

Pengaruh Variasi Temperatur Artificial Aging Terhadap Kekerasan Aluminium 6061 Daur Ulang

Beny Hartawan^{*1}, Teuku Marjuni², Anang Ansyori³, Adi Prastyo⁴

^{1,2,3,4} Teknik Mesin Universitas Malahayati, Bandar Lampung, (0721) 271112

e-mail: ^{*1}benyhartawan1@gmail.com, ²marjuni@malahayati.ac.id, ³ansyoria19@gmail.com

Abstrak

Daur ulang merupakan cara efektif pemanfaatan limbah scrab ships daluminium 6061. Salah satu cara alternatif pemanfaatannya adalah dengan pengecoran. Peningkatan kekerasan pada material setelah pengecoran dilakukan dengan artificial aging. Tujuan penelitian adalah mengetahui material coran setelah proses aging. Metode penelitian pengecoran dengan catakan pasir, perlakuan panas 450 °C, quenching dengan media pendingin oli (bekas) dan artificial aging temperatur 190 °C yang divariasikan waktu tahannya 1, 5, dan 11 jam. Hasil pengujian setelah proses aging menunjukkan adanya peningkatan kekerasan. Kekerasan rata-rata tanpa perlakuan panas yaitu 38,6 HRB, lalu kekerasan rata-rata sampel AA 1 yaitu 39 HRB. Bila dibandingkan rata-rata tanpa perlakuan panas dan setelah aging mengalami peningkatan 1,03%. Kemudian, kekerasan rata-rata sampel AA 5 yaitu 45 HRB, lebih besar dari nilai kekerasan AA 1 jam. Sedangkan, kekerasan rata-rata sampel AA 11 mengalami penurunan kekerasan yaitu 40,4 HRB. Pengamatan struktur sampel tanpa perlakuan panas memiliki pori-pori cukup besar dan terdapat porositas. Penambahan waktu tahan selama aging diperkirakan tidak berpengaruh pada ukuran butir, tetapi mengubah bentuk butir. Pada batas butir matriks aluminium, unsur paduan Si membentuk endapan yang diduga merupakan senyawa Mg₂Si. Endapan ini kemungkinan terbentuk selama proses aging.

Kata kunci: aluminium 6061 daur ulang, pengecoran, perlakuan panas, artificial aging.

Abstract

Recycling is an effective way of utilising scrab ships waste in aluminium 6061. One of the alternative ways of utilisation is by casting. Increasing the hardness of the material after casting is done by artificial aging. The purpose of the study was to determine the material of the castings after the aging process. The research method was sand casting, 450°C heat treatment, quenching with (used) oil cooling media and artificial aging at 190°C with varying resistance times of 1, 5 and 11 hours. The test results after the aging process showed an increase in hardness. The average hardness without heat treatment is 38.6 HRB, then the average hardness of sample AA 1 is 39 HRB. When compared to the average without heat treatment and after aging, it has increased by 1.03%. Then, the average hardness of sample AA 5 is 45 HRB, which is greater than the hardness value of AA 1 hour. Meanwhile, the average hardness of sample AA 11 experienced a decrease in hardness of 40.4 HRB. Structural observations of samples without heat treatment have quite large pores and porosity. The addition of holding time during aging is thought to have no effect on grain size, but changes the grain shape. At the grain boundary of the aluminium matrix, the alloying element Si forms a precipitate that is thought to be a Mg₂Si compound. This precipitate is likely to form during the aging process. A maximum 250 word abstract in English in italics with Times New Roman 11 point. Abstract should be clear, descriptive, and should provide a brief overview of the problem studied. Abstract topics include reasons for the selection or the importance of research topics, research methods and a summary of the results. Abstract should end with a comment about the importance of the results or conclusions brief.

