

## EFEK PERLAKUAN PANAS *ARTIFICIAL AGING* PADA AL6061 YANG DILAPISI NIKEL CHROME TERHADAP TINGKAT KEKERASAN DAN KEKUATAN TARIK

**Achmad Erik Firdausi**

S1 Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: achmad.17050754063@mhs.unesa.ac.id

**Arya Mahendra Sakti**

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Surabaya  
Email: aryamahendra@unesa.ac.id

### Abstrak

Penelitian ini dilakukan untuk meningkatkan nilai kekerasan dan kekuatan tarik dari material Al-6061 paduan yang akan digunakan sebagai bahan dasar pembuatan Propeller. Peningkatan kekerasan dan kekuatan material dilakukan dengan cara diberi perlakuan panas *artificial aging* dan dilapisi nikel-krom. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen. Penelitian menggunakan paduan aluminium 6061, material dilakukan perlakuan panas *artificial aging* 190°C dengan waktu tahan 1jam, 3jam, dan 5jam. Dan dilakukan electroplating nikel-krom. Pengujian material menggunakan pengujian kekerasan rockwell Hardness Tester B dan pengujian tarik standar JIS Z2201. Berdasarkan data hasil penelitian, kekerasan material terendah adalah 113,9 HRB yang diperoleh dari material tanpa perlakuan *artificial aging*, sedangkan untuk nilai kekerasan tertinggi adalah 128,8 HRB diperoleh dari material dengan variasi waktu 5 jam *artificial aging*. Sedangkan nilai kekuatan tarik terendah adalah 23,7 MPa yang diperoleh dari material tanpa perlakuan *artificial aging*, sedangkan untuk nilai kekuatan tarik tertinggi adalah 27,4 MPa diperoleh dari material dengan variasi waktu 5 jam *artificial aging*. Dari pengujian kekerasan dan uji tarik pada material diketahui bahwa semakin lama waktu penahanan *artificial aging* maka semakin tinggi pula nilai kekerasan dan kekuatan tarik material yang diperoleh.

**Kata Kunci:** Al6061, Propeller, *Artificial aging*, *Electroplating*, Kekerasan, Kekuatan Tarik.

### Abstract

*This research was conducted to increase the hardness and tensile strength of the Al-6061 alloy material which will be used as the basic material for making propellers. Increasing the hardness and strength of the material is carried out by being treated with artificial aging and heat treatment nickel-chrome plated. This research method uses an experimental type of research. The material used is 6061 aluminum alloy, the material is heat treated by artificial aging at a temperature of 190°C with variations in time of 1 hour, 3 hours, and 5 hours. And nickel-chrome electroplating was carried out. Material testing uses Rockwell Hardness Tester B hardness test and JIS Z2201 standard tensile test. Based on research data, the lowest material hardness is 113.9 HRB obtained from material without artificial aging treatment, while the highest hardness value is 128.8 HRB obtained from material with a 5hour artificial aging time variation. While the lowest tensile strength value is 23.7 MPa obtained from material without artificial aging treatment, while the highest tensile strength value is 27.4 MPa obtained from material with a 5hour artificial aging time variation. From the hardness test and tensile test on the material, it is known that the longer the artificial aging holding time, the higher the hardness and tensile strength of the material obtained.*

**Keywords:** Al6061, Propeller, *Artificial aging*, *Electroplating*, Hardness, Tensile Strength.

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan Negara terluas di kawasan Asia Tenggara. Selain memiliki wilayah yang luas, Indonesia juga dijuluki sebagai Negara maritim. Karena sebagian besar wilayah Indonesia terdiri dari perairan. Luas laut Indonesia sekitar 71 persen dan luas daratannya 29 persen. Akan tetapi peranan transportasi laut masih rendah hanya sekitar 6,94 persen yang bias dilihat dari kontribusi terhadap PDB.

