

Pengaruh Temperatur *Aging* Terhadap Kekuatan Tarik dan Keausan pada Aluminium Paduan

Hendrik Duran Day¹, Wartono², Joko Pitoyo³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Perencanaan, Institut Teknologi Nasional
Yogyakarta

Jl. Babarsari, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta, 55281

*Corresponding author: wartono@itny.ac.id

Abstract

This research uses aluminium alloy material with the heat treatment process carried out in solution treatment at 500°C with a holding time of 60 minutes, then quenching quickly in water. The process continued with ageing heat treatment with temperatures of 120°C, 160°C and 200°C for 2 hours, then cooled at room temperature. The tests carried out are microstructure test, wear test and tensile test. This test aims to determine the effect of ageing temperature on wear testing and tensile testing. The results of the Aluminium composition test show that the alloying elements contained in Aluminum are 70.09 Al and > 14.40 Mg entered as Al-Mg alloy. Based on the composition data, this specimen is categorized into 5 series of Aluminum alloys. Microstructure observations show that Aluminum that undergoes heat treatment and temperature ageing changes microstructure, namely dissolution at 2 hours which causes the durability and strength of the material to increase. Wear testing on raw material specimens obtained an average value of 0.001420 mm³ / kg.m. The highest wear value is obtained in specimens with an ageing process at 200°C, which is 0.002092 mm³ / kg.m. Aluminum which has the maximum tensile strength is Aluminum which is aged for 2 hours with a temperature of 200°C, which is 277.95 MPa and a strain value of 33.37%.

Keywords: Aluminum alloy, Aging Temperature, microstructure, tensile strength test, wear test.

Abstrak

Penelitian ini menggunakan material aluminium paduan dengan proses perlakuan panas yang dilakukan adalah solution treatment pada suhu 500°C dengan waktu penahanan 60 menit, kemudian di *quenching* secara cepat di air. Proses dilanjutkan dengan perlakuan panas *aging* dengan suhu 120°C, 160°C dan 200°C selama 2 jam, kemudian didinginkan pada suhu ruangan. Pengujian yang dilakukan adalah uji struktur mikro, uji keausan dan uji tarik. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu temperatur *aging* terhadap pengujian keausan dan pengujian tarik. Hasil dari pengujian komposisi Aluminium dapat diketahui bahwa unsur paduan yang terdapat pada Aluminium adalah 70,09 Al dan >14,40 Mg masuk sebagai paduan Al-Mg. Berdasarkan data komposisi, spesimen ini dikategorikan menjadi paduan Aluminium seri 5. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa Aluminium yang mengalami proses *heat treatment* dan temperatur *aging* mengalami perubahan struktur mikro yaitu terjadi pelarutan pada waktu 2 jam yang menyebabkan ketahanan dan kekuatan bahan meningkat. Pengujian keausan pada spesimen *raw material* di dapatkan nilai rata-rata sebesar 0.001420 mm³/kg.m. Nilai keausan tertinggi di dapatkan pada spesimen dengan proses *aging* suhu 200°C yaitu sebesar 0.002092 mm³/kg.m. Aluminium yang memiliki kekuatan tarik maksimum yaitu Aluminium yang di *aging* dengan waktu 2 jam dengan temperature 200°C yaitu sebesar 277,95 MPa dan nilai regangan sebesar 33,37%.

Kata Kunci: Aluminium paduan, Temperatur *Aging*, struktur mikro, uji kekuatan tarik, uji keausan

PENDAHULUAN

Material teknik secara global dapat di bagi menjadi dua yaitu bahan logam dan bahan bukan logam. Bahan logam dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu logam besi (*ferrous*) dan logam bukan besi (*non ferrous*). Logam *ferrous* yaitu suatu logam paduan yang terdiri dari campuran unsur karbon dengan besi (Fe), contoh besi tuang, besi tempa dan baja. Logam non *ferrous* yaitu logam yang tidak mengandung unsur besi (Fe), contoh tembaga, timah, aluminium dan lainnya. Material bukan logam antara lain karet, plastik, komposit, dan lainnya.

