

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR
DAN WAKTU PENUAAN (*AGING*) PERLAKUAN
PANAS T6 TERHADAP FASA YANG TERBENTUK
PADA CORAN *REMELTING* AA 6061**



Disusun Oleh :

MUHAMMAD LUQMAN HAKIM

NBI : 1422200132

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2026

TUGAS AKHIR

**ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR
DAN WAKTU PENUAAN (*AGING*) PERLAKUAN
PANAS T6 TERHADAP FASA YANG TERBENTUK
PADA CORAN *REMELTING* AA 6061**



Disusun Oleh :

MUHAMMAD LUQMAN HAKIM
NBI : 1422200132

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA**

2026

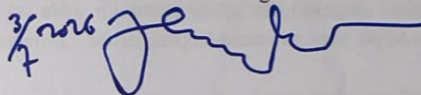
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS 17 AGUSTUS 1945 SURABAYA

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

NAMA : MUHAMMAD LUQMAN HAKIM
NIM : 1422200132
PROGRAM STUDI : TEKNIK MESIN
FAKULTAS : TEKNIK
JUDUL : ANALISIS PENGARUH VARIASI
TEMPERATUR DAN WAKTU
PENUAAN (*AGING*) PERLAKUAN
PANAS T6 TERHADAP FASA YANG
TERBENTUK PADA CORAN
RE MELTING AA 6061

Mengetahui/Menyetujui

Dosen Pembimbing



Dr. Harjo Seputro, ST., MT

NPP: 20420.96.0471

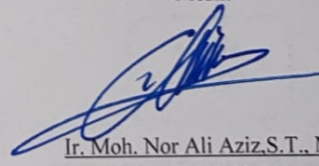


Dekan Fakultas Teknik

Dr. Ir. Ar. R.A. Retno Hastijanti, M.T., IPU., IAI., APEC Eng

NPP. 20440.91.0218

Ketua Progam Studi Teknik
Mesin



Ir. Moh. Nor Ali Aziz, S.T., M.T

NPP. 20420.20.0826

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Muhammad Luqman Hakim
NIM : 1422200132
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi/tugas akhir dengan judul:

“ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PENUAAN (AGING) PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP FASA YANG TERBENTUK PADA CORAN REMELTING AA 6061”

Adalah hasil karya saya sendiri. Skripsi/tugas akhir ini tidak mengandung karya orang lain yang telah dipublikasikan atau ditulis sebelumnya, kecuali sebagaimana yang telah disebutkan dalam daftar pustaka dan sumber kutipan. Saya bertanggung jawab sepenuhnya atas keaslian isi skripsi/tugas akhir ini. Jika di kemudian hari ditemukan bukti bahwa skripsi/tugas akhir ini mengandung unsur plagiat, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tanpa paksaan dari pihak mana pun.

Surabaya, 15 Juni 2026
Yang membuat pernyataan,



Muhammad Luqman Hakim
NIM: 1422200132



UNIVERSITAS
17 AGUSTUS 1945
SURABAYA

BADAN PERPUSTAKAAN
JL. SEMOLOWARU 45
SURABAYA
TELP. 031 593 1800 (Ext. 311)
e-mail : perpus@untag-sby.ac.id

LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS

Sebagai Civitas Akademika Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya,
saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Muhammad Luqman Hakim
NBI/NPM	: 1422200132
Fakultas	: Teknik
Program Studi	: Teknik Mesin
Jenis Karya	: Tugas Akhir/Tesis/Disertasi/Laporan Penelitian/Praktek

Demi perkembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk
memberikan kepada Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Nonexclusive Royalty-Free Right*), atas
karya saya yang berjudul:

"ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PENUAAN (AGING) PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP FASA YANG TERBENTUK PADA CORAN REMELTING AA 6061

Dengan **Hak Bebas Royalti Noneksklusif** (*Nonexclusive Royalty-Free Right*),
Badan Perpustakaan Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya berhak menyimpan,
mengalihkan media atau memformatkan, mengolah dalam bentuk pangkalan data
(*database*), merawat, mempublikasikan karya ilmiah selama tetap tercantum.

