

Evaluasi Dampak Proses Retrogression dan Reaging dalam Meningkatkan Ketahanan Korosi pada Material AL7175

Selly Septianissa

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama Bandung

Jl. Cikutra No. 204A, Sukapada, Kota Bandung, 40125

e-mail : selly.septianissa@widyatama.ac.id

Received 10 Oktober 2024 | Revised 24 Desember 2024 | Accepted 15 Januari 2025

ABSTRAK

Paduan aluminium 7175 dan seri 7xxx lainnya dikenal memiliki ketahanan korosi sumuran yang rendah. Untuk meningkatkan ketahanan korosi sambil mempertahankan kekuatan, penelitian ini menerapkan metode retrogression dan reaging (RAA), yang merupakan perlakuan panas baru untuk paduan aluminium yang mengalami penguatan presipitasi. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh proses RAA terhadap ketahanan korosi sebelum anodisasi asam kromat (CAA) pada dua tegangan, yaitu 20 V dan 40 V. Pengujian yang dilakukan meliputi analisis struktur mikro, komposisi kimia, pengujian kekerasan, ketebalan lapisan, dan ketahanan korosi menggunakan metode salt spray testing. Hasil metalografi menunjukkan pembentukan dua fase, yaitu fase η ($MgZn_2$) yang terdistribusi di dalam butir. Pengujian salt spray selama 500 jam menunjukkan bahwa material yang melalui proses CAA 20 V dan RAA tidak mengalami korosi sumuran, sementara material dengan CAA 40 V menunjukkan 20 pit akibat anodisasi yang kurang baik. Penelitian ini mengindikasikan bahwa presipitat $MgZn_2$ yang terbentuk melalui proses RAA berkontribusi pada peningkatan ketahanan korosi material paduan aluminium 7175.

Kata kunci: 7175 Aluminium Alloy, RRA, Salt Spray

ABSTRACT

Alloy 7175 and other 7xxx series aluminum alloys are known to have low pitting corrosion resistance. To enhance corrosion resistance while maintaining strength, this study applies the retrogression and reaging (RAA) method, a novel heat treatment for precipitation-hardened aluminum alloys. The objective of this research is to evaluate the effect of the RAA process on corrosion resistance prior to chromic acid anodizing (CAA) at two voltages: 20 V and 40 V. The tests conducted include microstructure analysis, chemical composition assessment, hardness testing, layer thickness measurement, and corrosion resistance evaluation using the salt spray testing method. Metallographic results indicate the formation of two phases, namely the η phase ($MgZn_2$), which is distributed within the grains. The salt spray tests conducted for 500 hours show that the material subjected to CAA at 20 V with RAA did not experience pitting corrosion, while the material treated with CAA at 40 V exhibited 20 pits due to poor anodization quality. This study indicates that the $MgZn_2$ precipitates formed through the RAA process contribute to the improved corrosion resistance of 7175 aluminum alloy.

Key words: Aluminium Alloy, RRA, Salt Spray

1. Pendahuluan

Paduan aluminium 7175 merupakan salah satu bahan yang banyak digunakan dalam industri aeronautika dan otomotif karena kombinasi kekuatan yang tinggi dan berat yang ringan [1], [2]. Namun, salah satu kelemahan utama dari paduan ini adalah ketahanan korosi sumuran yang rendah, terutama dalam lingkungan yang mengandung kelembapan dan garam [3]. Ketahanan korosi yang buruk dapat mengakibatkan kerusakan struktural yang serius [4], yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keselamatan dan keandalan produk [5]. Oleh karena itu, pengembangan metode untuk meningkatkan ketahanan korosi paduan aluminium 7175 menjadi hal yang sangat penting.

Salah satu pendekatan yang dapat diterapkan untuk meningkatkan ketahanan korosi adalah melalui pengolahan panas. Metode retrogression dan reaging (RAA) adalah teknik yang relatif baru dalam perlakuan panas paduan aluminium [6]. Metode ini dilakukan dengan memanaskan paduan pada suhu tertentu, diikuti dengan pendinginan yang cepat dan pemanasan kembali pada suhu yang lebih rendah [7]. Proses ini bertujuan untuk memperbaiki struktur mikro paduan sehingga dapat meningkatkan sifat mekanik dan ketahanan korosi [8], [9].

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa proses pengolahan panas dapat secara signifikan mempengaruhi mikrostruktur dan sifat korosi paduan aluminium [10]. Misalnya, perubahan fase presipitat yang terjadi selama perlakuan panas dapat berkontribusi pada peningkatan ketahanan terhadap korosi [11]. Beberapa studi menunjukkan bahwa pengaturan suhu dan durasi pada proses RAA dapat memengaruhi distribusi fase presipitat, yang pada gilirannya berpengaruh pada mekanisme korosi yang terjadi [12]. Oleh karena itu, pemahaman yang lebih dalam mengenai efek dari proses RAA pada paduan aluminium 7175 diperlukan untuk mengoptimalkan sifat-sifatnya.

