

PENGARUH PENAMBAHAN MAGNESIUM PADA SIFAT MEKANIS ALLUMINIUM ALLOY 1100 MENGGUNAKAN VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU 120 MENIT AGING

Ridwan Rifki Riyadi¹, Bambang Junipitoyo², Linda Winiasri³

^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani 1 No 73 Surabaya 60236

Email: ridwanrifki23@gmail.com

Abstrak

Material dasar alluminium alloy sering dimanfaatkan pada industri penerbangan sebagai bahan struktur pesawat terbang karena mempunyai sifat ringan dan kekuatannya mudah dibentuk, untuk memperoleh sifat mekanis yang baik pada aluminium, perlu ditambahkan beberapa paduan. Dengan variasi aging dan temperatur dapat meningkatkan sifat mekanis dari aluminium alloy 1100. Pengujian dilakukan dengan cara melebur aluminium alloy 1100 kemudian dengan pencampuran kandungan kimia untuk kandungan magnesium setelah itu dilakukan variasi aging dan temperatur. Setelah dilakukan aging dan variasi temperatur dilakukan uji Tarik, uji kekerasan Vickers, dan uji Impact dari aluminium alloy 1100. Hasil akhir yang dicapai dari penelitian ini yaitu pada pengujian Tarik didapat hasil tertinggi pada campuran zat magnesium (Mg) 5% dengan suhu 350°C serta 120 menit aging dengan nilai 345,69 MPa. Penambahan zat magnesium juga meningkatkan sifat mekanis dari segi ketangguhan dan kekerasan material, terlebih dilakukannya proses aging pada material. Pada pengujian Vickers didapat nilai kekerasan rata-rata tertinggi pada campuran magnesium 5% suhu 350 °C dengan nilai 34,01 HVN. Lalu pada uji impact diperoleh nilai ketangguhan tertinggi pada campuran magnesium 4% dengan suhu 350°C dengan nilai 0,0131 J/mm².

Kata Kunci: Alluminium alloy, aging, sifat mekanis, magnesium

Abstract

The basic material of aluminum alloy is widely used in the aviation industry as a structural material for aircraft because it has light properties and its strength is easy to form, to get good mechanical properties on aluminum, it is necessary to add some alloys. Aging and temperature variations can improve the mechanical properties of aluminum alloy 1100. The test is carried out by melting aluminum alloy 1100 and then by mixing the chemical content for magnesium content after that aging and temperature variations are carried out. After aging and temperature variations, a tensile test, Vickers hardness test, and impact test of aluminum alloy 1100 were carried out. The final results achieved from this research were the tensile test, the highest results were obtained in a mixture of magnesium (Mg) 5% with a temperature of 350 °C and 120 minutes of aging with a value of 345.69 MPa. The addition of magnesium also improves the mechanical properties in terms of toughness and hardness of the material, especially the aging process of the material. In the Vickers test, the highest average hardness value was found in a 5% magnesium mixture at 350 °C with a value of 34.01 HVN. Then in the impact test, the highest toughness value was obtained in a 4% magnesium mixture with a temperature of 350 °C with a value of 0.0131 J/mm².

Keywords: Aluminum alloy, aging, mechanical properties, magnesium

PENDAHULUAN

Dengan perkembangan desain dan teknologi pesawat terbang yang semakin beragam dan canggih, maka kebutuhan akan material yang dibutuhkan untuk produksi pesawat terbang juga semakin meningkat. Dibutuhkan pengembangan intensif di berbagai bidang, mulai dari tahap awal konstruksi pesawat dari kayu hingga aluminium hingga penggunaan titanium dan material berdaya hasil tinggi. Sangat penting untuk menggunakan bahan ringan dalam konstruksi pesawat, seperti aluminium.

Pada pesawat angkut subsonik modern, muatannya hanya 20% dari total berat, 80% kosong dan setengah bahan bakar. Dengan kata lain, peningkatan beban dapat meningkatkan konsumsi bahan bakar, yang mengakibatkan biaya operasi lebih tinggi.

Dalam bentuknya yang murni, aluminium sangat lunak dan terutama kekerasannya dapat digunakan sebagai syarat dalam dunia teknik. Aluminium memiliki kekuatan tarik, kekerasan, keuletan, daur ulang dan reflektifitas. Namun, untuk mencapai sifat mekanik yang baik dari aluminium, perlu untuk menambahkan beberapa paduan, komponen umum paduan aluminium ditambahkan, dan paduan diperkuat dalam bentuk unsur dengan sifat utama komposisi. hasil yang diinginkan. dari paduan aluminium.