Dibuat di : Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya
Pada tanggal : 01 Juli 2026

Surabaya, 01 Juli 2026



Muhammad Luqman Hakim
NIM: 1422200132

LEMBAR PERSEMBAHAN

Puji syukur penulis panjatkan kepada tuhan Yang Maha Esa atas segala rahmat, karunia, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.

Tugas akhir ini saya persembahkan kepada :

1. Kedua orang tua tercinta, Bapak Amirudin dan Ibu Endah Sumarmi, terimakasih atas doa, dukungan, kasih sayang dan cinta yang selalu di berikan, serta pengorbanan yang tak pernah diminta untuk dibalas. Terimakasih atas segala yang sudah di berikan serta yang sudah dikorbankan sehingga penulis dapat menyelesaikan Tugas Akhir dengan baik.
2. Terimakasih kepada keluarga, terutama kepada mbak Bela, mbak Tasya, mas Axel, Kenzie scp dan Ociel gorgon serta adek mimi yang penulis sayangi. Terimakasih karena selalu mendoakan dan memberikan motivasi kepada penulis saat menyelesaikan Tugas Akhir.
3. Bapak Dr. Harjo Seputro, S.T., M.T. Selaku Rektor Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, sekaligus Dosen Pembimbing yang telah meluangkan waktu, tenaga dan pikiran untuk membantu penulis menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak/Ibu Dosen di Progam Studi Teknik Mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat kepada penulis pada saat masa perkuliahan.
5. Kepada Haty Hayuning Salsabila yang penulis cintai dengan segala lapang dada dan hatinya yang besar telah menemani penulis dikala suka maupun duka, memberikan semangat, motivasi dan menguatkan tekad penulis hingga bisa menyelesaikan Tugas Akhir.
6. Kepada teman - teman teknik mesin Universitas 17 Agustus 1945 Surabaya, angkatan 2022 yang sudah banyak membantu penulis untuk menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Kepada teman - teman Pataga Surabaya yang sangat memotivasi dan pernah menjadi rumah kedua bagi penulis.
8. Kepada Firm Green Nero yang menjadi wadah bagi penulis mendukung tim kebanggaannya Persebaya Surabaya.
9. kepada Muhammad Luqman Hakim yang telah mencurahkan segalanya, keringat dan air mata yang akhirnya bisa menyelesaikan tugas akhir ini.

ABSTRAK

ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PENUAAN (*AGING*) PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP FASA YANG TERBENTUK PADA CORAN *REMelTING* AA 6061

Paduan aluminium AA 6061 merupakan salah satu material yang banyak digunakan pada bidang industri karena memiliki sifat ringan, ketahanan korosi yang baik, serta mampu meningkatkan sifat mekaniknya melalui perlakuan panas. Perlakuan panas T6 merupakan salah satu metode untuk meningkatkan kekuatan material melalui mekanisme penguatan presipitasi dengan pembentukan fasa penguat berupa Mg_2Si . Namun, pada material hasil *remelting* terjadi perubahan karakteristik strukturmikro akibat adanya segregasi unsur, perubahan distribusi presipitat, serta kemungkinan terbentuknya fasa intermetalik yang dapat mempengaruhi sifat mekanik material. Oleh karena itu, pengaturan temperatur dan waktu *aging* menjadi faktor penting dalam menentukan evolusi fasa yang terbentuk pada coran *remelting* AA 6061. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur dan waktu *aging* perlakuan panas T6 terhadap fasa yang terbentuk pada coran *remelting* AA 6061 serta mengetahui pengaruhnya terhadap nilai kekerasan material. Metode penelitian dilakukan dengan proses *remelting* aluminium AA 6061 menggunakan tungku krusibel, kemudian dilakukan perlakuan panas T6 dengan tahapan *solution treatment*, *quenching*, dan *artificial aging* dengan variasi temperatur 165°C, 185°C, dan 205°C serta variasi waktu penahanan 1,5 jam, 2,5 jam, dan 3,5 jam. Pengamatan strukturmikro dan Fasa yang terbentuk menggunakan SEM-EDX (*Scanning Elektron Microscope – Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*), sedangkan sifat mekanik material dianalisis menggunakan pengujian kekerasan Brinell. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perlakuan panas T6 memberikan pengaruh terhadap perubahan struktur mikro dan pembentukan fasa pada material AA 6061 hasil *remelting*. Berdasarkan hasil SEM-EDX, fasa utama yang terbentuk berupa matriks α -Al dengan adanya presipitat yang mengandung unsur Mg dan Si yang menunjukkan terbentuknya fasa Mg_2Si sebagai fasa penguat. Selain itu ditemukan unsur Fe dan Si yang berpotensi membentuk fasa intermetalik $AlFeSi$ akibat pengaruh proses *remelting*. Variasi temperatur dan waktu *aging* menyebabkan perubahan perkembangan presipitat, dimana peningkatan temperatur dan waktu *aging* mempercepat proses difusi Mg dan Si sehingga meningkatkan pembentukan presipitat hingga mencapai kondisi optimum sebelum mengalami *overaging*. Hasil pengujian kekerasan Brinell menunjukkan bahwa perlakuan *aging* memberikan peningkatan nilai kekerasan dibandingkan spesimen tanpa perlakuan panas. Nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada spesimen M2 dengan temperatur *aging* 185°C selama 2,5 jam