Keywords: recycled aluminium 6061, sand casting, heat treatment, artificial aging

1. PENDAHULUAN

Penggunaan aluminium paduan pada industri pesawat penggunaannya hingga 90% [12]. Selain industri pesawat terbang dan industri otomotif, penggunaan aluminium dengan jumlah besar dapat ditemukan pada industri manufaktur. Peningkatan yang tinggi tentu akan sejalan dengan jumlah limbah yg dihasilkan khususnya pada industri manufaktur. Pemanfaatannya limbah dapat dilakukan dengan cara daur ulang. Mampu cor yang baik pada aluminium menjadikan aluminium sebagai salah satu material yang dikembangkan untuk menggantikan penggunaan aluminium primer [14]. Pemanfaatan daur ulang aluminium sangat potensial, karena ketersediaanya yang melimpah [7], memiliki nilai komparatif yang tinggi, serta komposisi kimia yang masih sangat memungkinkan untuk diolah lebih lanjut, dan dapat mengurangi permasalahan yang berkaitan dengan limbah logam. Sebagai contoh pada scrab chips aluminium industri manufaktur, yang dapat berdampak negatif, mulai dari penurunan kualitas lingkungan dan hingga gangguan kesehatan.

Material yang banyak diaplikasikan diindustri maju adalah aluminium seri 6061 [10]. Aluminium seri 6061 merupakan paduan Al-Si-Mg yang komposisi dasarnya adalah Si = 0,4 – 0,8 %, Mg = 0,8 % - 1,2 %, Fe = 0,7 %, dan beberapa unsur penyusun lainnya [6]. Aluminium 6061 memiliki beberapa keunggulan, salah satunya adalah pada sifat mampu ekstruksi yang termasuk tinggi. Hal tersebut disebabkan aluminium seri 6xxx memiliki kandungan solute yang relatif kecil serta titik leleh yang cenderung tinggi. Aluminium 6061 merupakan salah satu paduan aluminium yang mana penggunaannya banyak diaplikasikan pada bidang industri otomotif, industri militer, serta industri dirgantara karena memiliki kekuatan yang cukup tinggi, ketahanan korosi yang relatif tinggi, serta ringan jika dibandingkan dengan paduan logam yang lain [19]. Aluminium seri 6061 mengandung silikon dan magnesium dalam proporsi yang diperlukan untuk pembentukan magnesium silisida (Mg_2Si), sehingga paduan ini memiliki mampu perlakuan panas yang baik [13]

Salah satu cara pemanfaatan scrab chips aluminium 6061 dengan cara pengecoran. Pengecoran merupakan proses pembentukan logam yang dirancang untuk menghasilkan produk dengan cara mencairkan logam lalu dituangkan kedalam cetakan. Jenis cetakan yang banyak digunakan yaitu cetakan pasir. Pengecoran cetakan pasir memiliki keunggulan seperti dapat menghasilkan produk yang berkualitas serta ekonomis, bebas cacat dan kesesuaian bentuk sesuai kebutuhan dan ketelitian dimensi [9]. Akan tetapi, material yang dihasilkan dari proses pengecoran memiliki sifat fisik dan mekanis, serta nilai kekerasan masih relatif rendah [2]. Sehingga diperlukan proses lanjutan untuk meningkatkan sifat mekanik. Salah satu cara yang dapat dilakukan yaitu melalui proses aging [5] ; [1], yang meliputi proses perlakuan panas, quenching dan artificial aging. Hal ini dilakukan untuk merubah struktur mikro pada paduan aluminium sehingga dapat memperbaiki sifat mekaniknya. Proses aging bertujuan untuk pembentukan penyebaran partikel-partikel dari fasa kedua kedalam matrik fasa yang asli atau pertama.

Artificial aging merupakan proses dimana paduan logam dipanaskan, yang ditahan dalam waktu tertentu. Proses tersebut menghasilkan presipitat yang kemudian tersebar merata dan membentuk kelompok- kelompok, pada tahap ini dapat dihasilkan efek penguatan material yang optimum [16]. Temperatur artificial aging dapat ditetapkan pada temperatur saat pengkristalan paduan aluminium (150C), di bawah temperatur pengkristalan atau di atas temperatur pengkristalan logam paduan aluminium [1]. Penuaan buatan (artificial aging) berlangsung pada suhu antara 100C – 200C. Widyawati, F., dkk. (2024) melakukan penelitian artificial aging pada aluminium seri 6061 dengan variasi temperatur 150 °C, 175 °C, 200 °C dan waktu tahan 8 jam. Hasil menunjukkan sifat mekanik dari paduan setelah proses artificial aging cenderung menurun seiring bertambah variasi suhu, untuk nilai kekerasan yang tertinggi pada temperatur 150 °C sebesar 57,34 HRB. Pada pengamatan mikrostruktur didapat senyawa yang terjadi hasil proses artificial aging pada setiap spesimen didapat fasa $AlMg_2Si$. Kemudian, Tsamroh, D. I., dan Fauzy M. R., (2022), heat treatment pada suhu 520°C dan artificial aging dilakukan pada temperatur 200 °C dengan variasi holding time 2, 4, dan 6 jam pada aluminium

6061 memperoleh hasil kekerasan terbaik ditunjukkan pada spesimen dengan waktu penahanan artificial aging selama 4 jam.