Aluminium murni memiliki castability yang baik dan sifat mekanik yang buruk. Untuk alasan ini, paduan aluminium digunakan sebagai bahan pengecoran karena sifat mekaniknya ditingkatkan dengan menambahkan elemen lain seperti tembaga, silikon, mangan, magnesium dan beberapa di antaranya. Selain itu, aluminium adalah unsur paling melimpah ketiga di alam dengan sekitar 8%, dan menempati urutan ketiga

dalam produksi setelah besi dan baja. Hal ini dikarenakan aluminium telah meningkatkan sifat fisik dan mekanik, ketersediaan bahan baku yang tinggi, dan teknik pembuatan yang tinggi (Aviational Maintenance Technician Handbook-General 2018).

METODE

Metode penelitian adalah tahap pengumpulan data dan analisis data yang dilakukan oleh peneliti. Ini memberikan gambaran tentang desain penelitian, termasuk metode penelitian, prosedur dan langkah-langkah, durasi penelitian, sumber data dan langkah-langkah pengumpulan data, yang kemudian diolah dan dianalisis.

Desain penelitian adalah proses pengambilan keputusan di antara topik yang dibahas, seperti bagaimana mengumpulkan, menganalisis lebih lanjut dan menafsirkan data, dan akhirnya, bagaimana memecahkan masalah.

Peralatan pengujian yang digunakan untuk penelitian ini adalah:

a. Tungku Pemanas

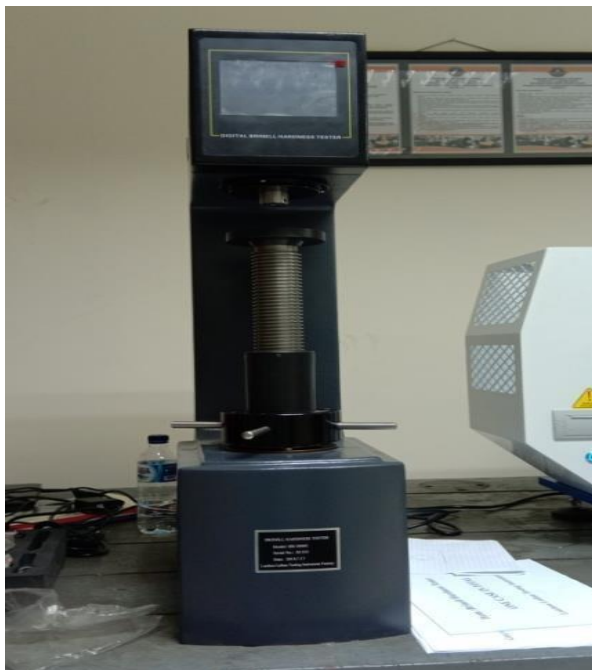
Struktur aluminium diubah dengan memanaskan bahan uji pada suhu tertentu untuk jangka waktu tertentu dalam tungku pemanas dan kemudian mendinginkannya dalam bahan pendingin seperti udara, air garam, minyak, dan solar, masing-masing dengan densitas pendinginan yang berbeda. Dalam proses ini, bertujuan untuk mencampur aluminium cair dengan magnesium sebelum pengujian selesai. Alat yang digunakan dalam perlakuan panas adalah tungku pemanas yang terletak di Politeknik Penerbangan Surabaya.



b. Penguji Kekerasan Vickers

Untuk mengetahui konsep-konsep sifat mekanik diatas dilakukan uji-uji mekanik yang terdiri dari uji kekerasan (Hardness Test) yang berupa uji kekerasan micro vickers dimana dalam pengujian kekerasan mikro itu digunakan indentor Vickers dan dilaksanakan berdasarkan standar ASTM E92. Hasil dari pengukuran bekas indentasi dapat diketahui.

