

## Pengaruh Variasi Temperatur Artificial Aging Pada Aluminium 6061 Terhadap Sifat Kekerasan Dan Strukur Mikro

Zulhanif<sup>1</sup>, Z. Hasymi<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin Universitas Lampung  
Jl. Prof. Soemantri Brojonegoro, Bandar Lampung 35145  
E-mail: zulhanif1973@gmail.com

### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk dapat mengetahui pengaruh temperatur artificial aging terhadap sifat kekerasan dan struktur mikro Al6061. Pada penelitian ini digunakan sampel aluminium seri 6061 yang diberi perlakuan panas pada suhu 450 °C selama 30 menit kemudian di quenching dengan media pendingin air. Kemudian dipanaskan dengan perubahan suhu 150 °C, 190 °C dan 230 °C dengan waktu penahanan 5 jam. Sampel kemudian didinginkan perlahan sampai suhu kamar. Hasil uji komposisi kimia menggunakan Spectromax menunjukkan bahwa persentase Al adalah 95,1%, Mg 1,5% dan Si 1,07%. Hasil uji kekerasan menggunakan alat uji kekerasan Rockwell menunjukkan nilai kekerasan tanpa perlakuan panas menunjukkan nilai kekerasan sebesar 24,5 (HRB) dan nilai kekerasan setelah quenching sebesar 21,4 (HRB). Nilai kekerasan tertinggi selama pemanasan terdapat pada perubahan suhu 190 °C dengan nilai kekerasan 3,1 (HRB), yang menunjukkan peningkatan nilai kekerasan pada suhu 190 °C dibandingkan dengan nilai kekerasan material tanpa perlakuan panas oleh 74,9. Pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa material Al6061 setelah proses artificial aging pada suhu 190 °C memiliki jumlah fasa yang lebih banyak, dan batas butir Al6061 cenderung lebih rapat dan teratur. Artinya material yang diproses dengan artificial aging memiliki deposit atau pembentukan fase kedua yang mengerasakan material dan memiliki sifat mekanik yang lebih baik.

**Kata kunci:** Aluminium 6061, Artificial aging, Nilai kekerasan, Struktur mikro, Sifat Mekanik

### PENDAHULUAN

Penggunaan aluminium untuk berbagai keperluan didasarkan pada kenyataan bahwa aluminium memiliki berbagai keunggulan, seperti: B. Ringan, tahan korosi, konduktivitas termal dan listrik yang tinggi, tidak beracun, kecerahan cahaya, mudah dibentuk dan non-magnetik. Aluminium adalah jenis bahan logam yang memiliki ketahanan korosi yang baik dan sifat baik lainnya. Umumnya, aluminium ditambahkan dengan elemen lain untuk membentuk paduan aluminium. Menambahkan elemen paduan ke aluminium dapat meningkatkan kekuatan mekanik logam, yang lebih baik (Askeland, et al, 2009)

Selain dengan penambahan elemen paduan pada aluminium dalam peningkatan sifat mekaniknya dapat juga dengan proses perlakuan panas. Perlakuan panas adalah teknik yang dapat digunakan untuk menghaluskan paduan aluminium (Pranata, dkk, 2014). Artificial aging adalah metode perlakuan panas untuk meningkatkan kekuatan aluminium (Zoller, et al, 2015) menyatakan bahwa perlakuan panas terus menerus merupakan salah satu upaya untuk meningkatkan kekuatan tarik aluminium 6061 agar lebih efisien dan handal.. Banyak orang lain telah menyadari tantangan untuk meningkatkan kekuatan tanpa mengorbankan ketangguhan melalui perawatan yang telah usai (Kumat, et al, 2019).

Proses perlakuan panas pada paduan aluminium dilakukan dengan pemanasan pada satu fasa, kemudian ditahan beberapa saat kemudian didinginkan secara cepat ke fasa berikutnya. Perubahan yang terjadi adalah presipitasi tahap kedua, atau presipitasi, yang mengawali proses nukleasi dan pembentukan gugus atom yang mewakili awal presipitasi. Hujan dapat meningkatkan kekuatan dan kekerasannya. Proses ini merupakan proses penuaan yang disebut dengan penuaan alami (Permatasari, 2020).