Subagyo, N. I., dkk. (2017) juga meneliti pengaruh variasi holding time 1, 5, dan 11 jam pada aluminium seri 6061 dengan perlakuan panas artificial aging pada suhu 190 °C, memperoleh hasil uji kekerasan Rockwell Hardness Tester didapatkan nilai kekerasan pada holding time 5 jam sebesar 79,6 (HRB) dan hasil uji SEM EDX pada holding time 5 jam (81,58%) penurunan tersebut menunjukkan terdapat fasa kedua pada bahan yang diberi perlakuan artificial aging. Zhang, et.al. (2002), melaporkan kenaikan waktu tahan solution treatment sampai 30 menit maka cukup waktu untuk mikrostruktur berubah mencapai nilai elongasi 90 %. Shykumar, et. al., (1990), Penguatan endapan dari paduan Al-Si-Mg adalah adanya fase Mg₂Si yang terjadi pada saat peleburan Al kemudian dengan kecepatan pendinginan yang lama pada saat solidifikasi terbentuklah endapan Mg₂Si. Bila dilakukan proses saat solution treatment maka tumbuh endapan inkoheren didalam matrik Al menjadi endapan yang lebih halus sehingga kekuatan meningkat. Endapan Mg₂Si yang halus terdispersi di dalam matrik Al saat solution treatment.

2. METODE PENELITIAN

2.1 Material

Material yang digunakan adalah scrab chips aluminium 6061.

Tabel 1. Komposisi kimia aluminium 6061. [11]

Unsur	Komposisi (wt.%)
Al	Balance
Cu	0,15 - 0,40
Si	0,40 - 0,80
Mg	0,80 - 1,2
Ti	Maks. 0,15
Mn	0,15
Fe	Maks. 0,7
Cr	0,04 - 0,35
Zn	Maks. 0,25

Aluminium 6061 memiliki komposisi kimia yang terdiri dari beberapa jenis unsur sebagai berikut: 0.8 -1.2 % Mg dan 0.40 - 0.8 % Si (sebagai pepadu utama), serta sejumlah kecil unsur Fe, Cr, Cu, Zn, Mn dan Ti, sedangkan komposisi aluminium terdiri dari 95.85 - 98.56 % Al.

2. 2 Pengecoran Aluminium 6061

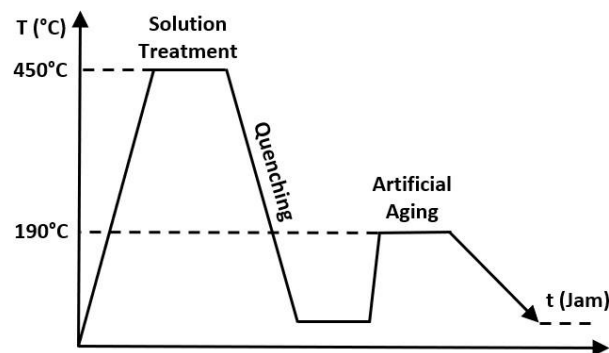




Gambar 1. a. Scrab chips alumunium 6061, b. Cetakan pasir, c. Furnace sederhana, d. Hasil coran.

2. 3. Artificial Aging

Perlakuan panas dilakukan pada temperatur 450 °C, dengan waktu tahan 15 menit dan quenching dengan media pendingin oli bekas. Proses artificial aging pada temperatur 190 °C. dengan memvariasikan waktu tahan 1, 5, dan 11 jam.



Gambar 2. Siklus perlakuan panas artificial aging. [4]

2.4. Pengujian

2.4.1. Pengujian Kekerasan

Standar uji kekerasan ASTM E18 dengan metode rockwell B (HRB) indentor bola baja 1/16". Alat uji yang digunakan adalah hardness testing machine (HTM).

Tabel 2. Hasil uji nilai kekerasan artificial aging.

