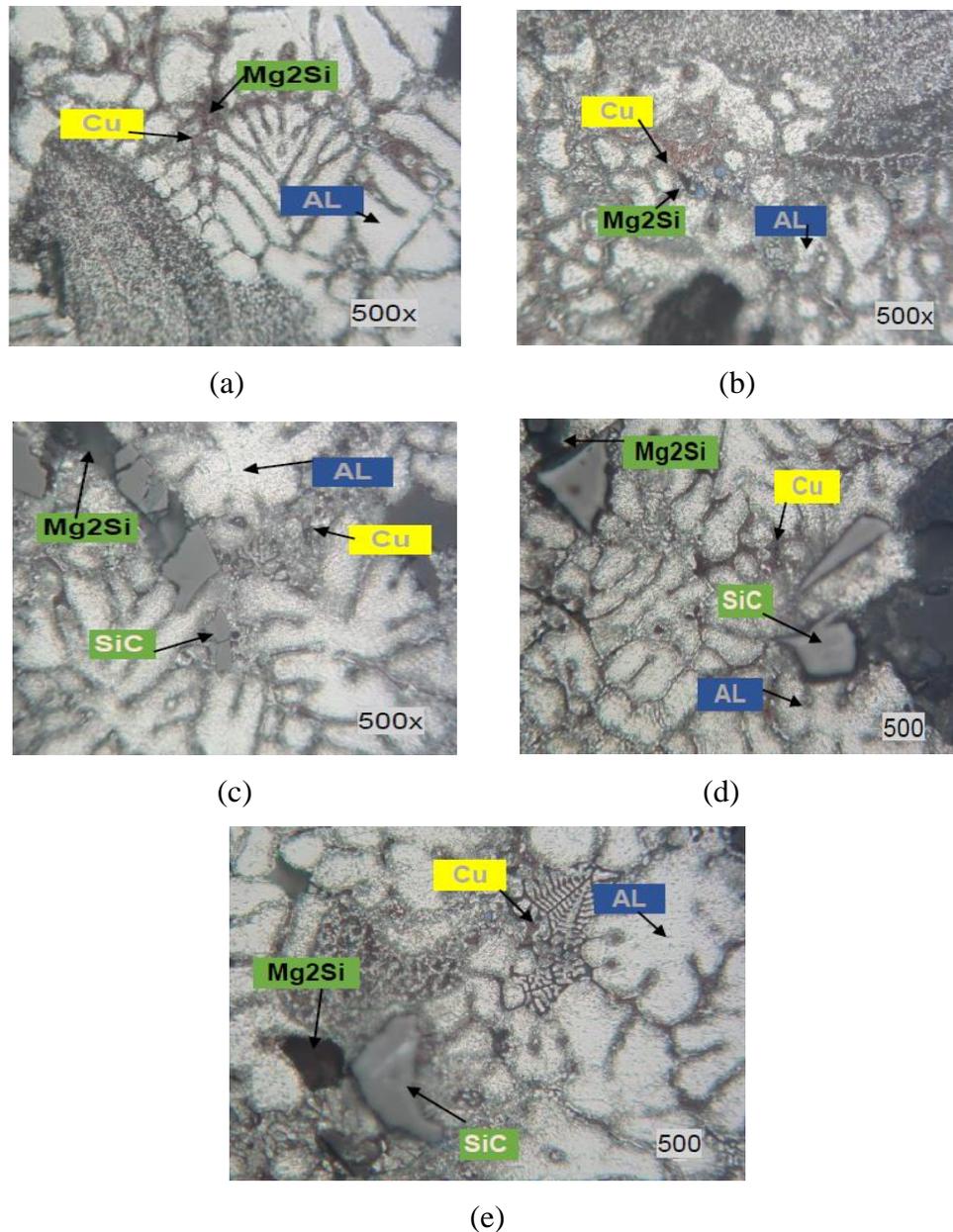
No	Spesimen	Nilai Kekerasan (BHN)
1	Non Aging	76,2
2	Aging T=100 <sup>0</sup> C, t = 1jam	78,9
3	Aging T=100 <sup>0</sup> C, t = 2jam	84,6
4	Aging T=100 <sup>0</sup> C, t = 3jam	96,2
5	Aging T=100 <sup>0</sup> C, t = 4jam	99,6
6	Aging T=200 <sup>0</sup> C, t = 1jam	77,3
7.	Aging T=200 <sup>0</sup> C, t = 2jam	89,2
8.	Aging T=300 <sup>0</sup> C, t = 3jam	93,4
9.	Aging T=300 <sup>0</sup> C, t = 4jam	98,7

