

Pengaruh Suhu Aging pada Paduan Aluminium AA 514.0 Terhadap Laju Korosi

Sigit Gunawan^{*1}

¹Teknik Mesin, Fakultas Vokasi, Institut Teknologi Nasional Yogyakarta, Indonesia
E-mail: 1gunruscit@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu *aging* aluminium AA 514.0 terhadap laju korosi. Variabel penelitian adalah suhu *aging*. Variasi suhu *aging* 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C. Metode penelitian ini adalah eksperimen melalui pengujian laboratorium dengan menggunakan proses *aging*. Paduan aluminium kemudian dibuat spesimen untuk uji kekerasan, uji korosi dan uji struktur mikro. Spesimen dibuat dalam dua kondisi yaitu kondisi *raw material* dan kondisi dengan perlakuan panas *aging*. Proses perlakuan panas *aging* dilakukan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C dengan waktu tahan selama 1 jam, kemudian didinginkan di udara bebas hingga suhu kamar. Tahap selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan, korosi dan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan suhu *aging* menyebabkan kekerasan dan laju korosi cenderung meningkat. Kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh pada *raw material* yaitu sebesar 35,5 kg/mm² dan ketahanan korosi tertinggi 0,39 mm/tahun diperoleh pada suhu *aging* 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C. Semakin tinggi suhu *aging* struktur Al-Mg mulai hilang dan terlihat unsur Mg menggumpal yang menyebabkan laju korosi meningkat.

Kata kunci: Korosi, Suhu Aging, Waktu Tahan

Abstract

This research aims to determine the effect of AA 514.0 aluminum aging temperature on the corrosion rate. The research variable is aging temperature. Variations of aging temperature 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, and 450°C. This research method is experimental through laboratory testing using the aging process. Aluminum alloys are then made into specimens for hardness tests, corrosion tests and microstructure tests. Specimens were made in two conditions, namely raw material conditions and conditions with heat aging treatment. The aging heat treatment process is carried out by heating the specimen at temperatures of 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, and 450°C with a holding time of 1 hour, then cooling in free air to room temperature. The next stage is testing for hardness, corrosion and microstructure. The research results show that an increase in aging temperature causes hardness and the corrosion rate to tend to increase. The highest average hardness was obtained for the raw material, namely 35.5 kg/mm² and the highest corrosion resistance of 0.39 mm/year was obtained at aging temperatures of 250°C, 300°C, 350°C and 400°C. The higher the aging temperature, the Al-Mg structure begins to disappear and the Mg element appears to clump, causing the corrosion rate to increase.

Keywords: Aging Temperature, Corrosion, Holding Time

1. PENDAHULUAN

Aluminium merupakan logam *non-ferrous* dan merupakan logam kedua terbesar yang dipergunakan oleh industri komponen setelah baja. Aluminium yang dijumpai dalam bidang teknik kebanyakan dalam bentuk *alloy* dengan unsur penambah utama seperti silikon, copper, magnesium, iron, mangan dan zincum (Nadca, 1997). Paduan aluminium pada saat ini banyak digunakan, mulai dari peralatan rumah tangga sampai digunakan untuk keperluan material pesawat terbang, kapal laut, komponen otomotif maupun konstruksi. Luasnya penggunaan logam aluminium, maka dibutuhkan suatu karakteristik yang berbeda-beda sesuai dengan penggunaannya. Salah satu cara yang dapat ditempuh untuk meningkatkan kekuatan dan ketahanan korosi aluminium adalah dengan menerapkan perlakuan panas. Perlakuan panas yang sering diterapkan adalah perlakuan panas *aging*. Perlakuan panas *aging* dilakukan dengan cara memanaskan aluminium sampai suhu tertentu dalam jangka waktu tertentu, kemudian didinginkan di udara terbuka.

Korosi dapat didefinisikan sebagai kerusakan pada material yang disebabkan oleh adanya kontak yang terjadi antara material dengan lingkungan (Fontana, 1987). Korosi merupakan salah satu penyebab material logam umur pakainya menjadi lebih singkat dari yang ditentukan.