Kekerasan Rockwel B (HRB)					Kekera san Rockw el B, beban 100 Kgf. Indent or 1/16''
No.	Tanpa Perla kuan Panas	Artificial Aging			
		AA 1	AA 5	AA 11	
1	41	40	45	41	
2	38	41	50	40	
3	39	35	45	41	
4	40	40	40	40	
5	35	39	45	40	
Rata- rata	38,6	39	45	40,4	

Keterangan:

AA I ; Artificial Aging 1 Jam

AA 5 ; Artificial Aging 5 Jam

AA 11 ; Artificial Aging 11 Jam

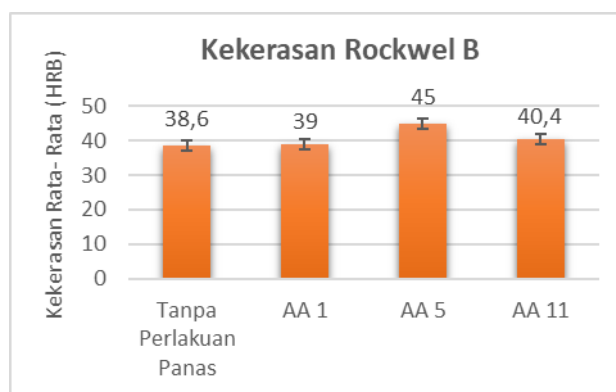
2.4.2. Struktur Mikro

Persiapan dan prosedur metalografi mengikuti standar ASTM E1920-03, dengan pembesaran 500X.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambar 1. d. sampel hasil coran terlihat memiliki permukaan yang memiliki pori relatif besar dan terdapat cacat pada beberapa sampel coran. Hal ini dapat terjadi akibat cacat penyusutan yang terjadi akibat gas dan uap air terjebak didalam rongga cetakan. Beberapa sampel juga dimungkinkan memiliki porositas, hal tersebut terjadi akibat gas yang terbawa dalam aluminium cair selama pencairan, serta dapat pula dipengaruhi oleh temperatur penuangan. Semakin tinggi temperatur penuangan, maka semakin besar nilai porositas yang terjadi.

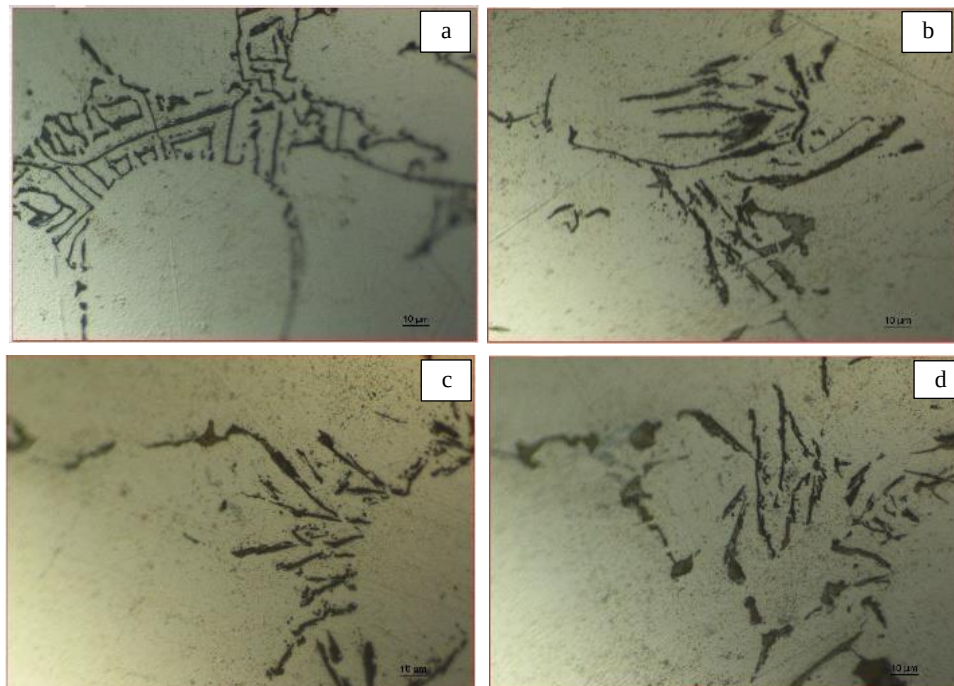
Kemudian, pada gambar 3 terlihat nilai kekerasan sampel AA 1 mengalami peningkatan 1,03 % dari nilai kekerasan tanpa perlakuan panas. Pada sampel AA 5 terus mengalami peningkatan sebesar 45 HRB. Seiring peningkatan nilai kekerasan, dan waktu tahan pula lebih besar sampel AA 1. Sedangkan sampel AA 11 mengalami penurunan nilai kekerasan 40,4 (HRB). Penurunan kekerasan pada sampel AA 11, hal tersebut dikarenakan sudah terjadi over aging, yang mana presipitat yang telah terurai membentuk susunan yang stabil dalam larutan padat atau presipitat menggumpal sehingga struktur butirnya menjadi besar yang berakibat penurunan nilai kekerasan.