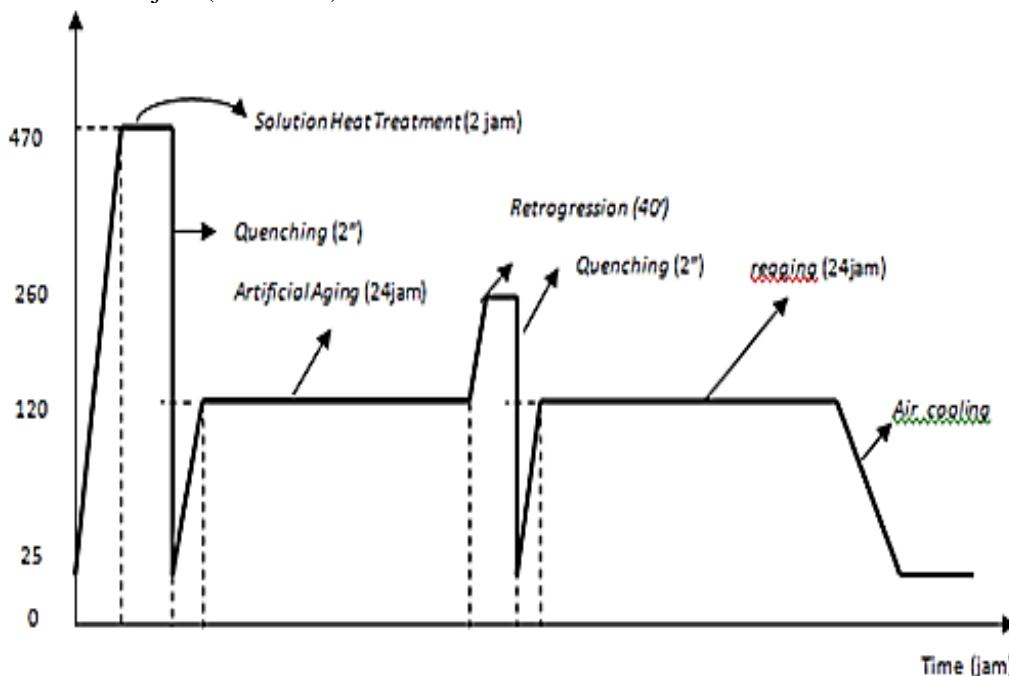
Anodisasi juga merupakan metode yang umum digunakan untuk meningkatkan ketahanan korosi pada paduan aluminium [13]. Proses anodisasi asam kromat (CAA) telah terbukti efektif dalam menciptakan lapisan pelindung yang meningkatkan ketahanan korosi [13], [14]. Namun, kualitas lapisan yang dihasilkan sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan dan perlakuan awal material [15]. Sebagai contoh, ketebalan dan kekompakan lapisan anodisasi dapat berpengaruh langsung pada kemampuan material dalam menahan serangan korosi [16], [17]. Oleh karena itu, penting untuk mengeksplorasi bagaimana perlakuan RAA dapat mempengaruhi hasil anodisasi, serta ketahanan korosi material yang dihasilkan [18].

Di samping itu, tantangan dalam aplikatif perlakuan panas dan anodisasi pada paduan aluminium 7175 juga harus diperhatikan. Penggunaan teknik yang tepat dan pemahaman mendalam tentang interaksi antara perlakuan panas dan proses anodisasi sangat penting untuk mencapai hasil yang optimal. Dalam konteks ini, penelitian yang berfokus pada pengembangan metode baru dan evaluasi hasil perlakuan yang lebih komprehensif akan sangat bermanfaat [19], [20].

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi pengaruh proses retrogression dan reaging terhadap ketahanan korosi paduan aluminium 7175 sebelum dan sesudah anodisasi asam kromat pada dua tegangan yang berbeda, yaitu 20 V dan 40 V. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan hubungan yang jelas antara proses perlakuan panas dan ketahanan korosi, serta memberikan rekomendasi untuk aplikasi praktis dalam industri yang menggunakan paduan aluminium 7175. Penelitian ini juga diharapkan dapat membuka jalan bagi studi lebih lanjut mengenai pengolahan dan pengembangan material yang lebih tahan korosi, yang sangat penting dalam industri yang mengandalkan material aluminium berkinerja tinggi.