Aluminium merupakan jenis logam terbanyak kedua yang digunakan setelah baja [1]. Aluminium merupakan logam yang ringan dan memiliki ketahanan korosi yang baik pada berbagai lingkungan termasuk udara, air (termasuk air garam), petrokimia, dan berbagai sistem kimia, hantaran listrik yang baik dan sifat-sifat lainnya. Aluminium dengan densitas $2,7 \text{ g/cm}^3$ sekitar sepertiga dari densitas baja ($7,8 \text{ g/cm}^3$), dan sekitar seperempat dari densitas tembaga ($8,96 \text{ g/cm}^3$) dan kuningan ($8,73 \text{ g/cm}^3$). Sifat yang unik, yaitu memiliki kekuatan yang dapat ditingkatkan [2]. Aluminium banyak diaplikasikan dalam berbagai hal salah satunya yang paling banyak digunakan pada penggunaan benda dalam kehidupan sehari-hari, tetapi aluminium memiliki kelemahan, salah satu kelemahan aluminium adalah titik lebur yang relatif rendah sekitar 660°C dibanding titik lebur baja yang lebih tinggi yaitu sekitar 1500°C .

Salah satu pengaplikasian aluminium terbanyak selain digunakan dalam sektor rumah tangga juga digunakan pada sektor industri otomotif yang terus meningkat sejak tahun 1980 dan terus meningkat seiring meningkatnya jumlah pengguna kendaraan bermotor di Indonesia. Banyak komponen otomotif yang terbuat dari paduan aluminium, di antaranya adalah piston, blok mesin, *cylinder head*, *valve*, dan lain sebagainya. Dalam pengaplikasian paduan aluminium untuk komponen otomotif memiliki persyaratan minimum yang sangat ketat dalam kualitas produk dan ketentuan sifat-sifat yang telah ditentukan sesuai dengan standar. Agar aluminium dapat memenuhi persyaratan yang telah ditetapkan maka biasanya logam aluminium dipadukan dengan unsur seperti: Cu, Si, Mg, Zn, Mn, Ni dan sebagainya [3].

Mengolah bijih aluminium menjadi logam aluminium (Al) memerlukan energi yang besar dan biaya yang mahal untuk mendapatkan logam aluminium. Untuk mengatasi keterbatasan bahan baku aluminium maka salah satu usaha yang dapat dilakukan adalah dengan melakukan daur ulang scrap aluminium. Daur ulang aluminium sangatlah menguntungkan dari segi ekonomis, daur ulang juga lebih murah karena jika mengekstrak logam ini dari bijih aluminium sangat mahal, mencemari lingkungan, mengkonsumsi sejumlah besar energi, dan aluminium daur ulang menjadi bagian dari siklus yang dapat terjadi berulang-ulang tanpa kehilangan sifat-sifatnya. Dengan cara ini dapat menutupi kebutuhan komponen otomotif [4].

Proses *aging* dilakukan untuk meningkatkan sifat-sifat mekanik yang telah dimiliki pada aluminium. *Artificial* aging dipilih untuk meningkatkan sifat mekanik karena dapat dilakukan berbagai perlakuan variasi temperatur dan variasi waktu dimana setiap perlakuan memiliki efek yang berbeda-beda terhadap sifat mekanik dari aluminium [5].

