

ANALISIS PENGARUH VARIASI *HEAT TREATMENT* MATERIAL ALUMINIUM ALLOY 6063 TERHADAP LAJU KOROSI

Asri Dilomo^{1*)}, Priyagung Hartono², Unung Lesmanah³

^{1*)}Universitas Islam Malang

email: asrilin3@gmail.com

²Universitas Islam Malang

email: priyagung@unisma.ac.id

³Universitas Islam Malang.

email: ununglesmanah@unisma.ac.id

*) asrilin3@gmail.com

ABSTRACT

Corrosion is material damage caused by comprehensive aspects, destruction or damage to the material due to reactions with its environment. Corrosion is a damage to materials (generally metals), the corrosion process occurs not only in the form of chemical reactions, but also electrochemical reactions. In the industrial world, the use of engineering materials is one of the most important for the application of various kinds of equipment, the use of aluminium alloy material which is very widely applied, especially in the development of the automotive sector that requires lightweight materials and is not susceptible to damage caused by corrosion, improving material properties by changing the atomic structure of the material by heat treatment of materials using the precipitation hardening method. Corrosion analysis on aluminum alloy 6063 material using weight loss method according to ASTM G31-72 standard, reweighing material after corrosion on pure seawater media to determine material weight loss caused by seawater.

Keywords: Aluminium alloy 6063, heat treatment, Corrosion.

ABSTRAK

Korosi adalah kerusakan material yang disebabkan aspek yang komprehensif, kehancuran atau kerusakan material karena adanya reaksi dengan lingkungannya. Korosi merupakan suatu kerusakan pada material (umumnya logam), proses korosi terjadi tidak hanya berupa reaksi kimia, namun juga reaksi elektrokimia. Dalam dunia industri penggunaan material teknik menjadi salah satu yang sangat penting untuk aplikasi berbagai macam peralatan, penggunaan material aluminium alloy yang sangat banyak diaplikasikan terutama pada pengembangan sektor otomotif yang membutuhkan material ringan serta tidak rentan kerusakan yang diakibatkan oleh korosi, meningkatkan sifat korosi material dengan merubah struktur atom pada material dengan cara *heat treatment* material menggunakan metode *precipitation hardening*. Analisis korosi pada material aluminium alloy 6063 menggunakan metode *weight loss* sesuai standart ASTM G31-72, penimbangan kembali material setelah pengkorosian pada media air laut murni untuk mengetahui kehilangan berat material yang disebabkan oleh air laut.

Kata Kunci: Aluminium alloy 6063, Heat treatment, Korosi.

PENDAHULUAN

Dalam dunia industri otomotif, sebagai material logam, penggunaan aluminium kini menempati urutan kedua setelah besi dan baja, baik secara pengecoran (*cast product*) ataupun penempaan (*wrought product*) latar belakang kecenderungan (tren) ini adalah karena aluminium merupakan logam *non ferro* yang ringan serta memiliki sifat mekanis yang baik dan mudah dibentuk [29]. Material aluminium dipergunakan didalam bidang yang luas bukan saja untuk peralatan rumah tangga tapi juga dipakai untuk keperluan material pesawat terbang, mobil, sepeda motor, kapal laut, konstruksi dsb. Aluminium memenuhi berbagai macam pangsa pasar, terutama pada sektor otomotif yang disebabkan peningkatan jumlah kendaraan bermotor saat ini berbanding lurus dengan peningkatan jumlah komponen pengganti (*sparepart*). Komponen pengganti diperlukan untuk mengganti bagian kendaraan yang sudah tidak layak pakai atau rusak.

Salah satu dari sifat suatu material adalah tahan terhadap korosi. Pada korosi itu secara alamiah tidak dapat dicegah tapi hanya dapat dihambat. Serangan korosi umumnya berbeda-beda dan dalam kasus tertentu sangat berbahaya. Korosi itu sendiri merupakan masalah yang sangat serius dalam dunia material, karena dapat mengakibatkan kerugian-kerugian yang besar, antara lain dapat menimbulkan kebocoran, meledaknya suatu pipa atau bejana bertekanan dan mungkin juga akan membuat pencemaran pada kualitas suatu produk. Korosi menghabiskan material-material pada konstruksi termasuk material logam, sehingga mengurangi kekuatan dan umur konstruksi. Korosi juga merugikan dunia industri secara ekonomis yaitu perlunya alokasi dana untuk inspeksi dan perawatan secara berkala pada konstruksi [2].