yaitu sebesar 67,91 HB, yang menunjukkan kondisi pembentukan presipitat paling optimal dalam meningkatkan kekerasan material. Setelah melewati kondisi optimum, peningkatan waktu *aging* menyebabkan kecenderungan penurunan kekerasan akibat pertumbuhan presipitat yang menyebabkan efek *overaging*. Berdasarkan penelitian ini dapat disimpulkan bahwa variasi temperatur dan waktu *aging* pada perlakuan panas T6 berpengaruh terhadap pembentukan fasa dan sifat mekanik coran *remelting* AA 6061. Pembentukan presipitat Mg_2Si yang optimal mampu meningkatkan kekerasan material melalui mekanisme penguatan presipitasi, sedangkan perlakuan *aging* berlebih dapat menyebabkan penurunan efektivitas penguatan akibat perubahan ukuran dan distribusi presipitat.

Kata kunci: AA 6061, *Remelting*, Perlakuan Panas T6, *Aging*, SEM-EDX, Kekerasan Brinell.

ABSTRACT

ANALYSIS OF THE EFFECT OF AGING TEMPERATURE AND TIME VARIATIONS IN T6 HEAT TREATMENT ON PHASE FORMATION IN REMELTED CAST AA 6061 ALLOY

AA 6061 aluminum alloy is one of the materials widely used in industrial applications due to its lightweight properties, good corrosion resistance, and ability to improve mechanical properties through heat treatment. T6 heat treatment is one of the methods used to increase material strength through the precipitation hardening mechanism by forming strengthening phases in the form of Mg_2Si . However, remelted materials experience changes in microstructural characteristics due to element segregation, changes in precipitate distribution, and the possibility of intermetallic phase formation that can affect the mechanical properties of the material. Therefore, controlling aging temperature and time is an important factor in determining the evolution of phases formed in remelted cast AA 6061 alloy. This study aims to analyze the effect of variations in aging temperature and time of T6 heat treatment on the phases formed in remelted cast AA 6061 alloy and to determine their effect on the material hardness value. The research method was carried out through the remelting process of AA 6061 aluminum using a crucible furnace, followed by T6 heat treatment consisting of solution treatment, quenching, and artificial aging with temperature variations of 165°C, 185°C, and 205°C and holding time variations of 1.5 hours, 2.5 hours, and 3.5 hours. Microstructural observations and phase identification were performed using SEM-EDX (Scanning Electron Microscope - Energy Dispersive X-ray Spectroscopy), while the mechanical properties of the material were analyzed using Brinell hardness testing. The results showed that T6 heat treatment affected the changes in microstructure and phase formation of remelted AA 6061 material. Based on SEM-EDX analysis, the main phase formed was an α -Al matrix with precipitates containing Mg and Si elements, indicating the formation of Mg_2Si phase as a strengthening phase. In addition, Fe and Si elements were also detected, which potentially formed AlFeSi intermetallic phases due to the remelting process. Variations in aging temperature and time affected precipitate development, where increasing aging temperature and time accelerated the diffusion process of Mg and Si, leading to increased precipitate formation until reaching the optimum condition before overaging occurred. The results of Brinell hardness testing showed that aging treatment increased the hardness value compared to specimens without heat treatment. The highest hardness value was obtained in specimen M2 with an aging temperature of 185°C for 2.5 hours, reaching 67.91 HB, indicating the most optimal