Onat (2018) meneliti tentang pengaruh perlakuan panas *artificial aging* terhadap sifat mekanik dan perilaku korosi paduan aluminium AA6XXX. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin bertambahnya waktu *aging* sifat mekanik material semakin meningkat. Ketahanan korosi suatu paduan bergantung pada waktu *artificial aging*. Nilai ketahanan korosi terbaik diperoleh pada suhu 190°C dengan waktu *aging* 10 jam. Zou, dkk (2020) telah meneliti pengaruh suhu *aging* terhadap struktur mikro, sifat mekanik dan perilaku korosi paduan aluminium 7085 dan diperoleh kesimpulan bahwa paduan aluminium 7085 pada perlakuan *aging* suhu 150°C menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan *aging* pada suhu 90°C. Lea, dkk (2022) melakukan penelitian tentang struktur mikro, sifat mekanik, dan ketahanan korosi dari *aging* pemanasan terus menerus paduan aluminium 6013. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah *aging* pemanasan terus menerus dari 120°C menjadi 220°C pada laju pemanasan 60 °C/jam, kedalaman korosi intergranular paduan hanya 94,2 µm, sedangkan setelah proses T6 menjadi 152,1 µm. Dengan demikian sensitivitas intergranular pada paduan bergantung pada struktur batas butir.

Sukma, dkk (2018) telah melakukan penelitian tentang pengaruh proses penuaan untuk meningkatkan kekerasan material komposit matriks aluminium dan diperoleh kesimpulan bahwa kekerasan komposit matriks aluminium berpenguat alumina sangat tergantung pada temperatur dan waktu *aging*. Temperatur *aging* 180°C dan waktu *aging* 6 jam menghasilkan nilai kekerasan yang paling tinggi yaitu sebesar 74 HRB. Wahid, dkk (2019) telah melakukan kaji eksperimen pengaruh variasi temperatur *aging* pada proses perlakuan panas aluminium 2024 terhadap sifat mekanik dan struktur mikro dan diperoleh hasil bahwa aluminium 2024 yang memperoleh perlakuan *aging* dengan variasi temperatur dan waktu dapat menurunkan sifat mekanis dan dapat merubah ukuran butir struktur mikro menjadi lebih besar. Dewi, dkk (2022) telah melakukan penelitian tentang peningkatan sifat mekanik Al 606 melalui *heat treatment natural-artificial aging* dan diperoleh kesimpulan bahwa nilai kekerasan tertinggi dicapai pada spesimen dengan perlakuan *natural aging* dilanjutkan dengan perlakuan *artificial aging* dengan waktu tahan selama 4 jam, yaitu 106,8 HR_E.

Sultan, dkk (2019) telah melakukan penelitian tentang pengaruh perlakuan panas terhadap sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium silikon. Hasil penelitian menginformasikan bahwa kekerasan tertinggi yaitu 105,9 HB diperoleh pada temperatur *aging* 200°C dengan waktu tahan 30 menit. Seiring penambahan suhu *aging*, kekerasan aluminium semakin bertambah, diikuti dengan penambahan jumlah unsur silikon. Suastiyanti, dkk (2019) meneliti mengenai peningkatan sifat mekanis Al-Mg-Si dengan proses *aging* untuk aplikasi selongsong peluru. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa kekerasan terus meningkat mulai dari temperatur *aging* 90°C sampai dengan temperatur *aging* 150°C. Kekerasan maksimum diperoleh pada temperatur *aging* 150°C sebesar 103 HV. Di atas temperatur 150°C terjadi penurunan kekerasan karena terjadi *over aging* yang ditandai dengan makin membesarnya presipitat Mg₂Si. Perlakuan *aging* optimum yang dapat diterapkan pada selongsong peluru adalah temperatur *aging* 150°C selama 8, 9 dan 10 jam, karena mempunyai nilai kekerasan sesuai dengan spesifikasi yang diharapkan. Setiawan dan Wimitya (2020) melakukan penelitian tentang pengaruh proses *ageing* dan *powder coating* pada aluminium profil section 4403 dan diperoleh hasil bahwa proses *ageing* dapat meningkatkan kekerasan profil, sehingga sifat mekanik dari profil aluminium juga meningkat.

