

SKRIPSI

**PENGARUH PENEROLAN DINGIN DAN ANIL TERHADAP
KEKERASAN, KETAHANAN KOROSI, DAN STRUKTUR
MIKRO PADA PADUAN KUNINGAN Cu-35Zn**



**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA**

2025

LEMBAR PERSETUJUAN UJIAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Pengerolan Dingin dan Anil Terhadap,
Kekerasan, Ketahanan Korosi, dan Struktur Mikro Pada
Paduan Kuningan Cu-35Zn.
Nama Mahasiswa : Dimas Andrian Putra
Nomor Registrasi : 1502619073
Pembimbing I : Dr. Imam Basori, M.T.
Pembimbing II : Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.

Disetujui oleh:

Pembimbing 1

Pembimbing 2



Dr. Imam Basori, M.T.

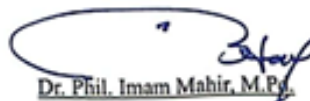
NIP. 197906072008121003



Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.

NIP. 198202022010121002

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin



Dr. Phil. Imam Mahir, M.Pd.

NIP. 198404182009121002

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul : Pengaruh Pengerolan Dingin dan Anil Terhadap Kekerasan, dan Ketahanan Korosi, dan Struktur Mikro Pada Paduan Kuningan Cu-35Zn.

Nama Mahasiswa : Dimas Andrian Putra

Nomor Registrasi : 1502619073

Pembimbing I : Dr. Imam Basori, M.T.

Pembimbing II : Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.

Tanggal Ujian : 21 Juli 2025

Disetujui oleh:

Pembimbing 1

Pembimbing 2


Dr. Imam Basori, M.T.
NIP. 197906072008121003


Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T.
NIP. 198202022010121002

Pengesahan Panitia Ujian Skripsi:

Ketua Sidang

Sekretaris Sidang

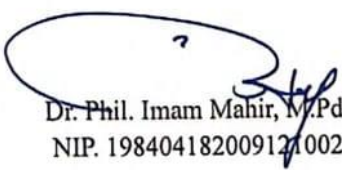
Penguji Ahli


Drs. Syaripuddin, M.Pd.
NIP. 196703211999031001


Rani Anggrainy, M.T.
NIP. 199201102022032005
Mengetahui,


Yunita Sari, M.T.
NIP. 196806062005012001

Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin


Dr. Phil. Imam Mahir, M.Pd.
NIP. 198404182009121002

LEMBAR PERNYATAAN

Nama : Dimas Andrian Putra
No. Registrasi : 1502619073
Program Studi : Pendidikan Teknik Mesin
Jurusan : Teknik Mesin
Judul : Pengaruh Pengerolan Dingin dan Anil Terhadap Kekerasan, Ketahanan Korosi, dan Struktur Mikro Pada Paduan Kuningan Cu-35Zn.

Dengan ini saya menyatakan bahwa:

1. Dalam menjalankan skripsi karya asli penulis dan belum pernah dijadikan bahan untuk mendapat gelar akademik sarjana, pada Universitas Negeri Jakarta ataupun perguruan Tinggi lainnya.
2. Skripsi yang telah dikerjakan belum dipublikasikan, kecuali dalam bentuk tertulis yang sebagai acuan dalam naskah dan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan pada daftar pustaka.
3. Pernyataan yang saya buat dituliskan dengan sejujurnya dan bila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan tidak benaran, maka saya bersedia diberikan sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah di dapat, serta mendapatkan sanksi yang sesuai pada norma yang telah ada di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, Juli 2025



EGAKX209770820

Dimas Andrian Putra



KEMENTERIAN PENDIDIKAN, KEBUDAYAAN, RISET DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220
Telepon/Faksimili: 021-4894221
Laman: lib.unj.ac.id

**LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
KARYA ILMIAH UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademika Universitas Negeri Jakarta, yang bertanda tangan di bawah ini, saya:

Nama : Dimas Andrian Putra
NIM : 1502619073
Fakultas/Prodi : Pendidikan Teknik Mesin
Alamat email : dimas.andri28@gmail.com

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif atas karya ilmiah:

☒ Skripsi ☐ Tesis ☐ Disertasi ☐ Lain-lain (.....)

yang berjudul :

“Pengaruh Pengerolan Dingin dan Anil Terhadap Kekerasan, Ketahanan Korosi, dan Struktur Mikro Pada Paduan Kuningan Cu-35Zn”