METODE PENELITIAN

Alat

Alat yang digunakan yaitu:

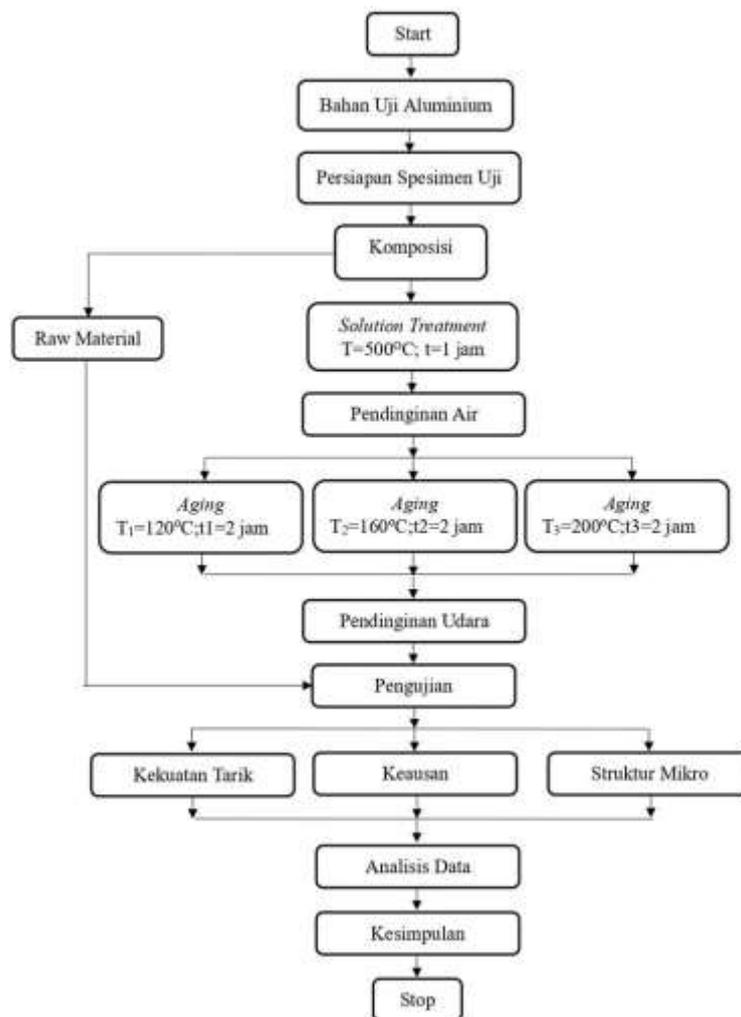
1. Mesin *water jet* milik PT. Citra Jogja Kreasi
2. Mesin uji komposisi milik Politeknik Manufaktur Ceper
3. Mesin *muffle furnace treatment* milik Laboratorium *Engineering Materials* DIII UGM
4. Alat uji tarik milik Laboratorium *Engineering Materials* DIII UGM
5. Mesin uji keausan milik Laboratorium *Engineering Materials* DIII UGM

6. Alat uji struktur mikro (mikroskop optik) milik *Laboratorium Engineering Materials* DIII UGM
7. Mesin uji *aging* milik *Laboratorium Engineering Materials* DIII UGM

Bahan

Bahan yang digunakan yaitu:

1. Aluminium
2. Bahan etsa larutan NaOH
3. Alkohol 70%
4. Batu gerinda potong
5. *Hardening Resin*
6. Bahan pendukung lainnya:
 - Kertas amplas logam dengan *grid* 180, 400, 600, 800, 1000, 1500 dan 2000 *mesh*.
 - *Autosol*
 - Kain bludru
 - Air



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

Pengujian Komposisi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur kimia yang terkandung dalam Aluminium. Pada pengujian ini, contoh uji ditempatkan pada dudukan kerja dan ditambahkan energi melalui elektroda *Wolfram Spart*, sehingga memberikan pancaran sinar keluar dari

permukaan benda uji, dan yang terpancar diterima lensa cembung, kemudian diteruskan kedalam ruang vakum intersitas menjadi sinar *monocromatic*. Sinar ini akan dideteksi intensitasnya oleh sensor cahaya. Semakin tinggi intensitas sinar yang masuk, semakin besar pula arus yang dihasilkan. Besar arus listrik tersebut akan disimpan di dalam *integrator*, kemudian diukur dan dikonvensikan oleh komputer. Hasil konsentrasi unsur dapat ditampilkan di monitor atau disimpan di *hardware* computer.

Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang terdapat pada benda uji. Pada penelitian ini pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium *Engineering Materials* Teknik Mesin Diploma III UGM dengan menggunakan mikroskop optik yang langsung dihubungkan dengan computer atau kamera, sehingga gambar yang diperoleh dapat langsung disimpan dalam komputer atau film.

Pengujian Keausan

Pada penelitian ini menggunakan pengujian keausan dengan metode ogoshi. Pengujian keausan dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik, Departemen Teknik Mesin Sekolah Vokasi UGM Yogyakarta.

Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan cara kedua ujung benda uji dijepit dengan kuat pada kedua *chuck* (penjepit) mesin uji tarik, salah satu *chuck* berhubungan dengan alat pengukur beban, sedangkan ujung yang satu lagi dihubungkan dengan alat penarik *hidrolis*. Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari masing-masing spesimen uji yang ditarik sehingga mengalami kegagalan (putus), sehingga diketahui beban maksimumnya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Uji Komposisi

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui presentase unsur kimia yang terkandung dalam spesimen yang akan diuji. Pengujian ini dilakukan pada Aluminium paduan Al-Mg menggunakan alat *spectrometer*. Data hasil dari pengujian kimia dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil uji Komposisi Aluminium

UNSUR	SAMPEL UJI	
	122/23-S381 (%)	Standar Deviasi
Si	0,0055	0,0014
Fe	0,015	0,0023
Cu	<0,0020	0,056
Mn	0,282	0,0034
Mg	>14,40	0,126
Cr	0,019	0,0005
Ni	<0,0050	0,0005
Zn	0,0068	0,0009
Ti	0,048	0,0004

Pb	<0,0050	0,0003
Sn	0,0077	0,0005
V	<0,0030	0,00009
Sr	0,0030	0,00003
Zr	0,0043	0,0004
Cd	<0,0050	0,0004
Co	<0,0030	0,0006
B	<0,0010	0,00005
Ag	<0,0010	0,00008
Bi	<0,0060	0,0015
Ca	<0,0010	0,00001
Li	<0,300	0,0037
Al	70,09	0,128

Pengujian komposisi yang telah dilakukan pada Aluminium, unsur paduan yang terdapat pada Aluminium yang lebih dominan disini adalah Al, Mg, Mn yang termasuk dalam paduan Al-Mg. Adapun paduan lain yang terdapat pada Aluminium sangat sedikit.

Hasil Pengamatan Struktur Mikro

Benda uji pada pengujian ini berjumlah 4 spesimen, yaitu terdiri dari 1 spesimen tanpa perlakuan (*Raw Material*), dan 3 spesimen dilakukan proses *Heat Treatment* dengan cara perlakuan panas *aging* dengan waktu tahan 2 jam. Terdiri dari temperatur 120°C, 160°C dan 200°C. Pembesaran gambar struktur mikro yang digunakan yaitu 200x jarak antara strip 5 µm.



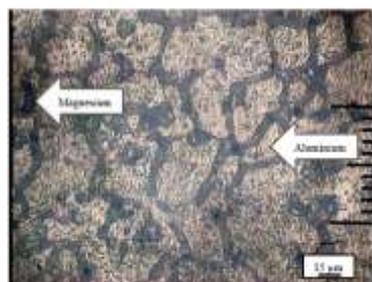
Gambar 2. Struktur Mikro (Raw Material) Aluminium



