

PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP STRUKTUR
KRISTAL DAN KEKERASAN PADA PADUAN INGAT BENTUK
 $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ DENGAN METODE METALURGI SERBUK

SKRIPSI

Oleh

Emaia Sugitha Br. Ginting
2151057017



PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023

**PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP STRUKTUR
KRISTAL DAN KEKERASAN PADA PADUAN INGAT BENTUK
Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03} DENGAN METODE METALURGI SERBUK**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan akademik guna
memperoleh gelar Sarjana Teknik (S.T) Pada Program Studi
Teknik Mesin Fakultas Teknik
Universitas Kristen Indonesia

Oleh

EMAIA SUGITHA BR. GINTING

2151057017



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
JAKARTA
2023**



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Emaia Sugitha Br. Ginting
NIM : 2151057017
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul
“PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP STRUKTUR
KRISTAL DAN KEKERASAN PADA PADUAN INGAT BENTUK
 $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ DENGAN METODE METALURGI SERBUK”
adalah:

1. Dibuat dan diselesaikan sendiri dengan menggunakan hasil kuliah, tinjauan lapangan, buku-buku dan jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada karya tugas akhir saya.
2. Bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar sarjana di Universitas lain, kecuali pada bagian-bagian sumber informasi yang dicantumkan dengan cara referensi yang semestinya.
3. Bukan merupakan karya terjemahan dari kumpulan buku atau jurnal acuan yang tertera di dalam referensi pada tugas.

Kalau terbukti saya tidak memenuhi apa yang dinyatakan di atas, maka karya tugas akhir ini dianggap batal.

Jakarta, 11 Juli 2023



Emaia Sugitha Br. Ginting



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR

**“PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP STRUKTUR KRISTAL
DAN KEKERASAN PADA PADUAN INGAT BENTUK $Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}$
DENGAN METODE METALURGI SERBUK”**

Oleh:

Nama : Emaia Sugitha Br. Ginting

NIM : 2151057017

Program Studi : Teknik Mesin

Telah diperiksa dan disetujui untuk diajukan dan dipertahankan dalam Sidang Tugas Akhir guna mencapai gelar Sarjana strata Satu/ pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia.

Jakarta, 11 Juli 2023

Menyetujui:

Pembimbing I

Ir. Budiarto, M.Sc.

NIDN. 0302115801

Pembimbing II

Ir. Surjo Abadi, M.Sc.

NIDN. 0321126505





UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR

Pada tanggal 11 Juli 2023 telah diselenggarakan Sidang Skripsi untuk memenuhi sebagian persyaratan akademik guna memperoleh gelar Sarjana pada Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Indonesia, atas nama:

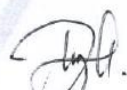

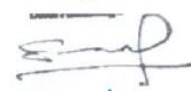

Nama : Emaia Sugitha Br. Ginting

NIM : 2151057017

Program Studi : Teknik Mesin

Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul "PENGARUH WAKTU KALSINASI TERHADAP STRUKTUR KRISTAL DAN KEKERASAN PADA PADUAN INGAT BENTUK $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ DENGAN METODE METALURGI SERBUK" oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dikky Antonius, S.T. M.Sc.	Sebagai Ketua	
2. Ir. Surjo Abadi, M.Sc.	Sebagai Anggota	
3. Ir. Sesmaro Max Yuda, M.T.	Sebagai Anggota	
4. Ir. Budiarto, M.Sc.	Sebagai Anggota	

Jakarta, 11 Juli 2023



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

Pernyataan dan Persetujuan Publikasi Tugas Akhir

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Emaia Sugitha Br. Ginting

NIM : 2151057017

Fakultas : Teknik

Program Studi : Teknik Mesin

Jenis Tugas Akhir : Skripsi

Judul : Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Struktur Kristal Dan Kekerasan Pada Paduan Ingot Bentuk $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ Dengan Metode Metalurgi Serbuk

Menyatakan bahwa:

1. Tugas akhir tersebut adalah benar karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah dipublikasikan atau yang pernah dipakai untuk mendapatkan gelar akademik di perguruan tinggi manapun;
2. Tugas akhir tersebut bukan merupakan plagiat dari hasil karya pihak lain, dan apabila saya/kami mengutip dari karya orang lain maka akan dicantumkan sebagai referensi sesuai dengan ketentuan yang berlaku;
3. Saya memberikan Hak Non Eksklusif Tanpa Royalti kepada Universitas Kristen Indonesia yang berhak menyimpan, mengalih media/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat dan mempublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilih hak cipta.

