

PENGARUH ELEMEN MAGNESIUM TERHADAP SIFAT MEKANIK ALUMINIUM 1100 DENGAN PERUBAHAN SUHU DAN WAKTU AGING

Roy Pratama Suwanto¹, Bambang Junipitoyo², Linda Winiasri³
^{1,2,3}Politeknik Penerbangan Surabaya, Jl. Jemur Andayani 1 No 73 Surabaya 60236
Email: r.pratamasuwantorps.rps@gmail.com

Abstrak

Paduan aluminium banyak digunakan sebagai bahan utama struktur pesawat karena ringan dan mudah dibentuk, tetapi paduan aluminium 1100 juga mudah rapuh. Oleh karena itu, perlu dilakukan penambahan beberapa paduan untuk mendapatkan sifat mekanik aluminium yang baik. Paduan aluminium yang tepat diharapkan dapat meningkatkan sifat mekanik aluminium alloy 1100.

Percobaan dilakukan dengan cara melebur paduan aluminium 1100 dan menambahkan campuran bahan kimia berupa unsur magnesium dan waktu penuaan atau *aging* serta perubahan suhu. Penambahan unsur magnesium dapat mengoptimalkan sifat mekanik paduan aluminium 1100. Sifat mekanik aluminium kemudian dianalisis salah satunya dengan menguji kekerasan *vickers*, kekuatan impact dan kekuatan tarik material.

Hasil akhir dari penelitian ini adalah uji *vickers* dengan rata-rata kekerasan tertinggi sebesar 32.467 HVN pada paduan magnesium 5% dengan temperatur 200°C dan waktu *aging* 120 menit. Pada pengujian impact yang bersangkutan diperoleh durabilitas tertinggi yaitu 0,0180 HI dalam 0% magnesium atau paduan aluminium murni. Hasil tertinggi diperoleh pada uji tarik sebesar 35,55 Mpa pada paduan magnesium 3% dalam temperatur 200°C dengan waktu *aging* 60 menit.

Kata Kunci: aluminium, magnesium, *aging*, *hardness*, *impact*

Abstract

Aluminum alloy is widely used as the main material for aircraft structures because it is light and easy to shape, but aluminum 1100 alloy is also easily brittle. Therefore, it is necessary to add several alloys to obtain good aluminum mechanical properties. The right aluminum alloy is expected to improve the mechanical properties of aluminum alloy 1100.

The experiment was carried out by melting aluminum alloy 1100 and adding a mixture of chemicals in the form of magnesium elements and aging or aging time and temperature changes. The addition of magnesium element can optimize the mechanical properties of aluminum alloy 1100. The mechanical properties of aluminum are then analyzed by testing the Vickers hardness, impact strength and tensile strength of the material.

The final result of this research is the Vickers test with the highest average hardness of 32,467 HVN on 5% magnesium alloy with a temperature of 200 °C and an aging time of 120 minutes. In the impact test, the highest durability was obtained, namely 0.0180 HI in 0% magnesium or pure aluminum alloy. The highest yield was obtained in a tensile test of 35.55 Mpa on a 3% magnesium alloy at a temperature of 200 °C with an aging time of 60 minutes.

Keywords: aluminium, magnesium, *aging*, *hardness*, *impact*

PENDAHULUAN

Material merupakan zat atau benda yang dapat dijadikan sesuatu yang mungkin dibutuhkan. Material juga merupakan komponen penting dan sangat dibutuhkan dalam dunia penerbangan baik untuk keperluan pembuatan tools, struktur pesawat, ataupun alat pendukung lainnya.

Material dapat dikelompokkan menjadi 6 jenis diantaranya: logam (seperti baja, titanium, dan lain-lain), polimer (seperti polikarbonat, polietilen dan lain-lain), gelas (seperti borosilikat, silika), karet (seperti neoprene, karet alam, dan lain-lain), keramik (seperti nitride silicon, dll) dan hibrida (seperti komposit, foam, dll).