Transportasi laut memiliki peran dalam menunjang akseibilitas dan mobilitas perekonomian. Dan juga berperan penting untuk sarana penghubung satu pulau dengan pulau lainnya sehingga pendistribusian barang maupun penumpang dapat berjalan lancar. Salah satu transportasi laut yang sering digunakan yaitu kapal.

Kapal merupakan kendaraan pengangkut barang dan penumpang dilaut, sungai, dan sebagainya seperti halnya dengan perahu yang lebih kecil. Adapun jenis-jenis kapal yang biasa berlayar yaitu kapal feri, kapal barang, kapal pesiar, dan lain-lain. Pada kapal motor memiliki penggerak pada mesin yang disebut propeller.

Propeller atau biasa disebut baling-baling kapal adalah salah satu bagian kapal yang digerakkan oleh mesin, yang mempunyai fungsi untuk mendapatkan gaya dorong bagi laju kapal. Dengan gaya dorong yang dihasilkan baling-baling ini, kapal dapat bergerak maju ataupun mundur. Propeller biasanya terbuat dari bermacam-macam jenis material salah satunya yaitu dengan material aluminium.

Aluminium adalah logam paling berlimpah dan tidak termasuk jenis logam berat. Aluminium merupakan konduktor listrik yang baik, ringan, dan kuat. Salah satu

aluminium paduan yang sering digunakan dalam industri ialah Aluminium 6061. Komposisi dalam Aluminium 6061 ialah magnesium (Mg) dan silica (Si) (Randhiko, dkk 2018). Aluminium 6061 dapat diaplikasikan pada propeller kapal karena memiliki kelebihan yaitu ringan, mudah dibentuk, bersifat non magnet, ratio terhadap beban tinggi, tidak mudah terkena korosi (Dwivedi, S.P dkk, 2014).

Perlakuan panas (Heat Treatment) merupakan suatu proses untuk mengubah struktur material dengan memanaskan material pada suhu atau temperature rekristalisasi selama waktu tertentu yang bertujuan untuk meningkatkan ketahanan material, penghilangan tegangan, penghalusan butir material, dan meningkatkan kekerasan atau tegangan tarik pada struktur mikro permukaan material tersebut (Pranata, dkk 2014). *Artificial aging* adalah salah satu metode untuk meningkatkan kekerasan atau kekuatan pada material tersebut.

*Electroplating* merupakan proses pelapisan yang menggunakan prinsip pengendapan logam dengan cara elektrokimia. Material yang akan dilapisi dijadikan katoda, sedangkan logam yang melapisi material dijadikan sebagai anoda. Kedua elektroda berada dalam larutan elektrolit dan dihubungkan dengan daya arus searah (DC). Perangkat *electroplating* terdiri dari 2 elektroda yaitu anoda dan katoda, larutan elektrolit, bak elektrolit, power supply, dan kawat listrik penghubung. Pelapisan menggunakan nikel krom, pelapisan nikel memiliki sifat yang ulet, kuat, dan mencegah korosi. Dan pelapisan krom karena memiliki nilai dekoratif dan dapat mencegah korosi.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka peneliti melakukan pengujian peningkatan kualitas material paduan Al6061 untuk dijadikan bahan pengganti baling-baling kapal dan mengetahui waktu *artificial aging* terbaik untuk aplikasi baling-baling kapal berkualitas.

## METODE

Penelitian ini menggunakan metode penelitian eksperimen. Penelitian ini memiliki tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan dan nilai kekuatan tarik dari paduan Al6061 yang diberi perlakuan panas *artificial aging* dan *electroplating*.

### Waktu dan Tempat Penelitian

#### • Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan dua bulan (April 2022 – Mei 2022)

#### • Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat yaitu:

- Proses pengecoran dan pembuatan spesimen dilakukan di Bengkel Bubut Jaya Teknik 828 Jl. Raya Mastrip, Kec. Karang Pilang, Surabaya.
- Proses *artificial aging* bertempat di Laboratorium Perlakuan Panas Universitas Negeri Surabaya.
- Proses *electroplating* bertempat di Pabrik Krom CV Jaya Makmur Agal Agil Jl. Mbah Syamsudin, Kec. Candi, Sidoarjo.