Gambar 3. Struktur Mikro Aluminium di *aging* 120°C



Gambar 4. Struktur Mikro Aluminium di *aging* 160°C



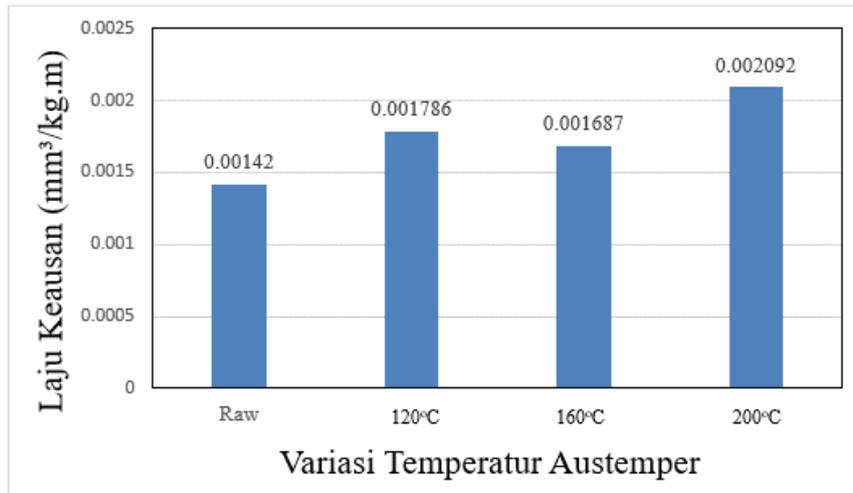
Gambar 5. Struktur Mikro Aluminium di *aging* 200°C

Hasil pengamatan struktur mikro Aluminium pada *Raw Material* terlihat struktur dari paduan Mg dan Mn lebih sedikit dan pada Al strukturnya terlihat lebih besar dan menggumpal. Pada waktu proses *aging* 2 jam dengan temperature 120°C, 160°C dan 200°C terlihat struktur Mg dan Mn lebih menyebar dan merata hal ini menyebabkan kekuatan meningkat [6-8]. Semakin tinggi temperatur *aging* maka semakin terlihat sifat fisisnya mengalami kehalusan struktur butirannya pada waktu *aging* 2 jam dengan temperatur yang meningkat dapat meningkatkan kekerasannya [9-14].

Hasil Pengujian Keausan

Tabel 2. Hasil uji keausan pada Aluminium

Variasi Spesimen	Titik Uji	Tebal Disc (B;mm)	Jari-jari Disc (r;mm)	Panjang Wear (b;mm)	Volume Tergores (W;mm ³)	Keausan (Ws; mm ³ /kg.m)	Keausan rata-rata (Ws; mm ³ /kg.m)
Raw	1	3.45	13.6	1.73	0.11009	0.00173	0.001420
	2	3.45	13.6	1.52	0.07424	0.00117	
	3	3.45	13.6	1.60	0.08659	0.00136	
A120°C	1	3.45	13.6	1.63	0.09099	0.00143	0.001786
	2	3.45	13.6	1.68	0.10024	0.00158	
	3	3.45	13.6	1.92	0.14962	0.00235	
A160°C	1	3.45	13.6	1.49	0.07040	0.00111	0.001687
	2	3.45	13.6	1.65	0.09554	0.00150	
	3	3.45	13.6	1.95	0.15595	0.00245	
A200°C	1	3.45	13.6	2.05	0.18301	0.00288	0.002092
	2	3.45	13.6	1.79	0.12057	0.00190	
	3	3.45	13.6	1.65	0.09554	0.00150	



Gambar 6. Diagram Laju Keausan Spesifik

Harga laju keausan spesifik yang diperoleh dari *raw material* lebih rendah dibandingkan dengan laju keausan pada spesimen yang menggunakan proses *aging* dengan suhu 120°C, 160°C, dan 200°C. Nilai keausan rata-rata yang diperoleh dari proses *aging* dengan suhu 120°C sebesar 0.001786 mm³/kg.m, dan nilai keausan rata-rata yang diperoleh dari proses *aging* dengan suhu 160°C sebesar 0.001687 mm³/kg.m sedangkan nilai keausan rata-rata yang diperoleh dari proses *aging* meningkat pada spesimen dengan suhu 200°C sebesar 0.002092 mm³/kg.m. Berdasarkan hasil pengujian keausan ini, nilai keausan terendah didapatkan pada spesimen *raw material*. Sedangkan suhu *aging* pada 160°C didapatkan ketahanan aus lebih baik (tahan terhadap keausan)

