

**PENGARUH VARIASI SUHU AGING TERHADAP STRUKTUR
KRISTAL, KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK PADA
PADUAN CuAlZn DENGAN METODE
METALURGI SERBUK**

SKRIPSI

Oleh

Gusti Chandra

2151057022



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

2023

**PENGARUH VARIASI SUHU AGING TERHADAP STRUKTUR
KRISTAL, KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK PADA
PADUAN CuAlZn 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

**Gusti Chandra
2151057022**



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



PERNYATAAN KEASLIAN KARYA TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini dengan;

Nama : Gusti Chandra
NIM : 2151057022
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Dengan ini menyatakan bahwa karya tulis tugas akhir yang berjudul “Pengaruh Variasi Suhu Aging Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, dan Kekuatan Tarik Pada Paduan CuAlZn 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.

Bekasi, 17 Juli 2023



Gusti Chandra



UNIVERSITAS KRISTEN INDONESIA
FAKULTAS TEKNIK

PERSETUJUAN DOSEN PEMBIMBING TUGAS AKHIR
“PENGARUH VARIASI SUHU AGING TERHADAP STRUKTUR KRISTAL,
KEKERASAN, DAN KEKUATAN TARIK PADA PADUAN CuAlZn DENGAN
METODE METALURGI SERBUK”

Oleh:

Nama : Gusti Chandra

NIM : 2151057022

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

Ketua Program Studi



Ir. Budiarto, M.Sc

Dekan



Dicky Antonius, S.T., M.Sc.



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 : Gusti Chandra
NIM : 2151057022
Program Studi : Teknik Mesin
Fakultas : Teknik

Termasuk ujian Tugas Akhir yang berjudul " Pengaruh Variasi Suhu Aging Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, Dan Kekuatan Tarik Pada Paduan CuAlZn Dengan Metode Metalurgi Serbuk " oleh tim penguji yang terdiri dari:

Nama Penguji	Jabatan dalam Tim Penguji	Tanda Tangan
1. Dicky 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 : Gusti Chandra
NIM : 2151057022
Fakultas : Teknik
Program Studi : Teknik Mesin
Jenis Tugas Akhir : Skripsi
Judul : Pengaruh Variasi Suhu Aging Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, dan Kekuatan Tarik Pada Paduan CuAlZn 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.

Bekasi, 17 Juli 2023


Gusti Chandra

KATA PENGANTAR

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

Adapun Laporan Tugas Akhir yang berjudul “**Pengaruh Variasi Suhu Aging Terhadap Struktur Kristal, Kekerasan, dan Kekuatan Tarik Pada Paduan CuAlZn 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. Dicky 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.

Bekasi, 17 Juli 2023

Hormat penulis,



Gusti Chandra

NIM. 2151057022



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	vi
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR.....	xii
ABSTRAK.....	xiv
<i>ABSTRACT</i>	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah	3
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.4.1 Untuk Peneliti	4
1.4.2 Untuk Umum	4
1.6 Sistematika penulisan penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	10
2.1 Spesifikasi material.....	10
2.1.1 Tembaga (Cu)	10
2.1.2 Alumunium (Al)	12
2.1.3 Seng (Zn)	15

2.2 Jenis Perlakuan Panas	17
2.2.1 Quenching.....	20
2.2.2 Tempering.....	23
2.2.3 XRD (X-Ray Diffraction).....	24
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	30
3.1 Diagram Alir Penelitian	30
3.2 Tempat dan Waktu Penelitian.....	32
3.2.1 Tempat Penelitian	32
3.2.2 Waktu Penelitian.....	32
3.3 Variabel Penelitian.....	32
3.3.1 Variabel Terikat	32
3.3.2 Variabel Tetap.....	32
3.3.3 Variabel berubah.....	32
3.4 Alat dan Bahan Penelitian.....	33
3.4.1 Alat yang digunakan	33
3.4.2 Bahan Utama.....	33
3.4.3 Bahan Pendukung	33
3.4.4 Alat Proses Penelitian	34
3.4.5 Alat Pengujian.....	34
3.5 Variabel Penelitian	34
3.5.1 Variabel Terikat	34
3.5.2 Variabel Tetap.....	34
3.5.3 Variabel Berubah	34
3.6 Prosedur Pembuatan Sampel.....	35
3.6.1 Pembuatan Sampel Uji.....	35
3.6.2 Proses Perlakuan Panas.....	38