Aluminium adalah logam yang ringan dan tahan korosi. Namun, wujud fisiknya mudah rapuh sehingga diperlukan campuran menggunakan bahan-bahan lainnya. Perpaduan Aluminium dengan bahan-bahan lainnya yang membentuk suatu material baru disebut Aluminium Alloy. Terdapat berbagai jenis Aluminium Alloy salah satunya adalah Aluminium Alloy 1100.

Aluminium Alloy 1100 merupakan jenis paduan yang paling sedikit mengandung campuran karena Aluminium tersebut mengandung 99% Aluminium atau biasa disebut dengan Aluminium murni. Hal ini mengakibatkan Aluminium Alloy 1100 bersifat mudah rapuh.

Penelitian terhadap sifat mekanik suatu material tertentu merupakan bentuk perkembangan dalam dunia penerbangan. Terdapat banyak cara untuk menganalisa sifat mekanik material dan salah satunya dengan melakukan pengujian terhadap kekuatan tarik, kekerasan dan ketahanan pada material tersebut.

Maka dari itu tujuan dilakukan penelitian kali ini agar peneliti diharapkan dapat memberikan gambaran untuk meningkatkan

sifat mekanis dari aluminium alloy 1100 yang akan dicampur oleh paduan tertentu atau yang dimaksud kali ini adalah magnesium dan dengan diberikannya perlakuan variasi temperatur dan waktu *aging*.

Selain memberikan gambaran dalam pengaruh unsur magnesium terhadap sifat mekanis aluminium alloy 1100, peneliti juga berharap penelitian kali ini dapat mengetahui pengaruh unsur magnesium, variasi temperatur, dan waktu *aging* terbaik terhadap sifat mekanis aluminium alloy 1100.

Material yang digunakan pada penelitian kali ini adalah aluminium alloy 1100. Untuk mengetahui sifat mekanis dari aluminium tersebut baik sebelum dan sesudah diberi perlakuan yang dimaksud maka akan dilaksanakannya pengujian kekerasan, impak, dan tarik. Variasi temperatur yang digunakan mulai dari 100, 150, dan 200°C serta variasi waktu agingnya mulai dari 60, 90, dan 120 menit.

Penelitian kali ini juga diharapkan dapat dijadikan sebagai bahan pengembangan lebih lanjut ataupun sebagai referensi untuk penelitian kedepannya yang serupa atau lebih lebih baik.

METODE

Peralatan yang Digunakan

(1) Tungku Pemanas

Pada proses ini bertujuan untuk mencampurkan aluminium yang mencair dengan magnesium, sebelum ke proses pembuatan benda uji. Alat yang dipakai dalam proses *heat treatment* yaitu tungku pemanas.



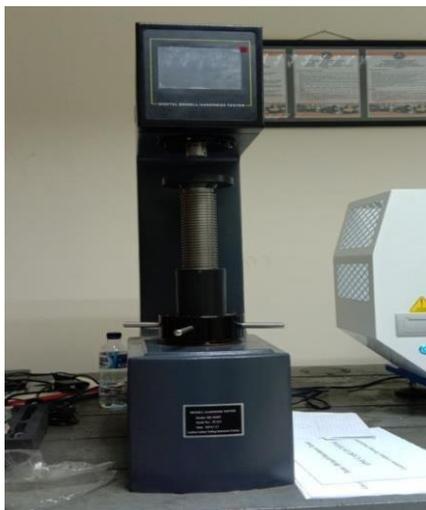
Gambar 1 Tungku Pemanas.

(2) Pengujian Kekerasan *Vickers*

Uji kekerasan *Vicker* dilakukan untuk mengetahui kekerasan benda di beberapa bagian untuk mengetahui distribusi kekerasan asal benda yang diuji tersebut. Tujuan pengujian ini ialah mengetahui nilai kekerasan material pada bagian tertentu. Mesin uji kekerasan *Vicker* menggunakan alat yang bernama *Vicker Hardness Tester* model HB - 3000°C.