Berdasarkan tabel 2 nilai kekerasan dari material pengecoran mengalami peningkatan setelah dilakukan proses *aging*. Pada *aging* temperature 100°C jika dibandingkan dengan material hasil *Stir casting* non aging mengalami peningkatan nilai kekerasan material sebesar 31% dari hasil perlakuan *non aging* dengan nilai kekerasan 76,2 HB menjadi 99,6 HB, dan pada *aging temperature* 200°C selama 1 jam mengalami kenaikan 30% dengan nilai kekerasan 76,2 menjadi 98,7 HB. Kenaikan nilai kekerasan tersebut disebabkan karna unsur SiC dan Mg<sub>2</sub>Si menyebar merata sehingga kekerasan bertambah naik.

### c. Pengamatan Struktur Mikro

Hasil pengamatan struktur mikro ditunjukkan pada gambar 4, dari hasil pengamatan struktur mikro material hasil pengecoran dengan tanpa perlakuan *aging* terdapat fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si dimana fasa Aluminium (berwarna terang) dan Studi mechanical properties dan struktur mikro hasil variasi temperatur dan waktu aging pada aluminium matrix composite (AMC) hasil proses stir casting dengan kandungan matrix berlebih (Iman Saefuloh, dkk.)

Mg<sub>2</sub>Si (berwarna kelabu kehitam-hitaman) dengan adanya fasa ini akan meningkatkan kekuatan nilai kekerasan pada aluminium paduan. Terlihat bahwa partikel Mg<sub>2</sub>Si dan SiC kurang terdistribusi merata dan menyebabkan nilai kekerasan pada sampel *non aging* lebih rendah dari sampel setelah *aging*.



Gambar 4. Pengamatan struktur mikro (a) AMC non Aging (b) Aging pada temperatur 100<sup>0</sup>C waktu 1 jam (c) Aging Pada Temperatur 100<sup>0</sup>C waktu 2 jam (d) Aging pada temperatur 100<sup>0</sup>C waktu 3 jam (e) Aging pada temperatur 100<sup>0</sup>C waktu 4 jam

Pada *aging* 100°C selama 1 jam terdapat fasa Al-Mg<sub>2</sub>Si dimana fasa Aluminium (berwarna terang) dan Mg<sub>2</sub>Si (berwarna kelabu kehitam-hitaman). Terlihat bahwa partikel Mg<sub>2</sub>Si terdistribusi merata dan menyebabkan nilai kekerasan pada sampel *aging* 100°C, pada Al-5%Cu-4%Mg dengan fraksi penguat 15% partikel SiC, tampak bahwa SiC terdistribusi merata pada perlakuan *aging* 100°C fasa Mg<sub>2</sub>Si terlihat cukup merata sehingga menyebabkan nilai kekerasan pada sampel. Peningkatan sifat mekanik seperti nilai kekerasan dan tarik semata-mata tidak hanya dihasilkan dari terbentuknya presipitasi Mg<sub>2</sub>Si melainkan oleh adanya partikel SiC yang mengendap didalam paduan matriks Al-5%Cu-4%Mg.