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Eksklusif ini UPT Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta berhak menyimpan, mengalihmediakan, mengelolanya dalam bentuk pangkalan data (*database*), mendistribusikannya, dan menampilkan/mempublikasikannya di internet atau media lain secara *fulltext* untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Saya bersedia untuk menanggung secara pribadi, tanpa melibatkan pihak Perpustakaan Universitas Negeri Jakarta, segala bentuk tuntutan hukum yang timbul atas pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Jakarta, 28 Juli 2025

(Dimas Andrian Putra)

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada kehadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul “Pengaruh Pengerolan Dingin dan Anil Terhadap, Kekerasan, Dan Ketahanan Korosi, Struktur Mikro Pada Paduan Kuningan Cu-35Zn”.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pendidikan pada Fakultas Teknik , Universitas Negeri Jakarta. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan kali ini, saya ingin menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Dr. Phil. Imam Mahir, M.Pd., selaku Kepala Koordinator Program Studi Pendidikan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.
2. Bapak Dr. Imam Basori, M.T., selaku Dosen Pembimbing I yang telah memberikan bimbingan, saran, dan motivasi dari awal hingga akhir penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ferry Budhi Susetyo, M.T., selaku Dosen Pembimbing II yang telah memberikan bimbingan, masukan, dan semangat selama penyusunan skripsi ini.
4. Seluruh Dosen dan Staf Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dan pengalaman yang berharga selama masa perkuliahan.
5. Orang Tua dan Keluarga tercinta yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan motivasi yang tiada henti.
6. Teman-teman dan rekan-rekan mahasiswa yang telah memberikan bantuan dan semangat dalam penyusunan skripsi ini.

Saya menyadari skripsi ini masih jauh dari kata sempurna. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun sangat saya harapkan untuk perbaikan di masa yang akan datang. Semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca dan pengembangan ilmu pengetahuan dibidang Teknik Mesin, khususnya dalam studi paduan kuningan.

Akhir kata, saya mengucapkan terima kasih dan semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan rahmat dan hidayah-Nya kepada kita semua.

Jakarta, Juli 2025

Penulis



Dimas Andrian Putra



**PENGARUH Pengerolan Dingin dan Anil terhadap
Kekerasan, Ketahanan Korosi, dan Struktur Mikro pada
Paduan Kuningan Cu-35Zn**

Dimas Andrian Putra

**Dosen Pembimbing: Dr. Imam Basori, M.T. dan Dr. Ferry Budhi Susetyo,
M.T.**

Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh proses pengerolan dingin dan anil terhadap struktur mikro, kekerasan, dan ketahanan korosi pada paduan kuningan Cu-35Zn. Sampel diberikan perlakuan pengerolan dingin dengan variasi reduksi ketebalan 20 %, 40 % dan 70 %, kemudian dilakukan proses anil pada temperatur 300 °C - 600 °C masing-masing selama 30 menit. Analisis struktur mikro dilakukan menggunakan mikroskop optik. Struktur mikro menunjukkan bahwa deformasi menghasilkan butir yang lebih kecil dan memanjang sehingga meningkatkan kekerasan, sedangkan anil memperbesar butir dan menurunkan kekerasan. Nilai kekerasan diuji menggunakan metode *Vickers*, dan ketahanan korosi dianalisis dengan uji *weight loss* menggunakan media korosi larutan H₂SO₄. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengerolan dingin meningkatkan kekerasan material akibat pengerolan dingin diikuti dengan meningkatnya ketahanan korosi. Nilai kekerasan paduan meningkat seiring bertambahnya deformasi plastis saat pengerolan dingin, yaitu 135,88 HV (20 %), 160,78 HV (40 %), dan 212,2 HV (70 %), sedangkan ketahanan korosi juga meningkat setelah pengerolan dingin, ditunjukkan oleh penurunan laju korosi dari 0,5153 mmpy (20 %) menjadi 0,3435 mmpy (40 %) dan 0,1656 mmpy (70 %). Perlakuan anil menurunkan kekerasan secara signifikan pada semua tingkat deformasi, seperti pada deformasi 20% yang turun dari 133 HV (300 °C) menjadi 53,9 HV (600 °C), serta menurunkan laju korosi, di mana setiap tingkat deformasi menunjukkan penurunan tertinggi pada anil 600 °C dan tertinggi pada 300 °C. Proses anil terbukti mampu mengembalikan ketahanan korosi dan memperbaiki struktur mikro melalui rekristalisasi.

