

Studi Pengaruh Temperatur Aging terhadap Kekerasan Vickers, Ketahanan Impak dan Korosi pada Aluminium Paduan

^{1)*} Wartono, ²⁾Ihrom Rakadhani, ³⁾Sumpena

^(1,2) Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik dan Perencanaan Institut Teknologi Nasional

³⁾Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Proklamasi 45

Jl. Babarsari, Catur Tunggal, Sleman, Yogyakarta, Indonesia

Email : wartono@itny.ac.id

Diterima: 13.03.2024, Disetujui: 13.05.2024, Diterbitkan: 16.05.2024

ABSTRACT

Aluminum is a chemical element with the symbol Al with atomic number 13. Aluminum belongs to the light types of metals. Its electrical conductivity is 60% more than that of copper, so it is also used for electrical appliances. Aluminum is a reactive metal, so it is easily oxidized with oxygen. Aluminum is lightweight, strong, rust-resistant and malleable, aluminum is also utilized in many ways, such as materials for making fuselages, used in high-voltage cables and much more. This study aims to find out how temperature aging affects vickers hardness, impact toughness and corrosion in aluminum alloys. The aluminum used is 6000 series aluminum and is cut into workpieces according to ASTM standards. The applied method is by heat treatment precipitation hardening or age hardening. From the results of microstructure photo testing, it was found that the higher the aging temperature, the more amount of precipitation is formed and the distribution of precipitation is more even. However, when the heat treatment solution is performed, the precipitation decreases because at the same time the atomic void in thermal equilibrium at high temperature remains in place or a precipitate or so-called super saturated solute solution occurs. In hardness testing, the hardness continues to increase as the aging temperature increases and the maximum hardness is found at a temperature of 200°C with an average value of 86.6 kg/mm². Meanwhile, the impact strength decreases with the increase in aging temperature and the highest impact strength at 120° C with a value of 0.619 j/mm². In the corrosion test, as the temperature of aging increases, the aluminum is more resistant to corrosion the maximum value is obtained at 0.00251 mill/year at a temperature of 200° C.

Keywords: aluminum alloy, temperature aging, hardness, toughness, corrosion.

ABSTRAK

Aluminium adalah unsur kimia dengan lambang Al dengan nomor atom 13. Aluminium termasuk jenis logam ringan. Konduktivitas listriknya 60% lebih dari tembaga, sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Aluminium merupakan logam yang reaktif, sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen. Aluminium bersifat ringan, kuat, tahan karat dan mudah dibentuk, aluminium juga dimanfaatkan dalam banyak hal, seperti bahan untuk membuat badan pesawat, digunakan dalam kabel bertegangan tinggi dan masih banyak lagi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui bagaimana pengaruh temperatur *aging* terhadap kekerasan vickers, ketangguhan impak dan korosi pada aluminium paduan. Aluminium yang digunakan adalah aluminium seri 6000 dan dipotong menjadi benda kerja sesuai dengan standart ASTM. Metode yang diterapkan yaitu dengan laku panas *presipitation hardening* atau *age hardening*. Dari hasil pengujian foto struktur mikro didapati bahwa semakin tinggi temperatur *aging* maka semakin banyak jumlah presipitat yang terbentuk dan persebaran presipitatnya semakin merata. Namun, ketika dilakukan treatment *solution heat treatment* presipitat berkurang di karenakan pada treatment tersebut simultan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya atau terjadi endapan atau disebut *Super saturated solute solution*. Pada pengujian kekerasan, kekerasan terus meningkat seiring kenaikan temperatur *aging* dan kekerasan maksimal didapati pada temperatur 200°C dengan nilai rata-rata sebesar 86,6 kg/mm². Sedangkan kekuatannya turun seiring dengan kenaikan temperatur *aging* dan kekuatan impak tertinggi pada suhu 120° C dengan nilai 0,619 j/mm². Pada uji korosi, seiring naiknya suhu *aging* aluminium tersebut lebih tahan terhadap korosi nilai maksimal didapatkan sebesar 0.00251 mill/year pada suhu 200° C.

