



## Pengaruh waktu *solution treatment* dan *artificial aging aluminium matrix composite ADC12* terhadap sifat mekanik

Indah Uswatun Hasanah <sup>a,1</sup>, Suryana Suryana <sup>a</sup>, Dinda Aulia Hapsari <sup>a</sup>

<sup>a</sup>Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik, Universitas Sultan Ageng Tirtayasa, Jl. Jenderal Sudirman Km 3 Cilegon, 42435, Indonesia

<sup>1</sup>E-mail: [indah.uswatun.h@untirta.ac.id](mailto:indah.uswatun.h@untirta.ac.id)

### INFO ARTIKEL

#### Riwayat artikel:

Diajukan pada 01 Oktober 2020

Direvisi pada 10 Oktober 2020

Disetujui pada 27 November 2020

Tersedia daring pada 30 November 2020

#### Kata kunci:

AMC, *solutioning*, *aging*, kekerasan, kuat tarik.

#### Keywords:

AMC, *solution*, *aging*, *hardness*, *tensile strength*.

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengembangkan sifat mekanik dari ADC12 untuk komponen otomotif dan metode yang digunakan adalah pembuatan *aluminium matrix composite* (AMC) dengan matriks aluminium menggunakan *stir casting*. Kemudian AMC diberi perlakuan panas *artificial aging* dengan metode T6. Variasi yang dilakukan pada penelitian ini adalah waktu *solutioning*, yaitu selama 2, 4 dan 6 jam pada temperatur yang sama serta waktu *aging* yaitu selama 6, 8 dan 10 jam dengan temperatur yang sama. Semakin keras material maka akan semakin tinggi kuat tariknya, hal ini berkaitan dengan ukuran butir serta persentase fasa yang dihasilkan dari perlakuan panas. Hasil tertinggi yang diperoleh pada waktu *solution treatment* selama 2 jam dan waktu *artificial aging* selama 10 jam yakni dengan kekerasan mencapai 77 HRB serta kuat tarik 247 N/mm<sup>2</sup>.

### ABSTRACT

This study aims to develop the mechanical properties of ADC12 for automotive components. The method used is the manufacture of aluminum matrix composite (AMC) with an aluminum matrix using stir casting. Then AMC was given artificial aging heat treatment with the T6 method. This research's variations were *solutioning* time, i.e. for 2, 4, and 6 hours at the same temperature, and *aging* time, i.e. for 6, 8, and 10 hours with the same temperature. The harder the material, the higher the tensile strength. This is related to the grain size and the percentage of phase resulting from the heat treatment. The highest results were obtained when the *solution treatment* was for 2 hours and the time for *artificial aging* was 10 hours, with hardness reaching 77 HRB and tensile strength of 247 N/mm<sup>2</sup>.

Tersedia pada: <http://dx.doi.org/10.36055/tjst.v16i2.9191>.

## 1. Pendahuluan

Peningkatan kebutuhan alat transportasi secara berkesinambungan diikuti dengan adanya peningkatan jumlah industri otomotif di Indonesia salah satunya adalah produksi sepeda motor. Berdasarkan data dari asosiasi industri sepeda motor Indonesia (AISI), produksi sepeda motor terus meningkat setiap tahunnya dan mencapai 8.4 juta unit pada tahun 2011. Kebutuhan sepeda motor yang semakin tinggi menyebabkan jumlah sepeda motor di Indonesia mencapai lebih dari 85 juta unit pada tahun 2019. Peningkatan jumlah sepeda motor tersebut diakibatkan oleh peningkatan daya beli masyarakat dan juga kemudahan untuk memiliki sepeda motor [1].