Kata Kunci: deformasi plastis, media korosif, perlakuan termal, rekristalisasi, sifat mekanik

**THE EFFECT OF COLD ROLLING AND ANNEALING ON HARDNESS,
CORROSION RESISTANCE, AND MICROSTRUCTURE OF Cu-35Zn
BRASS ALLOY**

Dimas Andrian Putra

**Academic Advisor: Dr. Imam Basori, M.T. and Dr. Ferry Budhi Susetyo,
M.T.**

Mechanical Engineering Education, Faculty of Engineering, State University of
Jakarta

ABSTRACT

This study aims to investigate the effects of cold rolling and annealing processes on the microstructure, hardness, and corrosion resistance of Cu-35Zn brass alloy. Samples were subjected to cold rolling with thickness reductions of 20 %, 40 %, and 70 %, followed by annealing at temperatures ranging from 300 °C to 600 °C for 30 minutes. Microstructural analysis using an optical microscope revealed that deformation produced finer, elongated grains that increased hardness, while annealing led to grain growth and decreased hardness. Hardness was measured using the Vickers method, and corrosion resistance was evaluated through weight loss testing in H₂SO₄ solution. The results showed that cold rolling enhanced both hardness and corrosion resistance, with hardness increasing alongside the degree of plastic deformation: 135.88 HV (20 %), 160.78 HV (40 %), and 212.2 HV (70 %). Corrosion rate decreased accordingly: 0.5153 mmpy (20 %), 0.3435 mmpy (40 %), and 0.1656 mmpy (70 %). Annealing significantly reduced hardness across all deformation levels, for instance, from 133 HV (300 °C) to 53.9 HV (600 °C) at 20% deformation. It also improved corrosion resistance, showing the greatest effect at 600 °C. Overall, annealing proved effective in restoring corrosion resistance and refining microstructure through recrystallization.

Keywords: corrosive environment, mechanical properties, plastic deformation, recrystallization, thermal treatment

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI.....	i
HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI.....	ii
LEMBAR PERNYATAAN.....	iii
KATA PENGANTAR	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Rumusan Masalah.....	5
1.5 Tujuan Penelitian	5
1.6 Manfaat Penelitian	6
BAB II KAJIAN TEORI.....	7
2.1 Logam Kuningan (Cu-Zn)	7
2.1.1 Diagram Fasa Cu-Zn.....	9
2.1.2 <i>Yellow Brass</i>	10
2.2 Inti Radiator (<i>Radiator Core</i>).....	10
2.3 Pengecoran Logam.....	11
2.4 Mekanisme Penguatan Logam.....	12
2.4.1 <i>Strengthening by Grain Size Reduction</i>	13
2.4.2 <i>Solid Solution Strengthening</i>	13
2.4.3 <i>Strain Hardening</i>	14
2.5 Pengerolan Dingin.....	15
2.6 <i>Annealing</i>	16
2.6.1 <i>Recovery</i>	16
2.6.2 <i>Recrystallization</i>	17
2.6.3 <i>Grain-growth</i>	17
2.7 Korosi.....	17

2.7.1	Jenis-Jenis Korosi	18
2.7.2	Dezinsifikasi.....	20
2.8	Uji Keras	20
2.8.1	Uji Kekerasan <i>Brinell</i>	20
2.8.2	Uji Kekerasan <i>Rockwell</i>	21
2.8.3	Uji Kekerasan <i>Vickers</i>	21
2.9	Penelitian Relevan.....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		24
3.1	Diagram Alir	24
3.2	Alat dan Bahan.....	25
3.2.1	Alat.....	25
3.2.2	Bahan	26
3.3	Prosedur Penelitian	27
3.3.1	Persiapan Alat dan Bahan	27
3.3.2	Proses Pengecoran.....	28
3.3.3	Homogenisasi.....	29
3.3.4	Proses Pengerolan Dingin	30
3.3.5	Proses Anil	32
3.4	Karakterisasi.....	34
3.4.1	Pengujian Komposisi Kimia	34
3.4.2	Pengamatan Struktur Mikro	34
3.4.3	Uji Kekerasan.....	37
3.4.4	Uji Korosi.....	38
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		41
4.1	Analisis Hasil Pengujian Komposisi Kimia.....	41
4.2	Pengaruh Homogenisasi terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan Paduan Kuningan Cu-35,4Zn.	41
4.3	Pengaruh Pengerolan Dingin Paduan Cu-35,4Zn	45
4.4	Pengaruh Anil Paduan Cu-35,4Zn	47
4.5	Hasil Uji Korosi Paduan Cu-35,4Zn	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....		53
5.1	Kesimpulan	53
5.2	Saran.....	54
DAFTAR PUSTAKA		55