Korosi merupakan kerusakan material yang disebabkan oleh pengaruh lingkungannya, proses korosi yang terjadi disamping oleh reaksi kimia juga diakibatkan oleh proses elektrokimia. Lingkungan yang berpengaruh dapat berupa lingkungan asam, embun, air tawar, air laut, air danau, air sungai, dan air tanah, korosi dapat didefinisikan sebagai kerusakan dari material karena reaksi dengan lingkungan disekitarnya, beberapa menyebutkan bahwa definisi ini hanya dibatasi untuk logam, tetapi sering *corrosion engineer* harus mempertimbangkan baik logam maupun non logam untuk solusi penyelesaian suatu masalah, mekanisme terjadinya korosi yang terjadi pada logam disebabkan adanya reaksi yang melibatkan dua reaksi setengah sel, yaitu reaksi oksidasi pada anoda dan reaksi reduksi pada katoda dan anoda yang terjadi dalam suatu proses korosi [3].

Perlakuan panas (*heat treatment*) adalah suatu metode yang dipergunakan untuk merubah sifat-sifat mekanik dan struktur mikro dari suatu material. Aplikasi proses perlakuan panas pada aluminium umumnya untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan aluminium, tujuan dari *heat treatment* adalah untuk peningkatan keliatan bahan, penghilangan tegangan dalam, penghalusan ukuran butiran dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik serta merubah struktur mikro permukaan logam, *heat treatment* merupakan suatu perlakuan panas, dimana *heat treatment* dapat merubah sifat suatu material, hal ini bertujuan agar supaya material yang telah dilakukan *heat treatment* tersebut dapat diaplikasikan [4].

Heat treatment dilakukan untuk memperbaiki sifat mekanis, penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan data nilai porositas, kekuatan tarik, kekerasan, struktur mikro, dan ketahanan korosi [5].

METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh *heat treatment* dengan metode *precipitation hardening* terhadap laju korosi aluminium alloy 6063 dan untuk mengukur laju korosi pada material menggunakan metode *weight loss*. Spesimen yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 24 spesimen.

Semua spesimen diberi perlakuan *solution treatment* pada suhu yang sudah ditentukan dengan *holding time* 30 menit, setelah perlakuan *solution treatment* kemudian spesimen di *quenching* menggunakan air minum *aqua*, dilanjutkan dengan *artificial aging* dengan *holding*

time 60 menit dan *natural aging* dengan *holding time* 168 jam.

Setelah perlakuan *precipitation hardening* spesimen dilakukan proses *penimbangan* sebelum perendaman (proses pengkorosian), setelah proses perendaman selesai spesimen dilakukan penimbangan kembali untuk mengetahui perbedaan berat awal dan berat akhir spesimen, proses pengujian laju korosi menggunakan metode *weight loss*, perendaman dilakukan pada media air laut selama 720 jam untuk mengetahui laju korosi yang dihasilkan oleh spesimen *aluminium alloy* 6063. Pada penelitian pengujian laju korosi dilakukan berdasarkan standar ASTM G31 – 72 [9], Standar pengujian laju korosi dilakukan berdasarkan pengujian laboratorium.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kandungan Kimia *Aluminium Alloy* 6063

Spesimen yang dipakai dalam penelitian ini adalah *aluminium alloy* 6063 yang berupa plat persegi, *aluminium alloy* 6063 yang merupakan paduan dari Aluminium, (Al), Magnesium (Mg) dan Silikon (Si), mempunyai kandungan murni sebesar 99,86, Magnesium 0,0575 dan Silikon 0,0575, serta unsur-unsur penunjang sebesar 0,025%. Berikut adalah tabel hasil analisis kandungan kimia material *aluminium alloy* 6063 adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Kandungan Kimia *Aluminium Alloy* 6063

No	Kode	Unsur	Hasil Analisis
			Kadar (%)
1	AA6063	Al	99,86
2		Mg	0,0575
3		Si	0,0575
4		Lainnya	0,025

pH Air Laut

Tingkat keasaman (pH) terbentuk karena 93% karbon anorganik berupa HCO_3 , 6% berupa CO_3 dan 1% berupa CO_2 Ion karbon relatif tinggi pada permukaan-permukaan dan hampir selalu jenuh dengan kalsium karbonat. Ini menyebabkan terjadinya pengendapan jenuh pada permukaan logam [10].