Gadpale, dkk (2018) melakukan penelitian tentang pengaruh waktu dan suhu *aging* terhadap perilaku korosi paduan aluminium 2014. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketahanan korosi paduan aluminium 2014 menurun seiring dengan meningkatnya suhu dan waktu perlakuan *aging*. Yang, dkk (2023) telah melakukan penelitian mengenai pengaruh suhu *aging* terhadap struktur mikro dan perilaku korosi paduan aluminium 6082. Hasil penelitian menginformasikan bahwa paduan tersebut memiliki kerapatan dan kedalaman korosi maksimum di bawah penuaan puncak, dan perlakuan penuaan berlebih mengoptimalkan perilaku korosi. Tekstur serat dalam paduan yang diekstrusi merupakan titik lemah korosi, dan partikel Si yang didistribusikan sepanjang garis aliran deformasi plastis bertindak sebagai jembatan menuju penyebaran retakan korosi.

Penelitian ini mencoba untuk mengungkapkan pengaruh suhu *aging* pada paduan aluminium AA 514.0 terhadap laju korosi. Dengan demikian hasil penelitian ini diharapkan dapat memberi kontribusi pada industri yang menggunakan paduan aluminium AA 514.0, sehingga dapat direncanakan desain konstruksi yang lebih baik.

2. METODE PENELITIAN

2.1. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah potongan paduan aluminium AA 514.0.

2.2. Alat yang digunakan

- Mesin uji kekerasan *Rockwell* (Matsuzawa).
- Mikroskop optik model PME3-313UN, merk Olympus dengan kemampuan perbesaran 100, 200, 500, dan 1000 kali.
- Dapur pemanas listrik *muffle furnace treatment* merk Nabertherm tipe L3/12/C6.
- Timbangan digital merk Balance tipe GM-300 P
- Chamber* uji korosi.
- Gelas ukur
- Alat pemotong logam.
- Kertas amplas, autosol, H₂SO₄ dan larutan etsa.

2.3. Pelaksanaan Penelitian

Gambar 1 menunjukkan diagram alir penelitian sebagai tahap pelaksanaan penelitian. Penelitian ini diawali dengan studi literatur yaitu serangkaian kegiatan yang berhubungan dengan metode pengumpulan data dari sumber-sumber pustaka berupa tulisan, media, atau dokumen yang relevan untuk dijadikan rujukan dalam pelaksanaan penelitian. Langkah selanjutnya adalah pembuatan benda uji untuk uji kekerasan, uji korosi dan uji struktur mikro menggunakan bahan paduan aluminium AA 514.0. Spesimen uji kekerasan, uji korosi dan struktur mikro dibuat dengan memotong aluminium dalam bentuk persegi dengan ukuran 20x20x12 mm. Spesimen dibuat dalam dua kondisi yaitu kondisi *raw material* dan kondisi dengan perlakuan panas *aging*.

Proses perlakuan panas *aging* dilakukan dengan cara memanaskan spesimen pada suhu 250°C, 300°C, 350°C, 400°C, dan 450°C dengan waktu tahan selama 1 jam, kemudian didinginkan di udara bebas hingga suhu kamar. Tahap selanjutnya spesimen *raw material* dan spesimen yang mendapat perlakuan panas *aging* dilakukan pengujian kekerasan, korosi dan struktur mikro.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Rockwell C dengan beban indentasi 60 kg. Kekerasan spesimen uji terbaca secara otomatis pada skala dengan waktu indentasi 5 detik. Sebelumnya permukaan spesimen dihaluskan dengan kertas amplas no. 180, 400, 600 dan 1000. Selanjutnya dilakukan lagi penghalusan menggunakan autosol sampai bekas goresan-goresan hilang.

Pengujian korosi menggunakan metode kehilangan berat yaitu benda uji sebelum dan sesudah dilakukan pengujian ditimbang untuk mengetahui selisih beratnya. Waktu pengkorosi yang digunakan adalah 120 jam. Menurut ASTM International (2005) laju korosi dengan metode pengurangan berat dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