ADC12 merupakan material yang sering digunakan dalam industri otomotif karena rasio kekuatan dan beratnya yang besar, namun tidak jarang terjadi kegagalan pada komponen ADC12 seperti pada piston [2-4]. Karena piston diaplikasikan pada temperatur yang tinggi, ADC12 cenderung mengalami pelunakan sehingga nilai dari kekerasan akan menurun. Hal ini mengakibatkan kenaikan angka penggantian suku cadang yang dapat meningkatkan jumlah limbah otomotif setiap tahunnya. Salah satu solusi untuk mengurangi jumlah limbah otomotif adalah dengan meningkatkan sifat mekanik ADC12 sehingga waktu pakai komponen otomotif akan lebih lama [5-6]. Komposit dan perlakuan panas dapat menjadi solusi dari masalah tersebut, dengan mencampurkan grafit dan ADC12 sehingga akan terbentuk *aluminum matrix composite* (AMC) yang kemudian dilakukan perlakuan panas penuaan guna meningkatkan kekerasan dan kekuatan tarik dari material [7-9].

AMC dari hasil pengecoran logam akan memiliki risiko tidak meratanya persebaran penguat. *Solutioning* yaitu menahan material pada suhu sedikit di bawah suhu eutectic. Proses *solutioning* bertujuan untuk meratakan persebaran dari penguat serta mengurangi segregasi mikro, jika semakin lama waktu yang diberikan maka semakin teratur mikrostruktur yang akan dihasilkan [10-11]. Maka dari itu perlu diketahui lama waktu *solutioning* yang dibutuhkan



untuk meningkatkan kekerasan dan kuat tarik AMC. Pada proses perlakuan panas T6 dilakukan pula proses *aging*, dengan tujuan menghasilkan larutan lewat jenuh sehingga terbentuklah presipitat. Pertumbuhan presipitat tersebut perlu dikontrol untuk menghasilkan presipitat yang bersifat koheren. Apabila waktu *aging* yang diberikan terlalu lama maka presipitat yang terbentuk dapat mengalami *over aging* dan peristiwa ini dapat menurunkan sifat mekanik dari AMC. Waktu *aging* yang optimum penting untuk diamati guna menghasilkan presipitat yang koheren dan mencegah penurunan sifat mekanik AMC.

## 2. Metodologi Penelitian

Komposit matriks ADC12 (grafit) dibuat dan AMC dilakukan *solution treatment* pada temperatur 490°C selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam di dalam *muffle furnace* dan di-*quenching* dengan media air. AMC dilakukan *artificial aging* pada temperatur 150°C selama 6 jam, 8 jam dan 10 jam di dalam *muffle furnace*. Sampel dipreparasi untuk proses pengujian mekanik. AMC *as cast* dan AMC yang telah dilakukan perlakuan panas dilakukan uji kekerasan, uji tarik, *surface fracture* dan uji mikro struktur [12-13].

AMC dibuat dengan ADC12 sebanyak 93.5% yang kemudian dilelehkan di dalam tungku induksi. Grafit dan magnesium sebanyak 6% dan 0.5% [2] yang dibungkus dengan *aluminium foil* kemudian dilakukan *preheat* di atas tungku induksi. Magnesium dimasukkan ke dalam tungku dan diaduk. Kemudian grafit dimasukkan ke dalam tungku induksi. Rongga cetak dilakukan *preheat* dengan cara meletakkan rongga cetak di atas tungku induksi. *Stirring* dilakukan selama 15 menit dengan kecepatan stir 500 rpm. Rongga cetak diletakkan pada posisinya dan dilakukan pengecoran pada temperatur 700°C. AMC dikeluarkan dan dilakukan pendinginan dengan udara.

## 3. Hasil dan Pembahasan

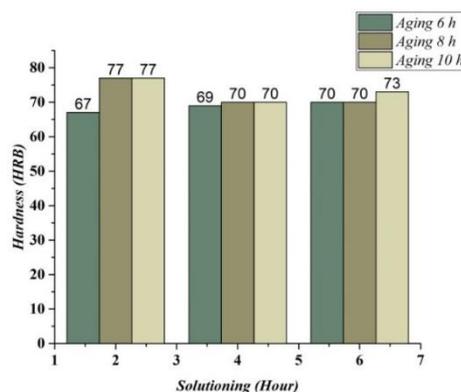
### 3.1. Pengaruh Perilaku Panas T6 Terhadap Kekerasan