Indentor Knoop adalah berupa pyramid juga dengan dasar bukan bujursangkar, sehingga identitasnya memberikan dua diagonal yang berbeda, panjang dan pendek, dengan perbandingan diagonal panjang :

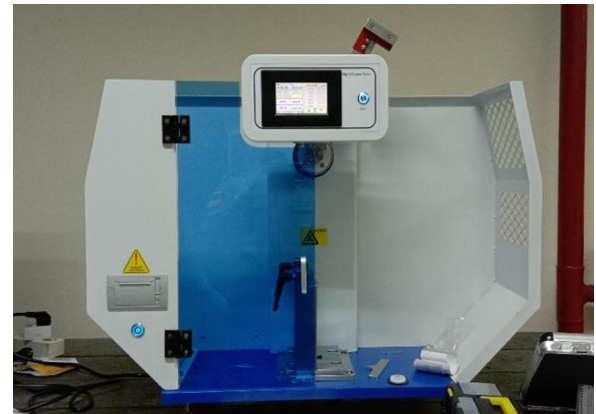


diagonal pendek adalah 7 : 1.

c. Pengujian Impact

Pengujian impact digunakan untuk memeriksa kecenderungan bahan menjadi

rapuh. Sampel impact tester digunakan untuk menentukan efek material karena gaya yang diberikan pada material uji. Jenis dan konfigurasi penguji dampak berkisar dari tradisional hingga sistem digital yang lebih canggih yang digunakan. Mesin yang digunakan dalam uji tabrak tersebut dipamerkan di Laboratorium Penerbangan Politeknik Surabaya.



d. Uji Tarik

Tes ini bukanlah tes yang rumit, murah dan terstandarisasi di seluruh dunia. AS menggunakan standar ASTM E8 di Jepang dengan JIS 2241. Dengan melakukan pengujian material, kita akan dengan cepat mempelajari bagaimana material bereaksi terhadap energi bahan bakar dan seberapa baik pertumbuhannya. Uji tarik harus memiliki daya rekat yang kuat dan kekakuan yang tinggi. Deformasi material akibat beban geser, beban geser merupakan dasar untuk pengujian dan pengecekan kekuatan material, karena pengujian ini sangat praktis untuk dilakukan dan menghasilkan tegangan yang seragam pada penampang horizontal. Foto alat uji di Politeknik Penerbangan Surabaya.



Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah paduan Aluminium Alloy 1100 dengan penguat magnesium dengan waktu aging 120 menit pada variasi temperatur 250°C, 300°C, dan 350°C.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian Kekerasan Vickers

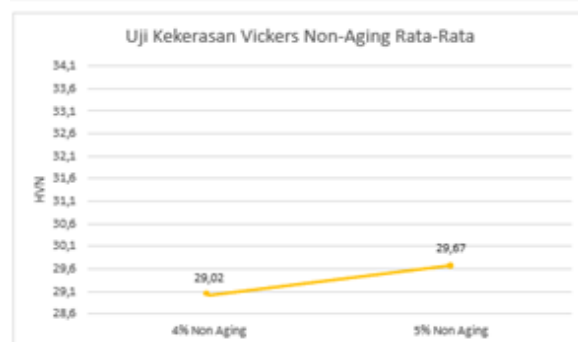
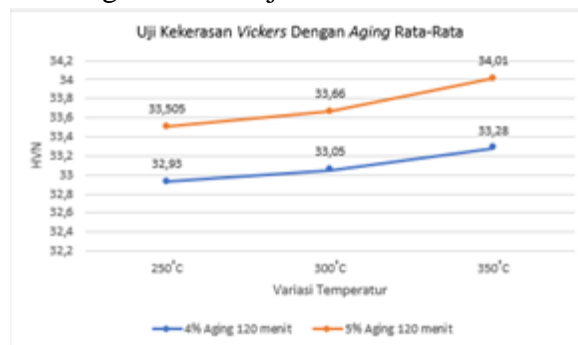
Pengujian kekerasan Vickers pada spesimen aluminium alloy yang dilebur dengan campuran zat magnesium sebanyak 4% dan 5% ini bertujuan untuk mengetahui perubahan sifat mekanis berupa kekerasan. Pada pengujian ini diterapkan heat treatment terlebih dahulu pada spesimen dengan temperatur 250°C, 300°C, dan 350°C selama 120 menit. Hasil perhitungan diperoleh pada tabel dibawah ini.

