

**PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS DAN MEDIA  
PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN MIKROSTRUKTUR  
ALUMINIUM 2024**



RIZKY AKBAR AULIA SITORUS  
NIM: 41320110071

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MERCU BUANA  
JAKARTA 2022

LAPORAN TUGAS AKHIR

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS DAN MEDIA  
PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN MIKROSTRUKTUR  
ALUMINIUM 2024



Disusun oleh:

Nama : RIZKY AKBAR AULIA SITORUS  
NIM : 41320110071  
Program Studi : Teknik Mesin

DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SYARAT KELULUSAN MATA KULIAH  
TUGAS AKHIR PADA PROGRAM SARJANA STRATA SATU (S1)  
AGUSTUS 2022

## HALAMAN PENGESAHAN

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PERLAKUAN PANAS DAN MEDIA  
PENDINGIN TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN MIKROSTRUKTUR  
ALUMINIUM 2024

Disusun oleh:

Nama : Rizky Akbar Aulia Sitorus  
NIM : 41320110071  
Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui pada tanggal 13 Agustus 2022

Telah dipertahankan di depan penguji,

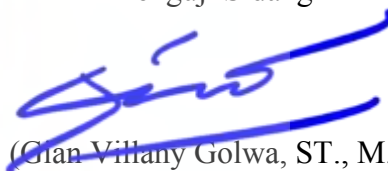
Pembimbing TA



(Yudhi Chandra Dwiaji, ST., MT.)

NIP.615780087

Penguji Sidang I



(Gian Villany Golwa, ST., M.Si.)

NIP. 1975801149

Penguji Sidang II



(Hadi Pranoto, Ph.D)

NIP: 114730437

Penguji Sidang III

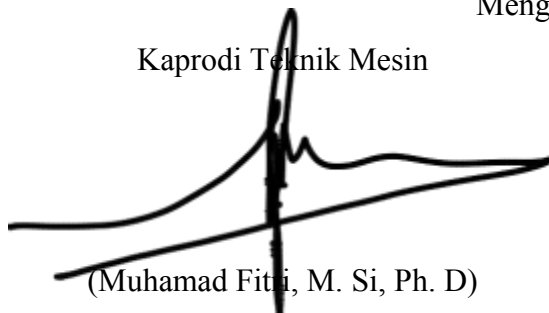


(R. Ariosuko Dharmajati, M.T.)

NIP: 196660199

Mengetahui,

Kaprodi Teknik Mesin



(Muhamad Fitri, M. Si, Ph. D)

NIP. 118690617

Koordinator TA



(Alief Avicenna Luthfie, ST., M.Eng)

NIP. 216910097

## HALAMAN PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini,

Nama : Rizky Akbar Aulia Sitorus

NIM : 41320110071

Jurusan : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Judul Tugas Akhir : Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Panas Dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis Dan Mikrostruktur Aluminium 2024

Dengan ini menyatakan bahwa saya melakukan Tugas Akhir dengan sesungguhnya dan hasil penulisan Laporan Tugas Akhir yang telah saya buat ini merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ternyata di kemudian hari penulisan Laporan Tugas Akhir ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus bersedia menerima sanksi berdasarkan aturan di Universitas Mercu Buana.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa paksaan.