Pengaruh dari perlakuan panas T6 terhadap kekerasan AMC dapat dilihat pada Tabel 1, dimana terdapat hubungan antara lamanya waktu *solutioning* dan waktu *aging* terhadap nilai kekerasan dalam skala Rockwell. Proses *solutioning* bertujuan memberikan waktu kepada elemen paduan yang tersegregasi untuk berdifusi secara merata pada matriks aluminium. Adapun variasi waktu yang digunakan pada proses *solutioning* ini adalah selama 2 jam, 4 jam dan 6 jam. Berdasarkan penelitian [12], semakin lama proses *solutioning* dilakukan maka akan semakin homogen sehingga nilai kekerasan akan cenderung meningkat dibandingkan dengan material yang tidak dilakukan perlakuan. Pada waktu *solutioning* yang sama dan waktu *aging* yang berbeda dapat dilihat pada Tabel 1 dan Gambar 1, dimana dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu *solutioning* maka semakin tinggi nilai kekerasan AMC.

Tabel 1. Data pengaruh waktu *solutioning* terhadap nilai kekerasan.

<i>Solutioning (hour)</i>	<i>Aging (hour)</i>	<i>Hardness (HRB)</i>
2	6	67
	8	77
	10	77
4	6	69
	8	70
	10	70
6	6	70
	8	70
	10	72

Nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada waktu *solutioning* selama 2 jam, yakni sebesar 77 HRB. Hal ini sesuai pula dengan penelitian [12], pengaruh waktu *solutioning* terhadap kekerasan aluminium, setiap sampel mengalami kenaikan yang signifikan jika dibandingkan dengan sampel yang tidak dilakukan perlakuan. Pada Tabel 1 dan Gambar 1 didapatkan pula nilai kekerasan tertinggi, yaitu terdapat pada waktu *solutioning* selama 2 jam. Hal ini dapat dikarenakan semakin sedikitnya segregasi mikro yang dapat mengurangi nilai kekerasan pada material, karena segregasi mikro juga merupakan salah satu metode penguatan logam yakni berupa penguatan larutan padat. Pada daerah-daerah tertentu yang mengalami segregasi yang tinggi maka akan dihasilkan nilai kekerasan yang tinggi pula.



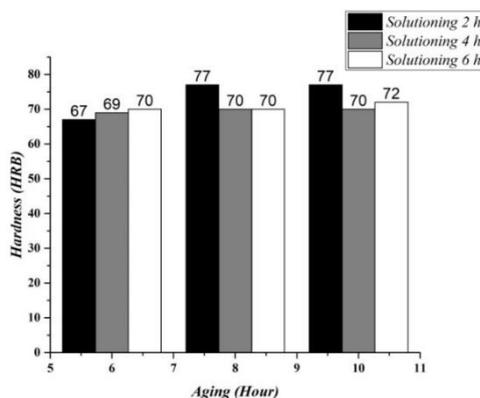
Gambar 1. Pengaruh waktu *solutioning* terhadap nilai kekerasan.

Selain waktu *solutioning*, waktu *aging* juga dapat mempengaruhi nilai kekerasan dari AMC. Semakin lama waktu *aging* maka akan semakin banyak presipitat yang dapat terbentuk, namun apabila waktu *aging* terlalu lama dapat pula dihasilkan presipitat dengan ukuran yang terlalu besar, hal ini dapat mengakibatkan penurunan nilai kekerasan material. Hal ini juga dikemukakan oleh [12], dimana semakin lama waktu *aging* aluminium maka semakin rendah nilai kekerasan yang dihasilkan. Hal ini menandakan bahwa material tersebut sudah mengalami perbesaran ukuran presipitat ketika waktu terus bertambah. Pada waktu *aging* yang sama, yakni 6 jam, didapatkan nilai kekerasan yang terus meningkat, sedangkan pada waktu *aging* 8 jam didapatkan nilai kekerasan yang menurun dan pada waktu *aging* 10 jam nilai kekerasan relatif turun walaupun mengalami kenaikan pada waktu *solutioning* 10 jam. Hal ini sesuai dengan penelitian [12], dimana waktu *aging* yang efektif adalah 6 jam karena pada waktu ini nilai kekerasan material terus bertambah dan belum mengalami *over aging*.