Apabila di kemudian hari ditemukan pelanggaran Hak Cipta dan Kekayaan Intelektual atau Peraturan Perundang-undangan Republik Indonesia lainnya dan integritas akademik dalam karya saya tersebut, maka saya bersedia menanggung secara pribadi segala bentuk tuntutan hukum dan sanksi akademis yang timbul serta membebaskan Universitas Kristen Indonesia dari segala tuntutan hukum yang berlaku.

Jakarta, 11 Juli 2023



Emaia Sugitha Br. Ginting

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya sampaikan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas anugerah dan kemurahan-Nya, yang telah memungkinkan saya menyelesaikan Laporan Tugas Akhir ini dengan tepat pada waktu yang telah ditentukan.

Adapun Laporan Tugas Akhir yang berjudul **“Pengaruh Waktu Kalsinasi Terhadap Struktur Kristal Dan Kekerasan Pada Paduan Ingot Bentuk $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ Dengan Metode Metalurgi Serbuk”** Hal ini merupakan persyaratan yang harus dipenuhi oleh para penulis dalam rangka menyelesaikan pendidikan tingkat Sarjana (S1) di Fakultas Teknik, jurusan Teknik Mesin, Universitas Kristen Indonesia.

Meskipun penulis menghadapi banyak kendala dan tantangan dalam proses penyelesaian Laporan Tugas Akhir ini, dengan dukungan dan bantuan dari berbagai pihak, akhirnya Laporan Tugas Akhir ini berhasil diselesaikan. Oleh karena itu, pada kesempatan ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dikky Antonius, S.T.,M.Sc., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia;
2. Ir. Budiarto, M.Sc., selaku Ketua Program Studi Teknik Mesin;
3. Ir. Budiarto, M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing 1, yang telah dengan murah hati meluangkan waktu dan memberikan bantuan berharga kepada penulis melalui bimbingan serta arahan dalam proses penyusunan Laporan Tugas Akhir ini;
4. Ir. Surjo Abadi, M.Sc., sebagai Dosen Pembimbing 2, yang dengan tulus dan penuh kesabaran memberikan bimbingan kepada penulis;
5. Para dosen, staf, dan karyawan di Program Studi Teknik Mesin, ucapan terima kasih yang tulus penulis sampaikan atas segala bimbingan, nasihat, dan pengajaran yang telah diberikan kepada penulis selama 1,5 tahun perjalanan pendidikan di Universitas Kristen Indonesia;

6. Teman-teman mahasiswa ekstensi dan teman-teman seperjuangan Teknik Mesin 2021;
7. Untuk seluruh keluarga penulis, terimakasih atas dukungan dan doanya secara khusus dengan tulus hati dan dengan rasa penuh hormat penulis menyampaikan rasa terimakasih;
8. Segala individu yang telah berkontribusi, meskipun tidak dapat diuraikan satu per satu di dalam konteks ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih jauh dari kata sempurna dari segi sistematika maupun referensi, disebabkan keterbatasan waktu, pengetahuan dan tenaga. Oleh karena itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang bersifat membangun untuk kesempurnaan Laporan Tugas Akhir ini. Akhir kata penulis mengucapkan terima kasih, semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua yang membacanya. Tuhan Yesus memberkati.

Medan, 17 Juli 2022

Hormat penulis,



Emaia Sugitha Br. Ginting

NIM. 2151057017

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR	ii
PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR	iii
PERSETUJUAN TIM PENGUJI TUGAS AKHIR	iv
PERNYATAAN DAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS AKHIR	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
ABSTRAK	xv
ABSTRACT	xvi
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	3
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Spesifikasi Material.....	6
2.1.1 Tembaga (Cu).....	6
2.1.1.1 Karakteristik Tembaga	7
2.1.2 Aluminium (Al)	8
2.1.2.1 Klasifikasi Pengecoran Aluminium	8
2.1.2.2 Klasifikasi Pengecoran Aluminium	9

2.1.3	Seng (Zn).....	10
2.2	Jenis Perlakuan Panas (<i>Heat Treatment</i>).....	14
2.2.1	Contoh Proses Perlakuan Panas	16
2.3	Struktur Kristal.....	23
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		26
3.1	Diagram Alir Penelitian	26
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian	28
3.2.1	Tempat Penelitian.....	28
3.2.2	Waktu Penelitian	28
3.3	Metode dan Desain Penelitian	28
3.4	Alat dan Bahan Penelitian	28
3.4.1	Alat yang digunakan.....	28
3.4.2	Bahan Utama	29
3.4.3	Bahan Pendukung	29
3.4.4	Alat Proses Penelitian	29
3.4.5	Alat Pengujian	30
3.5	Variabel Penelitian	30
3.5.1	Variabel Terikat.....	30
3.5.2	Variabel Tetap	30
3.6	Prosedur Pembuatan Sampel	30
3.6.1	Pembuatan Sampel Uji.....	30
3.6.2	Proses Perlakuan Panas	31
3.7	Pengujian Sampel	35
3.7.1	XRD (<i>X-Ray Diffractometer</i>).....	36
3.7.1.1	Prinsip Kerja XRD (<i>X-Ray Diffractometer</i>).....	37