- Uji kekerasan bertempat di Laboratorium Universitas Negeri Surabaya.
- Uji kekuatan tarik bertempat di Politeknik Negeri Malang.

### Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian diantaranya:

#### • Variabel Bebas

- Komposisi material yang akan digunakan adalah aluminium murni Al6061 (4kg) + aluminium komersil (1kg) + garam (31gr) mengacu pada penelitian Lely Farima komposisi material memperoleh nilai kekerasan tinggi.
- Waktu *Artificial aging* 1, 3, 5 jam mengacu pada penelitian Ifika Philo Wardani, DKK bahwa peningkatan waktu penuaan meningkatkan kekerasan paduan.
- Waktu Pelapisan 45 menit mengacu pada penelitian Thufail Torik bahwa semakin lama waktu *electroplating* maka tingkat kekerasan akan meningkat.

#### • Variabel Terikat

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah nilai kekerasan dan nilai kekuatan Tarik pada material paduan Al6061 dengan penambahan garam (NaCl) yang telah dilakukan perlakuan panas *Artificial aging* dan pelapisan Nikel-Krom.

#### • Variabel Kontrol

Variabel kontrol yang ditetapkan dalam penelitian ini adalah:

- Material Al6061 paduan dengan penambahan garam (NaCl).
- Perlakuan *artificial aging*.
- Suhu *Artificial aging* 190°C
- Larutan pelapisan Nikel-Krom.
- Suhu *electroplating* 56-58°C
- Waktu *electroplating* 45 menit.
- Metode uji kekerasan menggunakan standar DIN 50103.
- Metode uji kekuatan Tarik menggunakan standar JIS Z2201.

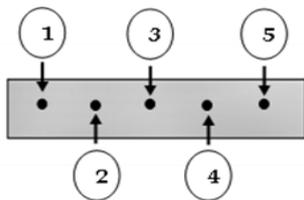
### Spesifikasi Bahan Penelitian

#### • Spesimen uji kekerasan

Uji kekerasan yang diberikan pada spesimen uji menggunakan 3 titik pada setiap spesimennya, sampel yang akan digunakan dalam penelitian memiliki deskripsi sebagai berikut :

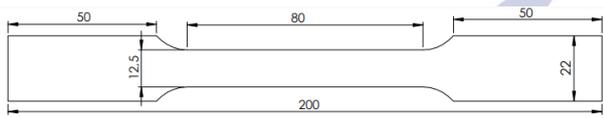
- Jenis : Aluminium Hasil Cor (Al-6061 + Al Komersil + Garam)
- Dimensi : 55 mm x 10 mm x 10 mm
- Jumlah : 12 Spesimen

Efek Perlakuan Panas *Artificial aging* Pada Al6061 Yang Dilapisi Nikel Chrome Terhadap Tingkat Kekerasan Dan Kekuatan Tarik