UNIVERSITAS  
MERCU BUANA

Tangerang, 15 Agustus 2022



Rizky Akbar Aulia Sitorus

## PENGHARGAAN

Bismillahirrahmaanirrahi. Assalamualaikum wr. wb. Dengan Rahmat Alloh yang maha kuasa bagi seluruh alam Semesta saya panjatkan puja dan puji syukur atas kehadiratNya yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahnya kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan proposal Tugas Akhir ditahun 2022 dengan judul “Pengaruh Variasi Temperatur Perlakuan Panas dan Media Pendingin Terhadap Sifat Mekanis dan Mikrostruktur Aluminium 2024” dengan baik dan benar. Penulisan Proposal Tugas Akhir ini disusun untuk dapat memenuhi salah satu persyaratan kurikulum Sarjana strata satu (S1) di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Mercubuana. Penyusun menyadari tanpa dan bimbingan pengarahannya dan bantuan dari semua pihak tentunya laporan ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik oleh karena itu Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Harwikarya, M.T selaku Plt.Rektor Universitas Mercu Buana.
2. Bapak Dr. Ir. Mawardi Amin, MT Selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Mercubuana.
3. Bapak Muhamad Fitri, MSi, Ph.D selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya.
4. Bapak Alief Avicenna Luthfie, ST. M Eng, selaku Koordinator tugas akhir sekaligus Seketaris Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya
5. Bapak Yudhi Chandra Dwiaji ST, MT selaku Dosen Pembimbing yang telah sabar dalam membimbing dan mengarahkan selama proses penyusunan laporan tugas akhir.
6. Seluruh dosen Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya yang telah membimbing selama perkuliahan.
7. Seluruh civitas akademika Program Studi Teknik Mesin Universitas Mercubuana Meruya, atas kerjasamanya dan bantuannya selama proses pembelajaran dan proses penyusunan laporan ini.
8. Kedua Orang Tua saya Bapak Abdul Halim Sitorus, Mpd, Mhum dan Ibu Nursini, SH, MH yang selalu memberikan dukungan berupa doa dan nasihatnya sehingga dapat termotivasi untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
9. Teman-teman tercinta yang telah banyak memberikan semangat sehingga laporan tugas akhir ini terselesaikan.

10. Dan keluarga saya di Medan Sumatera Utara yang selalu menyemangati saya.

Semoga laporan ini bermanfaat bukan hanya untuk penulis tetapi juga untuk para pembaca agar mendapatkan ilmu dan pengetahuan bagi kita semua. Tidak ada hasil Karya yang sempurna, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT. Oleh sebab itu sekiranya terdapat kesalahan, penulis memohon maaf yang sebesar-besarnya.

Kritik dan saran sekiranya dapat diberikan agar laporan ini menjadi lebih baik

Tangerang, 15 Agustus 2022



Rizky Akbar Aulia Sitorus



## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN PENGESAHAN</b>	<b>iii</b>
<b>HALAMAN PERNYATAAN</b>	<b>iv</b>
<b>PENGHARGAAN</b>	<b>v</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>ix</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR SIMBOL</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR RUMUS</b>	<b>xvii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. LATAR BELAKANG	1
1.2. RUMUSAN MASALAH	2
1.3. TUJUAN	2
1.4. MANFAAT	3
1.5. RUANG LINGKUP DAN BATASAN MASALAH	3
1.6. SISTEMATIKA PENULISAN	3
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>11</b>
2.1. PENELITIAN TERDAHULU	11
2.2. SIFAT MEKANIS	17
2.3. PADUAN ALUMINIUM	17
2.4. KLASIFIKASI ALUMINIUM	18
2.5. SIFAT-SIFAT ALUMINIUM	22
2.6. MATERIAL ALUMINIUM PADA PESAWAT	26
2.7. SPESIFIKASI ALUMUNIUM 2024	27
2.8. METODE PENGUJIAN <i>HARDNESS ROCKWELL</i>	28

2.8.1.	<i>Indentor</i>	30
2.8.2.	Skala kekerasan <i>Rockwell</i>	30
2.9.	METODE PENGUJIAN <i>BRINELL</i>	33
2.10.	METODE PENGUJIAN <i>VICKERS</i>	35
2.11.	PERLAKUAN PANAS	36
2.12.	WAKTU PENAHANAN ( <i>HOLDING TIME</i> )	37
2.13.	MEDIA PENDINGIN	37
2.14.	PENGUJIAN MIKROSTRUKTUR ( <i>METALLOGRAPHY TEST</i> )	39
 <b>BAB III METODOLOGI</b>		<b>40</b>
3.1.	DIAGRAM ALIR	40
3.2.	PERSIAPAN ALAT DAN BAHAN	42
3.2.1.	Alat Penelitian	42
3.2.2	Bahan	47
3.3.	PROSEDUR PENELITIAN	49
3.3.1	Pemotongan Aluminium	50
3.3.2	Metode <i>Hardness Rockwell Test</i>	50
3.3.3.	Perlakuan Panas	53
3.3.4.	Pendinginan Spesimen	54
3.4.3.	Pengujian Metalografi	55
 <b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN</b>		<b>57</b>
4.1	Hasil Pengujian	57
 <b>BAB V PENUTUP</b>		<b>66</b>
5.1.	KESIMPULAN	66
5.2.	SARAN	66
 <b>DAFTAR PUSTAKA</b>		<b>68</b>