Sementara pada Al-5%Cu-4%Mg dengan fraksi penguat 15% partikel SiC yang melalui proses perlakuan *aging* 100°C selama 2 jam, terlihat bahwa SiC terdistribusi merata pada perlakuan *aging* dan fasa Mg<sub>2</sub>Si terlihat cukup merata sehingga menyebabkan nilai kekerasan. Peningkatan sifat mekanik seperti nilai kekerasan dan tarik semata-mata tidak hanya dihasilkan dari terbentuknya presipitasi Mg<sub>2</sub>Si melainkan oleh adanya partikel SiC yang mengendap didalam paduan matriks Al-5%Cu-4%Mg.

untuk Al-5%Cu-4%Mg dengan fraksi penguat 15% partikel SiC yang melalui proses perlakuan *aging* 100°C selama 3 dan 4 jam, terlihat bahwa SiC terdistribusi cukup merata pada perlakuan *aging* fasa Mg<sub>2</sub>Si terlihat cukup merata sehingga menyebabkan nilai kekerasan pada sampel *aging* 100°C selama 3 dan 4 jam naik.

#### 4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dan analisa maka pada penelitian AMC dengan variasi temperatur waktu *aging* dapat di tarik kesimpulan sebagai berikut ini :

- a. Waktu *aging* sangat berpengaruh terhadap kualitas AMC yang dihasilkan dimana semakin lama waktu *aging* semakin baik pula mechanical properties baik kekuatan tarik dan nilai kekerasannya, kenaikan kekuatan tarik sampai 70% dan kekerasan 31%.
- b. Sedangkan untuk variasi temperatur pengaruhnya tidak signifikan, bahkan mengalami penurunan, presentasi penurunannya sekitar 2% untuk nilai kekuatan tarik dan 10% untuk nilai kekerasan..

---

Studi mechanical properties dan struktur mikro hasil variasi temperatur dan waktu *aging* pada aluminium matrix composite (AMC) hasil proses stir casting dengan kandungan matrix berlebih (Iman Saefuloh, dkk.)

## 5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Surdia, T. dan CijjiwaK, Teknik Pengecoran Logam, Jakarta, PT Pradnya Paramita, 1991.
- [2] Smith, F. William, Material Science and engineering, 2<sup>nd</sup> ed., NewYork: Mc Graw-Hillinc, 1995.
- [3] Widi Aprianto, et. al., Pemilihan bahan dan proses, Bandung, Universitas Jenderal Achmad Yani pers, 2014.
- [4] Suyanto., Sulardjaka., Sri Nugroho, “Pengaruh Komposisi Mg dan SiC Terhadap Sifat Kekerasan Komposit AlSi-SiC yang dibuat dengan Proses Semi Solid Stircasting,” Universitas Diponegoro, 2017.
- [5] Anne Zulfa, et. al., “Proses Penuaan (Aging) pada Paduan Aluminium AA 333 Hasil Proses Sand Casting,” Universitas Indonesia, 2010.
- [6] Juriah Mulyanti, “Pengaruh Temperatur *Aging* Terhadap Karakteristik Material Komposit Logam Al-SiC Hasil *Stir casting*”, Universitas Janabadra, 2011.
- [7] Fuad Abdillah, “Perlakuan Panas Paduan Al-Si pada prototype piston berbasis material piston bekas,” Universitas Diponegoro, 2010.
- [8] Supriatna, “Pengaruh Perlakuan Panas Dan Penuaan Terhadap Sifat Mekanis Pada Material Komposit Matrik Al-4,5%Cu-4%Mg-10%SiC(P),” Universitas Gunadarma, 2017.
- [9] Iman Saefuloh, et. al., “[Studi Karakteristik Sifat Mekanik Aluminium Matrix Composite \(AMC\) Paduan AL, 5%Cu, 12%Mg, 15% SiC Hasil Proses Casting dengan Variasi Temperatur Pengadukan](#), Jurnal Teknika Untirta Edisi 14 No. 2 Hal. 151 -164, 2018.
- [10] Amir Arifin, et. al., ”Pengaruh Parameter *Stir casting* Terhadap Sifat Mekanik Alumunium MatrX Composite (AMC)” *Flywheel*, vol. III, no. 1, pp. 21-31, 2017.
- [11] Rieco Malik dan Sutaris., ”Pengaruh Temperatur Aging dan Waktu Holding Aging presipitasi Hardening pada Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Mg-5Al-1%Y untuk Aplikasi komponen Otomotif Temperatur Tinggi” Institut Teknologi Sepuluh November, 2014.