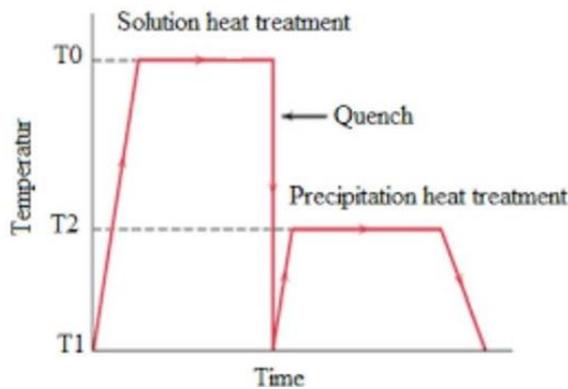
### Precipitation Hardening

Pengerasan presipitasi adalah proses di mana paduan aluminium atau baja diberi perlakuan panas. Tujuan dari proses ini pada aluminium adalah untuk meningkatkan kekuatan dan kekerasan material (Rohman, 2010). Peningkatan kekuatan terjadi karena fakta bahwa pergerakan dislokasi dengan munculnya partikel nano kecil didistribusikan secara merata dalam matriks. Partikel kecil ini sering disebut sebagai presipitat yang terbentuk setelah perlakuan panas pada paduan aluminium (Gede, 2016).

Contoh logam yang dikeraskan dengan pengerasan presipitasi adalah aluminium-tembaga, tembaga-berilium, tembaga-timah dan magnesium, aluminium, dll. Pengerasan presipitasi dan pengerjaan baja untuk membentuk martensit adalah fenomena yang sama sekali berbeda, meskipun proses perlakuan

panasnya hampir sama (Anonim, 2010).

Proses solidifikasi presipitasi berlangsung dalam tiga tahap, yaitu perlakuan panas larutan, pendinginan dan perlakuan panas presipitasi. Perlakuan panas larutan adalah pemanasan logam paduan aluminium dalam tungku pemanas sampai suhu kurang dari 577 °C atau sampai mencapai daerah fase tunggal, kemudian dilakukan holding atau holding time tergantung pada jenis dan ukuran benda kerja. Pada langkah ini, fase-fase yang ada dilarutkan ke dalam larutan padat. Tujuan dari proses ini adalah untuk mendapatkan larutan padat yang hampir homogen (fasa homogen) (Gede, 2016). Tujuan dari perlakuan panas larutan adalah untuk mendapatkan larutan padat yang hampir homogen. Skema proses Precipitation Hardening dapat dilihat pada gambar 1 berikut :



Gambar 1. Skema Proses Perlakuan Panas dengan Cara Precipitation Hardening

Aluminium seri 6061 merupakan jenis material yang dapat diperlakukan dengan proses precipitation hardening. Aluminium seri 6061 mengandung elemen paduan utama Mg dan Si dan dapat diolah atau dikeraskan dengan panas. Selama pemadatan, endapan terbentuk dalam larutan padat jenuh (SSSS) dan kekerasan meningkat dengan jumlah dan ukuran endapan, sampai mencapai batas di mana bahan menua secara berlebihan untuk mengurangi sifat mekanik. Paduan Al-Mg-Si yang merupakan bagian dari aluminium seri 6xxx memiliki kekuatan yang lebih rendah dibandingkan paduan lainnya sebagai bahan tempa. Tetapi sangat keras sehingga sangat bagus untuk pencetakan, ekstrusi, dan bentuk lainnya. (Tomoya, et al., 2017).

## METODOLOGI

### Persiapan Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Aluminium paduan seri 6061.

### Peralatan Pendukung

#### a) Tungku Furnace

Tungku furnace yang digunakan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Lampung

#### b) Alat Uji Kekerasan

Alat uji kekerasan yang digunakan alat uji kekerasan (*hardness tester*) yang ada di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Lampung dengan standar DIN 50103.

### Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan Spesimen Menyiapkan spesimen yang berupa Aluminium 6061 yang akan digunakan dalam proses pengujian

2. Perlakuan panas Precipitation Hardening

Berikut adalah tahapan dalam melakukan perlakuan panas precipitation hardening:

#### a. Solution Heat Treatment

1. Memanaskan logam Aluminium 6061 dalam furnace dengan temperatur 450°C.

2. Melakukan penahanan atau holding time selama 1 jam

#### b. Quenching

Mendinginkan logam yang telah dipanaskan dalam furnace ke dalam media pendingin dengan menggunakan air.