Gambar 3. Grafik artificial aging.

Pada pengamatan struktur mikro menunjukkan perbedaan bentuk dan ukuran butir sampel tanpa perlakuan panas dan setelah artificial aging. Foto mikro tanpa perlakuan panas terlihat adanya porositas. Bila dibandingkan dengan setelah artificial aging, terlihat pada gambar 9 memiliki bentuk dan ukuran butir yang lebih kecil. Semakin kecil butir tentu dapat berpengaruh pada peningkatan sifat mekanik. Pada sampel AA 11 terlihat adanya perubahan bentuk butiran yang besar. Hal ini terjadi pada sampel akibat over aging, yang diduga memberikan pengaruh terhadap ukuran butir, dan mengubah bentuk butiran menjadi lebih tajam seperti jarum.

Pengamatan struktur mikro sampel terlihat adanya perbedaan morfologi sebelum dan setelah perlakuan panas. Pada batas butir sampel setelah aging unsur paduan Si membentuk presipitat yang diduga adalah senyawa Mg_2Si . Presipitat tersebut kemungkinan terbentuk selama proses aging, yang sejalan dengan peningkatan hasil uji kekerasan. Akan tetapi, hal ini perlu pembuktian yang lebih lanjut untuk memastikan presipitat yang terbentuk adalah Mg_2Si . Pembahasan terhadap hasil penelitian dan pengujian yang diperoleh disajikan dalam bentuk uraian teoritik, baik secara kualitatif maupun kuantitatif. Hasil percobaan sebaiknya ditampilkan dalam berupa grafik atau pun tabel. Untuk grafik dapat mengikuti format untuk diagram dan gambar.



Gambar 4. Struktur mikro pembesaran 500x; a. tanpa perlakuan panas, b. AA 1, c. AA 5, d. AA 11.

4. KESIMPULAN

1. Semakin tinggi temperatur penuaan pada coran, dapat berpengaruh terhadap bentuk pori yang lebih besar, sehingga dapat menimbulkan porositas.
2. Cacat penyusutan dapat terjadi akibat gas dan uap terjebak didalam rongga cetakan.
3. Perlakuan panas artificial aging dapat meningkatkan nilai kekerasan 1,03% dibandingkan tanpa perlakuan panas.
4. Kekerasan optimum pada sampel AA 5 yang mengalami peningkatan seiring dengan meningkatnya waktu tahan. Sedangkan, sampel AA 11 mengalami penurunan kekerasan diduga akibat over aging.
5. Pengamatan struktur mikro setelah artificial aging terlihat terbentuknya presipitat yang diduga senyawa Mg_2Si .

5. SARAN

Saran-saran penelitian lebih lanjut agar dapat dilakukan uji tarik, impak, serta SEM untuk memperoleh akurasi nilai yang lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andoko, A. et al. (2020) 'The effects of artificial aging temperature on tensile strength , hardness , micro- structure , and fault morphology in AlSiMg', 98(2), pp. 49–55. doi: 10.5604/01.3001.0014.1480.
- [2] Anne Zulfia¹, Ratna Juwita¹, Ari Uliana¹, I Nyoman Jujur dan Jarot Raharjo. Proses Penuaan (Aging) pada Paduan Aluminium AA 333 Hasil Proses Sand Casting. Fakultas Teknik Universitas Indonesia, Jakarta
- [3] Beny Hartawan, Zulhanif dan Harnowo Supriadi, 2018. Analisis Pengaruh Perlakuan Panas Artificial Aging pada Aluminium Magnesium Silikon (Al-Mg-Si) yang Dicor Ulang Terhadap Sifat Mekanis. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas