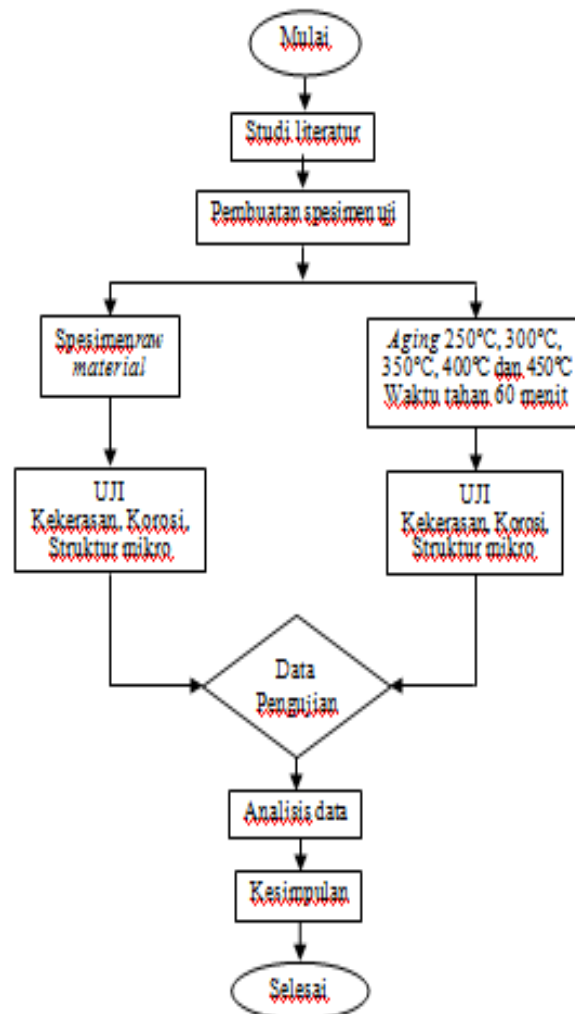
$$CR = 534 W/D.A.T \quad (1)$$

Pada persamaan (1), CR adalah laju korosi (mpy). W adalah kehilangan berat (mg), D adalah berat jenis spesimen (gr/cm³), A adalah luas permukaan spesimen (in²), sedangkan T adalah waktu (jam).

Struktur mikro diamati dengan mikroskop optik perbesaran 200 kali. Sebelumnya permukaan spesimen dihaluskan dengan amplas no. 180, 400, 600, dan 1000. Setelah permukaan halus, dilakukan

lagi penghalusan menggunakan autosol sampai permukaan menjadi mengkilat, kemudian dietsa dengan larutan etsa (HNO_3 + Etanol).

Berikutnya dilakukan analisis data hasil pengujian kekerasan, korosi, dan struktur mikro. Analisis data dimaksudkan untuk mendapatkan informasi yang dapat dipahami dan bermanfaat untuk solusi permasalahan yang dihadapi. Data yang diperoleh dari penelitian ini meliputi data pengujian kekerasan, data pengujian korosi, dan data pengujian struktur mikro. Tahap terakhir adalah membuat kesimpulan penelitian berdasarkan hasil analisis data pengujian.

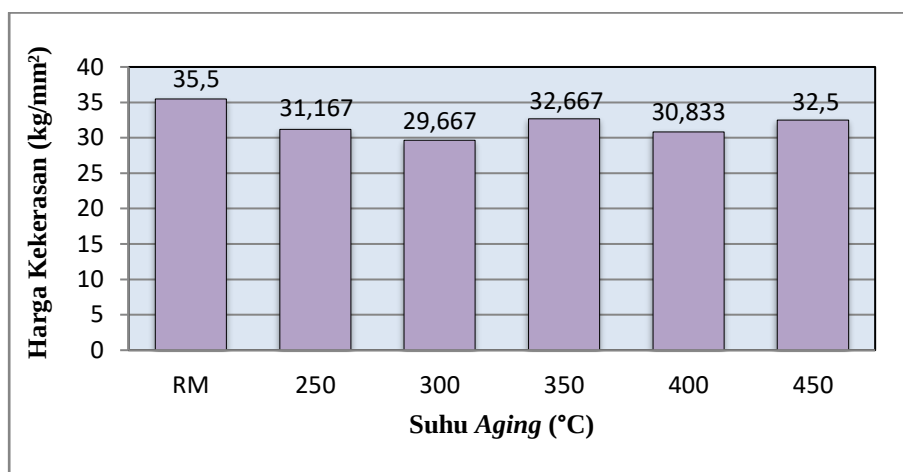


Gambar 1. Diagram alir penelitian

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian kekerasan menggunakan metode kekerasan Rockwell C dengan beban indentasi 60 kg. Kekerasan spesimen uji terbaca secara otomatis pada skala dengan waktu indentasi 5 detik. Hubungan antara suhu *aging* dan kekerasan diperlihatkan pada Gambar 2.