Kata kunci : aluminium paduan, temperatur *aging*, kekerasan , impak, korosi

I. Pendahuluan

Aluminium adalah unsur kimia dengan lambang Al dengan nomor atom 13. Aluminium termasuk jenis logam ringan. Konduktivitas listriknya 60% lebih dari tembaga, sehingga juga digunakan untuk peralatan listrik. Aluminium merupakan logam yang reaktif, sehingga mudah teroksidasi dengan oksigen, oleh karena itu disebut oksida. Aluminium bersifat ringan, kuat, tahan karat dan mudah dibentuk, sehingga mudah dijadikan lembaran ataupun batang. Aluminium juga dimanfaatkan dalam banyak hal, seperti bahan untuk membuat badan pesawat, digunakan dalam kabel bertegangan tinggi, sebagai bahan membuat panci dan masih banyak lagi (Van Vlack, L.H., 1991). Aluminium dapat digunakan pada proses aluminizing. Aluminium lebih sering digunakan untuk keperluan konstruksi dimana kekuatan mekaniknya dapat ditingkatkan dengan proses artificial aging atau lebih dikenal dengan sebuah perlakuan penuaan. Perlakuan penuaan akan menyebabkan terwujudnya endapan yang berkontribusi langsung pada peningkatan kekuatan mekanik (Tata Surdia, Saito, S., 2000). Peningkatan kekuatan mekanis akan semakin ekstensif dengan menambahkan unsur paduan lain yang dikenal dengan *microalloying*. Unsur paduan ini akan mendorong terbentuknya endapan dengan ukuran nano yang tersebar merata dalam distribusi yang rapat. Pengaruh waktu penuaan (waktu tahan pada saat aging) dan meningkatnya waktu penuaan dari 1 jam hingga 10 jam mampu meningkatkan kekerasan beberapa logam paduan aluminium seperti Al-Cu-Mg, Al-Cu-Cd, Al-CuMg-Ag, Al-Cu-Mg-Cd, AlCu-Mg-Cd dimana suhu agingnya 200 °C (Tata Surdia, Saito, S., 2005).

Untuk mengetahui bagaimana pengaruh temperatur aging terhadap kekerasan vickers ketahanan impact dan korosi pada aluminium paduan maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh variasi temperatur aging terhadap kekerasan vickers ketahanan impact dan korosi pada aluminium paduan.

II. Bahan dan Metode

Metode yang dapat diterapkan untuk mendapatkan aluminium dengan kekerasan dan kekuatan yang optimal antara lain dengan laku panas *presipitation hardening* atau *age hardening*. Aluminium yang digunakan adalah aluminium 6000 dengan kandungan Al-Mg-Si.

Aluminium 6000 dipotong menjadi benda kerja uji kekerasan, uji impact, dan uji metalografi sesuai dengan standart ASTM. Tahap pertama yaitu benda kerja dilakukan perlakuan pelarutan (*Solution Heat Treatment*) dengan temperatur 500° C ditahan selama 1 jam. Tahap kedua benda kerja hasil solution heat treatment diquenching dengan media air. Tahap terakhir benda kerja di aging dengan variasi temperatur 120, 160 dan 200° C ditahan selama 1 jam kemudian di quenching dengan media air. Benda kerja hasil proses aging di uji kekerasan, uji impact, uji korosi dan foto struktur mikro.



Gambar 1. Diagram Alir

III. Hasil dan Pembahasan

1. Uji Komposisi

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kandungan unsur-unsur pada spesimen uji. Data hasil pengujian komposisi kimia dapat dilihat pada tabel 1 dibawah.