Media korosif pada proses perendaman menggunakan air laut murni yang diambil langsung dari Surabaya, pada air laut murni tersebut mengandung pH 6,98 yang bersifat asam. Berikut merupakan tabel hasil analisis pH air laut adalah sebagai berikut:

Tabel 2. pH Air Laut

No.	Sampel	pH
1	Air Laut	6,98

Hasil Pengujian Laju Korosi

Berikut merupakan tabel data hasil uji laju korosi pada media air laut, adalah sebagai berikut:

Tabel 3. Data Pengujian Laju Korosi

No.	Suhu <i>Solution Treatment, holding time 30 menit</i>	Suhu dan <i>holding time artificial aging (60 menit), natural aging (168 jam)</i>	720 Jam (1 bulan)			Laju Korosi (mpy)	Rara-rata Korosi (mpy)
			B Awal (gram)	B Akhir (gram)	Kehilangan Berat (gram)		
1	450 °C	100 °C	15,5182	15,5178	0,0004	0,000035	0,00005275
2			15,8854	15,8850	0,0004	0,000035	
3		150 °C	15,7142	15,7140	0,0002	0,000017	
4			15,7501	15,7495	0,0006	0,000053	
5		200 °C	15,2574	15,2563	0,0011	0,000097	
6			15,6005	15,5991	0,0014	0,000124	
7		30 °C	15,7072	15,7069	0,0003	0,000026	
8			15,8305	15,8301	0,0004	0,000035	
9	500 °C	100 °C	15,7800	15,7791	0,0009	0,000079	0,00006375
10			15,3949	15,3947	0,0002	0,000017	
11		150 °C	15,6004	15,5995	0,0009	0,000079	
12			15,6546	15,6531	0,0015	0,000133	
13		200 °C	15,6520	15,6515	0,0005	0,000044	
14			15,9570	15,9559	0,0011	0,000097	
15		30 °C	15,6268	15,6264	0,0004	0,000035	
16			15,7828	15,7825	0,0003	0,000026	
17	550 °C	100 °C	15,8050	15,8048	0,0002	0,000017	0,00002925
18			15,6770	15,6768	0,0002	0,000017	
19		150 °C	15,6620	15,6616	0,0004	0,000035	
20			15,0135	16,0133	0,0002	0,000017	
21		200 °C	15,7452	15,7450	0,0002	0,000017	
22			15,7925	15,7916	0,0009	0,000079	
23		30 °C	15,6220	15,6218	0,0002	0,000017	
24			15,8642	15,8638	0,0004	0,000035	

Pada tabel diatas menunjukan hasil pengujian laju korosi selama 720 jam pada air laut murni, memuat hasil selisi berat dari spesimen uji.

Tabel 4. Data Laju Korosi Terhadap Variasi Suhu *Solution Treatment* (30 menit), Variasi Suhu *Artificial Aging* (60 menit), dan *Natural Aging* 30 °C (168 jam)

	100 °C	150 °C	200 °C	30 °C
450 °C	0,000035	0,000017	0,000097	0,000026
	0,000035	0,000053	0,000124	0,000035
500 °C	0,000079	0,000079	0,000044	0,000035
	0,000017	0,000135	0,000097	0,000026
550 °C	0,000017	0,000035	0,000017	0,000017
	0,000017	0,000017	0,000079	0,000035

Pada tabel 4 diatas menunjukkan data laju korosi terhadap variasi suhu *solution treatment* (*holding time* 30 menit), variasi suhu *artificial aging* (*holding time* 60 menit), dan *natural aging* pada suhu kamar 30 °C (*holding time* 168 jam).

Perhitungan Laju Korosi

Dari tabel 4.5 yang telah dihasilakn nilai kehilangan berat spesimen uji maka dapat dihitung nilai laju korosi spesimen, adalah sebagai berikut:

Temperatur *Solution Treatment* 450 °C dengan *Artificial Aging* 100 °C.

Rumus kehilangan berat:

$$W = W_1 - W_2$$

$$W = \text{Berat Awal} - \text{Berat Akhir}$$

$$W = 15,5182 - 15,5178$$

$$W = 0,0004$$

$$A = \text{Luas Spesimen}$$

$$A = 2 \times (p.l + p.t + l.t)$$

$$A = 2 \times (40.30 + 40.5 + 30.5)$$

$$A = 3,1$$

$$CR = \frac{534 \cdot W}{D \cdot A \cdot T}$$

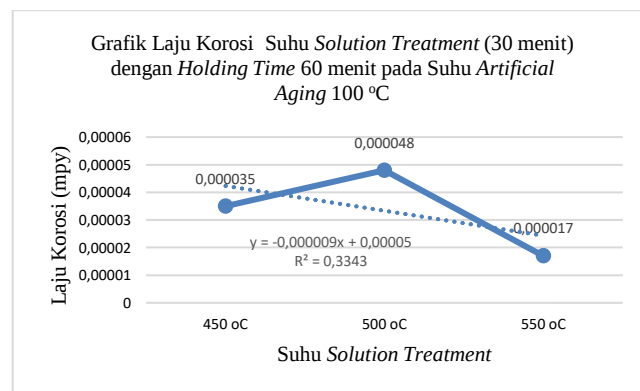
$$= \frac{534 \cdot 0,0004}{2,69 \cdot 3,1 \cdot 720}$$