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram Fasa Al-Cu	19
Gambar 2.2 Diagram Fasa Al-Mn	20
Gambar 2.3 Diagram Fasa Al-Si	20
Gambar 2.4 Diagram Fasa Al-Mg	21
Gambar 2.5 Diagram Fasa Al-Mg-Si	21
Gambar 2.6. Diagram Fasa Al-Zn	22
Gambar 2.7 Diagram Fasa Al-Cu	26
Gambar 2.8 Proses Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	29
Gambar 2.9 Mesin Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	29
Gambar 2.10 <i>Indentor</i> Intan Dan <i>Indentor</i> Bola	30
Gambar 2.11 Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i> Memakai <i>Indentor</i> Intan Dan Bola	33
Gambar 2.12 Parameter-parameter dasar pada pengujian <i>Brinell</i>	34
Gambar 2.13 Hasil penekanan pada uji kekerasan <i>Vickers</i>	35
Gambar 2.14 Diagram Temperatur Terhadap Waktu	36
Gambar 2.15 Air	38
Gambar 2.16 Aviation Turbo Oil 2389	38
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2 <i>Shearing Machine</i>	42
Gambar 3.3 Gerinda Pemotong Spesimen	43
Gambar 3.4 Jangka Sorong	43
Gambar 3.5 Sarung Tangan	43
Gambar 3.6 Electric Tempering Furnace	44
Gambar 3.7 Penjepit Spesimen	44
Gambar 3.8 Mesin <i>Hardness Rockwell</i>	45
Gambar 3.9 Mikroskop optic	47
Gambar 3.10 AL sheet 2024-T0 ketebalan 1.6mm dengan ukuran 30 cm x 20cm	47
Gambar 3.11 Resin dan Hardener	48
Gambar 3.12 Amplas	48
Gambar 3.13 Serbuk alumia	48
Gambar 3.14 Larutan Keller's	49
Gambar 3.15 Air	49

Gambar 3.16 Aviation Turbo Oil 2389	49
Gambar 3.17 Parameter Pengujian Kekerasan AL 2024T0	51
Gambar 3.18 Parameter Pengujian Kekerasan AL 2024T3	51
Gambar 3.19 Spesimen Mengalami Perlakuan Panas Pada Suhu 400°C	53
Gambar 3.20 Spesimen Mengalami Perlakuan Panas Pada Suhu 500°C	54
Gambar 3.21 Gambar Pendinginan Specimen Dengan Media Air	54
Gambar 3.22 Gambar Pendinginan Specimen Dengan Media Oli	55
Gambar 4.1 Grafik Uji Kekerasan <i>Rockwell</i> (HRB) Pada Suhu 400°C	59
Gambar 4.2 Grafik Uji Kekerasan <i>Rockwell</i> (HRB) Pada Suhu 500°C.	61
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan Kekerasan Dengan Media Pendingin Air.	62
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan Kekerasan Dengan Media Pendingin Oli	62
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan Kekerasan	63
Gambar 4.6 <i>Raw Material</i> Aluminium 2024	63
Gambar 4.7 Perlakuan Panas Pada Suhu 400 °C Media Pendingin Air setelah di etsa 3 kali	64
Gambar 4.8 Perlakuan Panas Pada Suhu 400 °C Media Pendingin Oli setelah di etsa 3 kali	64
Gambar 4.9 Perlakuan Panas Pada Suhu 500 °C Media Pendingin Air setelah di etsa 3 kali	64
Gambar 4.10 Perlakuan Panas Pada Suhu 500 °C Media Pendingin Oli setelah di etsa 3 kali	65