#### c. Aging (Penuaan)

#### d. Uji Kekerasan (Hardness)

Metode uji kekerasan yang digunakan adalah metode rockwell skala B

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Data Hasil Uji komposisi kimia

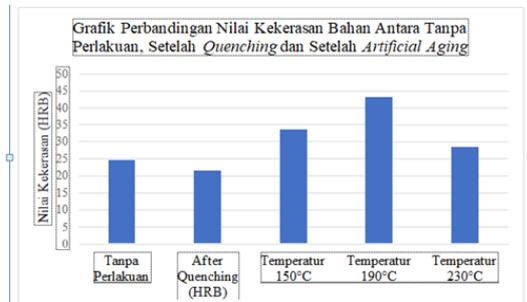
Pengujian komposisi bahan kimia dilakukan untuk mengetahui unsur-unsur penyusun bahan yang akan digunakan dalam penelitian. Proses pengujian komposisi bahan kimia dilakukan sebelum proses artificial aging. Pengujian komposisi bahan kimia bertujuan untuk menentukan bahwa bahan yang digunakan telah sesuai dengan teori yang ada dan teori yang dikembangkan.

Tabel 1. Data Hasil Pengujian Komposisi Bahan Kimia

No.	Element	(%)	No.	Element	I(%)
1.	Si	1,07	17.	Co	0,0136
2.	Fe	0,657	18.	Ga	0,0167
3.	Cu	0,255	19.	Hg	<0,00100
4.	Mn	0,0926	20.	In	<0,00030
5.	Mg	1,5	21.	La	0,00063
6.	Cr	0,301	22.	Li	0,0132
7.	Zn	0,0425	23.	Na	0,0083
8.	Ti	0,0986	24.	P	0,0045
9.	Ag	0,0028	25.	Pb	<0,00050
10.	B	0,0056	26.	Sb	0,0281
11.	Ba	0,0012	27.	Sn	<0,00100
12.	Be	0,00036	28.	Sr	0,00016
13.	Bi	<0,00100	29.	V	0,0079
14.	Ca	0,0107	30.	Zr	0,0075
15.	Cd	0,0013	31.	Ni	<0,00040
16.	Ce	<0,0015	32.	Al	95,1

Dari hasil uji komposisi kimia, dibandingkan dengan data teori di buku ASM Metal Handbook Volume 9 tahun 2004 tentang komposisi bahan kimia dari Aluminium maka bahan yang dipakai merupakan Aluminium seri 6061.

**Hasil Uji Kekerasan**

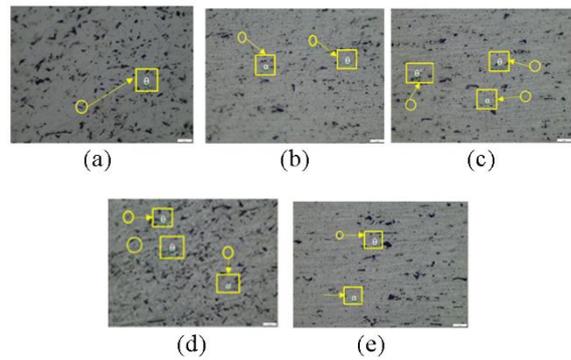


Gambar 2. Grafik Perbandingan Nilai Kekerasan Rockwell Bahan Tanpa Perlakuan Panas dan Proses Quenching

Pada data yang didapat dari setelah pengujian kekerasan aluminium seri 6061 menunjukkan bahwa dengan variasi untuk temperatur aging berpengaruh pada nilai kekerasan. Semakin tinggi temperatur sampai batas yang ditentukan maka nilai kekerasan pada aluminium seri 6061 akan semakin meningkat pula. Aging pada temperatur 190°C menghasilkan kekerasan yang lebih besar dibanding aging pada temperatur 150°C dan temperatur aging 190°C lebih besar dari temperatur 230°C. Pada temperatur 190°C merupakan akhir dari pengerasan pada tahap pertama dan maksimal terbentuknya fase zona [GP 1]. Kekerasan tertinggi didapat pada temperatur aging 190°C senilai 43,1 HRB yang merupakan masih daerah temperatur peak aged.

Pada kekerasan ini aluminium 6061 berada pada zona [GP 2] atau Fasa  $\theta$  yang termasuk pengerasan pada tahap kedua setelah dari zona [GP 1]. Ketika temperatur aging 190°C nilai kekerasan yang semula terus naik mulai dari temperatur 150°C sampai dengan 200°C berubah turun. Hal ini disebabkan karena setelah melalui fasa zona [GP 2] atau Fasa  $\theta$  bila temperatur dinaikkan lagi maka fasanya akan berubah menjadi fasa  $\theta$ . Terbentuknya fasa  $\theta$  membuat aluminium menjadi lunak.