3.7	Pengujian Sampel.....	43
3.7.1	Pengujian dengan Difraktometer Sinar-X.....	43
3.7.2	Pengujian Kekerasan Brinell	44
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		46
4.1	Hasil Pembuatan Spesimen Uji Paduan CuAlZn.....	46
4.2	Pengujian XRD	47
4.2.1	Data Hasil Pengujian XRD.....	47
4.2.2	Pembahasan Hasil Pengujian Difraktometer Sinar-X.....	53
4.3	Pengujian Kekerasan Material Paduan CuAlZn	54
4.3.1	Data Hasil Pengujian Kekerasan Material Paduan CuAlZn	55
4.3.2	Analisa Pengaruh Proses <i>Aging</i> Terhadap Kekerasan Paduan CuAlZn ...	55
4.4	Pengujian Kekuatan Tarik Baja Paduan CuAlZn.....	56
4.4.1	Data Hasil Nilai Kekuatan Tarik Baja Paduan CuAlZn	56
4.4.2	Analisa Pengaruh Proses <i>Aging</i> Terhadap Kekuatan Tarik Paduan CuAlZn 57	
4.4.3	Pembahasan Hasil Nilai Kekuatan Tarik Pada Baja Paduan CuAlZn	57
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		58
6.1	Kesimpulan	58
6.2	Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA		60

DAFTAR TABEL

Tabel 1.1 Referensi Jurnal Terdahulu	2
Tabel 2.1 Sifat Fisik Tembaga	11
Tabel 2.2 Sifat Fisik Alumunium	12
Tabel 2.3 Grade dan Komposisi zinc (ASTM B6).....	16
Tabel 3.1 Komposisi paduan CuAlZn.....	35
Tabel 3.2 Specimen yang akan diuji	40
Tabel 4.1 Matriks Perancangan Spesimen Penelitian	46
Tabel 4.2 Hasil Olah Data XRD Spesimen 1	48
Tabel 4.3 Hasil Olah Data XRD Spesimen 2	49
Tabel 4.4 Hasil Olah Data XRD Spesimen 3.....	50
Tabel 4.5 Rata-Rata Hasil Nilai Pengujian XRD Pada 3 Spesimen	51
Tabel 4.6 Data Hasil Uji Kekerasan Skala <i>Brinell</i>	55
Tabel 4.7 Data Hasil Konversi Kekuatan Tarik Skala <i>Brinell</i>	57

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Struktur tembaga FCC (a) model hard-ball, (b) unit sel, dan (c) satu empera dengan banyak sel	11
Gambar 2.2 Struktur Mikro Alumunium Murni	13
Gambar 2.3 Struktur Mikro Alumunium dengan Zn.....	13
Gambar 2.4 Struktur Mikro Alumunium dengan Cu	14
Gambar 2.5 Struktur empera HCP seng (a) unit sel dan (b) satu kritsal dengan banyak sel.....	15
Gambar 2.6 Diagram Temperatur Terhadap Waktu	19
Gambar 2.7 <i>Isothermal Transformation Diagram</i>	21
Gambar 2.8 <i>Continuos Cooling Transformation Diagram</i>	23
Gambar 2.9 Lintasan Berkas Sinar X Yang Mengenai Kristal	26
Gambar 2.10 Difraksi Bragg	27
Gambar 2.11 X-Ray Diffraction (XRD)	28
Gambar 3.1 Alir Diagram	31
Gambar 3.2 Penimbangan Tembaga (Cu)	35
Gambar 3.3 Penimbangan Aluminium (Al).....	36
Gambar 3.4 Penimbangan Seng (Zn)	36
Gambar 3.5 Mixing Paduan CuAlZn	37
Gambar 3.6 Proses <i>Die Pressing</i>	37
Gambar 3.7 Proses <i>Sintering</i>	38
Gambar 3.8 Proses <i>Quenching</i> Air Garam	39
Gambar 3.9 Proses <i>Aging</i> 250°C selama 30 menit	39
Gambar 3.10 Proses <i>Aging</i> 300°C selama 30 menit	40
Gambar 3.11 Hasil Spesimen 1	41
Gambar 3.12 Hasil Spesimen 2&3	41
Gambar 3.13 Hasil Spesimen 4	42
Gambar 3.14 Hasil Spesimen 5	42
Gambar 3.15 Alat XRD Untuk Uji Struktur Kristal Di Laboratorium UI	43
Gambar 4.1 Spesimen Uji Material Paduan CuAlZn.....	46