**Tabel 2.** Data pengaruh waktu *aging* terhadap nilai kekerasan.

<i>Aging (hour)</i>	<i>Solutioning (hour)</i>	<i>Hardness (HRB)</i>
6	2	67
	4	69
	6	70
8	2	77
	4	70
	6	70
10	2	77
	4	70
	6	72

Tabel 2 dan Gambar 2 didapatkan hasil kekerasan tertinggi pada material dengan waktu *aging* 6 jam dan 8 jam namun pada waktu *solutioning* yang semakin meningkat material mengalami penurunan pada *aging* 8 jam nilai kekerasan. Namun, dapat pula dilihat pada waktu *solutioning* yang sama dengan waktu *aging* yang berbeda didapatkan nilai kekerasan yang sama pada *aging* 6 jam dan 8 jam. Hal ini membuktikan bahwa waktu *aging* 6 jam sudah optimum untuk digunakan sebagai metode peningkatan nilai kekerasan AMC.



**Gambar 2.** Pengaruh waktu *aging* terhadap nilai kekerasan.

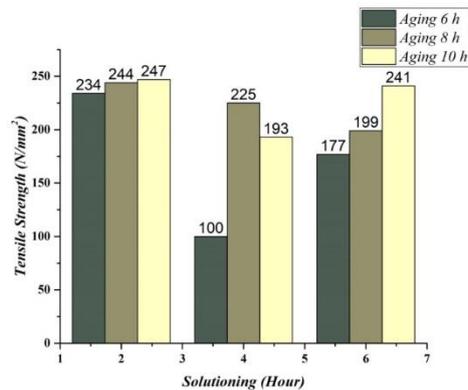
### 3.2. Pengaruh Perlakuan Panas T6 terhadap Kuat Tarik

Berdasarkan penelitian [10], yang berisikan pengaruh perlakuan panas T6 terhadap nilai kuat tarik aluminium dapat disimpulkan bahwa semakin lama waktu *aging* dan *solutioning* maka akan semakin tinggi pula kuat tarik material tersebut. Adapun pada variasi waktu *solutioning*, semakin lama waktu *solutioning* maka semakin teratur persebaran presipitat, apabila sudah terjadi keteraturan maka kuat tarik AMC akan semakin menurun. Hal ini dapat dilihat pada Tabel 3 dan Gambar 3. Namun terjadi suatu anomali pada sampel dengan waktu *solutioning* 4 jam dengan waktu *aging* 10 jam, dimana nilai dari kekuatan tarik menurun. Sampel diduga mengalami *over aging* yakni tumbuhnya ukuran presipitat yang dapat mengurangi kekuatan.

**Tabel 3.** Data pengaruh waktu *solutioning* terhadap nilai kuat Tarik.

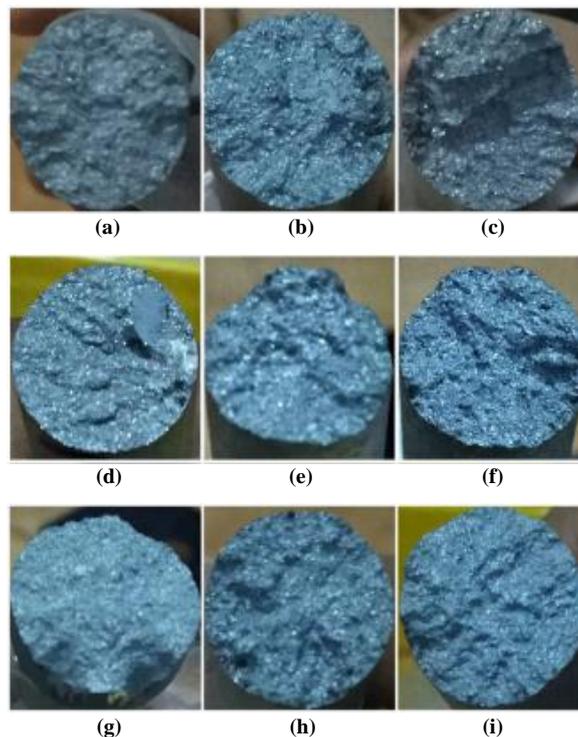
<i>Solutioning (hour)</i>	<i>Aging (hour)</i>	<i>TS (N/mm<sup>2</sup>)</i>
2	6	234
	8	244
	10	247
4	6	100
	8	225
	10	193

<i>Solutioning (hour)</i>	<i>Aging (hour)</i>	TS (N/mm <sup>2</sup> )
6	6	177
	8	199
	10	241



Gambar 3. Pengaruh waktu *solutioning* terhadap nilai kuat tarik.