Spesifikasi mesin *Vicker Hardness Tester* model HB - 3000°C:

- Power supply*: AC220V/50Hz.
- Keeping time*: 5 – 99 Second.
- Indentor intan dengan bentuk piramida.
- Beban yang digunakan 62,5 Kg, 100 Kg, 125 Kg, 187,5 Kg, 250 Kg, 500 Kg, 750 Kg, 1000 Kg, 1500 Kg dan 3000 Kg.
- Tinggi maksimum bahan uji 280mm.
- Dimensi alat uji: panjang 520mm, lebar 225mm, tinggi 925mm, dengan berat 148Kg.

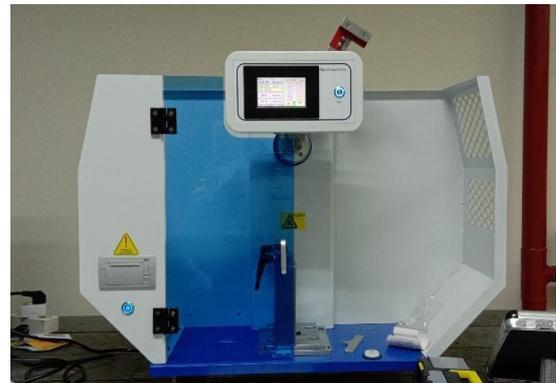


Gambar 2 Mesin Uji Kekerasan.

(3) Pengujian *Impact*

Dalam pengujian *impact* digunakan dalam menguji kecenderungan suatu material bersifat getis/lunak. Mesin uji *impact* digunakan untuk menentukan dampak suatu material yang disebabkan oleh beban kejut

pada objek yang diuji. Jenis dan konstruksi mesin uji *impact* bervariasi mulai dari jenis konvensional hingga penggunaan sistem digital yang lebih canggih.



Gambar 3 Mesin Uji *Impact*.

(4) Pengujian Tarik

Eksperimen uji tarik membutuhkan *grip* yang kuat dan kekakuan yang tinggi. Deformasi material yang disebabkan oleh beban tarik, beban tarik merupakan dasar untuk pengujian dan mempelajari kekuatan material, karena pengujian ini sangat praktis dilaksanakan dan menghasilkan tegangan yang sama di penampang.



Gambar 4 Mesin Uji Tarik.

Bahan yang Digunakan

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah aluminium *alloy* 1100 yang telah diberi zat penguat magnesium dengan waktu *aging* 60, 90 dan 120 menit dengan temperatur 100, 150 dan 200°C.

Pembuatan Spesimen

Bahan uji yang ditentukan untuk penelitian ini adalah aluminium *alloy* 1100 dengan campuran zat penguat magnesium. Bahan uji ini telah melewati proses pencampuran aluminium dengan zat magnesium dalam proses pemanasan. Selanjutnya spesimen dibentuk lempengan atau sheet kemudian dibuat beberapa spesimen yang digunakan dalam pengujian kekerasan *vicker*, pengujian *impact*, dan uji tarik.

Pengujian Spesimen

(1) Pengujian Kekerasan *Vickers*

Pengujian *Vicker* dilakukan dengan menekan sebuah bola yang telah dikuatkan dengan diameter terpilih. Diberikan tekanan dengan gaya tertentu secara tidak aktif pada bagian atas spesimen tanpa kejutan. Permukaan spesimen yang diuji harus homogen dan higienis. Setelah gaya tekan dihentikan dan bola baja dijauhkan dari spesimen, maka diameter bekas lekukan tadi diukur.

Bola *Vicker* atau indentor intan dengan bentuk piramida dengan alas persegi empat serta bersudut 136° dari permukaan yang berlawanan. Hasil tekanan dari indentor akan memiliki bekas seperti lekukan pada permukaan spesimen.