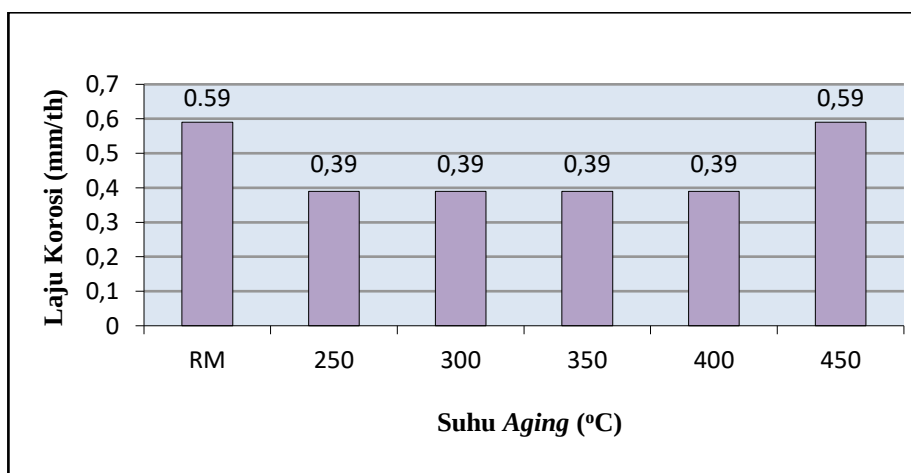
Gambar 2 memperlihatkan bahwa nilai kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh pada spesimen *raw material*. Nilai kekerasan mengalami penurunan pada perlakuan panas *aging* suhu 250°C sampai 300°C dan suhu 400°C. Hal ini disebabkan karena unsur Al dan Mg yang sudah terurai atau menyebar sehingga spesimen menjadi lebih lunak. Perlakuan panas *aging* suhu 300°C sampai 350°C dan suhu lebih tinggi (450°C) terjadi peningkatan kekerasan karena penyebaran Al-Mg cukup merata tampak dari struktur Al-Mg yang menyebar tak beraturan. Secara umum terlihat bahwa kenaikan suhu *aging* menyebabkan kekerasan cenderung mengalami kenaikan.