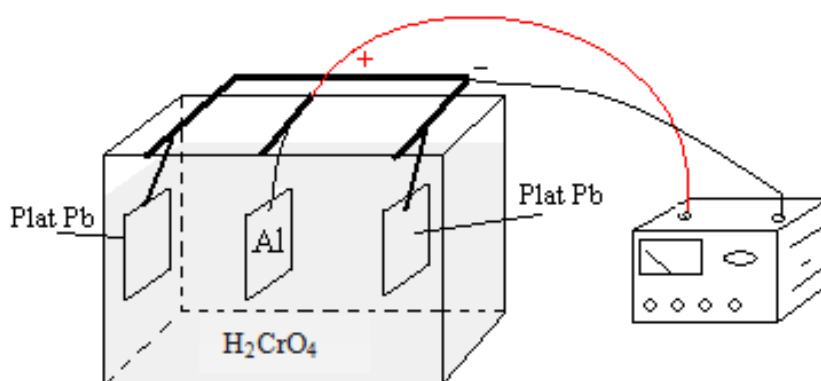
2. Metodologi

Penelitian ini menggunakan paduan aluminium AA 7175 dengan ketebalan minimal 6,35 mm, yang memiliki daya tahan korosi rendah. Tujuan penelitian adalah meningkatkan ketahanan korosi melalui perlakuan retrogression dan reaging (RRA) serta anodisasi asam kromat (CAA). Proses RRA meliputi pemanasan pada 470°C selama 2 jam, diikuti dengan pendinginan cepat, aging pada 120°C selama 24 jam, retrogression pada 260°C selama 40 menit, dan re-aging pada 120°C selama 24 jam (Gambar 1).



Gambar 1. Kurva Pemanasan Proses RRA

Setelah proses RRA, spesimen dianodisasi pada dua tegangan, yaitu 20 V dan 40 V, menggunakan larutan asam kromat (Gambar 2 dan tabel 1). Setelah anodisasi, proses sealing dilakukan untuk mengurangi porositas lapisan anodisasi. Semua spesimen kemudian diuji menggunakan metode salt spray selama 500 jam untuk mengevaluasi ketahanan korosi.



Gambar 2. Gambar Skematik Rangkaian Sel Percobaan Anodisasi

Tabel 1. Komposisi Larutan Asam Kromat

Larutan	Komposisi larutan asam kromat	
	20 V	40 V

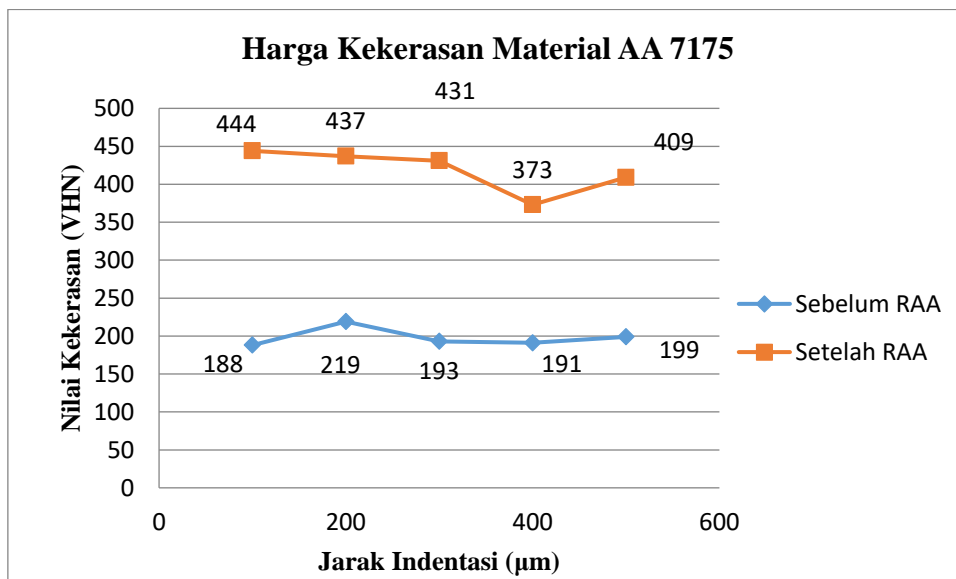
Free CrO₃	35 – 45 g/L	30 g/L
Total CrO₃	30,5 – 100 g/L	30 – 100 g/L
Na₂SO₄	0,5 g/L	0,5 g/L
NaCl	0,2 g/L	0,2 g/L
Al₂O₃	10 g/L	10 g/L

Pengujian meliputi analisis metalografi untuk mengamati struktur mikro, pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers, dan pengukuran ketebalan lapisan anodisasi. Semua prosedur mengikuti standar ASTM untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil, sehingga dapat diambil kesimpulan yang valid tentang pengaruh RRA dan anodisasi terhadap ketahanan korosi paduan AA 7175. Tahapan metalografi meliputi pemotongan sampel menggunakan pemotong khusus metalografi, pembedahan (mounting) dengan resin epoksi, pengamplasan bertahap menggunakan kertas amplas 100, 500, 800, dan 1000 mesh, serta pemolesan menggunakan pasta diamond. Setelah itu, pengetsaan dilakukan dengan larutan Keller's (ASTM E407 No.3) untuk mengamati struktur mikro. Pengamatan struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik Nikon Eclipse LV 150.