$$= \frac{0,2136}{6004,08}$$

$$= 0,000035 \text{ mpy}$$

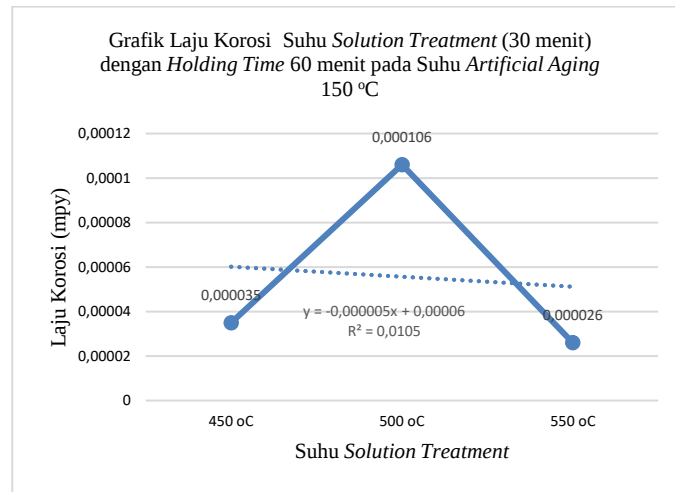
Grafik Laju Korosi

Grafik laju korosi dengan suhu *solution treatment* (30 menit) dengan *holding time* 60 menit pada suhu dan *holding time* *artificial aging* pada suhu 150 °C

**Gambar 1.** Grafik Laju Korosi Terhadap Variasi Suhu *Solution Treatment*

Pada grafik laju korosi diatas dapat dilihat bahwa terjadi penurunan korosi terhadap spesimen yang di beri perlakuan *solution treatment* dengan suhu 550 °C (30 menit) pada *artificial aging* 100 °C (60 menit), terlihat bahwa laju korosi yang dihasilkan jauh lebih kecil dari pada spesimen yang mengalami perlakuan *solution treatment* pada suhu 450 °C dan 500 °C. Analisis pengaruh heat treatment dengan metode *precipitation hardening* memberikan pengaruh terhadap material dengan memodifikasi, *precipitation hardening* pada spesimen menyebabkan atom-atom pada material berdifusi.

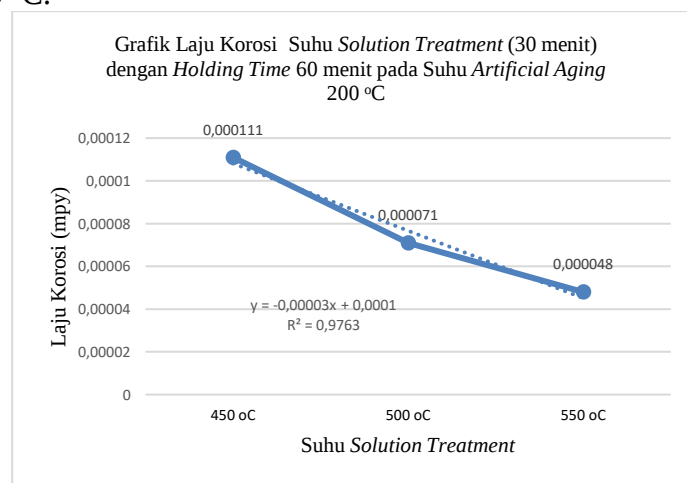
Grafik laju korosi dengan suhu *solution treatment* (30 menit) dengan *holding time* 60 menit pada suhu dan *holding time* *artificial aging* pada suhu 150 °C



Gambar 2. Grafik Laju Korosi Terhadap Variasi Suhu *Solution Treatment*

Pada grafik laju korosi dengan variasi suhu *precipitation hardening* (30 menit) dan suhu *artificial aging* 150 °C diatas terlihat pada spesimen yang diberi perlakuan *solution treatment* 550 °C (30 menit), *artificial aging* 150 °C dengan *holding time* 60 menit memiliki nilai laju korosi yang paling rendah dibandingkan dengan spesimen yang diberi perlakuan *solution treatment* pada suhu 500 °C, dengan garis linear pada grafik dapat dilihat secara jelas pengaruh *heat treatment* dengan metode *precipitation hardening* material aluminium alloy terhadap laju korosi air laut.