Namun apabila dikaitkan dengan data hasil pengujian kekerasan sampel dengan waktu *solutioning* 4 jam ini memiliki nilai kekerasan yang tidak jauh berbeda. Nilai kekerasan dan kuat tarik memiliki korelasi yang kuat, semakin keras material maka semakin tinggi kuat tarik material. Selain mengalami *over aging* dapat juga terjadi penurunan nilai kuat tarik karena inklusi yang berkumpul pada bagian *grip*, dimana hal ini mengakibatkan sampel uji tarik mengalami patah di luar daerah pengamatan [10]. Adapun hasil patahan pada sampel ini dengan waktu *solutioning* 4 jam, memperlihatkan bahwa sampel dengan *aging* selama 6 jam adalah sampel yang paling keras karena patahannya sangatlah kristalin jika dibandingkan dengan sampel dengan waktu *aging* yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Permukaan patahan sampel.

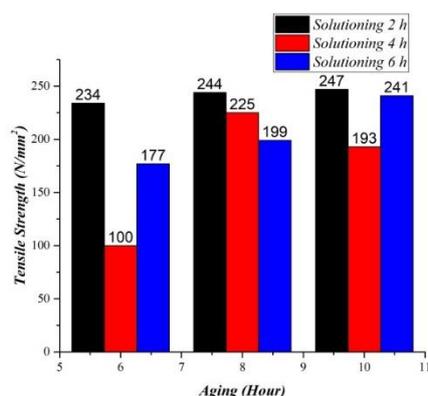
Gambar 4 menunjukkan permukaan patahan sampel hasil pengujian tarik. Gambar 4(a), (b), dan (c) merupakan sampel dengan waktu *solutioning* 2 jam dan waktu *aging* berturut-turut selama 6 jam, 8 jam dan 10 jam. Gambar 4(d), (e) dan (f) merupakan sampel dengan waktu *solutioning* 4 jam dan waktu *aging* berturut-turut selama 6 jam, 8 jam dan 10 jam. Sedangkan Gambar 4(g), (h) dan (i) merupakan sampel dengan waktu *solutioning* 6 jam dan waktu *aging* berturut-turut selama 6 jam, 8 jam dan 10 jam.

Tabel 4. Data pengaruh waktu *aging* terhadap nilai kuat tarik.

<i>Aging (hour)</i>	<i>Solutioning (hour)</i>	TS (N/mm <sup>2</sup> )
6	2	234
	4	100
	6	177

Aging (hour)	Solutioning (hour)	TS (N/mm <sup>2</sup> )
8	2	244
	4	225
	6	199
10	2	247
	4	193
	6	241

Berdasarkan pada Tabel 4 dan Gambar 5, dapat disimpulkan hubungan antara lamanya waktu *aging* dengan besarnya nilai kuat tarik. Berdasarkan penelitian [10], semakin lama waktu *aging* maka akan semakin rendah kekuatan material. Hal ini dikarenakan proses pemanasan yang terlalu lama sehingga mengakibatkan keteraturan mikrostruktur. Hal ini sesuai dengan data yang ada, namun pada sampel dengan waktu *solutioning* 10 jam terjadi kejanggalan, dimana hampir seluruh dari sampel tersebut memiliki nilai kuat tarik lebih tinggi dari sampel dengan waktu *solutioning* 8 jam. Hal ini dikarenakan pada proses pengujian tarik ketiga sampel mengalami patah dibagian *grip*, sehingga data hasil pengujian tarik tidak dapat mewakili besarnya kuat tarik material.



Gambar 5. Pengaruh waktu *aging* terhadap nilai kuat tarik.