Pengujian sealing dilakukan dengan meneteskan larutan methyl violet atau tinta parker pada spesimen anodisasi selama 5 menit, kemudian mencucinya dengan air deionisasi sambil digosok dengan majun bersih, dilanjutkan dengan sabun netral hingga warna tinta hilang. Spesimen kemudian dikeringkan di oven pada suhu maksimum 60°C. Pengujian ketahanan korosi dilakukan menggunakan metode salt spray testing sesuai standar ASTM B117 untuk memastikan akurasi dan konsistensi hasil.

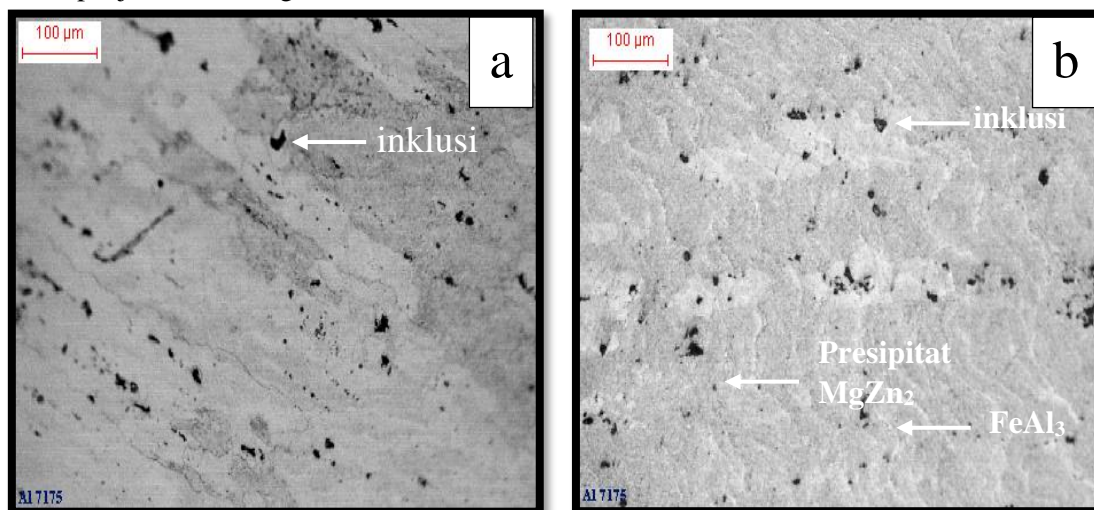
3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode Vickers menunjukkan peningkatan yang signifikan setelah proses retrogression and aging (RRA) seperti pada gambar 3. Rata-rata nilai kekerasan material uji meningkat dari 198 HV menjadi 419 HV. Peningkatan ini disebabkan oleh mekanisme pengerasan presipitat, di mana presipitat halus dan tersebar, seperti MgZn₂, terbentuk akibat proses RRA. Pemanasan pada suhu 470°C selama dua jam memungkinkan paduan membentuk larutan padat yang homogen. Setelah pendinginan cepat, material menjadi super jenuh, dan melalui proses aging, presipitat yang terdistribusi merata terbentuk, memberikan kontribusi terhadap peningkatan kekerasan material secara keseluruhan.

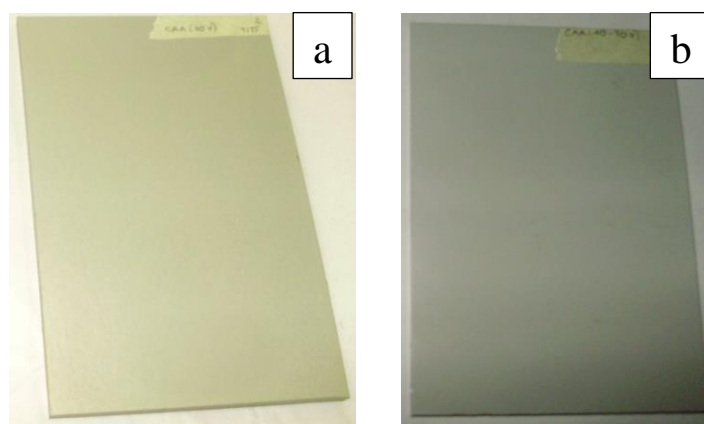


Gambar 3. Kurva Perbandingan Harga Kekerasan Spesimen Sebelum dan Sesudah RRA

Pengujian metalografi sebelum dan setelah RRA menunjukkan perbedaan signifikan dalam struktur mikro (Gambar 4). Sebelum RRA, struktur menunjukkan dua fasa, di mana fasa α berfungsi sebagai matriks utama. Setelah proses RRA, fasa α yang stabil terbentuk, memfasilitasi difusi elemen paduan secara merata dalam matriks. Proses artificial aging menginduksi pembentukan GP zone, di mana presipitat awalnya terbentuk. Presipitat ini menghambat pergerakan dislokasi di sekitar matriks, yang berkontribusi pada peningkatan kekuatan. Namun, ketika presipitat menjadi inkoheren dengan matriks, potensi penurunan kekuatan muncul, meskipun struktur tersebut tetap dapat meningkatkan ketahanan korosi dengan berfungsi sebagai lokasi penjerapan hidrogen.