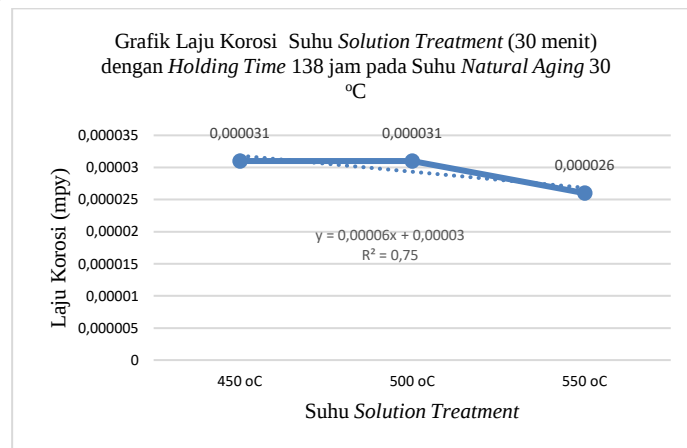
Grafik laju korosi suhu *solution treatment* (30 menit) dengan *holding time* 60 menit pada suhu *artificial aging* 200 °C.



Gambar 3. Grafik Laju Korosi Terhadap Variasi Suhu *Solution Treatment*

Hasil laju korosi pada grafik diatas terlihat bahwa pada spesimen terjadi penurunan nilai laju korosi ditunjukkan oleh garis linear pada grafik yang disebabkan oleh perlakuan (*heat treatment*) terhadap spesimen dengan variasi suhu *solution treatment* dan *artificial aging* pada suhu 200 °C, laju korosi pada spesimen dengan suhu *solution treatment* 550 °C memiliki nilai yang jauh lebih rendah dibandingkan dengan *solution treatment* pada suhu 450 °C dan 500 °C, laju korosi pada spesimen dengan perlakuan *solution treatment* 550 °C dan *artificial aging* 200 °C memiliki pengaruh yang sangat baik terhadap korosi yang disebabkan oleh air laut. Meningkatnya suhu *solution treatment* memberikan ketahanan material terhadap korosi yang sangat baik yang disebabkan oleh air laut.

Grafik laju korosi suhu *solution treatment* (60 menit) dengan *holding time* 138 jam pada suhu natural aging 30 °C



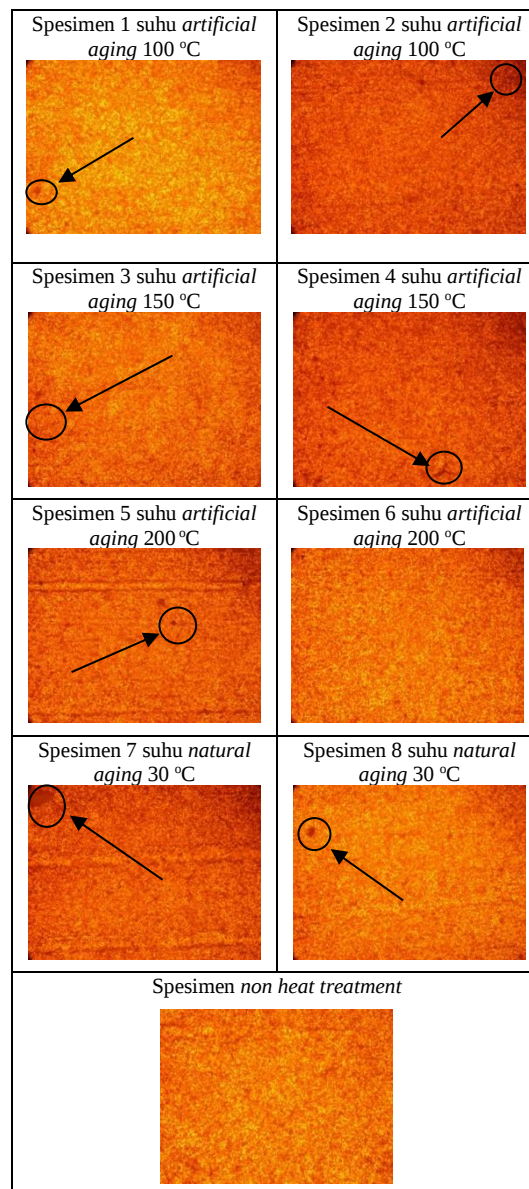
Gambar 4. Grafik Laju Korosi Terhadap Variasi Suhu *Solution Treatment*