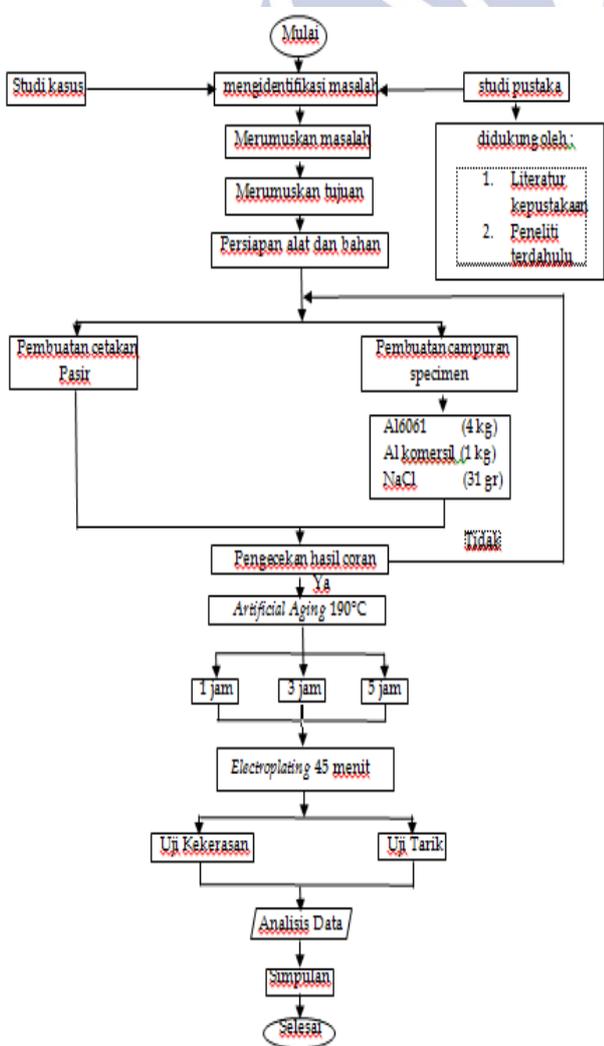
Gambar 1. Dimensi Spesimen uji kekerasan

- Spesimen uji Tarik  
Uji kekuatan Tarik menggunakan standar JIS Z2201 pada setiap spesimennya, sampel yang akan digunakan memiliki deskripsi sebagai berikut :
  - Jenis : Aluminium Hasil Cor (Al-6061 + Al Komersil + Garam)
  - Dimensi : 200 mm x 22 mm x 3 mm
  - Jumlah : 12 Spesimen



Gambar 2. Dimensi Spesimen Uji Tarik

Rancangan Penelitian



Gambar 3. Flowchart Penelitian

Teknik Pengumpulan Data

- Nilai kekerasan yang dipengaruhi oleh pencampuran variasi paduan Al6061 dengan penambahan garam (NaCl) yang dilakukan perlakuan panas dan kemudian di lapisi Nikel-Krom.
- Nilai kekuatan tarik yang dipengaruhi oleh pencampuran variasi paduan Al6061 dengan penambahan garam (NaCl) yang di lakukan perlakuan panas dan kemudian di lapisi Nikel-Krom.

Teknik Analisa Data

Dalam penelitian ini, penggunaan metode eksperimen dapat memberikan data yang valid dan dapat mempertanggung jawabkannya. Eksperimen yang dilakukan dalam penelitian ini adalah variasi waktu *Artificial aging* dan *electroplating* yang kemudian diambil nilai kekerasan dan kekuatan tarik spesimen tersebut kemudian data tersebut akan dibuat grafik dan hasilnya akan dibandingkan tiap variable.

HASIL DAN PEMBAHASAN

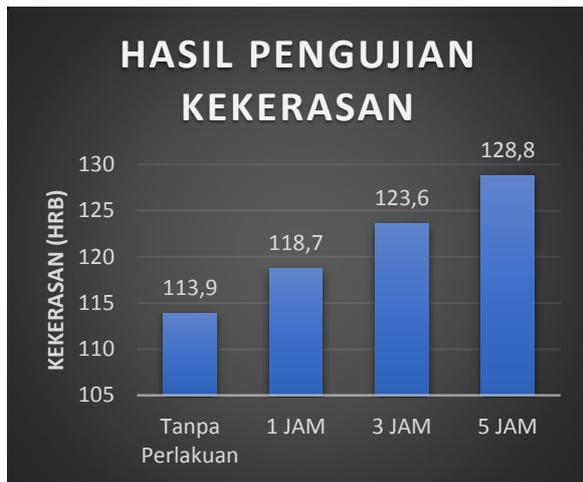
Hasil Penelitian

• Uji Kekerasan Material

Pengujian kekerasan material menggunakan *Rockwell Hardness Tester B*. Berikut adalah data hasil dari pengujian kekerasan.