Tabel 1. Hasil Uji Komposisi

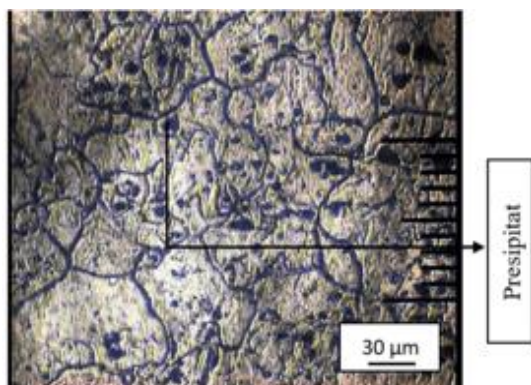
Unsur	Sampel Uji	
	147/23-S456 (%)	Standar Deviasi
Si	0.543	0.015
Fe	0.160	0.0070
Cu	0.121	0.0084
Mn	0.010	0.0002
Mg	0.486	0.010
Cr	0.099	0.0043
Ni	<0.0050	0.0010
Zn	<0.0030	0.0002
Ti	0.023	0.0019
Pb	<0.0050	0.0005
Sn	<0.0050	0.0004
V	0.012	0.0003
Sr	0.0042	0.00004
Zr	<0.0020	0.0003

Cd	<0.0050	0.0006
Co	<0.0030	0.0008
B	<0.0010	0.00001
Ag	<0.0010	0.00006
Bi	<0.0060	0.0046
Ca	<0.0010	0.0002
Li	<0.300	0.0051
Al	98.48	0.021

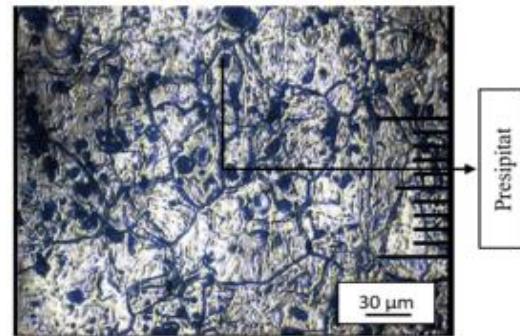
Pengujian komposisi yang telah di lakukan pada aluminium, unsur yang terdapat pada paduan aluminium yang lebih dominan disini adalah Al (98,48 %), Mg (0,486 %) dan Si (0,543 %) yang termasuk dalam paduan Al-Mg-Si, adapun paduan lain yang terdapat pada aluminium sangat sedikit sekali.

2. Uji Struktur Mikro

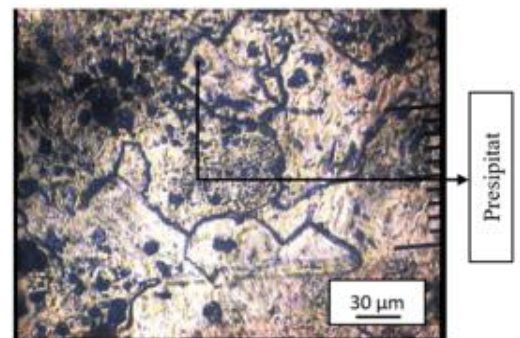
Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan perbesaran 100x, dengan menggunakan mikroskop optik setelah benda uji di etsa dengan larutan etsa hidrofloreida 100%. Benda uji pada pengujian ini berjumlah 5 spesimen, yaitu terdiri dari 1 spesimen tanpa perlakuan (*Raw Material*), 1 spesimen dengan perlakuan (*Solution Heat Treatment*) dengan suhu 500°C dan waktu tahan 1 jam. Setelah itu di aging dengan variasi suhu 120°C, 160°C dan 200°C waktu tahan 1 jam dengan banyaknya 3 spesimen. Menurut Fahrudin, dkk (2020), dalam penelitiannya dikatakan bahwa proses aging dapat merubah ukuran butir struktur mikro menjadi lebih besar.