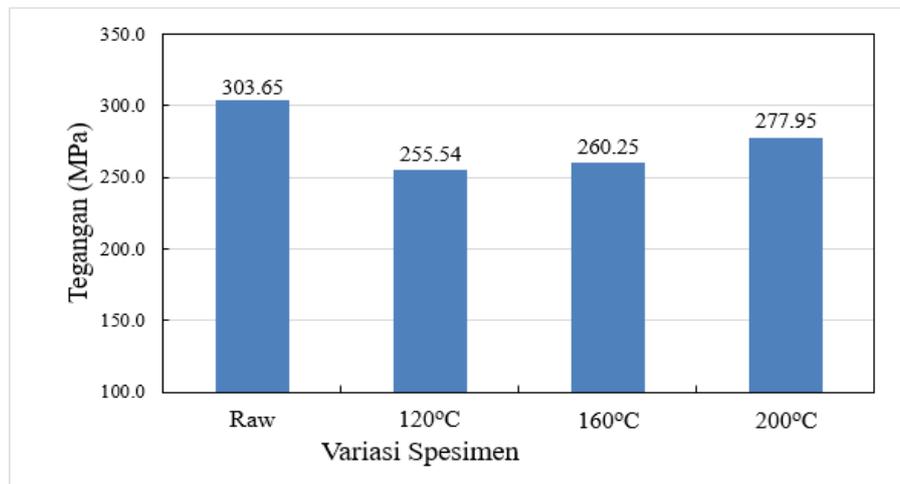
Hasil Pengujian Tarik

Dari pengujian tarik yang telah dilakukan pada masing-masing spesimen, maka didapatkan beban maksimum yang penyebab benda uji putus. Beban maksimum ini digunakan untuk menghitung besarnya kekuatan tarik dengan rumus perhitungan tegangan (σ) dan regangan (ϵ) [6].

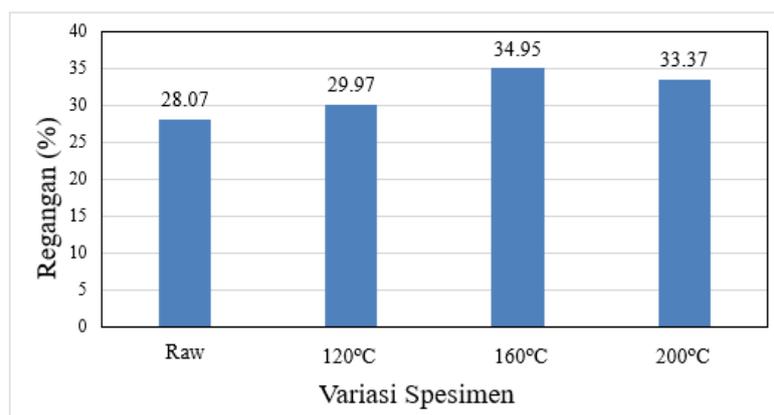
Tabel 3. Hasil uji tarik pada Aluminium

No.	Variasi Aging	Tebal (mm)	Lebar (mm)	Pmax (KN)	ΔL (mm)	Tegangan (MPa)	Rata-rata Tegangan	Regangan (%)	Rata-rata Regangan (%)
1	Raw_1	6.40	6.48	12.63	6.79	304.54	303.65	27.16	28.07
2	Raw_2	6.43	6.48	12.62	6.96	302.88		27.84	
3	Raw_3	6.42	6.42	12.51	7.30	303.52		29.20	
4	120°C_1	6.44	6.37	10.46	6.84	254.98	255.54	27.36	29.97
5	120°C_2	6.4	6.34	10.42	7.78	256.80		31.12	
6	120°C_3	6.45	6.26	10.29	7.86	254.85		31.44	
7	160°C_1	6.44	6.38	10.60	9.04	257.99	260.25	36.16	34.95
8	160°C_2	6.42	6.41	10.68	8.67	259.52		34.68	