Magnesium	Temperatur (°C)	HVN 1	HVN 2	Rata - Rata
4% Aging 120 menit	350	33,36	33,20	33,28
	300	33,16	32,94	33,05
	250	32,92	32,95	32,93
4% Non-Aging	-	28,88	29,16	29,02
5% Aging 120 menit	350	33,91	34,11	34,01
	300	33,72	33,60	33,66
	250	33,61	33,40	33,505
5% Non-Aging	-	29,79	29,55	29,67

Dari sampel data hasil pengujian kekerasan vickers dengan peleburan aluminium alloy 1100 serta tambahan zat magnesium sebesar 4% dan 5% untuk mengetahui masing-masing nilai kekerasan yang didapat dari spesimen yang berbeda dengan perlakuan heat treatment pada temperatur 250°C, 300°C, dan 350°C selama 120 menit serta variasi campuran magnesium 4% dan 5% saja, tanpa dilakukan aging.

Pada hasil pengujian kekerasan vickers dapat diketahui spesimen aluminium alloy 1100 dengan campuran magnesium 5% pada suhu 350°C selama 120 menit mendapatkan nilai kekerasan paling tinggi

dengan nilai 34,01 HVN seperti pada gambar 4.1. Dan didapatkan nilai kekerasan yang meningkat secara perlahan pada spesimen sejalan dengan besaran presentase campuran magnesium, besaran suhu, dan lama waktu aging nya. Spesimen yang dilakukan campuran magnesium 4% dan 5% saja, tanpa variasi aging memperoleh hasil yang lebih rendah daripada spesimen dengan variasi aging yakni 29,02 HVN dan 29,67 HVN, seperti pada gambar 4.2. Oleh sebab itu dapat disimpulkan peleburan aluminium alloy 1100 dengan tambahan zat magnesium akan meningkatkan nilai kekerasan dari sebuah material, terlebih dengan dilakukannya proses heat treatment atau aging. Berikut adalah grafik hasil uji kekerasan vickers:



berdasarkan analisis, ditinjau dari campuran aluminium alloy 1100 dengan magnesium 4% dan 5%, dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 250°C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 32,93 HVN.
2. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium

- 4%, suhu 300°C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 33,05 HVN.
3. Hasil alumunium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 350°C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 33,28 HVN.
 4. Hasil alumunium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 250°C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 33,505 HVN.
 5. Hasil alumunium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 300°C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 33,66 HVN.
 6. Hasil alumunium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 350°C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 34,01 HVN.
 7. Hasil alumunium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4% tanpa aging menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 29,02 HVN.
 8. Hasil alumunium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5% tanpa aging menunjukkan rata-rata nilai kekerasan 29,67 HVN.

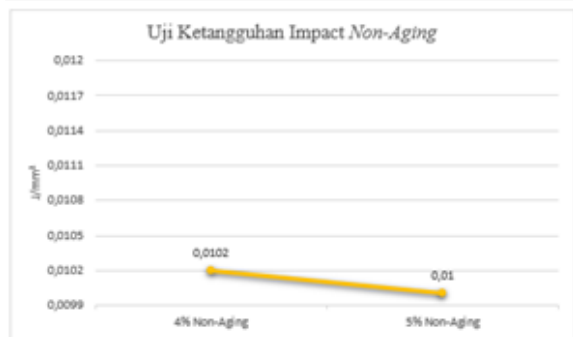
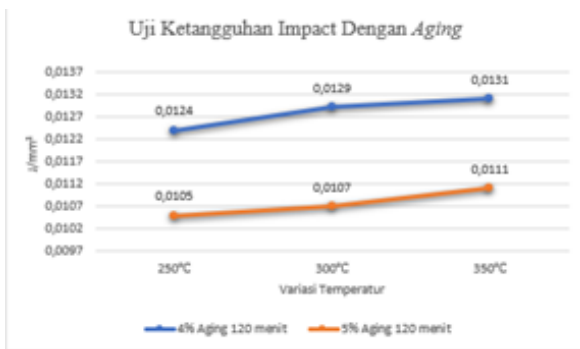
Pengujian Impact

Pengujian impact digunakan untuk mendapatkan sifat mekanis berupa ketangguhan suatu material. Hasil pengujian impact campuran alumunium alloy dengan zat magnesium sebesar 4% dan 5% selama 120 menit aging dan non-aging. Hasil perhitungan didapat dari tabel dibawah ini:

Magnesium	Temperatur (°C)	l (mm)	h (mm)	A (mm)	Energi (J)	H (J/mm ²)
4% Aging 120 menit	350	9,92	7,85	77,872	1,02	0,0131
	300	9,91	7,83	77,595	0,99	0,0129
	250	9,89	7,83	77,439	0,96	0,0124
4% Non-Aging	-	9,80	7,81	76,538	0,78	0,0102
5% Aging 120 menit	350	9,88	7,84	77,459	0,86	0,0111
	300	9,86	7,80	76,908	0,82	0,0107
	250	9,83	7,82	76,871	0,81	0,0105
5% Non-Aging	-	9,78	7,77	75,991	0,76	0,0100

Dari sampel data pengujian ketangguhan impact dengan peleburan alumunium alloy 1100 serta tambahan zat magnesium sebesar 4% dan 5% untuk mengetahui masing-masing nilai ketangguhan yang didapat dari spesimen yang berbeda dengan perlakuan heat treatment pada temperatur 250°C, 300°C, dan 350°C selama 120 menit serta variasi campuran magnesium 4% dan 5% saja, tanpa dilakukan aging pada spesimen.

Pada hasil pengujian ketangguhan impact dapat diketahui spesimen alumunium alloy 1100 dengan campuran magnesium 4% pada suhu 350 °C selama 120 menit mendapatkan nilai ketangguhan paling tinggi dengan nilai 0,0131 J/mm² seperti pada gambar 4.3. Dan didapatkan nilai ketangguhan yang menurun secara perlahan pada spesimen tiap bertambahnya besaran presentase campuran magnesium, namun tetap meningkat seiring meningkatnya suhu aging pada spesimen. Spesimen yang dilakukan campuran magnesium 4% dan 5% saja, tanpa variasi aging memperoleh hasil yang lebih rendah daripada spesimen dengan variasi aging yakni 0,0102 J/mm² dan 0,0100 J/mm², seperti pada gambar 4.4. Oleh sebab itu dapat disimpulkan peleburan alumunium alloy 1100 dengan tambahan zat magnesium akan menurunkan nilai ketangguhan dari sebuah material, tetapi dengan dilakukannya proses heat treatment atau aging akan menambah ketangguhan dari benda tersebut. Berikut adalah grafik hasil uji ketangguhan impact:



berdasarkan analisis, ditinjau dari campuran aluminium alloy 1100 dengan magnesium 4% dan 5%, dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 250 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai ketangguhan 0,0124 J/mm².
2. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 300 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai ketangguhan 0,0129 J/mm².
3. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 350 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai ketangguhan 0,0131 J/mm².
4. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 250 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai ketangguhan 0,0105 J/mm².
5. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 300 °C, dan waktu aging

120 menit menunjukkan nilai ketangguhan 0,0107 J/mm².

6. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 350 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai ketangguhan 0,0111 J/mm².
7. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4% tanpa aging menunjukkan nilai ketangguhan 0,0102 J/mm².
8. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5% tanpa aging menunjukkan nilai ketangguhan 0,0100 J/mm².

Pengujian Tarik

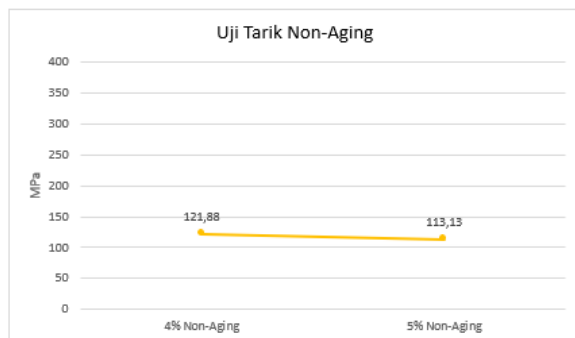
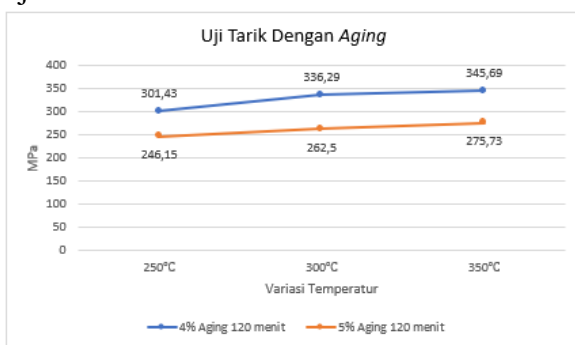
Pengujian tarik digunakan untuk mendapatkan sifat mekanis berupa kekuatan dan elastisitas suatu material. Hal yang dapat diperhatikan dari uji ini adalah seberapa kuat suatu material menahan deformasi. Hasil pengujian Tarik campuran aluminium alloy dengan zat magnesium sebesar 4% dan 5% selama 120 menit aging dan non-aging. Hasil uji ditampilkan pada tabel dibawah ini:

Magnesium	Temperature (°C)	P (kg)	A ₀ (mm ²)	σ (kg/mm ²)	L (mm)	L ₀ (mm)	ΔL (mm)	ε (%)	E (MPa)
4% Aging 120 menit	350	962,4	240	4,01	25,29	25	0,29	0,0116	345,69
	300	1001,2	240	4,17	25,31	25	0,31	0,0124	336,29
	250	1012	240	4,22	25,35	25	0,35	0,0140	301,43
4% Non-aging	-	468,22	240	1,95	25,40	25	0,40	0,0160	121,88
5% Aging 120 menit	350	899,21	240	3,75	25,43	25	0,34	0,0136	275,73
	300	908,1	240	3,78	25,36	25	0,36	0,0144	262,5
	250	921	240	3,84	25,39	25	0,39	0,0156	246,15
5% Non-aging	-	434,28	240	1,81	25,49	25	0,40	0,0160	113,13

Dari sampel data pengujian kekuatan tarik dengan peleburan aluminium alloy 1100 serta tambahan zat magnesium sebesar 4% dan 5% untuk mengetahui masing-masing nilai kekuatan tarik yang didapat dari spesimen yang berbeda dengan perlakuan heat treatment pada temperatur 250 °C, 300 °C, dan 350 °C selama 120 menit serta variasi

campuran magnesium 4% dan 5% saja, tanpa dilakukan aging pada spesimen.

Pada hasil pengujian kekuatan tarik dapat diketahui spesimen aluminium alloy 1100 dengan campuran magnesium 4% pada suhu 350°C selama 120 menit mendapatkan nilai kekuatan Tarik paling tinggi dengan nilai 345,69 MPa, seperti pada gambar 4.5. Dan didapatkan nilai kekuatan tarik yang menurun secara perlahan pada spesimen tiap bertambahnya besaran presentase campuran magnesium. Spesimen yang dilakukan campuran magnesium 4% dan 5% saja, tanpa variasi aging memperoleh hasil yang lebih rendah daripada spesimen dengan variasi aging yakni 121,88 MPa dan 113,13 MPa, seperti pada gambar 4.6. Oleh sebab itu dapat disimpulkan peleburan aluminium alloy 1100 dengan tambahan zat magnesium akan menurunkan nilai kekuatan Tarik dan spesimen dengan non-aging menurun sesuai dengan besaran presentase campuran zat magnesium (Mg). Berikut adalah grafik hasil uji tarik:



berdasarkan analisis, ditinjau dari campuran aluminium alloy 1100 dengan

magnesium 4% dan 5%, dapat diurutkan sebagai berikut:

1. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 250 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai kekuatan Tarik 301,43 MPa.
2. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 300 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai kekuatan Tarik 336,29 MPa.
3. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4%, suhu 350 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai kekuatan Tarik 345,69 MPa.
4. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 250 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai kekuatan Tarik 246,15 MPa.
5. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 300 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai kekuatan Tarik 262,5 MPa.
6. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5%, suhu 350 °C, dan waktu aging 120 menit menunjukkan nilai kekuatan Tarik 275,73 MPa.
7. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 4% tanpa aging menunjukkan nilai kekuatan Tarik 121,88 MPa.
8. Hasil aluminium alloy 1100 yang menggunakan campuran magnesium 5% tanpa aging menunjukkan nilai kekuatan Tarik 113,13 MPa.

Ucapan Terima Kasih

Jika perlu berterima kasih kepada pihak tertentu, misalnya sponsor penelitian, nyatakan dengan jelas dan singkat, hindari pernyataan terima kasih yang berbun- bunga.