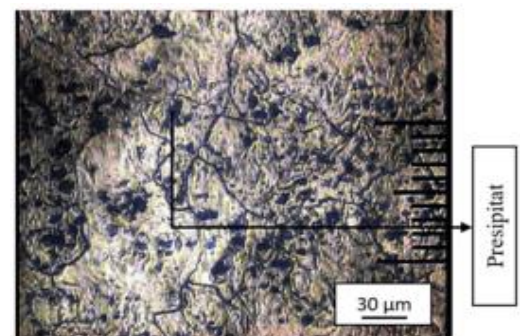
Gambar 2. Raw Material



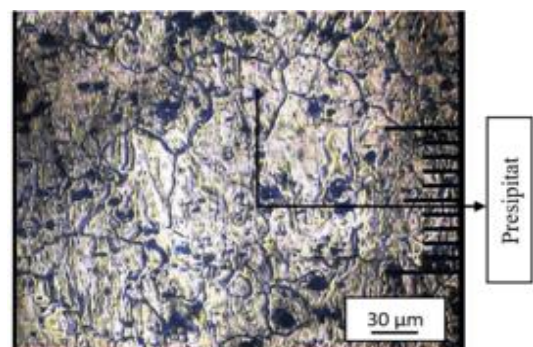
Gambar 3. Solution Heat Treatment



Gambar 4. Suhu Aging 120° C



Gambar 5. Suhu Aging 160° C



Gambar 6. Suhu Aging 200° C

Terlihat struktur mikro dari gambar tersebut bahwa semakin tinggi temperatur *aging* maka semakin banyak jumlah presipitat yang terbentuk dan persebaran presipitatnya semakin merata. Namun, ketika dilakukan *treatment solution heat treatment* presipitat berkurang di karenakan pada *treatment* tersebut simultan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya atau terjadi endapan atau disebut *Super saturated solute solution*.

Perubahan bentuk struktur mikro pada aluminium tersebut terjadi disebabkan adanya perlakuan panas. Bersamaan dengan peningkatan temperatur *aging* yang diberikan terlihat perbedaan bentuk struktur mikro. Perubahan struktur mikro yang terjadi dikarenakan pemanasan yang diberikan memberi peluang atom untuk bergerak dan menata letaknya, sehingga bentuk struktur atom menjadi lebih tertata. Dengan penambahan waktu *aging* bentuk presipitat menjadi tertata dan kelihatan lebih rapat. Struktur mikro yang kelihatan tertata seiring dengan penambahan waktu *aging* dikarenakan Zona GP yang terbentuk terus berkembang baik dari segi ukuran, maupun jumlahnya. Kenaikan temperatur menyebabkan presipitat bertambah besar dan jumlah juga bertambah banyak, hal ini menyebabkan jarak antar partikel presipitat semakin rapat. Presipitat yang rapat inilah yang kemudian bertindak sebagai penghalang terjadinya dislokasi yang menunjukkan bahwa material bertambah keras dan tahan terhadap korosi. Akan tetapi, ketika dilakukan *treatment solution heat treatment* presipitat berkurang dikarenakan pada *treatment* tersebut simultan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya atau terjadi endapan atau disebut *Super saturated solute solution*.

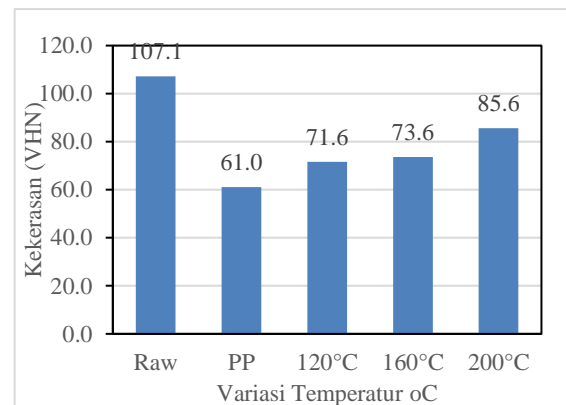
3. Uji Kekerasan Vickers

Menurut Schonmetz, A., dkk. (1977), harga pengujian kekerasan vickers, ditunjukkan oleh penetrator yang terbuat dari piramida intan, sudut antara dua bidang sisi piramida 136°. Identor ditekan ke permukaan benda uji, dalam pengujian menggunakan beban $P = 20$ kg. Menurut Okta Rianda, (2021), setelah proses *artificial aging* menyebabkan bahan tersebut menjadi lebih keras.

Data hasil pengujian kekerasan *Vickers* dapat dilihat pada tabel 2 dibawah.