Gambar 2. Grafik hubungan antara suhu *aging* dan kekerasan

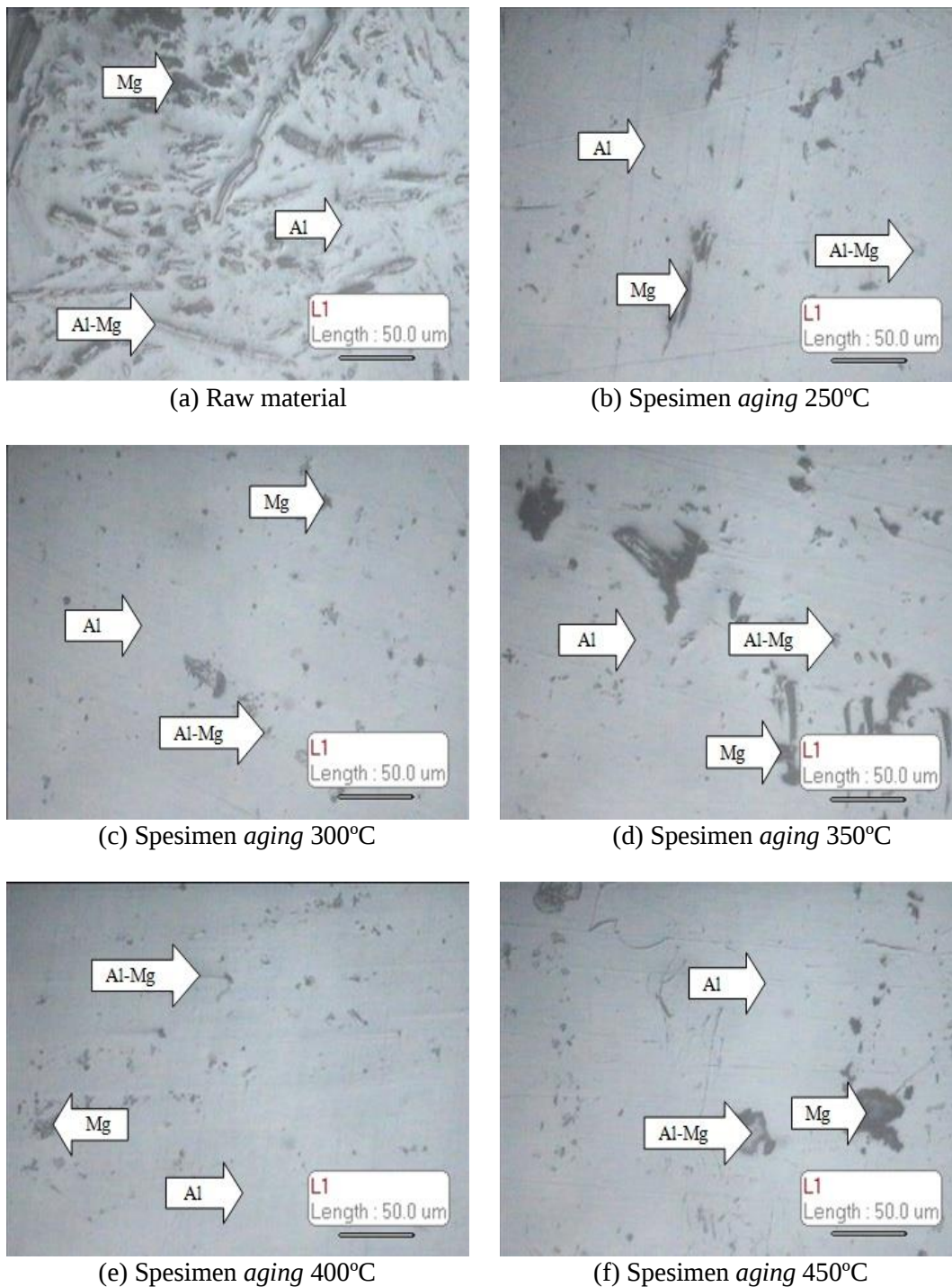
Pengujian korosi menggunakan metode kehilangan berat yaitu benda uji sebelum dan sesudah dilakukan pengujian ditimbang untuk mengetahui selisih beratnya. Hubungan antara suhu *aging* dan laju korosi ditunjukkan pada Gambar 3.

Gambar 3 menunjukkan bahwa ketahanan korosi tertinggi yaitu 0,39 mm/tahun diperoleh pada suhu *aging* 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C. Laju korosi tertinggi diperoleh pada spesimen *raw material* dan perlakuan *aging* suhu lebih tinggi (450 °C), yaitu 0,59 mm/tahun. Laju korosi cenderung meningkat seiring dengan peningkatan suhu *aging*. Hal ini disebabkan karena struktur Al-Mg mulai hilang dan terlihat unsur Mg menggumpal.



Gambar 3. Grafik hubungan antara suhu *aging* dan laju korosi

Gambar 4 menunjukkan hasil pengujian struktur mikro. Hasil pengujian struktur mikro *raw material* menginformasikan bahwa paduan Al-Mg banyak dan merata. Spesimen yang mendapat perlakuan *aging* pada suhu 250°C, 300°C dan 350°C memperlihatkan struktur Al-Mg mulai terurai dan menyebar. Spesimen yang mendapat perlakuan *aging* pada suhu 400°C dan 450°C menghasilkan struktur Al-Mg mulai hilang dan terlihat unsur Mg menggumpal. Dengan memberikan perlakuan panas *aging* pada spesimen dari bahan AA 514.0 tampak bahwa struktur Al-Mg terlihat merata, semakin tinggi suhu *aging* maka struktur Al-Mg mulai terurai dan saling berpisah. Terlihat pada spesimen yang mendapat perlakuan *aging* pada suhu 450°C unsur Mg tampak menggumpal. Hal ini disebabkan oleh tingginya suhu *aging*.