Tabel 1. Hasil Pengujian Kekerasan.

Waktu <i>Artificial aging</i>	Spesimen	Nilai HRB
Tanpa Perlakuan	1	114,3
	2	113,6
	3	113,9
	Rata - Rata	113,9
1 JAM	1	118,3
	2	118,7
	3	119,2
	Rata - Rata	118,7
3 JAM	1	123,0
	2	124,0
	3	123,7
	Rata - Rata	123,6
5 JAM	1	128,8
	2	128,4
	3	129,3
	Rata - Rata	128,8



Gambar 4. Grafik Uji Kekerasan Material.

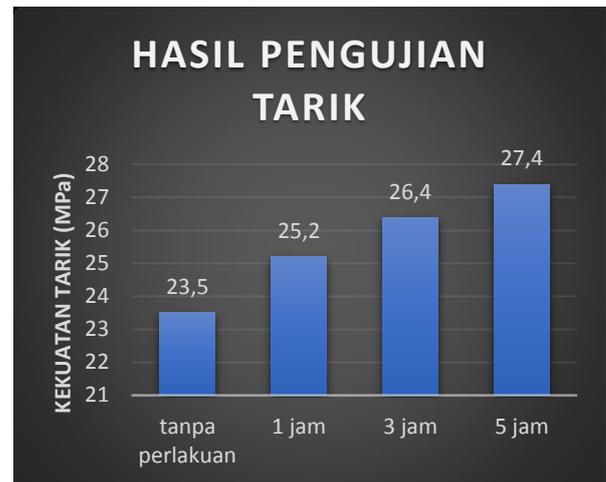
Pada grafik diatas menunjukkan bahwa kekerasan pada material mengalami peningkatan seiring dengan bertambahnya waktu *artificial aging*. Semakin lama waktu *artificial aging* menghasilkan nilai kekerasan yang semakin tinggi juga. Nilai kekerasan terendah adalah 118,3 HRB yang didapatkan dari variasi waktu *artificial aging* 1 jam, sedangkan nilai tertinggi adalah 129,3 HRB yang didapatkan dari variasi waktu *artificial aging* 5 jam.

#### • Uji Kekuatan Tarik

Dalam penelitian ini pengujian tarik material menggunakan standar JIS Z2201. Berikut adalah data uji tarik.

Tabel 2. Hasil uji Tarik.

Waktu <i>Artificial aging</i>	Spesimen	Nilai Tarik (Mpa)
Tanpa Perlakuan	1	23,5
	2	23,7
	3	23,9
	Rata - Rata	23,7
1 JAM	1	25,5
	2	25,2
	3	24,9
	Rata - Rata	25,2
3 JAM	1	26,3
	2	26,6
	3	26,4
	Rata - Rata	26,4
5 JAM	1	27,4
	2	27,2
	3	27,5
	Rata - Rata	27,4



Gambar 5. Grafik Uji Tarik Material

Pada grafik diatas dapat dilihat nilai kekuatan Tarik paduan aluminium 6061 yang diberi perlakuan *artificial aging* dan *electroplating*. Nilai kekuatan tarik terendah mendapatkan nilai atau kekuatan Tarik sebesar 24,9 MPa yang didapatkan dari variasi waktu *artificial aging* 1 jam, sedangkan nilai tertinggi mendapatkan nilai atau kekuatan Tarik sebesar 27,5 MPa yang didapatkan dari variasi waktu *artificial aging* 5 jam.