precipitate formation condition in improving material hardness. After exceeding the optimum condition, increasing aging time caused a decrease in hardness due to precipitate growth, resulting in an overaging effect. Based on this study, it can be concluded that variations in aging temperature and time during T6 heat treatment affect phase formation and mechanical properties of remelted cast AA 6061 alloy. Optimal Mg_2Si precipitate formation can improve material hardness through the precipitation strengthening mechanism, while excessive aging treatment can reduce strengthening effectiveness due to changes in precipitate size and distribution.

Keywords: AA 6061, Remelting, T6 Heat Treatment, Aging, SEM-EDX, Brinell Hardness.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur dipanjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah melimpahkan rahmatnya, sehingga penyusunan proposal tugas akhir yang berjudul : **“ANALISIS PENGARUH VARIASI TEMPERATUR DAN WAKTU PENUAAN (*AGING*) PERLAKUAN PANAS T6 TERHADAP FASA YANG TERBENTUK PADA CORAN *REMELTING* AA 6061”** dapat diselesaikan dengan baik.

Penyusunan Tugas Akhir ini tidak terlepas dari bantuan, bimbingan, dan dukungan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. ALLAH SWT yang telah menyertai dan memberkahi dalam pembuatan proposal tugas akhir.
2. Kedua orang tua penulis yang senantiasa memberi ridho dan dukungan moril serta materil.
3. Bapak Dr. Harjo Seputro, S.T., M.T selaku dosen pembimbing yang selalu memberikan bimbingan, saran dan masukan saat mengerjakan Tugas akhir ini sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Ir. Moh. Nor Ali Azis, S.T., M.T selaku Kepala Prodi Teknik Mesin Untag Surabaya, Atas dedikasinya pada Program studi Teknik Mesin yang berpengaruh dalam penyelesaian proposal tugas akhir ini.
5. Teman-teman dari S1 Prodi Teknik Mesin yang telah membantu dalam bentuk semangat, motivasi, dan arahan dalam penyusunan proposal tugas akhir ini.

Saya menyadari sepenuhnya, bahwa Proposal Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna, sehingga saya mengharapkan adanya kritik dan saran dari berbagai pihak.

Surabaya, 15 Juni 2026

Muhammad Luqman Hakim
1422200132

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS	iv
LEMBAR PERSEMBAHAN	v
ABSTRAK	vi
<i>ABSTRACT</i>.....	viii
KATA PENGANTAR.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	2
1.3. Batasan Masalah	2
1.4. Tujuan Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	3
2.1 Paduan Aluminium	3
2.2 AA 6061	5
2.3 <i>Remelting</i> Aluminium 6061	7
2.4 Perlakuan Panas T6.....	8
2.5 SEM-EDX	12
BAB III METODE PENELITIAN.....	19
3.1 Diagram Alir	19
3.2 Penjelasan Diagram Alir	21
3.2.1 Studi literatur	21
3.2.2 Studi lapangan.....	21
3.2.3 Persiapan bahan dan alat.....	21
3.3 Proses Pembuatan Cetakan Ingot	27
3.4 <i>Remelting</i> AA 6061 dengan Tungku Krusibel	29
3.5 Proses Pembuatan Spesimen Uji Kekerasan Brinell.....	33
3.7 Proses Perlakuan Panas T6.....	35
3.8 Proses Pengujian kekerasan Brinell.....	35
BAB IV DATA DAN ANALISA	39
4.1 Kode Pengelompokan Spesimen	39
4.2 Hasil Pengecoran, Pengujian Dan Pengamatan	40
4.3 Analisa Hasil Pengecoran, Pengujian dan Pengamatan	47