9	160°C_3	6.43	6.31	10.68	8.50	263.23		34.00	
10	200°C_1	6.42	6.56	11.64	8.62	276.38	277.95	34.48	33.37
11	200°C_2	6.44	6.43	11.70	8.60	282.55		34.40	
12	200°C_3	6.42	6.47	11.42	7.81	274.93		31.24	



Gambar 7. Diagram Hasil Rata-Rata Tegangan Tarik



Gambar 8. Diagram Hasil Rata-Rata Regangan Tarik

Pada spesimen yang di *aging* suhu 120°C dengan waktu tahan 2 jam, spesimen ini memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 255,54 MPa. Spesimen ini memiliki kekuatan tarik yang paling rendah bila di dibandingkan dengan spesimen yang tanpa perlakuan (*raw material*). Pada spesimen ini dilihat dari penampang patahnya dan di tinjau dari tegangan regangannya, terjadi patah getas dan mempunyai regang yaitu sebesar 29,97%. Pada spesimen yang di *aging* suhu 160°C dengan waktu tahan 2 jam, spesimen ini memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 260,25 MPa. Kekuatan tariknya sedikit meningkat dibandingkan dengan spesimen yang di *aging* dengan suhu 120°C. Pada spesimen ini mengalami patah getas dan mempunyai regangan yang paling tinggi yaitu sebesar 34,95%.

Pada spesimen yang di *aging* suhu 200°C dengan waktu tahan 2 jam, spesimen ini memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 277,95 MPa. Kekuatan tariknya lebih meningkat dibandingkan dengan spesimen dengan suhu 160°C dan 120°C. Spesimen ini juga mengalami penurunan jika di dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan (*raw material*). Spesimen ini

mengalami penurunan regangan dibandingkan dengan suhu 160°C yaitu sebesar 33,37%. Setelah di *aging* angka kekutan tarik tertinggi terjadi pada suhu *aging* 200°C. Sedangkan angka regangan tarik tertinggi terjadi pada suhu *aging* 160°C.

KESIMPULAN

Kesimpulan

Hasil pengujian keausan dengan menggunakan metode *Ogoshi* dengan gaya tekanan 15 kg dengan jarak pengausan 6,36 mm, setiap spesimen dilakukan pengujian pada empat gesekan yang berbeda berdasarkan hasil pengujian keausan pada spesimen *raw material* di dapatkan nilai rata-rata sebesar 0.001420 mm³/kg.m. Nilai keausan terendah didapatkan pada spesimen *raw material* dan nilai keausan tertinggi di dapatkan pada spesimen dengan proses *aging* suhu 200°C yaitu sebesar 0.002092 mm³/kg.m. Pada spesimen dengan proses *aging* diketahui bahwa semakin tinggi suhu *aging*, nilai keausan semakin meningkat. Jika laju keausan semakin tinggi maka ketahanan aus semakin rendah. Kekuatan tarik Aluminium akan meningkat dengan bertambahnya waktu *aging* sampai waktu tertentu, dan akan turun Kembali bila waktu *aging* ditambah. Aluminium yang memiliki kekuatan tarik maksimum yaitu Aluminium yang di *aging* dengan waktu 2 jam dengan temperature 200°C yaitu sebesar 277,95 MPa dan nilai regangan sebesar 33,37%.

UCAPAN TERIMAKASIH

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Mana Esa karena atas berkat dan perlindungannya saya bisa menyelesaikan Skripsi. Terima kasih kepada kedua orang tua saya yang telah membiayai selama saya kuliah dan saya ucapkan trima kasih kepada Teman-teman keluarga besar teknik mesin angkatan 2018 dan semua angkatan. Terima kasih atas persahabatan yang indah dan semoga persaudaraankita kan tetap terjalin.