Tabel 2. Uji Kekerasan Vickers

No	Variasi Suhu	Titik Uji	Diagonal		Kekerasan VHN (kg/mm ²)	Rata Rata VHN (kg/mm ²)
			D1 (mm)	D2 (mm)		
1	Raw	1	0.60	0.58	106.5	107.1
		2	0.60	0.57	108.3	
		3	0.60	0.58	106.5	
2	PP	1	0.80	0.80	57.9	61.0
		2	0.78	0.78	60.9	
		3	0.76	0.76	64.2	
3	120	1	0.72	0.70	73.6	71.6
		2	0.72	0.72	71.5	
		3	0.72	0.74	69.6	
4	160	1	0.70	0.72	73.6	73.6
		2	0.72	0.70	73.6	
		3	0.70	0.72	73.6	
5	200	1	0.64	0.65	89.1	85.6
		2	0.65	0.66	86.4	
		3	0.68	0.67	81.4	



Gambar 7. Diagram Kekerasan Vickers

Pada spesimen uji kekerasan yang tanpa proses heat treatment (*Raw material*) diperoleh rata-rata $HV = 107,1$ kg/mm². Sedangkan spesimen uji kekerasan dengan treatment 500° C mengalami penurunan sebesar 43% dan di peroleh rata-rata $HV = 61,0$ kg/mm². Kemudian setelah melewati proses *Solution Heat Treatment* di suhu 120° C mengalami kenaikan sebesar 17% diperoleh rata-rata $HV = 71,6$ kg/mm². Dan seiring kenaikan suhu, angka kekerasan menunjukkan kenaikan yang sangat signifikan di suhu 160° C mengalami kenaikan sebesar 20,66% diperoleh rata-rata $HV = 73,6$ kg/mm². Dan di suhu 200° C mengalami kenaikan lagi sebesar 40,33% diperoleh rata-

rata HV = 86,6 kg/mm². Angka kekerasan Aluminium mengalami kenaikan seiring dengan perubahan waktu aging yang diberikan.

Data hasil pengujian kekerasan Vickers pada Aluminium yang mengalami proses *heat treatment* dan variasi suhu *aging* dari suhu 120° C, 160° C dan 200° C menunjukkan bahwa nilai kekerasannya mengalami kenaikan, sedangkan hasil pengujian kekerasan Vickers pada aluminium yang di treatment 500° C mengalami penurunan.

Hal ini disebabkan karena pada kondisi ini secara simultan kekosongan atom dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya atau terjadi

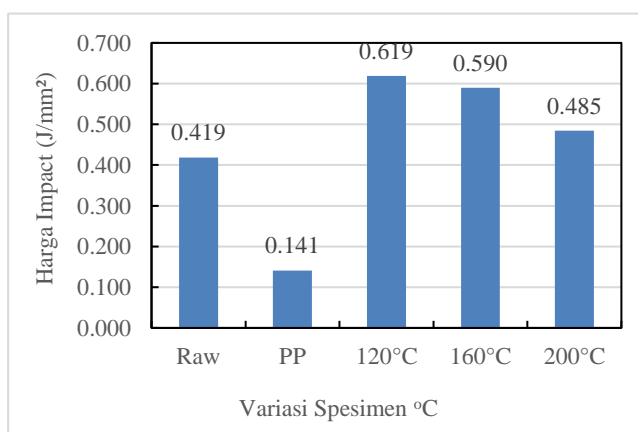
endapan/pretisipat. Setelah pendinginan atau quenching, maka logam paduan aluminium menjadi lunak atau disebut larutan Padat Lewat Jenuh (*Super Saturated Solid Solution*).

4. Uji Ketangguhan Impak

Pengujian impact adalah suatu metode yang digunakan untuk mengetahui kemampuan spesimen menyerap energi yang diberikan. Menurut Erik Kurniawan Widyantoro (2018), bahwa kekuatan impact aluminium paduan 6061 mengalami penurunan seiring dengan kenaikan temperatur *aging*. Hasil uji impact dapat dilihat pada tabel 3 dibawah.