(2) Pengujian *Impact*

- a. Benda uji diletakkan dengan posisi mendatar pada penjepit;
- b. Selanjutnya palu pemukul disesuaikan dengan ketinggian tertentu;
- c. Mengatur alat ukur energi sebesar yang ditentukan;
- d. Palu dijatuhkan pada ketinggian tertentu kemudian mengenai benda uji pada bagian luar spesimen yang sejajar pada takikan;
- e. Energi yang diterima benda uji diukur sebelum dan sesudah pemukulan

berdasarkan perbedaan energi potensial palu (dapat ditinjau dari skala mesin uji).

(3) Pengujian Tarik

Mesin uji tarik untuk memiliki beberapa komponen, seperti: bagian yang dapat digerakkan untuk menarik spesimen (*Crosshead*), sepasang ulir silinder untuk menggerakkan komponen *crosshead*. Kemudian di bagian bawah dibuat *static*. Pada *crosshead* ada *sensor loadcell* untuk menentukan besar kecilnya gaya tarik, sedangkan untuk menentukan perubahan panjang dapat menggunakan *extensometer* atau *strain gages*.

Dengan menarik suatu material dapat mengetahui respon kekuatan material terhadap gaya tarik dan mengetahui pertambahan panjang bahan. Dalam uji tarik, material yang akan dilakukan pengujian harus mendapatkan beberapa perlakuan seperti perubahan panjang asal benda uji diukur dengan *strain gage* yang ditempelkan pada benda uji seperti diilustrasikan bila *strain gage* mengalami perubahan panjang dan penampang, terjadi perubahan nilai resistansi yang diukur oleh detektor dan kemudian diubah menjadi perubahan regangan.

Tabel Hasil Pengujian

Tabel hasil penelitian berfungsi untuk memudahkan peneliti dalam menginput hasil secara keseluruhan dalam suatu tabel yang berisi beberapa variabel sehingga data yang diinput dapat dianalisis lebih jelas dan terarah. Berikut tabel hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

(1) Uji Kekerasan *Vickers*

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui sifat mekanis berupa kekerasan pada

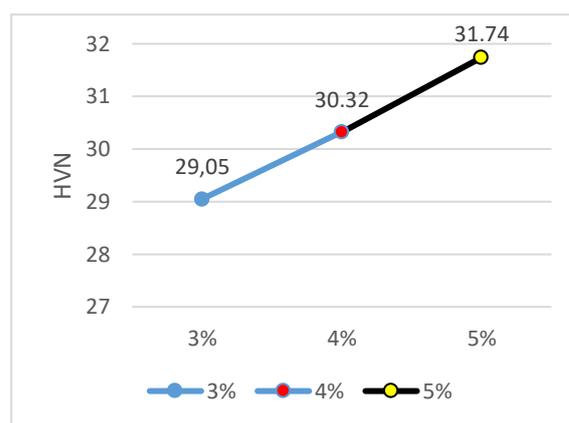
spesimen dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan sesuai dengan standar yang ada. Spesimen yang digunakan pada pengujian ini memiliki variasi 0%, 3%, 4% dan 5% magnesium. Dalam pengujian ini dilakukan *heat treatment* terlebih dahulu pada spesimen yang memiliki variasi 3%, 4% dan 5% magnesium dengan temperatur 100°C, 150°C dan 200°C kemudian masing-masing memiliki waktu *aging* selama 60, 90, dan 120 menit. Pengujian kekerasan ini memanfaatkan indentor intan berbentuk piramid. Nilai kekerasan *Vickers* untuk spesimen tanpa campuran magnesium adalah 25.073 HVN.

100°C	120	31.74
150°C	60	31.937
150°C	90	32.197
150°C	120	32.287
200°C	60	32.41
200°C	90	32.447
200°C	120	32.467

Jadi dapat disimpulkan pada pengecoran aluminium dengan tambahan magnesium dapat menambah nilai kekerasan semakin besar. Proses *heat treatment* dan *aging* juga meningkatkan nilai kekerasan material. Hal ini dapat dilihat dari grafik dibawah ini.

Tabel 1 Hasil Uji Kekerasan *Vickers* 3% Mg.