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran	63
DAFTAR PUSTAKA	65
LAMPIRAN.....	67

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Sifat Aluminium.....	3
Tabel 2. 2 Perbandingan karakteristik aluminium dengan logam lain	4
Tabel 2. 3 Seri aluminium	4
Tabel 2. 4 Unsur kandungan aluminium 6061.....	6
Tabel 2. 5 Penjelasan seri perlakuan panas	8
Tabel 3. 1 persiapan bahan	21
Tabel 3. 2 Alat yang digunakan.....	23
Tabel 3. 3 Parameter proses temperatur	33
Tabel 4. 1 Kode Pengelompokan Spesimen	39
Tabel 4. 2 Hasil rata rata nilai kekerasan.....	42
Tabel 4. 3 Perbandingan temperatur pada setiap waktu aging	43
Tabel 4. 4 Perbandingan temperatur pada setiap waktu aging	44
Tabel 4. 5 Perbandingan temperatur pada setiap waktu aging	45
Tabel 4. 6 Perbandingan waktu aging pada setiap temperature	46
Tabel 4. 7 Perbandingan waktu aging pada setiap temperatur	47
Tabel 4. 8 Perbandingan waktu aging pada setiap temperatur	46

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Diagram fasa aluminium paduan Mg_2Si	6
Gambar 2. 2 Diagram perlakuan panas	12
Gambar 2. 3 Berbagai tingkat penetrasi elektron melalui permukaan sampel	13
Gambar 2. 4 Diagram skema spektrometer dispersif energi	14
Gambar 3. 1 Pola cetakan 2D	27
Gambar 3. 2 Pemotongan plat baja menggunakan blender.....	28
Gambar 3. 3 Penyambungan plat menggunakan las listrik	28
Gambar 3. 4 Pemanasan cetakan	29
Gambar 3. 5 Proses remelting	30
Gambar 3. 6 Proses penuangan logam cair.....	30
Gambar 3. 7 Pendinginan ruang setelah penuangan	31
Gambar 3. 8 Pengeluaran coran dari cetakan	32
Gambar 3. 9 Meratakan permukaan coran dengan mesin bubut	34
Gambar 3. 10 Proses pemotongan spesimen uji dan hasil pemotongan	34
Gambar 4. 1 Panjang coran	40
Gambar 4. 2 Lebar coran.....	41
Gambar 4. 3 Tebal coran.....	41
Gambar 4. 4 Spesimen L1	43
Gambar 4. 5 Spesimen M1	43
Gambar 4. 6 Spesimen N1.....	43
Gambar 4. 7 Spesimen L2	44
Gambar 4. 8 Spesimen M2.....	44
Gambar 4. 9 Spesimen N2.....	44
Gambar 4. 10 Spesimen L3	45
Gambar 4. 11 Spesimen M3	45
Gambar 4. 12 Spesimen N3.....	45
Gambar 4. 13 Spesimen L1	46
Gambar 4. 14 Spesimen L2	46
Gambar 4. 15 Spesimen L3	46
Gambar 4. 16 Spesimen M1	47
Gambar 4. 17 Spesimen M2	47
Gambar 4. 18 Spesimen M3	47
Gambar 4. 19 Spesimen N1.....	46
Gambar 4. 20 Spesimen N2.....	46
Gambar 4. 21 Spesimen N3.....	46
Gambar 4. 22 Grafik Interaksi Temperatur dan Waktu Aging	48
Gambar 4. 23 Analisa Spesimen L1	50
Gambar 4. 24 Analisa Spesimen L2	51
Gambar 4. 25 Analisa Spesimen L3	52
Gambar 4. 26 Analisa Spesimen M1	53
Gambar 4. 27 Analisa Spesimen M2	54

Gambar 4. 28 Analisa Spesimen M3	55
Gambar 4. 29 Analisa Spesimen N1.....	56
Gambar 4. 30 Analisa Spesimen N2.....	57
Gambar 4. 31 Analisa Spesimen N3.....	58
Gambar 4. 32 Analisa Spesimen K2.....	59
Gambar 4. 33 Analisa Spesimen K1.....	60