Tabel 3. Uji Ketangguhan Impact

NO	Variasi Suhu	Sudut α (°)	Energi (J)	Sudut β (°)	Energi Terserap (J)	Luas (mm ²)	Harga Impact (J/mm ²)	Rata-rata Harga Impact (J/mm ²)
1	Raw 1	151	300	137.00	22.9	37.1	0,619	0.419
2	Raw 2	151	300	141.00	15.6	36.3	0.429	
3	Raw 3	151	300	145.00	8.9	42.6	0.209	
4	PP 1	151	300	146.00	7.3	40.8	0.179	0.141
5	PP 2	151	300	147.00	5.8	41.0	0.140	
6	PP 3	151	300	148.00	4.3	40.6	0.105	
7	120° 1	151	300	137.00	22.9	37.7	0.608	0.619
8	120° 2	151	300	138.00	21.0	37.7	0.558	
9	120° 3	151	300	135.00	26.8	38.7	0.629	
10	160° 1	151	300	138.00	21.0	37.2	0.566	0.590
11	160° 2	151	300	137.00	22.9	36.2	0.634	
12	160° 3	151	300	138.00	21.0	36.8	0.571	
13	200° 1	151	300	140.00	17.4	37.9	0.458	0.485
14	200° 2	151	300	139.00	19.2	39.1	0.491	
15	200° 3	151	300	139.00	19.2	38.0	0.505	



Gambar 8. Diagram Ketangguhan Impact

Berdasarkan grafik dapat dilihat bahwa energi impact didapatkan nilai rata-ratanya pada raw material yaitu 0,419 j/mm² kemudian, setelah dilakukan *solution heat treatment* angkanya menurun 66,35% diperoleh rata-rata 0,141 j/mm², hal ini disebabkan karena pada kondisi ini secara simultan kekosongan atom

dalam keseimbangan termal pada temperatur tinggi tetap pada tempatnya atau terjadi endapan. Setelah pendinginan atau quenching, maka logam paduan aluminium menjadi lunak atau disebut larutan Padat Lewat Jenuh (*Super Saturated Solid Solution*). Kemudian, setelah melewati proses *solution heat treatment*,

aluminium di aging di suhu 120° C, 160° C, 200° C mengalami kenaikan yang sangat signifikan dan didapatkan rata-rata harga impaknya pada suhu 120° C yaitu 0,619 j/mm² hal tersebut mengalami kenaikan 339,01%, dan pada suhu 160° C aluminium tersebut mengalami kenaikan sebesar 318.44% nilai rata-rata yang diperoleh yaitu 0,590 j/mm² kemudian pada suhu 200° C aluminium tersebut mengalami kenaikan sebesar 243,97% dari perlakuan pelarutan (*Soluton Heat Treatment*) dan di peroleh rata-ratanya sebesar 0,485 j/mm².

Jika melihat hasil tersebut didapatkan bahwa semakin tinggi temperatur aging yang diberikan pada aluminium T6 terjadi penurunan nilai energi impact dan kekuatan impact sampai dengan temperatur 200° C. Hal ini disebabkan karena dari temperatur 120° C - 200° C didalam

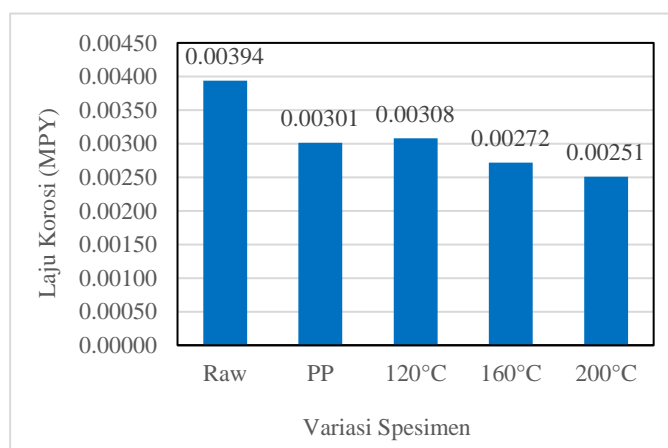
struktur mikronya semakin banyak ditemukan presipitat. Presipitat akan membuat energi impact dan kekuatan impact menjadi turun dan material menjadi getas. Patahan hasil uji impact yang mengkilat dan berbutir menunjukkan bahwa material menjadi semakin getas.