3.7.2	Pengujian Kekerasan Brinell	38
3.7.2.1	Prinsip Kerja Uji Kekerasan Brinell	39
3.7.2.2	Kelemahan Metode Brinell	39
3.7.2.3	Kelebihan Metode Brinell	40
3.8	Teknik Pengumpulan Data	40
3.8.1	Observasi atau Pengamatan	40
3.8.2	<i>Interview</i> atau Wawancara	40
3.8.3	Dokumentasi	41
3.8.4	Pustaka	41
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		42
4.1	Hasil Pembuatan Spesimen Uji Material Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	42
4.2	Pengujian XRD	43
4.2.1	Data Hasil Pengujian XRD	43
4.2.2	Analisa Hasil Pengujian XRD	47
4.2.3	Pembahasan Hasil Pengujian Difraktometer Sinar-X.....	49
4.3	Pengujian Kekerasan Material Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	50
4.3.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan Material Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	50
4.3.2	Analisa Pengaruh <i>Aging</i> Dengan Variasi Waktu Penahanan Terhadap Kekerasan Pada Material Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	51
4.4	Pengujian Kekuatan Tarik Material Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	52
4.4.1	Data Hasil Nilai Kekuatan Tarik Material Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	53
4.4.2	Analisa Pengaruh Proses <i>Aging</i> Terhadap Kekuatan Tarik Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	54

4.4.3	Analisa Hasil Nilai Kekerasan dan Kekuatan Tarik Secara Keseluruhan Pada Material Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	54
4.4.4	Pembahasan Hasil Nilai Kekuatan Tarik Pada Baja Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$	55
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		56
5.1	Kesimpulan	56
5.2	Saran	56
DAFTAR PUSTAKA.....		58



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Referensi Jurnal Terdahulu	2
Tabel 2.1 Karakteristik Tembaga.....	7
Tabel 2.2 Sifat Fisik Alumunium	8
Tabel 2.3 Komposisi dan <i>Grade slab zinc</i> (ASTM B6).....	13
Tabel 4.1 Matriks Perancangan Spesimen Penelitian	43
Tabel 4.2 Data Hasil Uji XRD Paduan $Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}$, Quenching Temperatur 750°C, Waktu Penahanan 60 Menit	44
Tabel 4.3 Data Hasil Uji XRD Paduan $Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}$, Aging Temperatur 250°C, Waktu Penahanan 30 Menit	45
Tabel 4.4 Data Hasil Uji XRD Paduan $Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}$, Aging Temperatur 250°C, Waktu Penahanan 60 Menit	46
Tabel 4.5 Data Rata - Rata Nilai Hasil Uji XRD Pada Spesimen Uji Dengan, Sintering 60 Menit , Aging 30 Menit dan Aging 60 Menit	47
Tabel 4.6 Data Hasil Pengujian Kekerasan Skala Brinell	51
Tabel 4.7 Data Hasil Konversi Kekuatan Tarik Skala Brinell.....	53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur tembaga FCC (a) model hard-ball, (b) unit sel, dan (c) satu empera dengan banyak sel	6
Gambar 2.2 Struktur Mikro Alumunium.....	9
Gambar 2.3 Struktur Mikro Alumunium Murni	9
Gambar 2.4 Struktur Mikro Alumunium dengan Zn.....	10
Gambar 2.5 Struktur Mikro Alumunium dengan Cu	10
Gambar 2.6 Struktur empera HCP seng (a) unit sel dan (b) satu kritsal dengan banyak sel.....	12
Gambar 2.7 Diagram Temperatur Terhadap Waktu	15
Gambar 2.8 <i>Isothermal Tranformation Diagram</i>	18
Gambar 2.9 <i>Continuos Cooling Transformation Diagram</i>	20
Gambar 2.10 Konfigurasi stuktur kristal <i>simple cubic</i>	23
Gambar 2.11 Konfigurasi struktur kristal <i>body-centered cubic</i>	24
Gambar 2.12 Konfigurasi struktur kristal <i>face-centered cubic</i>	24
Gambar 2.13 Konfigurasi struktur kristal <i>hexagonal close-packed</i>	25
Gambar 2.14 Konfigurasi struktur kristal <i>icosahedral</i>	25
Gambar 3.1 Diagram Alir	27
Gambar 3.2 Penimbangan Tembaga (Cu)	32
Gambar 3.3 Penimbangan Aluminium (Al).....	32
Gambar 3.4 Penimbangan Seng (Zn)	33
Gambar 3.5 Mixing Paduan $Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}$	33
Gambar 3.6 Proses <i>Die Pressing</i>	34
Gambar 3.7 Proses <i>Sintering</i>	34
Gambar 3.8 Hasil Sampel Paduan $Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}$	35
Gambar 3.9 Alat XRD Untuk Uji Struktur Kristal Di Laboratorium Universitas Indonesia	37
Gambar 3.10 <i>Komponen-komponen X-ray diffraction (XRD)</i>	37
Gambar 4.1 Spesimen Uji Material Paduan $Cu_{0,83}Al_{0,14}Zn_{0,03}$	42