#### Pembahasan

##### • Pengaruh Waktu *Artificial aging* Terhadap Nilai Kekerasan.

Peningkatan nilai kekerasan pada material berkaitan dengan adanya fasa atau struktur yang ada dalam proses *artificial aging*. Pada suhu 190° C dengan waktu penahanan satu hingga lima jam masih terjadi peningkatan nilai kekerasan, maka struktur yang terbentuk masih berada dalam zona GP 2. Disaat suhu 130°C akan mulai terbentuk zona GP2 dan apabila waktu penahanan *artificial aging* terpenuhi maka akan didapatkan tingkat kekerasan yang optimal (Smith, 1995). Waktu penahanan yang terlalu lama juga mempengaruhi sifat mekanis material menjadi turun. Penurunan kekerasan yang terjadi pada holding time 11 jam dikarenakan sudah terjadinya over aging, penyebabnya adalah presipitat yang telah terurai membentuk susunan yang stabil dalam larutan padat atau presipitat menggumpal sehingga struktur butirnya menjadi besar kembali (Van Vlack, 1991).

Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Nur Imam Subagyo (2017) yang berjudul “Analisis Pengaruh *Artificial Aging* Terhadap Sifat Mekanis Pada Aluminium Seri 6061”. Aluminium 6061 diberi perlakuan panas pada suhu 450°C selama 15 menit kemudian di *quenching* dengan media oli. Kemudian

di *artificial aging* dengan suhu 190°C dengan variasi waktu 1 jam, 5 jam, dan 11 jam didapatkan hasil uji kekerasan menggunakan didapatkan nilai kekerasan tanpa adanya *heat treatment* 49,4 (HRB), *holding time* 1 jam 53,8 (HRB), waktu 5 jam 79,6 (HRB), dan waktu 11 jam 50,4 (HRB).

- **Pengaruh waktu *artificial aging* terhadap nilai kekuatan tarik.**

Variasi *holding time* yang digunakan dalam penelitian adalah 1 jam, 3 jam, dan 5 jam. Lama waktu penahanan *artificial aging* berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik material.

Salah satu contohnya dapat dilihat pada gambar 5, nilai kekuatan tarik terendah adalah 23,7 MPa yang diperoleh dari material tanpa perlakuan *artificial aging*, sedangkan untuk nilai kekuatan tarik tertinggi adalah 27,4 MPa diperoleh dari material dengan variasi waktu 5 jam *artificial aging*, dimana dengan bertambahnya waktu penahanan *artificial aging* maka akan bertambah tinggi nilai kekuatan tarik material yang diperoleh. Seiring bertambahnya waktu penahanan maka kekuatan tarik material juga semakin naik

Peningkatan nilai kekuatan tarik pada material berkaitan dengan adanya fasa atau struktur yang ada dalam proses *artificial aging*. Pada suhu 190° C dengan waktu penahanan satu sampai lima jam masih terjadi peningkatan nilai kekuatan tarik, maka struktur yang terbentuk masih berada dalam fasa  $\theta''$  atau zona GP 2.

Sebagaimana penelitian yang dilakukan oleh Iftika Philo Wardani, Vuri Ayu Setyowati, Ir. Suheni, Dan Agung Bagus Saputro (2020) yang berjudul “Pengaruh *Natural Aging* Sebelum Proses *Artificial Aging* Terhadap Sifat Mekanik Aluminium 6061”. Penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan suhu dan waktu penahanan *artificial aging* sebesar 130°C, 160°C, dan 190°C dengan waktu tahan 1, 3, dan 5 jam. Hasil penelitian menunjukkan nilai dari uji kekerasan terendah pada suhu 130°C dengan waktu tahan 1 jam 53 (HV) dan tertinggi pada suhu 190°C dengan waktu 5 jam 95 (HV). Sedangkan hasil dari uji Tarik menunjukkan bahwa nilai terendah pada suhu 130°C waktu tahan 1 jam menghasilkan nilai 18,7 (MPa) dan tertinggi pada suhu 190°C waktu tahan 5 jam menghasilkan nilai 21,3 (MPa).