5. Uji Korosi

Laju korosi merupakan kecepatan rambat atau kecepatan penurunan kualitas bahan terhadap waktu. Dalam perhitungan laju korosi, satuan yang umumnya digunakan adalah mm/th (standar internasional), atau mill/year (mpy satuan British) (Fontana, G.M., 1988). Menurut Huda, S., dkk (2011), dalam penelitiannya dikatakan bahwa aluminium setelah proses aging akan mengalami penurunan laju korosi yang berarti lebih tahan terhadap korosi. Hasil Pengujian laju korosi dapat dilihat pada tabel 4 dibawah.

Tabel 4. Uji Korosi

No	Variasi Suhu	Berat Awal (gr)	Berat Akhir (gr)	Kehilangan Berat (gr)	Luas Korosi (mm ²)	Laju Korosi (MPY)	Rata-rata Laju Korosi
1	Raw_1	2.719	2.715	0.004	910	0.00545	
2	Raw_2	2.872	2.871	0.001	964	0.00129	0.00394
3	Raw_3	2.925	2.921	0.004	977	0.00507	
4	PP_1	2.820	2.819	0.001	979	0.00127	
5	PP_2	2.916	2.912	0.004	987	0.00502	0.00301
6	PP_3	2.836	2.834	0.002	900	0.00275	
7	120°C_1	2.884	2.881	0.003	964	0.00386	
8	120°C_2	2.893	2.892	0.001	975	0.00127	0.00308
9	120°C_3	2.642	2.639	0.003	906	0.00410	
10	160°C_1	2.745	2.744	0.001	923	0.00134	
11	160°C_2	2.683	2.680	0.003	915	0.00406	0.00272
12	160°C_3	2.634	2.632	0.002	900	0.00275	
13	200°C_1	2.686	2.684	0.002	906	0.00274	
14	200°C_2	2.853	2.850	0.003	960	0.00387	0.00251
15	200°C_3	2.814	2.812	0.002	955	0.00092	



Gambar 9. Diagram Uji Korosi

Pada tabel dan grafik diatas dapat dilakukan analisa dan dapat diketahui bahwa perlakuan panas *aging* memiliki pengaruh terhadap laju korosi dari aluminium seri 6 dan setiap variasi dari temperatur *aging* juga memiliki perbedaan ketahanan terhadap proses korosi yang dilakukan dengan media larutan HCl. Dari tabel dan grafik diatas juga dapat diketahui bahwa aluminium seri 6 dengan perlakuan panas *aging* memiliki nilai ketahanan yang rendah dari aluminium yang tidak diberikan perlakuan *aging*. Sebagaimana data yang dimuat dari tabel diatas, aluminium seri 6 dengan tanpa perlakuan panas *aging* (*Raw Material*) memiliki nilai rata-rata laju korosi sebesar 0.00394 milles/year. Lalu nilai laju korosi ini menurun 23,60% setelah dilakukan proses *Solution Heat Treatment* disuhu 500° C dan menunjukkan angka rata-ratanya sebesar 0.00301 milles/year. Pada suhu 120° C mengalami kenaikan sebesar 2,33% dengan angka rata-ratanya sebesar 0.00308 milles/year kemudian, pada suhu 160° C angka korosi menunjukkan penurunan sebesar 9,63% dengan angka rata-ratanya sebesar 0.00272 milles/year. Dan pada suhu 200° C angka laju korosi semakin menurun sebesar 16,61% dengan angka rata-ratanya sebesar 0.00251 milles/year. Penurunan laju korosi ini menunjukkan kenaikan ketahanan terhadap kelajuan korosi dari aluminium seri 6 kemudian, ketika diberikan perlakuan *aging* aluminium seri 6 tersebut menunjukkan bahwa nilai ketahanan korosi ini semakin kecil.