Gambar 4. Hasil pengujian struktur mikro

4. KESIMPULAN

Kekerasan rata-rata tertinggi diperoleh pada *raw material*, yaitu 35,5 kg/mm², sedangkan kekerasan rata-rata terendah diperoleh pada suhu *aging* 300 °C, yaitu 29,667 kg/mm². Nilai kekerasan mengalami penurunan pada perlakuan panas *aging* suhu 250°C sampai 300°C dan suhu 400°C. Perlakuan panas *aging* suhu 300°C sampai 350°C dan suhu lebih tinggi (450°C) terjadi peningkatan kekerasan karena penyebaran Al-Mg cukup merata tampak dari struktur Al-Mg yang menyebar tak beraturan. Kekerasan secara umum meningkat bila suhu *aging* naik.

Ketahanan korosi tertinggi 0,39 mm/tahun diperoleh pada suhu *aging* 250°C, 300°C, 350°C dan 400°C. Laju korosi tertinggi diperoleh pada spesimen *raw material* dan perlakuan *aging* suhu lebih tinggi (450°C), yaitu 0,59 mm/tahun. Semakin tinggi suhu *aging* laju korosi semakin meningkat. Hal ini disebabkan karena struktur Al-Mg mulai hilang dan terlihat unsur Mg menggumpal.

Hasil dari foto struktur mikro spesimen AA 514.0 tanpa proses *heat treatment* terlihat bahwa struktur dari paduan Al-Mg sangatlah banyak dan menyebar sehingga nilai kekerasan tinggi. Hasil uji struktur mikro setelah mendapat perlakuan *aging* memperlihatkan bahwa seiring naiknya suhu *aging* struktur Al-Mg mulai menyebar dan terurai yang pada akhirnya unsur Mg berdiri sendiri dan tampak menggumpal.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2005). *Corrosion Test and Standar: Application and Interpretation*. Second Edition.
- Dewi., Izzatus, T., & Muchammad, R. F. (2022). Peningkatan Sifat Mekanik Al 606 Melalui Heat Treatment Natural-Artificial Aging. *G-Tech*, Vol. 06, No. 1.
- Fontana, G. M. (1987). *Corrosion Engineering*, 3th Ed. McGraw Hill Inc, Singapore.
- Gadpale, V., Pragya, N. B., & Manoranjan, K. M. (2018). Effect of Ageing Time and Temperature on Corrosion Behaviour of Aluminum Alloy 2024. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 338.
- Lei, G., dkk. (2022). Microstructure, Mechanical Properties, and Corrosion Resistance of Continuous Heating Aging 6013 Aluminum Alloy. *Journal of Materials Research and Technology*, Vol. 18.
- Nadca, 1997, *Alloy Data; Aluminium Die Casting Alloys*, NADCA Product Specification Standards for Die Casting, Sec.3.
- Onat, A. (2018). Effects of Artificial Aging Heat Treatment on Mechanical Properties and Corrosion Behaviour of AA6XXX Aluminium Alloys. *Journal of Chemical Engineering and Materials Science*. Vol. 9 No. 2.
- Setiawan, A., & Wimitya, A. (2020). Pengaruh Proses Ageing dan Powder Coating Pada Aluminium Profil Section 4403. *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*. Vol. 1, No. 1.
- Suastiyanti, D., Topan, B. A., & Wijaya, M. (2019). Peningkatan Sifat Mekanis Al-Mg-Si dengan Proses Aging untuk Aplikasi Selongsong Peluru. *Jurnal Teknik Mesin-ITI*, Vol. 3, No. 2.
- Sukma, H. dkk. (2018). Pengaruh Proses Penuaan untuk Meningkatkan Kekerasan Material Komposit Matriks Aluminium. *Flywheel: Jurnal Teknik Mesin Untirta*, Vol. IV, No. 1.
- Sultan, A. Z., dkk. (2019). Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Paduan Aluminium Silikon. *Jurnal SINERGI*, Vol. 17, No. 2.
- Wahid, I., Risqi, F., & Amirul, A. R. (2019). Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Temperatur Aging Pada Proses Perlakuan Panas Aluminium 2024. *Jurnal Mekanika*, Vol. 5, No. 2, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya.
- Yang, L., dkk. (2023). Effect of Aging Temperature on Microstructure and Corrosion Behavior of 6082 Aluminum Alloy. *Journal materialstoday*, Vol. 36.
- Zou, Y., dkk. (2020). Effect of Ageing Temperature on Microstructure, Mechanical Property and Corrosion Behavior of Aluminum Alloy 7085. *Journal of Alloys and Compounds*, Vol. 823.

Halaman Ini Dikosongkan