#### 4. Kesimpulan

Hasil penelitian didapatkan bahwa semakin lama waktu *solutioning* maka semakin rendah kekerasan material, namun semakin banyak Mg<sub>2</sub>Si yang dapat terbentuk. Semakin lama waktu *aging* semakin rendah kekerasan material karena berisiko terjadinya pertumbuhan ukuran butir atau disebut sebagai *over aging*. Keteraturan struktur mikro dapat mempengaruhi sifat mekanik material, semakin teratur semakin rendah kekuatan material. Untuk meningkatkan kekerasan serta kuat tarik dari AMC direkomendasikan perlakuan panas T6 dengan waktu *solutioning* selama 2 jam dan waktu *aging* selama 10 jam. Karena memiliki nilai kekerasan dan kuat tarik yang paling tinggi.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Bayuseno, A. P., & Chamdani, N. A. (2011). ADC12 sebagai material sepatu rem menggunakan pengecoran high pressure die casting dengan variasi temperatur penuangan. *ROTASI*, vol. 13, no. 1, pp. 17–23. doi: 10.14710/rotasi.13.1.17-23.
- Tiwari, S. K., Soni, S., Rana, R. S., & Singh, A. (2017). Effect of aging on mechanical behaviour of ADC12-fly ash particulate composite. *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 2, pp. 3513–3524. doi: 10.1016/j.matpr.2017.02.242.
- Saeifuloh, I., Pramono, A., Jamaludin, W., Rosyadi, I., & Haryadi, H. (2018). Studi karakterisasi sifat mekanik dan struktur mikro material piston aluminium-silikon alloy. *FLYWHEEL: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, vol. 4, no. 1, pp. 56-62.
- Abdillah, F. (2010). Pengaruh temperatur dan waktu penahanan artificial aging terhadap sifat-sifat mekanis paduan 50% piston bekas dan 50% ADC12 untuk material piston motor bensin. *TRAKSI: Majalah Ilmiah Teknik Mesin*, vol. 10, no. 01, pp. 44-55.
- Kumar, N., Soi, S., & Rana, R. S. (2017). Mechanical properties enhancement of Al-Si (ADC12). *International Journal of Mechanical and Production Engineering*, vol. 5, no. 1, pp. 47–51.
- Okayasu, M., & Go, S. (2015). Precise analysis of effects of aging on mechanical properties of cast ADC12 aluminum alloy. *Materials Science & Engineering: A*, vol. 638, pp. 208–218. doi: 10.1016/j.msea.2015.04.072.
- Kumar, U. K. G. B. A. V. (2017). Method of stir casting of aluminum metal matrix composites: A review. *Materials Today: Proceedings*, vol. 4, no. 2, pp. 1140–1146. doi: 10.1016/j.matpr.2017.01.130.
- Suryanto, H., & Ismail, H. (2011). Pengaruh penambahan grafit pada aluminium cor terhadap keausan. Diakses di <https://www.researchgate.net/publication/315114428>. Diakses pada 15th September 2020.
- Subyanto, A. (2015). Pengaruh suhu artificial aging terhadap sifat mekanis dan struktur mikro komposit Al-Mg-Si [thesis]. Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Noverber.
- Abúndez, A., Pereyra, I., Campillo, B., Serna, S., Alcudia, E., Molina, A., & Mayén, J. (2016). Improvement of ultimate tensile strength by artificial ageing and retrogression treatment of aluminium alloy 6061. *Materials Science and Engineering: A*, vol. 668, pp. 201–207.
- Rashed, H. M. M. A., & Rashid, A. K. M. B. (2016). Heat treatment of aluminum alloys. In *Comprehensive Materials Finishing*. Dublin: Elsevier Science and Technology.

- [12] Canyook, R., Utakrut, R., Wongnichakorn, C., Fakpan, K., & Kongiang, S. (2018). The effects of heat treatment on microstructure and mechanical properties of rheocasting ADC12 aluminum alloy. *Materials Today: Proceedings*, vol. 5, no. 3, pp. 9476-9482.
- [13] Callister, D. W. (2007). *Materials Science and Engineering 7th Ed. : An Introduction*. New York: John Wiley & Sons, Inc.