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Penelitian Terdahulu	11
Tabel 2.2. Kode Paduan Aluminium	18
Tabel 2.3. Sifat Fisik Aluminium	22
Tabel 2.4 Sifat-sifat Fisik Al 2024	25
Tabel 2.5 Hasil Uji Komposisi Kimia Aluminium 2024	25
Tabel 2.6 Komposisi Kimia Al 2024	27
Tabel 2.7 Mechanical Properties Al 2024	28
Tabel 2.8 Skala Pada Pengujian Kekerasan <i>Rockwell</i>	31
Tabel 2.9 Rentang Skala Kekerasan <i>Rockwell</i>	32
Table 3.1 <i>Hardness Conversion Chart for Wrought Aluminum Products</i>	52
Tabel 4.1 Hasil Uji Kekerasan <i>Hardness Rockwell</i> Sebelum Perlakuan Panas	57
Tabel 4.2 Hasil Pengujian Kekerasan Perlakuan Panas Pada Suhu 400 °C Dengan Media Pendingin Air Dan Oli.	58
Tabel 4.3 Hasil Uji Kekerasan Setelah Perlakuan Panas Suhu 400°c Dengan Media Pendingin Air	58
Tabel 4.4 Hasil Uji Kekerasan Setelah Perlakuan Panas Suhu 400°C Dengan Media Pendingin Oli	59
Tabel 4.5 Hasil Pengujian Kekerasan Pada Suhu Perlakuan Panas 500 °C Dengan Media Pendingin Air Dan Oli.	60
Tabel 4.6 Hasil Uji Kekerasan Setelah Perlakuan Panas Pada Suhu 500°C Dengan Media Pendingin Air	60
Tabel 4.7 Hasil Uji Kekerasan Setelah Perlakuan Panas Suhu 500°C Dengan Media Pendingin Oli	61

## DAFTAR SIMBOL

Simbol	Keterangan
P	= Beban yang digunakan (kg)
D	= Panjang diagonal rata- rata (mm)
$\theta$	= Sudut antara permukaan intan yang berhadapan = $120^\circ$
E	= Konstanta dengan nilai 100 untuk indenter bola baja 1/16".
e	= Kedalaman penetrasi permanen karena beban utama ( $f_1$ ) diukur dengan satuan 0,002 mm. Jadi, $e = h/0,002$ $f_0$ = beban pendahuluan (beban minor).
F <sub>0</sub>	= Beban pendahuluan (beban <i>minor</i> )
F <sub>1</sub>	= Beban utama (beban <i>mayor</i> )
a	= Kedalaman penetrasi oleh beban <i>minor</i>
b	= Kedalaman penetrasi oleh beban total ( $f_0 + f_1$ )
e	= Kedalaman penetrasi setelah beban utama dilepaskan
K <sub>d</sub>	= Tetapan kesetaraan titik didih molal yang tergantung pada jenis pelarut, untuk air sebesar $0,52^\circ\text{C m}^{-1}$ .
m	= Molalitas larutan
AL2024	= Paduan aluminium yang mengandung tembaga 4,5%

## DAFTAR SINGKATAN

<b>Singkatan</b>	<b>Keterangan</b>
AL	<i>Aluminium</i>
ASTM	<i>American Society Of testing dan material</i>
MKM	Mekanika Kekuatan Material
HRB	<i>Hardness Rockwell Skala B</i>
ISO	<i>International Organization For Standardization</i>
VHN	<i>Vickers Hardness</i>
HR	<i>Hardness Rockwell</i>
SAE	<i>Society Of Automotive Engineer</i>
PDAM	Perusahaan Daerah Air Minum



## DAFTAR RUMUS

### 1. Rumus *Hardness Rockwell*

$$HR = E - e \quad (2.1)$$

dimana:

E = Konstanta dengan nilai 100 untuk indenter intan dan 130 untuk indenter bola.

e = Kedalaman penetrasi permanen karena beban utama (F1) diukur

dengan satuan 0,002 mm. Jadi,  $e = h/0,002$

### 2. Rumus *Brinell*

$$BHN = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]} \quad (2.2)$$

Dimana :

P = Beban yang diberikan (kg atau kgf)

D = Diameter indenter (mm)

d = Diameter bekas lekukan (mm)

### 3. Rumus *Vickers*



$$d = \frac{d_1 + d_2}{2}$$

$$HVN = \frac{2.P.\sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = 1.854 \frac{p}{d^2} \text{ kg. mm}^2 \quad (2.3)$$

Dimana :

d = Diagonal rata – rata ( mm )       $\theta$  = Sudut puncak = 136 °

P = Beban ( kg )