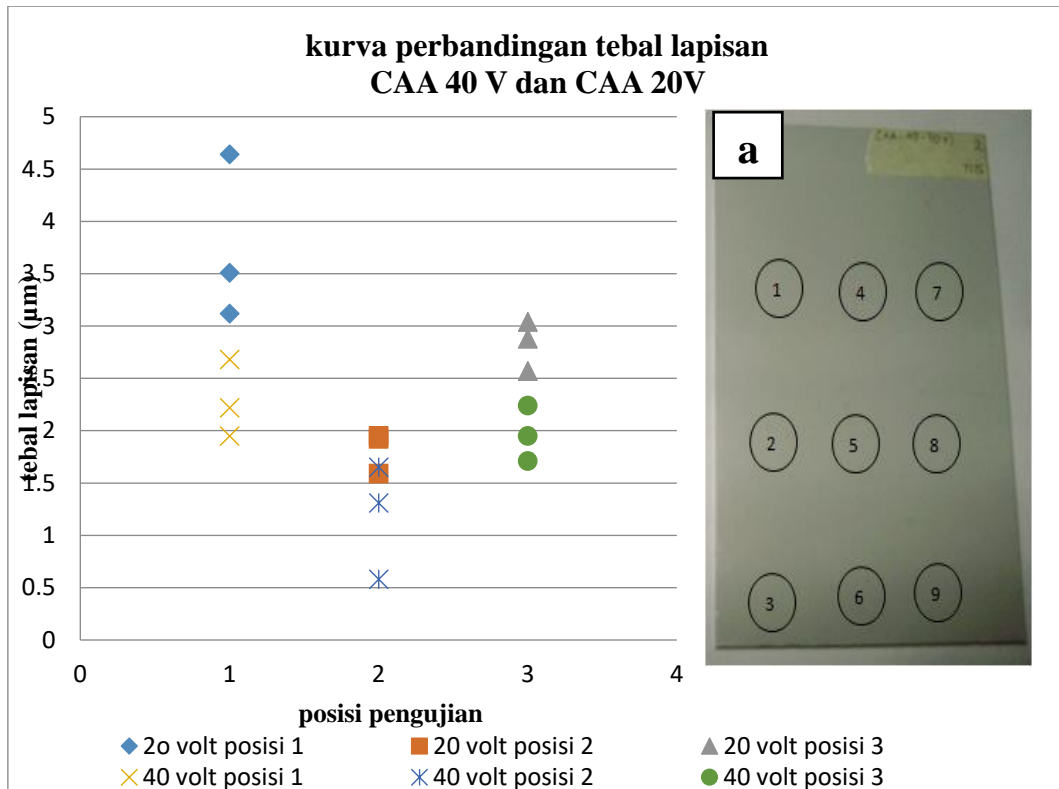


Gambar 4. Struktur Mikro AA 7175 (a) Awal Material, (b) Setelah Proses RRA



Gambar 5. CAA (a) 20V, (b) 40V

Hasil proses anodisasi menunjukkan bahwa karakteristik lapisan oksida yang terbentuk sangat dipengaruhi oleh tegangan yang digunakan. Pada pengujian dengan tegangan 20 V, lapisan berwarna kekuningan terbentuk dengan merata di permukaan spesimen (gambar 5.(a)). Sebaliknya, pada tegangan 40-50 V, lapisan berwarna abu-abu buram dengan ketidakmerataan yang signifikan (gambar 5.(b)). (Gambar 6) Pengukuran ketebalan lapisan anodisasi menggunakan metode eddy current menunjukkan bahwa lapisan pada 20 V memiliki ketebalan rata-rata 2,80 μm , lebih tebal dibandingkan dengan lapisan pada 40-50 V yang hanya 1,81 μm . Hasil ini menunjukkan bahwa meskipun literatur menyatakan bahwa ketebalan lapisan oksida seharusnya meningkat seiring dengan kenaikan tegangan, dalam penelitian ini, peningkatan voltase yang besar menyebabkan efek burning (gosong) pada lapisan oksida, merusak kualitas lapisan tersebut.