Aluminium alloy 6063 yang di *heat treatment* dengan metode *precipitation hardening* untuk mengurangi dampak korosi terhadap material, terlihat pada grafik diatas penurunan nilai laju korosi yang disebabkan oleh air laut, pada variasi suhu *solution treatment* terlihat bahwa pada suhu 550 °C dengan *holding time* 30 menit dan dengan *holding time* 138 jam pada suhu *natural aging* 30 °C (suhu kamar) terlihat nilai laju korosi yang rendah dari spesimen dengan perlakuan *solution treatment* 450 °C dan 500 °C, pengaruh penurunan nilai korosi terhadap spesimen memberikan nilai yang sangat baik untuk penggunaan material terhadap pengaplikasian pada tempat yang memiliki lingkungan yang dapat menyebabkan korosi (kerusakan) terhadap material, laju korosi dengan perlakuan *solution treatment* dan di ikuti *natural aging* melibatkan atom-atom berdifusi menjadikan material menjadi lebih baik terhadap serangan korosi. Perlakuan dengan *solution treatment* dan *natural aging* merupakan sebuah perlakuan terhadap material yang cukup ekonomis.

Pengujian Metalografi

Pada pengujian metalorafi data yang diperoleh berupa foto struktur mikro setiap material yang di *heat treatment* dengan metode *precipitation hardening* dengan variasi suhu *solution treatment*, *artificial aging* dan *natural aging* yang berbeda, hinga dapat disimpulkan bagaimana bentuk permukaan material setelah mengalami perendaman. Berikut adalah tabel hasil pengujian struktur mikro permukaan *aluminium alloy* 6063 yang telah terkorosi:

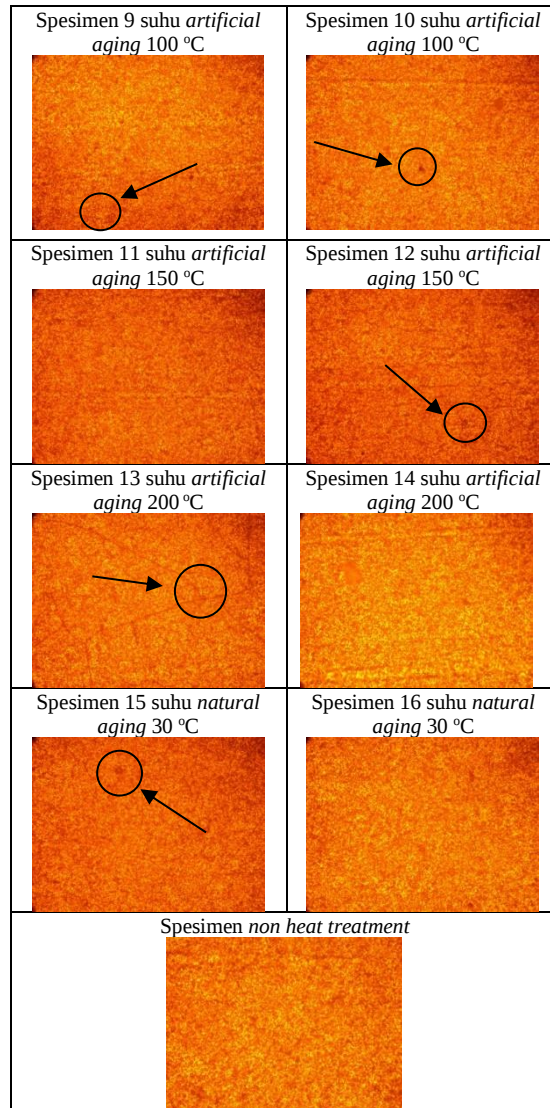
a. *Solution Treatment 450 °C*



Gambar 5. Pengujian Struktur Mikro *Solution Treatment 450 °C* dengan Variasi Suhu pada *Artificial Aging* dan *Natural Aging* perbesaran 50x

Pada gambar hasil pengujian struktur mikro terlihat bahwa pada gambar spesimen uji terdapat korosi berbentuk titik-titik berwarna kecoklatan yang sangat kecil berukuran mikro dan pada gambar spesimen 6 suhu 200 °C permukaan spesimen belum terlihat jelas perubahannya, pada gambar spesimen uji terlihat perbedaan antar permukaan yang melalui uji laju korosi dengan perbandingan pada material tanpa uji korosi (tanpa perendaman), sementara untuk spesimen 1 suhu *artificial aging* 100 °C permukaan spesimen terlihat masih sama seperti pada spesimen tanpa perendaman, hanya terdapat titik korosi berwarna kecoklatan kecil.