Penurunan ketahanan laju korosi yang terjadi dari aluminium *non-aging* menuju aluminium dengan perlakuan *aging* terjadi karena perubahan fasa yang terjadi pada batas butir maupun didalam butir. Hal ini terjadi dikarenakan perlakuan panas *aging* yang diberikan kepada aluminium menyebabkan pengendapan presipitat pada batas butir maupun didalam butir. Endapan yang ini secara tidak langsung menyebabkan meningkatnya ketahanan terhadap korosi dikarenakan lapisan katodik yang terbentuk. Pada proses *aging* dari aluminium tidak menunjukkan fase *Over-Aging* dikarenakan pada temperatur 120° C-200° C belum menemukan fase optimumnya terhadap laju korosi.

IV. Kesimpulan

Berdasarkan analisa dan pembahasan data hasil uji struktur mikro, uji kekerasan, uji dampak

dan uji korosi mengenai pengaruh variasi temperatur *aging* terhadap aluminium paduan AL-Mg-Si, dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil uji struktur mikro menunjukkan hasil yaitu, didapati presipitat aluminium T6 semakin banyak, tertata, dan merata, apabila temperatur *aging* semakin tinggi .
2. Hasil uji kekerasan menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *aging* didapatkan nilai kekerasan yang semakin tinggi. Nilai kekerasan tertinggi didapatkan pada temperatur 200° C yaitu sebesar 85,6 HVN. Temperatur 200° C disebut sebagai batas temperatur *peak aged*.
3. Hasil uji dampak menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *aging* didapatkan nilai kekuatan dampak semakin menurun. Nilai terendah kekuatan dampak pada temperatur 200° C sebesar 0,485 j/mm².
4. Hasil uji korosi menunjukkan bahwa semakin tinggi temperatur *aging* semakin tahan terhadap korosi. Hal ini terjadi dikarenakan perlakuan panas *aging* yang diberikan kepada aluminium menyebabkan pengendapan presipitat pada batas butir maupun didalam butir. Endapan yang ini secara tidak langsung menyebabkan meningkatnya ketahanan terhadap korosi dikarenakan lapisan katodik yang terbentuk. Dan angka terkecil atau tahan terhadap korosi pada suhu 200° C yaitu sebesar 0.00251 milles/year.

Daftar Pustaka

- Fahrudin, A. A., Fatoni, R., & Wachid, I., 2020, Kaji Eksperimen Pengaruh Variasi Temperatur *Aging* dan Waktu *Aging* Pada Proses Perlakuan Panas Aluminium 2024 Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro (Doctoral dissertation, Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya).
- Fontana, G.M., 1988, Corrosion Engineering, Ed.3, McGraw Hill, Singapore.
- Huda, S., & Aristianto, A., 2011, "Pengaruh *Artificial Aging* Terhadap Laju Korosi Baling-baling Kapal Motor Berbahan Aluminium, Jurnal Teknologi, 4(2).
- Rianda, O., 2021, "Pengaruh Temperatur *Artificial Aging* Terhadap Sifat Kekerasan

dan Struktur Mikro AL-2024”, Fakultas Teknik Mesin Universitas Lampung, Lampung: digilib.unila.ac.id.

Schonmetz, A., Gruber, K. 1977, “Pengetahuan Bahan Dalam Pengerjaan Logam”, Bandung: PT. Angkasa, Bandung.

Tata Surdia, Saito, S., 2000, “Pengetahuan Bahan Teknik”, Cetakan Keempat, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

Tata Surdia, Saito, S., 2005, “Pengetahuan Bahan Teknik”, Cetakan Keenam, PT. Pradya Paramita, Jakarta

Van Vlack, L.H., 1991, “Ilmu dan teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam)”, Erlangga, Jakarta.

Widyantoro, E. K., 2018, “Pengaruh Variasi Temperatur *Aging* pada Aluminium Paduan 6061 Terhadap Uji Impak, Kekerasan dan Struktur Mikro, Teknik Mesin Industri vakultas Vokasi Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya. Surabaya: 123dok.com.