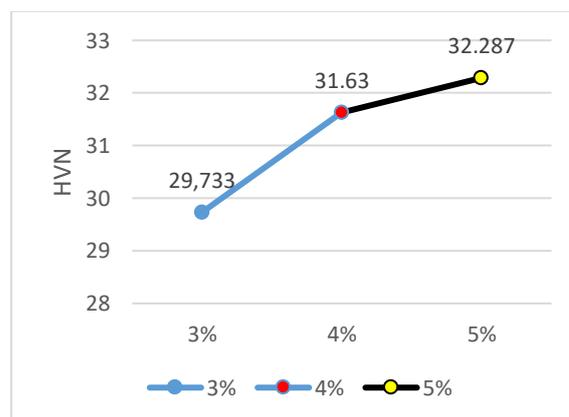
Variable Temperatur	Waktu (menit)	HVN
100°C	60	28.266
100°C	90	28.413
100°C	120	29.05
150°C	60	29.32
150°C	90	29.647
150°C	120	29.733
200°C	60	29.787
200°C	90	29.803
200°C	120	29.82



Gambar 5 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 100°C.

Tabel 2 Hasil Uji Kekerasan *Vickers* 4% Mg.

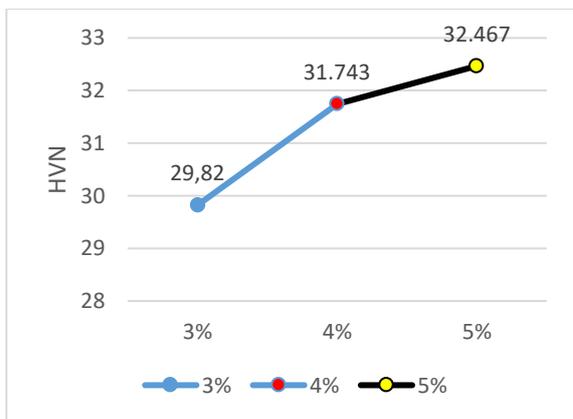
Variable Temperatur	Waktu (menit)	HVN
100°C	60	29.66
100°C	90	29.863
100°C	120	30.32
150°C	60	31.093
150°C	90	31.57
150°C	120	31.63
200°C	60	31.667
200°C	90	31.683
200°C	120	31.743



Gambar 6 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 150°C.

Tabel 3 Hasil Uji Kekerasan *Vickers* 5% Mg.

Variable Temperatur	Waktu (menit)	HVN
100°C	60	31.497
100°C	90	31.64



Gambar 7 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 200°C.

Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa spesimen tanpa campuran magnesium mempunyai tingkat kekerasan lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil pengecoran aluminium dengan penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 3%, 4% dan 5%.

(2) Uji Impact

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui sifat mekanis berupa kekuatan impak pada spesimen dengan bentuk dan ukuran yang telah ditentukan sesuai dengan standar yang ada. Spesimen yang digunakan pada pengujian ini memiliki variasi 0%, 3%, 4% dan 5% magnesium. Dalam pengujian ini dilakukan *heat treatment* terlebih dahulu pada spesimen yang memiliki variasi 3%, 4% dan 5% magnesium dengan temperatur 100°C, 150°C dan 200°C kemudian masing-masing memiliki waktu *aging* selama 60, 90, dan 120 menit. Nilai harga *impact* untuk spesimen tanpa campuran magnesium adalah 0.018 J/mm².

Tabel 4 Hasil Uji Impact 3% Mg.