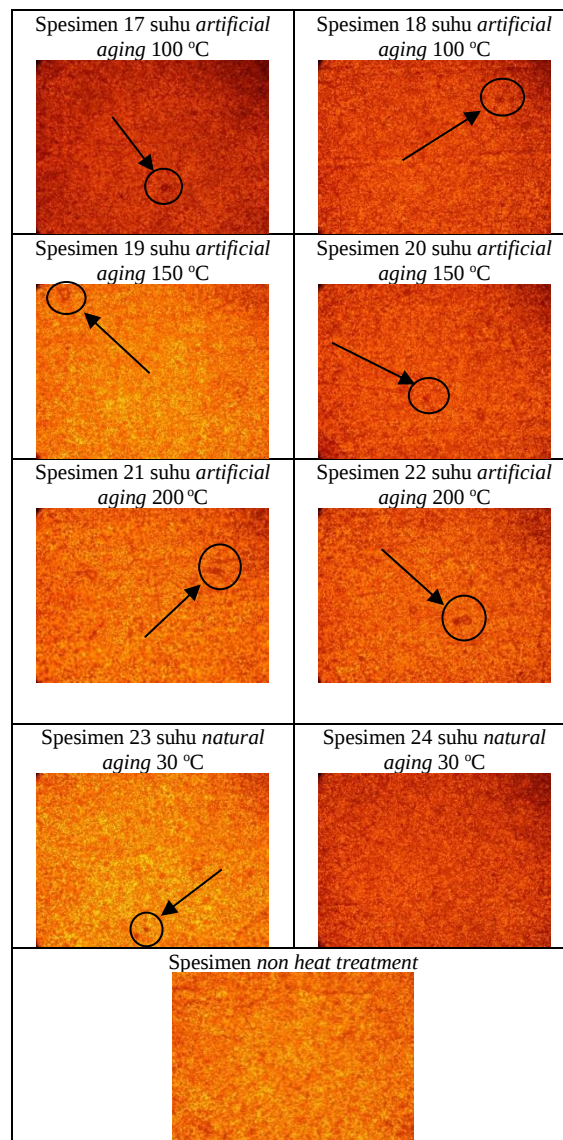
b. *Solution Treatment 500 °C*



Gambar 6. Pengujian Struktur Mikro *Solution Treatment 500 °C* dengan Variasi Suhu pada *Artificial Aging* dan *Natural Aging* perbesaran 50x

Pada gambar hasil pengujian struktur mikro permukaan *aluminium alloy 6063* terlihat jelas perubahan permukaan material dibandingkan dengan material yang tanpa perendaman (pengkorosian), terlihat pada spesimen 9 dan 10 suhu *artificial aging* 100 °C, spesimen 11 dan 12 suhu *artificial aging* 150 °C, dan pada spesimen 15 suhu *natural aging* 30 °C terlihat bentuk permukaan yang berbeda dengan material tanpa perendaman, permukaan spesimen terdapat banyak titik-titik kecil akibat perendaman material mengalami korosi, sementara itu pada spesimen 13 suhu *artificial aging* 200 °C terlihat perubahan material yang ditandai dengan adanya garis-garis tidak beraturan yang disebabkan oleh korosi air laut akibat kegagalan material, ini merupakan fenomena kerusakan yang menyebabkan terjadinya korosi *intergranular* pada material, pada spesimen 16 suhu *natural aging* 30 °C tidak terlihat serangan korosi pada permukaan spesimen dengan pembesaran 50x.

c. *Solution Treatment 500 °C*



Gambar 7. Data Pengujian Struktur Mikro *Solution Treatment 550 °C* dengan Variasi Suhu pada *Artificial Aging* dan *Natural Aging* perbesaran 50x