Gambar 4.2 Difraktogram Sinar-X Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$, <i>Sintering</i> Temperatur 750°C, Waktu Penahanan 60 Menit	44
Gambar 4.3 Difraktogram Sinar-X Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$, <i>Aging</i> Temperatur 250°C, Waktu Penahanan 30 Menit	45
Gambar 4.4 Difraktogram Sinar-X Paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$, <i>Aging</i> Temperatur 250°C, Waktu Penahanan 60 Menit	47
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Ukuran Kristal Terhadap Perlakuan Panas	48
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kerapatan Dislokasi Terhadap Perlakuan Panas	48
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Regangan Mikro Terhadap Perlakuan Panas	48
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kekuatan Luluh Terhadap Perlakuan Panas	49
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Media <i>Aging</i> Terhadap Kekerasan	54
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Proses <i>Aging</i> Terhadap Kekuatan Tarik.....	54
Gambar 4.11 Grafik Distribusi Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Brinell	54



ABSTRAK

Studi ini bertujuan untuk menggunakan Teknologi Metalurgi Serbuk dalam produksi paduan ingat bentuk yang terdiri dari matriks logam $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$. Proses ini melibatkan kompaksi serbuk menggunakan tekanan 10 *Metric Ton* dan *sintering* pada suhu tertentu. Metode eksperimen dengan desain "*one-shot case study*" digunakan, di mana variasi temperatur *sintering* diamati terhadap struktur kristal, densitas, dan porositas paduan $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$. Setelah proses *quenching* dengan oli, kekerasan material mengalami penurunan dari 60 HB menjadi 47,3 HB, tetapi kembali tidak signifikan setelah proses aging. Ukuran kristal mengecil setelah proses *Aging* selama 60 menit yakni 0,751 (nm) ke 0,563 (nm). Nilai kerapatan dislokasi meningkat setelah proses *aging* yaitu dari 2,238 (garis/mm²) ke 5,929 (garis/mm²), begitu juga dengan kenaikan regangan mikro setelah proses *tempering* selama 60 menit yaitu dari 0,1166 (ϵ) ke 0,1724 (ϵ). Penelitian selanjutnya disarankan untuk menggunakan variasi media *quenching* yang berbeda, temperatur *hardening* dan *tempering* yang lebih tinggi, serta waktu penahanan yang lebih lama untuk memperoleh informasi yang lebih akurat mengenai perubahan struktur kristal, kerapatan dislokasi, dan regangan mikro.

Kata kunci: *tembaga, aluminium, seng, tempering, aging, kekerasan, kuat tarik, struktur kristal*

ABSTRACT

This study aims to utilize Powder Metallurgy Technology in the production of shape memory alloys consisting of a $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ metal matrix. The process involves powder compaction using a pressure of 10 metric tons and sintering at a specific temperature. An experimental method with a "one-shot case study" design was employed, where variations in sintering temperature were observed in relation to the crystal structure and hardness of the $\text{Cu}_{0,83}\text{Al}_{0,14}\text{Zn}_{0,03}$ shape memory alloy. After quenching with oil, the material hardness decreased from 60 HB to 47.3 HB, but there was no significant change after the aging process. The crystal size decreased after a 60-minute aging process, from 0.751 (nm) to 0.563 (nm). The dislocation density increased after aging, from 2.238 (lines/mm²) to 5.929 (lines/mm²), as did the microstrain increase after a 60-minute tempering process, from 0.1166 (ϵ) to 0.1724 (ϵ). Further research is recommended to explore different quenching media, higher hardening and tempering temperatures, and longer holding times to obtain more accurate information about changes in crystal structure, dislocation density, and microstrain.

Keywords: Copper, Aluminum, Zinc, Quenching, Aging, Hardness, tensile strength, crystal structure