Variable Temperatur	Waktu (menit)	HI (J/mm ²)
100°C	60	0.0141
100°C	90	0.0145
100°C	120	0.0150
150°C	60	0.0153
150°C	90	0.0154
150°C	120	0.0158
200°C	60	0.0160
200°C	90	0.0162
200°C	120	0.0163

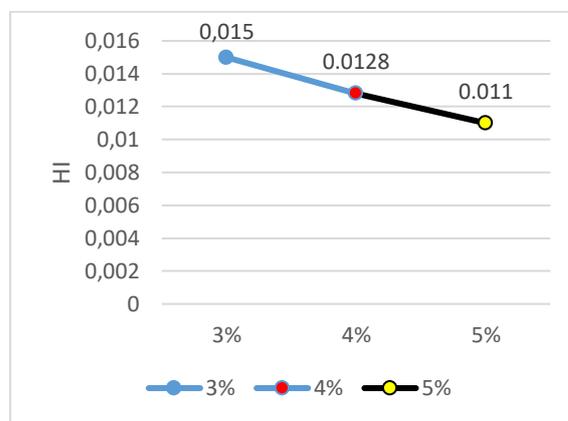
Tabel 5 Hasil Uji Impact 4% Mg.

Variable Temperatur	Waktu (menit)	HI (J/mm ²)
100°C	60	0.0123
100°C	90	0.0126
100°C	120	0.0128
150°C	60	0.0132
150°C	90	0.0135
150°C	120	0.0138
200°C	60	0.0140
200°C	90	0.0143
200°C	120	0.0144

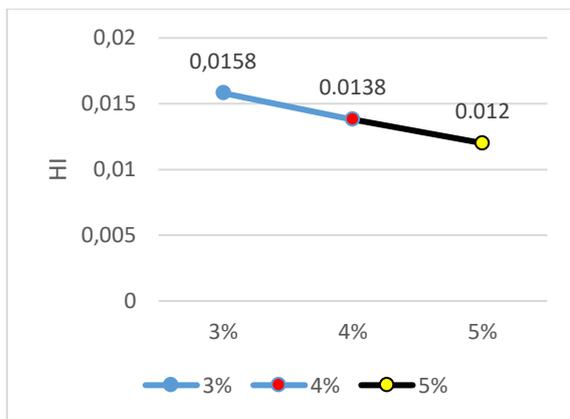
Tabel 6 Hasil Uji Impact 5% Mg.

Variable Temperatur	Waktu (menit)	HI (J/mm ²)
100°C	60	0.0103
100°C	90	0.0104
100°C	120	0.0110
150°C	60	0.0111
150°C	90	0.0114
150°C	120	0.0120
200°C	60	0.0123
200°C	90	0.0126
200°C	120	0.0127

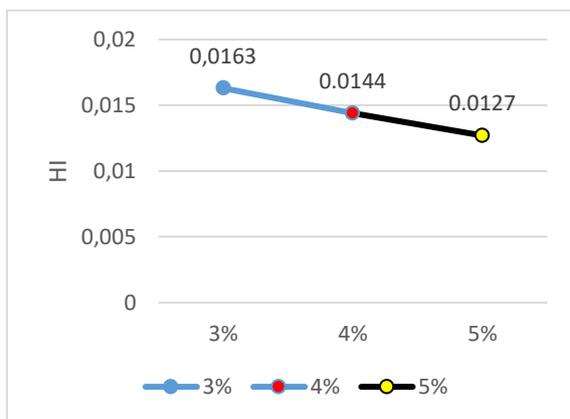
Jadi dapat disimpulkan pada pengecoran aluminium dengan tambahan magnesium dapat mengurangi ketangguhan impak. Proses *heat treatment* dan *aging* dapat meningkatkan nilai impak material. Hal ini dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



Gambar 8 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 100°C.



Gambar 9 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 150°C.



Gambar 10 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 200°C.

Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa spesimen tanpa campuran magnesium mempunyai tingkat ketangguhan impak lebih besar jika dibandingkan dengan hasil pengecoran aluminium dengan penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 3%, 4% dan 5%.

(3) Uji Tarik

Pengujian ini berfungsi untuk mengetahui respon kekuatan material terhadap gaya tarik dan mengetahui pertambahan panjang bahan. Dalam uji tarik, material yang akan dilakukan pengujian harus mendapatkan beberapa perlakuan seperti perubahan panjang asal benda uji diukur dengan *strain gage* yang ditempelkan pada benda uji seperti diilustrasikan bila *strain gage* mengalami perubahan panjang dan penampang, terjadi perubahan nilai resistansi yang diukur oleh detektor dan kemudian diubah menjadi perubahan

regangan. Spesimen yang digunakan pada pengujian ini memiliki variasi 0%, 3%, 4% dan 5% magnesium.