LAMPIRAN.....	59
---------------	----



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Dadu Kuningan Bersama Sampel Tembaga dan Seng.....	7
Gambar 2.2 Diagram Fasa Cu-Zn.....	9
Gambar 2.3 Inti Radiator (<i>Radiator Core</i>)	10
Gambar 2.4 Skema <i>Gravity Die Casting</i>	12
Gambar 2.5 <i>Strengthening by Grain Size Reduction</i>	13
Gambar 2.6 Larutan Padat Substitusi dan Larutan Padat Interstisi.	14
Gambar 2.7 Proses Pengerolan Dingin.	15
Gambar 2.8 Proses <i>Annealing</i>	16
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian.....	24
Gambar 3.2 (a) Tembaga, (b) Seng.....	26
Gambar 3.3 <i>Thinner</i> dan grafit.	26
Gambar 3.4 Peralatan yang digunakan saat proses pengecoran, (a) krusibel, (b) cetakan dan tungku gas (c) tungku listrik.	28
Gambar 3.5 (a) Proses pembongkaran cetakan setelah coran membeku, (b) Hasil Pengecoran Cu-35Zn.....	29
Gambar 3.6 Mesin Rol.....	30
Gambar 3.7 Sampel yang akan dilakukan pengerolan.	30
Gambar 3.8 Proses pengerolan sampel.....	31
Gambar 3.9 Hasil akhir pengerolan sampel (a) roll 20 %, (b) roll 40 %, (c) roll 70 %.....	31
Gambar 3.10 Sampel yang akan dilakukan proses anil.	32
Gambar 3.11 Sampel dimasukkan dalam tungku untuk proses anil.	33
Gambar 3.12 Alat uji OES.....	34
Gambar 3.13 Spesimen metalografi setelah proses <i>mounting</i>	35
Gambar 3.14 Mesin poles untuk proses pengamplasan dan pemolesan.....	36
Gambar 3.15 Mikroskop Optik dan komputer.....	37
Gambar 3.16 Spesimen uji korosi setelah proses <i>mounting</i>	38
Gambar 3.17 Proses pencampuran larutan H ₂ SO ₄ dalam gelas beker dengan penadiah bak berisi air.....	39

Gambar 4.1 Struktur mikro paduan Cu-35,4Zn pada kondisi (a-b) <i>as-cast</i> dan (c-d) sampel <i>as-homogenized</i> pada temperatur 800 °C selama 2 jam dengan pendinginan udara dalam perbesaran 5x dan 10x.	42
Gambar 4.2 Grafik hasil uji struktur mikro untuk sampel <i>as-cast</i> dan <i>as-homogenized</i>	43
Gambar 4.3 Struktur mikro paduan Cu-35,4Zn pada kondisi (a-b) deformasi 20 %, (c-d) deformasi 40 %, dan (e-f) deformasi 70 % dengan perbesaran 5x dan 10x.	45
Gambar 4.4 Hasil uji keras untuk sampel deformasi 20 %, 40 %, dan 70 % paduan kuningan Cu-35,4Zn	46
Gambar 4.5 Struktur mikro dalam perbesaran 10x paduan Cu-35,4Zn kondisi setelah pengerolan dengan deformasi (a-d) 20 %, (e-h) 40 %, dan (i-l) 70 % yang dilanjutkan dengan proses anil pada temperatur 300, 400, 500, dan 600 °C selama 30 menit.	48
Gambar 4.6 Grafik hasil uji keras pada paduan kuningan Cu-35,4Zn dengan deformasi reduksi ketebalan 20 %, 40 %, dan 70 % yang masing-masing dilakukan proses anil dengan temperatur 300, 400, 500, dan 600 °C selama 30 menit.	50
Gambar 4.7 Grafik hasil uji korosi pada paduan kuningan Cu-35,4Zn dengan reduksi ketebalan 20 %, 40 %, dan 70 % yang masing-masing dilakukan anil dengan temperatur 300, 400, 500, dan 600 °C selama 30 menit.	51

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Tabel penelitian relevan.....	22
Tabel 3.1 Hasil perhitungan <i>mass balance</i>	27
Tabel 4.1 Hasil pengujian komposisi kimia paduan kuningan setelah proses homogenisasi.....	41



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Sertifikat uji OES di CMPFA UI.	59
Lampiran 2 Dokumentasi 1.	60
Lampiran 3 Dokumentasi 2	60
Lampiran 4 Dokumentasi 3.	61
Lampiran 5 Tabel hasil uji <i>vickers</i>	62
Lampiran 6 Sertifikat Tembaga	63
Lampiran 7 Tabel hasil uji korosi <i>weight loss</i>	63
Lampiran 8 Sertifikat seng.	64
Lampiran 9 Hasil perhitungan gaya yang dibutuhkan untuk pengerolan dingin	65
Lampiran 10 Daftar Riwayat Hidup.	66