PENUTUP

Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat saya peroleh dari pengujian penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Dari hasil yang diperoleh setelah dilakukannya proses heat treatment pada temperatur 350°C, 300°C, dan 250°C dengan waktu 120 menit aging ditemukan adanya perubahan sifat mekanik dari material setelah percampuran aluminium alloy 1100 dengan zat magnesium (Mg) sebesar 4% dan 5%.
2. Dari hasil pengujian tersebut diperoleh hasil terbaik dari campuran aluminium alloy 1100 dengan magnesium terdapat pada presentase 4% dengan suhu 350°C serta waktu 120 menit aging pada uji impact dengan nilai 0,0131 J/mm² dan uji Tarik dengan nilai 345,69 MPa. Sedangkan spesimen tanpa aging memiliki nilai yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen yang menggunakan aging.
3. Pada hasil uji kekerasan vickers, material dengan campuran zat magnesium sebesar 5% dengan suhu 350°C serta waktu 120 menit aging mendapatkan nilai tertinggi 34,01 HVN.

Saran

Dari penelitian yang telah saya lakukan, ada beberapa saran agar penelitian berikutnya yang sejenis bisa mendapatkan data yang lebih baik antara lain:

1. Ketika proses peleburan dilakukan perlu diperhatikan beberapa faktor seperti cara pengadukan, waktu pengadukan, dan proses penuangan ke dalam cetakan, agar pencampuran aluminium alloy 1100 dengan zat magnesium (Mg) tercampur merata dengan baik dan sempurna.
2. Untuk pengambilan data serta proses pengujian diharapkan menggunakan alat dan ukuran spesimen yang sudah sesuai dengan standar yang berlaku.
3. Diharapkan untuk pengujian berikutnya bisa menambahkan variable dan menggunakan jenis zat penguat yang lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Politeknik Penerbangan Surabaya. (2018). Pedoman Penelitian. Surabaya, Jawa Timur.
- [2] American Society for Testing and Materials. (1997). Standard Test Method for Vickers Hardness of Metallic Materials. ASTM. E92-82.
- [3] American Society for Testing and Materials. (2003). Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Material. ASTM. E8.
- [4] American Society for Testing and Materials. (1982). Standard Test Methods for Notched Bar Impact Testing of Metallic Materials. ASTM. E23.
- [5] FAA, (2018). Aviation Maintenance Technician Handbook-General (FAA-H8083-30A) Chapter 7: Alluminium Alloy, (Hal.7-6). Oklahoma City, United State American.
- [6] Mandala, M., Siradj, E., & Djamil, S. (2016). Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Aluminium (Al-Si) Pada Proses Pengecoran Menggunakan

- Cetakan Logam, Cetakan Pasir Dan Cetakan Castable. Poros, 14(2), 88-98.
- [7] Cholis, S. N. (2013). Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro Pada Pengecoran Alumunium.
- [8] Shomad, M. A., & Jordianshah, A. A. (2020). Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium pada Paduan Alumunium dari Bahan Piston Bekas, Teknoin, 26(1), 75-82.
- [9] Yuono, M. N. (2018). Pengaruh Aging 140, 160, 180, Dan 200 Derajat Celcius Selama 3 Jam Terhadap Sifat Mekanis Alumunium Paduan Tembaga 3,5%.
- [10] Kurniawan, V. A. B. (2020). Analisis Pengaruh AGING Pada Suhu 120, 140, Dan 160 Derajat Selama 4 Jam Terhadap Sifat Mekanis Alumunium Paduan Silisium 12,2%.
- [11] Setiyawan, A. (2020). Pengaruh Komposisi Magnesium (Mg), Mangan (Mn) Dan Silikon (Si) Pada Metode Stir Casting Terhadap Nilai Kekerasan Dan Struktur Mikro Alumunium. (Doctoral dissertation, Universitas Negeri Semarang). Islam, A. N., & Al-Janan, D. H. (2019). Pengaruh Variasi Temperatur Dan Waktu Tahan Age Hardening Terhadap Kekerasan Dan Porositas Pada Hasil Pengecoran Alumunium. Jurnal Kompetensi Teknik, 11(1), 36-40.
- [12] Dhany Sahdeini Hari, D. (2020). Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Sifat Mekanis Pada Pengecoran Alumunium A1100 Aplikasi Handle Rem Sepeda Motor. (Doctoral dissertation, Univeritas Pancasakti Tegal).
- [13] Davis, H. E., The testing and inspection of engineering materials, McGraw-Hill Book Co.
- [14] George E. D., University of Maryland. (1987). Metalurgi Mekanik. 3(2). 91-117. Jakarta.