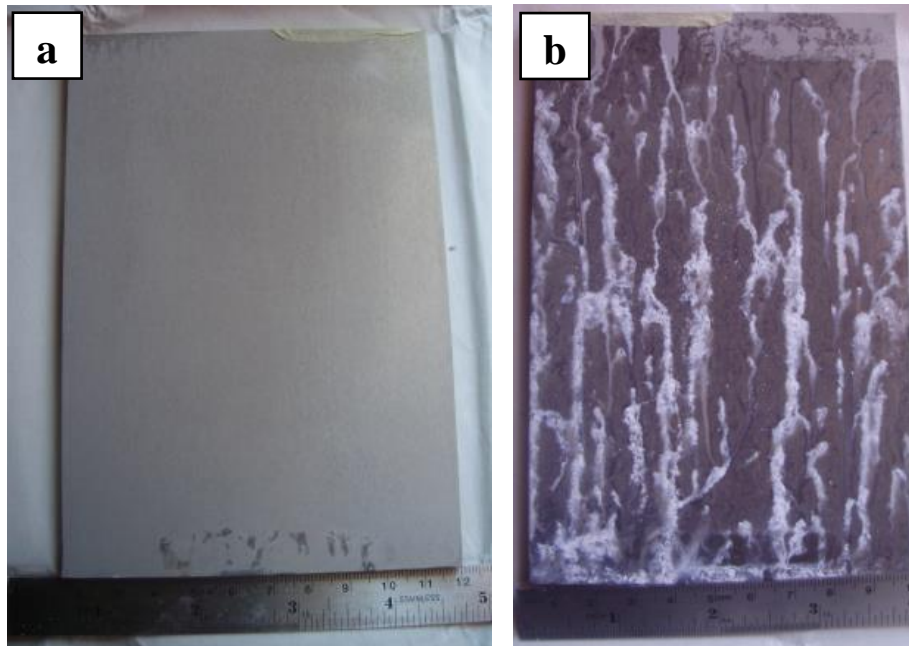


Gambar 6. Kurva Perbandingan Tebal Lapisan CAA 40 V dan 20 V (a) Lokasi Pengujian

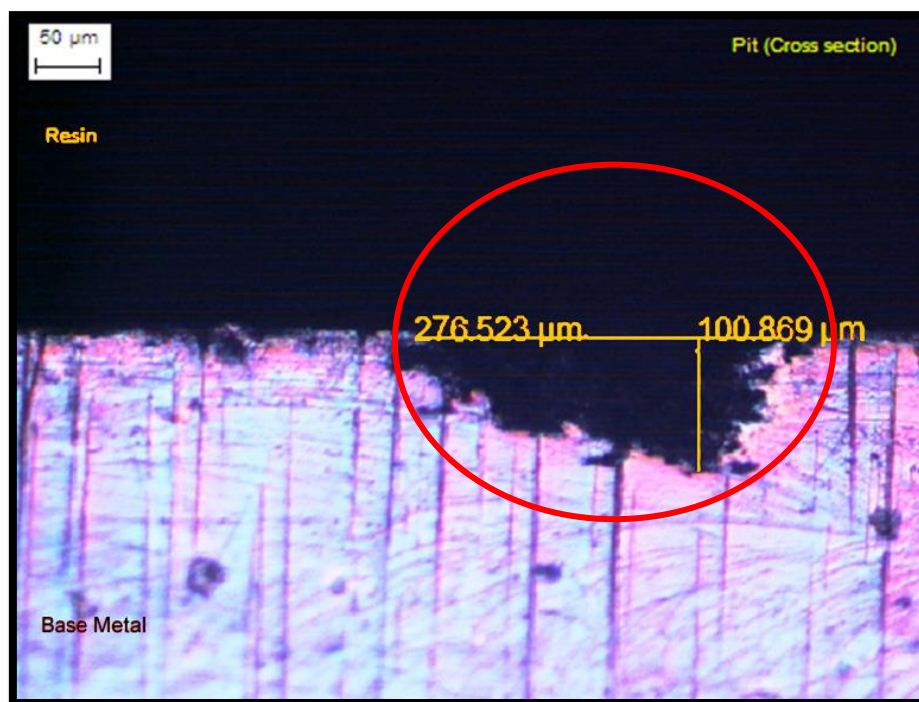
Selanjutnya, pengujian sealing dilakukan untuk menilai daya absorpsi pori-pori yang terbentuk setelah anodisasi. (Gambar 7(b) dan 8) Hasil menunjukkan bahwa spesimen yang diproses dengan tegangan 40 V masih meninggalkan bekas zat warna, menunjukkan bahwa proses sealing tidak efektif dan pori-pori lapisan anodisasi belum tertutup dengan baik. Sebaliknya, (Gambar 7(a)) spesimen pada 20 V berhasil menutup pori-pori dengan baik. Keberhasilan sealing dipengaruhi oleh faktor seperti pH larutan, kecepatan pengadukan, serta ketebalan dan kualitas lapisan oksida yang terbentuk. Reaksi yang terjadi pada proses sealing adalah:



Pengujian salt spray selama 500 jam bertujuan untuk mengevaluasi ketahanan korosi dari lapisan anodisasi. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spesimen tanpa perlakuan RRA yang dianodisasi dengan tegangan 20 V mengalami pembentukan 6 pit, sedangkan spesimen yang diproses RRA tidak menunjukkan pit sama sekali. Untuk spesimen yang dianodisasi dengan tegangan 40-50 V, meskipun telah dilakukan RRA, jumlah pit yang terbentuk mencapai 20, menunjukkan bahwa meskipun RRA memberikan perlindungan, ketebalan lapisan yang tidak memadai tetap menjadi faktor risiko korosi. Pit yang terbentuk disebabkan oleh ion klorida yang menyerang lapisan oksida, menyebabkan kerusakan pada titik-titik lemah dan mengakibatkan pembentukan mikrocrack, yang berlanjut menjadi korosi sumuran. Dengan demikian, hasil penelitian ini menegaskan pentingnya pengendalian parameter proses anodisasi dan perlakuan awal seperti RRA dalam meningkatkan performa material dalam aplikasi korosi.



Gambar 7. Kondisi Spesimen Hasil Pengujian Salt Spray selama 500 Jam
(a) CAA 20V, (b) CAA 40 V



Gambar 8. Ukuran dan Kedalaman Pitting Spesimen Anodisasi 40 V Hasil Salt Spray Testing

4. Kesimpulan

Kesimpulan dari penelitian ini menunjukkan bahwa proses retrogression and aging (RRA) secara signifikan meningkatkan kekerasan material AA 7175, dari 198 HV menjadi 419 HV. Peningkatan ini disebabkan oleh pembentukan presipitat halus yang terdistribusi merata, yang mendukung mekanisme pengerasan material. Pengujian metalografi mengungkapkan perbedaan struktur mikro yang berkontribusi pada kekuatan, sedangkan proses anodisasi dengan tegangan

20 V menghasilkan lapisan oksida yang lebih tebal dan efektif dalam sealing dibandingkan tegangan yang lebih tinggi (40-50 V), yang cenderung merusak kualitas lapisan.

Selanjutnya, pengujian salt spray menunjukkan bahwa perlakuan RRA meningkatkan ketahanan korosi, di mana spesimen yang menjalani proses ini tidak mengalami pitting, sementara spesimen tanpa perlakuan menunjukkan korosi sumuran. Temuan ini menekankan pentingnya pengendalian parameter proses dalam meningkatkan performa material, baik dari segi kekerasan maupun ketahanan terhadap korosi, yang dapat berdampak pada aplikasinya dalam berbagai industri.

5. Daftar Pustaka

- [1] F. Raffin *et al.*, “Intermetallic particles distribution in 7010-T7451 and 7175-T6 aluminium alloys substrate impacts cathodic stability of silicate sealed anodic oxide film,” *Corros Sci*, vol. 237, p. 112270, Aug. 2024, doi: 10.1016/j.corsci.2024.112270.
- [2] H. N. Chamidy, A. Ngatin, A. F. Rosyadi, A. Julviana, and N. Noviyani, “EFFECT OF VOLTAGE ON THE THICKNESS OF OXIDE LAYER AT ALUMINUM ALLOYS FOR STRUCTURAL BONDING USING PHOSPHORIC SULFURIC ACID ANODIZING (PSA) PROCESS,” *International Journal of Mechanical Engineering Technologies and Applications*, vol. 4, no. 1, pp. 69–76, Jan. 2023, doi: 10.21776/MECHTA.2023.004.01.8.
- [3] T. Balaško, M. Vončina, A. Nagode, and J. Medved, “Influence of La additions on solidification and microstructure in the as-cast state of the aluminium alloy EN AW-7175,” *J Therm Anal Calorim*, Jun. 2024, doi: 10.1007/s10973-024-13241-1.
- [4] S. Septianissa, M. Martoni, and A. Z. Chandrasari, “Penerapan Salinity Meter untuk Deteksi Garam Pada Air di Desa Cibenda, Kecamatan Parigi, Pangandaran,” *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat*, vol. 9, no. 4, pp. 1027–1034, Nov. 2024, doi: 10.30653/jppm.v9i4.973.
- [5] R. Li, M. G. S. Ferreira, A. Almeida, R. Vilar, K. Watkins, and W. Steen, “Localised Corrosion of Laser Surface Alloyed 7175-T7351 Aluminium Alloy With Chromium,” in *Modifications of Passive Films*, London: CRC Press, 2023, pp. 308–312. doi: 10.1201/9781003422037-56.
- [6] K. E. Rader, J. T. Carter, L. G. Hector, and E. M. Taleff, “Plastic Deformation and Ductility of AA7075 and AA6013 at Warm Temperatures Suitable to Retrogression Forming,” *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 52, no. 9, pp. 4003–4017, Sep. 2021, doi: 10.1007/s11661-021-06360-z.
- [7] R. Sugiyama *et al.*, “Retrograde sulfur flow from glucosinolates to cysteine in *Arabidopsis thaliana*,” *Proceedings of the National Academy of Sciences*, vol. 118, no. 22, Jun. 2021, doi: 10.1073/pnas.2017890118.
- [8] S. Septianissa, B. Prawara, E. A. Basuki, E. Martides, and E. Riyanto, “Improving the hot corrosion resistance of γ/γ' in Fe-Ni superalloy coated with Cr₃C₂-20NiCr and NiCrAlY using HVOF thermal spray coating,” *Int J Electrochem Sci*, vol. 17, no. 12, p. 221231, Dec. 2022, doi: 10.20964/2022.12.27.
- [9] J. Lauzuardy *et al.*, “MICROSTRUCTURE CHARACTERISTICS OF Cr₃C₂-NiCr COATINGS DEPOSITED WITH THE HIGH-VELOCITY OXY-FUEL THERMAL-SPRAY TECHNIQUE,” *Materiali in tehnologije*, vol. 58, no. 2, Apr. 2024, doi: 10.17222/mit.2023.869.
- [10] S. Septianissa, K. W. Widantha, and M. Walidi, “INVESTIGATION OF TEMPERATURES AND HOLDING TIMES ON HIGH-STRENGTH LOW-ALLOY STEEL FOR TANK TRACK LINKS,” *LOGIC : Jurnal Rancang Bangun dan Teknologi*, vol. 24, no. 2, pp. 87–92, Jul. 2024, doi: 10.31940/logic.v24i2.87-92.