Pengujian struktur mikro pada material dengan perlakuan *solution treatment 550 °C* dengan *artificial aging* dan *natural aging* dengan variasi suhu yang berbeda kemudian direndam pada media korosif, pada spesimen 17 suhu *artificial aging 100 °C* terlihat bercak berwarna kecoklatan yang diakibatkan oleh korosi air laut, spesimen 18 suhu *artificial aging 100 °C*, spesimen 20 suhu *artificial aging 150 °C*, spesimen 21 dan 22 suhu *artificial aging 200 °C* permukaan spesimen mengalami perubahan warna yang terlihat adanya bercak hitam pada permukaan spesimen uji yang diakibatkan oleh korosi pada perendaman (pengkorosian) yang disebabkan oleh air laut, terlihat pada spesimen 23 suhu *natural aging 30 °C* memiliki permukaan yang cukup baik seperti terlihat pada gambar dimana permukaannya masih sama seperti pada spesimen tanpa perendaman, hanya terdapat bercak berwarna kecoklatan pada permukaannya pada pembesaran 50x.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil analisis dari penelitian tentang pengaruh variasi *heat treatment* terhadap laju korosi material *aluminium alloy* 6063 paduan Al-Mg-Si setelah dilakukan *heat treatment* dengan metode *precipitation hardening* yang merupakan pengerasan material dua tahap pada paduan aluminium, yaitu proses *solution treatment* dengan variasi suhu 450 °C, 500 °C dan 550 °C dengan *holding time* 30 menit kemudian di *quenching* pada air aqua, lalu diberi perlakuan *artificial aging* dengan variasi suhu 100 °C, 150 °C dan 200 °C dengan *holding time* 60 menit dan *natural aging* pada suhu 30 °C dengan *holding time* 168 jam, kemudian dilanjutkan pengkorosian dengan perendaman pada media air laut selama 720 jam. Kesimpulan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Hasil analisis laju korosi material *aluminium alloy* 6063 pada media air laut yang di *heat treatment* dengan metode *precipitation hardening* dapat disimpulkan bahwa metode *precipitation hardening* pada *aluminium alloy* 6063 sangat berpengaruh untuk meningkatkan sifat ketahanan korosi yang diakibatkan oleh air laut. Hal ini disebabkan karena terjadinya difusi atom pada saat proses *heat treatment* berlangsung.
2. Hasil dari pengujian laju korosi dengan nilai tertinggi yaitu pada spesimen 12 dengan *solution treatment* 500 °C dan *aging* 150 °C sebesar 11 %, di ikuti oleh spesimen 6 sebesar 11 % dan nilai laju korosi terendah yaitu pada spesimen 3, 10, 16, 17, 19 20 dan 23 dengan laju korosi 1 %. Hasil laju korosi dengan nilai rata-rata laju korosi terendah yaitu pada *solution treatment* 550 °C sebesar 44 %, di ikuti spesimen dengan suhu *solution treatment* 450 °C dengan nilai 36 %, kemudian nilai rata-rata laju korosi tertinggi yaitu pada *solution treatment* 500 °C sebesar 44 %.
3. Hasil uji struktur mikro setelah pengujian laju korosi dengan perbesaran 50x, pada spesimen yang di *heat treatment* dengan *solution treatment* pada suhu 400 °C, 500 °C dan 550 °C dengan variasi suhu *aging*, terlihat bahwa pada *natural aging* permukaan spesimen hanya terdapat sebagian kecil bercak hitam berwarna kecoklatan lalu di ikuti pada perlakuan *artificial aging* dengan suhu 100 °C

DAFTAR RUJUKAN

- [1] P. D. S. S. Prof. Ir. Tata Surdia Ms. Met. E., “Pengetahuan Bahan Teknik,” 1999.
- [2] W. L. D. Muhammad Sulton Ali, Herman Praktikno, “Analisis Pengaruh Variasi Sudut Blasting dengan Coating Campuran Epoxy dan Aluminium Serbuk Terhadap Kekuatan Adhesi, Prediksi Laju Korosi dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36,” vol. 8, no. 1, 2019.
- [3] Alvian and Aisyah, “Analisis Korosifitas Erosi Logam Paduan Al6061 dengan Variasi Kadar Air Garam Sebagai Media Quenching pada Propeller,” *J. unesa*, vol. 7, no. 1, pp. 37–72, 2020.
- [4] M. Y. Perdana and B. Yunitasari, “Analisis Laju Korosifitas dan Struktur Mikro Paduan AL6061 dan Aluminium Komersial dengan Perlakuan Panas T6 Double Quenching Oli SAE 20W Muhammad Yanuar Perdana,” *J. Tek. mesin*, pp. 117–122, 2021.
- [5] F. dan Athanasius, “Pengaruh Perlakuan Panas T6 Terhadap Sifat Fisis dan Mekanis Material Model Propeller Shaft Berbahan Dasar Aaluminium Seri 6063,” vol. 4, no. 2, pp. 145–151, 2016.
- [6] Media Nofri, “Analisis Perubahan Sifat Mekanik Al 6063 setelah dilakukan Heat Treatment Pada Temperatur Tetap dengan Waktu Tahan yang Bervariasi,” vol. 16, pp. 35–42, 2020.
- [7] M. L. B. Muhammad Nur Abid Fakri, Heru Susanto, “Analisis Material Aluminium Alloy Terhadap Laju Korosi Yang Di Seabkan Oleh Udara Laut Pada Struktur Leading Edge Pesawat,” *Tek. STTKD J. Tek. Elektron. Engine*, vol. 8, no. 2, pp. 289–294, 2022, doi: 10.56521/teknika.v8i2.664.

- [8] ASTM G31 - 72, "Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals 1," vol. i, no. Reapproved, 2004.
- [9] C. Huda and D. H. Sutjahjo, "Analisis Laju Korosi Material Aluminium 5083 Sebagai Aplikasi Bahan Lambung Kapal," pp. 17–24, 2017.