Lampung

- [4] Callister, Jr., William, D., 2007. "Materials Science and Engineering an Introduction", 7 ed., John Wiley & Sons, Inc., New York. Concise Desktop Reference 2 ed., Springer.
- [5] D. Zhang, L. Zheng, and D. St. John, Effect of a Short Solution Treatment Time on Microstructure and Mechanical Properties of Modified Al7wt.% Si- 0.3wt.%Mg Alloy, *Journal of Light Metals*, 2, pp. 27–36, 2002.
- [6] Fauzi Widyawati1* , Muhammad Miftah Solahudin2 , Syamsul Hidayat3. Analisis Variasi Temperatur Artificial aging terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik pada Aluminium 6061 T6. Program Studi Teknik Metalurgi, Fakultas Teknologi Lingkungan dan Mineral, Universitas Teknologi Sumbawa. *SPECTA Journal of Technology* Vol 8, No 1 Juni, 2024 pg: 12 – 21
- [7] Guntur Prakoso1 (2024). Pemanfaatan Limbah B3 Scrap Aluminium (A345-2) Untuk Menjadi Bahan Baku Ingot Aluminium. Teknik Lingkungan, Universitas Pelita Bangsa. *Jurnal Teknologi dan Pengelolaan Lingkungan*, ISSN: 2614-2635. Maret 3, 2024
- [8] Nur Imam Subagyo, Zulhanif, Harnowo Supriadi, 2017. Analisis Pengaruh Artificial Aging Terhadap Sifat Mekanis Pada Aluminium Seri 6061. *Seminar Nasional Energi dan Industri Manufaktur SIGER 2017*; Universitas Lampung, 7-8 November 2017.
- [9] Parwening Sabdo Hermawan, Helmy Purwanto, Sri M. B. Respati. Analisa Pengaruh Variasi Temperatur Tuang pada Pengecoran Squeeze Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Produk Sepatu Kampas Rem dengan Bahan Aluminium (Al) Silikon (Si) Daur Ulang, 2013. Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Wahid Hasyim
- [10] Pradityana, Atria dan Widyantoro, K., E. 2019. Effects of Holding Time During Artificial Aging Process on AA6061 to the Mechanical Properties. *IPTEK Journal of Proceedings Series*. No. 3: 121-123.
- [11] Rajasekaran, S., Udayashankar, N. K. and Nayak, J. (2012) 'T4 and T6 Treatment of 6061 Al-15 Vol . % SiC P Composite', 2012. doi: 10.5402/2012/374719.
- [12] Rambabu, P., Prasad, N. E. and Kutumbarao, V. V (2017) 'Aerospace Materials and Material Technologies'. doi: 10.1007/978-981-10-2143-5.
- [13] Surdia,T., dan Chijiwa,K., (2000). Teknik Pengecoran Logam, Cetakan Ke-8, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- [14] Susiana, A., Leon Habibi, M., Kelautan dan Perikanan Kupang Jalan Kampung Baru Kupang Barat, P., & Tenggara Timur, N. (2021). Karakterisasi Recycle Aluminium Scrap Untuk Piston. *Jurnal Ilmiah Program Studi Magister Teknik Mesin* (Vol. 11, Nomor 2).
- [15] S. Shivkumar et al., Influence of Solution Treatment on Tensile Properties of Sr Modified Al-Si-Mg Alloys, *Journal of Heat Treating*, 8, pp. 63–70, 1990.
- [16] Tsamroh, D. I. et al. (2018) 'Optimization of multistage artificial aging parameters on Al-Cu alloy mechanical properties', *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, 87(2), pp. 62–67. doi: 10.5604/01.3001.0012.2828.
- [17] Tsamroh, D. I. (2021) 'Comparison finite element analysis on duralium strength against multistage artificial aging process', *Archives of Materials Science and Engineering*, 109(1), pp. 29–34. doi: 10.5604/01.3001.0015.0512.
- [18] Tsamroh, D. I. dan Muchammad Riza Fauzy2 (2022). Peningkatan Sifat Mekanik Al6061 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging. Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Merdeka Malang. *F.SAINTEK Unira Malang* | Vol. 06 | No. 1 April, 2022
- [19] Wardani, I. P. et al. (2022) 'Pengaruh Natural Aging Sebelum Proses Artificial aging Terhadap Sifat Mekanik Aluminium 6061. *Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan VIII 2020*, pp. 109– 114.