**Hasil Pengamatan Struktur Mikro**



Gambar 3. Struktur mikro Material Al 6061

(a). Raw Material, (b). Setelah dikuenching, (c) Setelah artificial aging 150 °C, (d). Setelah artificial aging 190 °C, (e) Setelah artificial aging 230 °C

Berdasarkan hasil uji struktur mikro pada gambar 3 diperoleh hasil struktur mikro Al6061 pada saat sebelum tahap perlakuan panas (raw material) terlihat adanya fasa kedua ( $\theta$ ) yang susunannya cenderung rapat. Pengamatan struktur mikro material Al6061 setelah proses quenching terbentuk fasa  $\theta$  dengan bentuk yang lebih besar dan jumlah yang lebih sedikit serta struktur butiran atomnya yang lebih renggang, hal ini sesuai dengan hasil pengujian kekerasan yang diperoleh hasil yang kecil nilainya dibandingkan material Al6061 pada saat sebelum tahap perlakuan panas (raw material). Untuk struktur mikro bahan Al6061 setelah tahap penuaan buatan pada 190 °C, memiliki nomor fase yang lebih tinggi dari variasi suhu lainnya, dan batas butir Al biasanya lebih padat dan lebih teratur.

**KESIMPULAN**

Tahap yang terbentuk adalah “fase” atau daerah [GP 2], yang disebut pemadatan tahap kedua. Fasa kedua yang terbentuk dari pengujian ini adalah endapan berupa Mg2Si.

Nilai kekerasan Al6061 tertinggi terdapat pada material yang telah mengalami proses artificial aging dengan perubahan suhu 1900 °C dengan nilai kekerasan 43,1% (HRB), yang tanpa perlakuan panas meningkat menjadi nilai kekerasan 74,9%.. Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan bahwa material Al6061 setelah proses artificial aging pada suhu 1900C memiliki jumlah fasa yang lebih banyak, dan batas butir Al6061 biasanya lebih rapat dan teratur. Artinya material yang diproses dengan artificial aging memiliki deposit atau pembentukan fase kedua yang mengeraskan material dan memiliki sifat mekanik yang lebih baik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] Askeland, D. R., and Fulay, P. P. (2009). *Essentials Of Materials Science and Engineering (2nd Ed.)*. Cengage Learning. Toronto.
- [2] ASTM E18-15. Standard Test Method for Rockwell Hardness Of Metallic Materials.
- [3] ASM Handbook Vol 9. 2004 . Metallography And Microstructure. ASM International..
- [4] Callister, W. D. 2007. *Materials Science and Engineering: An Introduction, 7th Edition*. John Willey And Sons. New York.
- [5] Callister, D. William dan David G. Rethwisch. 2013 *Material Science and Engineering. 9th Edition*. Wiley Binder. United States of America.
- [6] Gede, I. Brahmanda, A. P. 2016. Studi Eksperimental Pengaruh Perlakuan Panas Presipitasi Hardened T6 dengan Variasi Waktu Tahan dan Suhu Proses Larutan Terhadap Sifat Mekanik Paduan Aluminium Adc 12. Tesis. Institut Teknologi 10 November. Surabaya
- [7] Kumar, Mukesh., et al. 2019. Effect of Artificial Aging Temperature on Mechanical Properties of 6061 Aluminum Alloy. *Mehran University Research Journal of Engineering and Technology*. Vol. 38, No. 1: 31-36.
- [8] Permatasari, Dessy., Zuhaimi Dan Jannifar, A. 2020. Analisa Sifat Mekanik Aluminium Alloy 6151 setelah Mengalami Perlakuan Panas. *Jurnal Mesin Sains Terapan*. Vol. , No. 1: 1-5.
- [9] Pranata D.E.M., Alfirano and Jajat, M. 201 . Analisis struktur mikro dan sifat mekanik hasil proses aging paduan Al tahun 201 dengan perubahan suhu dan lama penyimpanan.
- [10] Rochman, R., Haryati, P. und Purbo, S. 2010. Karakterisasi sifat mekanik dan pembentukan fasa presipitasi paduan aluminium 202 -T81 akibat perlakuan aging. *mekanik* Vol. 8, No. 2: 165-171.
- [11] Surdia, T. Saito, S. 1985. Pengetahuan tentang bahan teknik. Jakarta.
- [12] Tomoya Aoba, Masakazu Kobayashi, Hiromi Miura. 2017. Pengaruh penuaan pada sifat mekanik dan struktur mikro paduan aluminium tempa 7075. *Jurnal Departemen Teknik Mesin. Universitas Teknologi Toyohashi Jepang*.
- [13] Zoller, H. dan Ried, A. 2005. Aspek metalurgi dalam pengolahan paduan Al-Mg-Si dengan kerentanan pendinginan rendah. *cakram logam Z. Jil. 62, S 35 -358*

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih kepada Laboratorium Material Teknik dan. terima kasih kepada Hibah Penelitian DIPA FT Unila yang telah membiayai penelitian ini.