Gambar 4.2 Difraktogram Sinar-X Spesimen 1	47
Gambar 4.3 Difraktogram Sinar-X Spesimen 2	48
Gambar 4.4 Difraktogram Sinar-X Spesimen 3	49
Gambar 4.5 Grafik Hubungan Ukuran Kristal Terhadap Perlakuan Panas.....	51
Gambar 4.6 Grafik Hubungan Kerapatan Dislokasi Terhadap Perlakuan Panas	52
Gambar 4.7 Grafik Hubungan Regangan Mikro Terhadap Perlakuan Panas	52
Gambar 4.8 Grafik Hubungan Kekuatan Luluh Terhadap Perlakuan Panas.....	53
Gambar 4.9 Grafik Pengaruh Media <i>Aging</i> Terhadap Kekerasan.....	56
Gambar 4.10 Grafik Pengaruh Proses <i>Aging</i> Terhadap Kekuatan Tarik	57



ABSTRAK

Penelitian ini memiliki tujuan untuk menggunakan Teknologi Metalurgi Serbuk dalam produksi paduan ingat bentuk dari komposit matriks logam CuAlZn. Proses tersebut melibatkan kompaksi serbuk dengan tekanan 10 Metric Ton dengan waktu tahan selama 5 menit dan sintering pada variasi suhu tertentu. Metode eksperimen yang digunakan adalah desain "one-shot case study" di mana variasi suhu *Aging* diamati terkait dengan struktur kristal, kekerasan, dan uji Tarik paduan CuAlZn.

Setelah proses *Aging* pada variasi suhu 300°C Selama 30 Menit, kekerasan material mengalami penurunan dari 63 HB menjadi 47 HB, namun perubahan tersebut tidak signifikan setelah proses *Aging*. Ukuran kristal mengecil setelah proses *Aging* pada variasi suhu 300°C dengan waktu 30 menit, yaitu dari 0,633 nm menjadi 0,533 nm. Nilai kerapatan dislokasi meningkat setelah proses *Aging* pada variasi suhu 300°C dengan waktu 30 menit, dari 8,625 garis/mm² menjadi 6,056 garis/mm². Selain itu, terjadi peningkatan regangan mikro setelah proses *Aging* pada variasi suhu 300°C selama 30 menit, yaitu dari 0,196 ε menjadi 0,214 ε.

Untuk penelitian selanjutnya, disarankan untuk menggunakan variasi media quenching yang berbeda, temperatur *Sintering* dan *Aging* yang lebih tinggi, serta waktu penahanan yang lebih lama guna mendapatkan informasi yang lebih akurat mengenai perubahan struktur kristal, kerapatan dislokasi, regangan mikro, dan kekerasan materi.

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

ABSTRACT

This study aims to use Powder Metallurgy Technology in the production of shape-memory alloys from CuAlZn metal matrix composites. The process involves powder compaction with a pressure of 10 Metric Tonnes with a holding time of 5 minutes and sintering at certain temperature variations. The experimental method used is a "one-shot case study" design in which variations in the aging temperature are observed in relation to the crystal structure, hardness, and tensile test of CuAlZn alloy.

After the aging process at a temperature variation of 300°C for 30 minutes, the hardness of the material decreased from 63 HB to 47 HB, but this change was not significant after the aging process. The crystal size decreased after the aging process at a temperature variation of 300°C for 30 minutes, from 0.633 nm to 0.533 nm. The dislocation density value increased after the aging process at a temperature variation of 300°C with a time of 30 minutes, from 8.625 lines/mm² to 6.056 lines/mm². In addition, there was an increase in microstrain after the aging process at a temperature variation of 300°C for 30 minutes, from 0.196 ϵ to 0.214 ϵ .

For further research, it is recommended to use different variations of quenching media, higher Sintering and Aging temperatures, and longer holding times in order to obtain more accurate information regarding changes in crystal structure, dislocation density, micro-strain, and material hardness.

Keywords: *copper, aluminum, zinc, sintering, aging, hardness, tensile strength, crystal structur*