REFERENSI

- [1] Ahmad Z dan Nur Hamzah, 2019. "Pengaruh Solution Treatment Dan Artificial Aging Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Paduan Aluminium A383" *Jurnal Teknik Mesin*, 978-602-60766-7-0
- [2] Alian, H., dan Safikno, F. A.. 2018. Pengaruh Temperatur Dan Waktu Tahan Pada Proses Artificial Aging Aluminium Daur Ulang Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 79-84.
- [3] A. J. Zulfikar, dkk., 2019 "Investigation of Mechanical Behavior of Polymeric Foam Materials Reinforced by Oil Palm Empty Fruit Bunches (OPEFB) Fibers Due to Static and Dynamic Loads," *JMEMME (Journal of Mechanical Engineering, Manufactures, Materials and Energy)*, vol. 3, no. 1, pp. 10-19.
- [4] Alian, H., & Safikno, F. A. (2018). Pengaruh Temperatur Dan Waktu Tahan Pada Proses Artificial Aging Aluminium Daur Ulang Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(2), 79-84.
- [5] Fatkhurrohman, N., Susiana, A. and Bagus Prasetyo, A. 2022. Upaya Peningkatan Sifat Mekanik Daur Ulang Aluminium Velg Mobil Dengan Proses Aging. *Cendekia Mekanika*. 3, 1 (Mar. 2022), 21-32.
- [6] Farkhan, M.F., Sutrisna and Bagus Prasetyo, A. 2023. Analisis Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Pada Baja Tahan Karat Austenitik Terhadap Variasi Temperatur Temper. *Cendekia Mekanika*. 3, 1 (Sep. 2023), 41-50.

- [7] Aziz, M.A.A., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2022. Pengaruh Temperatur Temper Pada Paduan Fe-1,2al-4,8c Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik. *Cendekia Mekanika*. 3, 1 (Mar. 2022), 51-64.
- [8] Muhammad Arief Reynaldy, Ratna Kartikasari and Angger Bagus Prasetyo 2023. Pengaruh Temperatur Proses Austemper Besi Tuang Paduan Al (2,17%) Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan dan Keausan. *Cendekia Mekanika*. 4, 2 (Sep. 2023), 175-184.
- [9] Woko, S., Kartikasari, R. dan Prasetyo, A. B., (2023). Analisis Proses Deep Cryogenic Treatment – Temper Pada Paduan Fe-14,6cr-10mn Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketahanan Korosi. *Cendekia Mekanika*. 4, 2 (Sep. 2023), 159-165.
- [10] Sepryanto, J., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2023. Pengaruh Temperatur Anil Pada Paduan Fe-Al-Mn Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Dan Ketahanan Aus. *Cendekia Mekanika*. 4, 1 (Mar. 2023), 1-9.
- [11] Pue Wea, J., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2023. Pengaruh Waktu Proses Dct Pada Baja Mangan Dengan Penambahan 17,4 Cr Dan 18,4 Cr Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Keausan. *Cendekia Mekanika*. 4, 2 (Sep. 2023), 166-174.
- [12] Maruasas Nainggolan, D., Kartikasari, R. and Prasetyo, A.B. 2022. Pengaruh Waktu Proses Austemper Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan Dan Ketahanan Aus Paduan Fe-1, 8al-6,5c. *Cendekia Mekanika*. 3, 2 (Sep. 2022), 119-127.
- [13] Wahyu Nugroho, A., Kartikasari, R. and Bagus Prasetyo, A. 2022. Pengaruh Penambahan Unsur Cu Pada Ingot Bahan Wajan Produk Ikm Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Keausan, Dan Ketahanan Korosi . *Cendekia Mekanika*. 3, 2 (Sep. 2022), 149-157.
- [14] Nico Pratama, F., Sutrisna and Bagus Prasetyo, A. 2022. Pengaruh Waktu Temper Terhadap Mikro Struktur Dan Sifat Mekanis Pada Baja Karbon. *Cendekia Mekanika*. 3, 2 (Sep. 2022), 92-112.