Dalam pengujian ini dilakukan *heat treatment* terlebih dahulu pada spesimen yang memiliki variasi 3%, 4% dan 5% magnesium dengan temperatur 100°C, 150°C dan 200°C kemudian masing-masing memiliki waktu *aging* selama 60, 90, dan 120 menit. Nilai E (modulus elastisitas) untuk spesimen tanpa campuran magnesium adalah 93.57 Mpa.

Tabel 7 Hasil Uji Tarik 3% Mg.

Variable Temperatur	Waktu (menit)	E (Mpa)
100°C	60	220.91
100°C	90	232.73
100°C	120	273
150°C	60	352.5
150°C	90	390
150°C	120	376.67
200°C	60	435.55
200°C	90	411.82
200°C	120	418.12

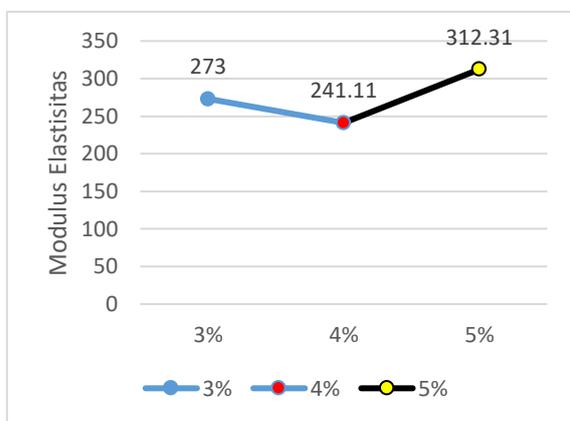
Tabel 8 Hasil Uji Tarik 4% Mg.

Variable Temperatur	Waktu (menit)	E (Mpa)
100°C	60	215.83
100°C	90	222.73
100°C	120	241.11
150°C	60	215
150°C	90	294.17
150°C	120	269.33
200°C	60	305.38
200°C	90	369.17
200°C	120	381.82

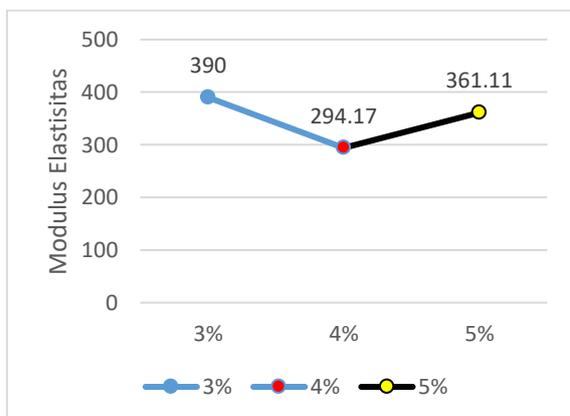
Tabel 9 Hasil Uji Tarik 5% Mg.

Variable Temperatur	Waktu (menit)	E (Mpa)
100°C	60	256.36
100°C	90	312.31
100°C	120	264.67
150°C	60	361.11
150°C	90	253.85
150°C	120	257.5
200°C	60	274.28
200°C	90	312.14
200°C	120	238.12

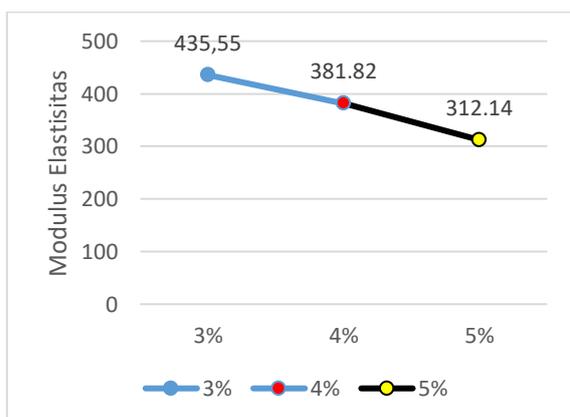
Jadi dapat disimpulkan pada pengecoran aluminium dengan tambahan magnesium dapat menambah ketangguhan nilai tarik. Proses *heat treatment* dan *aging* dapat meningkatkan dan mengurangi nilai kekuatan tarik material. Hal ini dapat dilihat dari grafik dibawah ini.