## PENUTUP

### Simpulan

Dari hasil penelitian dan pengujian yang telah dilakukan terhadap uji kekerasan dan Tarik pada paduan

aluminium 6061 yang diberi perlakuan *artificial aging* dan *electroplating*, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- Waktu tahan pada proses *artificial aging* berpengaruh pada tingkat kekerasan material. Tingkat kekerasan terendah adalah 113,9 HRB yang diperoleh dari material tanpa adanya perlakuan *artificial aging*, sedangkan nilai tertinggi adalah 128,8 HRB yang didapatkan dari variasi waktu *artificial aging* 5 jam.
- Waktu tahan atau *holding time* pada proses *artificial aging* berpengaruh pada nilai kekuatan Tarik material. Nilai kekuatan tarik terendah adalah 23,7 MPa yang diperoleh dari material tanpa adanya perlakuan *artificial aging*, sedangkan nilai tertinggi adalah 27,4 MPa yang didapatkan dari variasi waktu *artificial aging* 5 jam.

### Saran

Saran untuk penelitian selanjutnya sebagai berikut:

- Perlu adanya penelitian lebih lanjut mengenai variasi waktu *artificial aging* dengan batasan waktu 1jam, 3jam, dan 5jam terhadap kekerasan dan kekuatan tarik paduan aluminium 6061.
- Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai suhu *artificial aging* dengan batasan suhu 190°C terhadap kekerasan dan kekuatan tarik paduan aluminium 6061.
- Perlu dilakukan pengujian kekuatan mekanis lainnya seperti uji dampak dan uji bending.

### DAFTAR PUSTAKA

- Agboola, O. S., E. R. Sadiku, O. F. Biotidara. 2012. The Properties and the effect of operating parameters on nickel plating (review). *International Journal Of The Physical Sciences* 7(3): 349 – 360.
- Farima, Lely. 2021. Efek Perlakuan Panas Dengan Variasi Double Quenching Dan Penambahan Garam (NaCl) Pada Al6061 Terhadap Kekerasan Dan Struktur Mikro. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- H. Demir and S. Gündüz, “The effects of aging on machinability of 6061 aluminium alloy,” *Mater. Des.*, vol. 30, no. 5, pp. 1480–1483, May 2009.
- M. Sharon, A. S. L. Rodriguez, C. Sharon, and P. S. Gallardo, *Nanotechnology in the Defense Industri: Advances, Innovation, and Practical Application*. John Wiley & Sons Inc., 2019.
- Majanasastra, R. Bagus Suryasa. 2015. Pengaruh Variable Waktu (Aging Heat Treatment) Terhadap Peningkatan Kekerasan Permukaan Dan Struktur Mikro Kepala Piston Sepeda Motor Honda Vario. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin* 3(2).
- Smith, F. William. *Material Science and engineering*. (Second Ed.). New York: Mc Graw-Hill Inc, 1995.

- Subagyo dkk. 2017. Analisis Pengaruh *Artificial aging* Terhadap Sifat Mekanis Pada Aluminium Seri 606. Lampung: Universitas Lampung.
- Torik, Thufail. 2021. Pengaruh Variasi Waktu Pelapisan Nikel-Krom Pada Aluminium Paduan Terhadap Nilai Kekerasan Dan Impact. Surabaya: Universitas Negeri Surabaya.
- Van Vlack, L. H., 1991, Ilmu dan Teknologi Bahan (Ilmu Logam dan Bukan Logam), Edisi kelima. Diterjemahkan oleh Sriati Djaprie, Jakarta, Erlangga
- Wardani dkk. 2020. Pengaruh Natural Aging Sebelum Proses *Artificial aging* Terhadap Sifat Mekanik Aluminium 6061. Surabaya: Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya.
- Widyatmoko, Muhammad Riky. 2019. Perbandingan *Artificial aging* Dengan Natural Aging Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Pada Aluminium (Al-Cu). Surakarta: Universitas Muhammadiyah Surakarta.