- [11] K. E. Rader, J. T. Carter, L. G. Hector, and E. M. Taleff, “Retrosession and Reaging of AA7075 and AA6013 Aluminum Alloys,” *Metallurgical and Materials Transactions A*, vol. 52, no. 3, pp. 1006–1018, Mar. 2021, doi: 10.1007/s11661-020-06133-0.
- [12] H. Wu *et al.*, “Effect of Retrosession and Re-aging Treatment on Properties and Microstructure of a New Type of Al–Zn–Mg–Er–Zr Alloy,” *J Mater Eng Perform*, vol. 31, no. 6, pp. 4282–4293, Jun. 2022, doi: 10.1007/s11665-021-06557-8.
- [13] C. Arias-Mainer *et al.*, “Combining sandblasting and pink anodisation of Ti implants as a promising method for improving fibroblast adhesion and immune response,” *J Mater Chem B*, vol. 12, no. 35, pp. 8778–8790, 2024, doi: 10.1039/D4TB00992D.
- [14] D. A. Wragg, D. P. Davies, and S. L. Jenkins, “Influence of and differences between Chromic and Sulphuric acid anodising on the fatigue properties of 7050 T7451 aluminium alloy,” *Int J Fatigue*, vol. 163, p. 107026, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2022.107026.
- [15] N. S. da Silva, A. C. Alves, J. A. da Silva Pereira, L. A. de Oliveira, M. C. L. de Oliveira, and R. A. Antunes, “Corrosion Properties and Surface Chemistry of Graphene Oxide-Coated AZ91D Magnesium Alloy in Sodium Chloride Solution,” *Metals (Basel)*, vol. 14, no. 9, p. 1019, Sep. 2024, doi: 10.3390/met14091019.
- [16] J. Ban *et al.*, “Advances in the use of recycled non-ferrous slag as a resource for non-ferrous metal mine site remediation,” *Environ Res*, vol. 213, p. 113533, Oct. 2022, doi: 10.1016/j.envres.2022.113533.
- [17] S. Septianissa and A. Z. Chandrasari, “Corrosion Rate of ASTM A53 Steel in Seawater Influenced by Variation in Concentration of Mangifera Indica L. Peel Extract,” *Journal of Applied Engineering and Technological Science (JAETS)*, vol. 6, no. 1, pp. 550–560, Dec. 2024, doi: 10.37385/jaets.v6i1.5182.
- [18] T. Vallée and M. Albiez, “Building and construction steel and aluminium,” in *Adhesive Bonding*, Elsevier, 2021, pp. 525–569. doi: 10.1016/B978-0-12-819954-1.00019-8.
- [19] J. Chen *et al.*, “Effect of surface anodizing on the bonding properties of aluminum alloy/glass-fiber reinforced polypropylene random copolymer hybrid joints,” *Int J Adhes Adhes*, vol. 123, p. 103361, Apr. 2023, doi: 10.1016/j.ijadhadh.2023.103361.
- [20] S. Septianissa and A. Z. Chandrasari, “Behavior of Bare, Cr3C2-20NiCr, and NiCrAlY coated Fe-Ni Based Superalloy Under Hot Corrosion in a 75 wt.% Na2SO4 + 25wt.% NaCl film at 9000C,” *International Journal of Science and Society*, vol. 6, no. 2, pp. 507–517, May 2024, doi: 10.54783/ijsoc.v6i2.1170.