Gambar 11 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 100°C.



Gambar 12 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 150°C.



Gambar 13 Grafik Hasil Terbaik Spesimen 200°C.

Hasil pengujian kekuatan tarik menunjukkan bahwa spesimen tanpa campuran magnesium mempunyai tingkat ketangguhan nilai tarik lebih kecil jika dibandingkan dengan hasil pengecoran aluminium dengan penambahan unsur magnesium (Mg) sebesar 3%, 4% dan 5%.

PENUTUP

Kesimpulan

Berdasarkan pengujian yang telah dilakukan maka dapat disimpulkan aluminium alloy 1100 yang dicampurkan dengan unsur magnesium 3%, 4% atau 5% dapat mengalami perubahan sifat mekanis lebih baik dengan bertambahnya nilai kekerasan dan tarik namun mengurangi nilai dampak material tersebut.

Proses *heat treatment* dan waktu *aging* membuktikan proses tersebut dapat mempengaruhi sifat mekanis pada spesimen baik kekerasan, nilai dampak maupun tarik dibandingkan tanpa adanya proses *heat treatment* dan waktu *aging*. Hasil akhir yang dicapai dari penelitian ini yaitu pada pengujian *Vickers* didapat nilai kekerasan rata-rata tertinggi yaitu sebesar 32,467 HVN pada campuran magnesium 5% dengan suhu 200°C dan waktu *aging* 120 menit. Pada uji dampak diperoleh nilai ketangguhan tertinggi yaitu sebesar 0,0180 HI pada campuran magnesium 0% atau aluminium murni. Pada pengujian tarik didapat hasil tertinggi yaitu sebesar 435,55 Mpa pada campuran zat magnesium (Mg) 3% dengan suhu 200°C serta 60 menit waktu *aging*.

Saran

Dalam peningkatan hasil penelitian berikutnya yang serupa, maka penguji atau penulis menyarankan menambahkan unsur lainnya pada pengecoran aluminium alloy A1100 dan memberikan variasi lainnya terhadap proses *heat treatment* dan waktu *aging*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andriyono, Sapto. (2009). Aplikasi Paduan Al-Mg. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- [2] Hafiz, Abdul. (2009). Aluminium Murni dan Paduannya. Bogor: Institut Teknologi Bandung.
- [3] Kholiq, Ahmad. (2012). Paduan Aluminium. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [4] Sudarmaji, Heri. (2021). PEDOMAN PROYEK AKHIR/PENELITIAN PERGURUAN TINGGI PENERBANGAN. Curug: Badan Pengembangan Sumber Daya Manusia Perhubungan.
- [5] Utomo, Ghani Riphandi (2012). Magnesium murni dan sifat magnesium. Malang: Universitas Brawijaya.
- [6] Yuan, Tomy. (2001). Pengaruh penambahan Mg terhadap paduan. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- [7] Lubis, Ahmad Husni. (2012). Pencampuran Bahan Kimia. Medan: Universitas Sumatera Utara.
- [8] Oxtoby. 2003. Aluminum and Classification. New York: Marcel Dekker.
- [9] Dhani Sahdeini Hari, D. (2020). Pengaruh Penambahan Unsur Magnesium (Mg) Terhadap Sifat Mekanis Pada Pengecoran Aluminium A1100 Aplikasi Handle Rem Sepeda Motor. (Doctoral dissertation, Universitas Pancasakti Tegal).
- [10] Lee, Rainforth. (1994). Microstructures Ceramics During Sintering. New York: Marcel Dekker.