

**PENGARUH PENAMBAHAN ALUMINIUM TERHADAP  
STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK PADUAN  
KUNINGAN Cu-28Zn-2Mn-xAl**



**2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul : Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Kuningan Cu-28Zn-2Mn-xAl

Nama : Naga Bonar Sinaga  
No.Registrarasi : 5315152021

Disetujui oleh :

NAMA DOSEN

TANDA TANGAN TANGGAL

Dr. Imam Basori, S.T.,M.T.  
NIP. 197906072008121003  
(Dosen Pembimbing I)

Siska Titik Dwiyati, S.Si.,M.T.  
NIP. 197812122006042002  
(Dosen Pembimbing II)

  
..... 07/02/2020

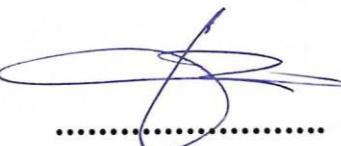
  
..... 07/02/2020

## PENGESAHAN PANITIA UJIAN SKRIPSI

Drs. H. Syamsuir, M.T.  
NIP. 196705151993041001  
(Ketua Penguji)

Drs. Syaripuddin, M.Pd.  
NIP. 196703211999031001  
(Sekretaris)

Ferry Budhi Susetyo, S.T.,M.T.,M.Si  
NIP. 198202022010121002  
(Dosen Ahli)

  
..... 6/2/2020

  
..... 6/2/2020

  
..... 6/2/2020

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Pendidikan Vokasional Teknik Mesin  
Universitas Negeri Jakarta



## HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa :

Nama : Naga Bonar Sinaga  
NIM : 5315152021  
Tempat, tanggal dan lahir : Medan, 26 Juni 1996  
Alamat : Jl. Pemuda 2 No.15 RT.10 / RW.001  
Kel : Rawamangun Kec : Pulo Gadung  
Provinsi Jakarta, DKI Jakarta Timur, 13220.

Dengan ini menyatakan bahwa :

Adalah benar penulisan ini dengan gagasan sendiri dan melakukan penelitian sesuai dengan arahan dosen pembimbing dengan skripsi yang berjudul : **“Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Kuningan Cu-28Zn-2Mn-xAl”.**

Dalam skripsi ini tidak terdapat karya atau pendapat yang ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.

Demikian lembar pernyataan ini dibuat dengan sungguh. Apabila kemudian ditemukan bukti-bukti kuat bahwa skripsi ini tidak asli seperti pernyataan diatas, maka penulis bersedia menerima hukuman yang berlaku di Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 14 Januari 2020

Yang Membuat Pernyataan



Naga Bonar Sinaga

**NIM. 5315152021**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
UNIVERSITAS NEGERI JAKARTA  
UPT PERPUSTAKAAN

Jalan Rawamangun Muka Jakarta 13220  
Telepon/Faksimili: 021-4894221  
Laman: [lib.unj.ac.id](http://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 : **NAGA BONAR SINAGA**  
NIM : **5315152021**  
Fakultas/Prodi : **TEKNIK / PENDIDIKAN TEKNIK MESIN**  
Alamat email : **nagabonarsinaga31@gmail.com**

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

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

yang berjudul :

**Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap  
Struktur Mikro Dan Sifat Mekanik Paduan  
Kuningan Cu-28Zn-2Mn-xAl.**

Dengan Hak Bebas Royalti Non-Ekslusif 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 , 09 Maret 2020

Penulis

**(NAGA BONAR SINAGA)**  
nama dan tanda tangan

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan pada Tuhan Yesus Kristus atas rahmat dan kasih karunia-Nya sehingga Penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Kuningan Cu-28Zn-2Mn-xAl”** dengan baik.

Skripsi ini merupakan salah satu persyaratan memperoleh gelar Sarjana Pendidikan (S.Pd) bagi mahasiswa program S-1 pada program studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta.

Dalam menyelesaikan skripsi ini, Penulis sangat bersyukur dan berterima kasih untuk setiap pihak yang telah membantu dan mendukung, baik secara moril, materiil dan doa. Maka dengan rasa hormat dan kerendahan hati, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Kedua orang tua, kakak dan adik yang selalu memberi dorongan motivasi semangat dan doa selama penggerjaan skripsi ini.
2. Keluarga besar pomparanompung Tongam Simorangkir yang selalu memberi dorongan motivasi semangat dan doa selama penggerjaan skripsi ini.
3. Ibu Aam Amaningsih Jumhur, Ph. D. selaku Ketua Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Universitas Negeri Jakarta.
4. Bapak Dr. Imam Basori, S.T., M.T. sebagai Dosen Pembimbing I yang dengan sabar membimbing Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Ibu Siska Titik Dwiyati, S.Si., M.T. sebagai Dosen Pembimbing II yang dengan sabar membimbing Penulis dalam menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Himawan Hadi Sutrisno, S.T., M.T. selaku Kepala Laboratorium Rekayasa Keselamatan Kebakaran karena telah memberikan izin untuk pengujian di Laboratorium Rekayasa Keselamatan Kebakaran.
7. Bapak Mardi selaku Laboran Lab. Material Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang selalu memberikan dukungan selama penggerjaan skripsi ini.
8. Bapak Ahmad Ashari selaku Kepala Lab. Departemen Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang memfasilitasi penelitian penulis .
9. Bapak Mario Bahri, S.Si, selaku Kepala Satuan Pelaksana Pengujian dan Kalibrasi Unit Industri Bahan dan Barang Teknik (UIB2T) Jakarta karena telah memberikan izin untuk pengujian.
10. Bapak Bagus Hadian Wibowo, S.T, selaku Penyelia Teknik Logam Unit Industri Bahan dan Barang Teknik (UIB2T) Jakarta karena telah mendampingi saya selama melakukan pengujian.
11. Seluruh karyawan Unit Industri Bahan dan Barang Teknik (UIB2T) Jakarta karena telah membantu dalam pengujian.
12. Teman-teman seangkatan 2015 Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta yang saling memberi semangat dan dukungan sehingga saya dapat menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

13. Gabriel David Krishartadi, Ikhwan Nuur Kahpi, Lukman Fauzi, dan Rahman Fadillah rekan satu *project* skripsi yang selalu memberikan semangat dan motivasi dalam pengambilan data untuk karya ilmiah ini.
14. Gabriel Bungaran Tambun, Halomoan Siahaan, Kevin Immanuel Sianturi dan Julio Adi Jeffrey Sihombing, mentor dan sahabat kelompok kecil KKB THE BEST UNJ yang selalu memberikan semangat, motivasi dan doa selama pengerjaan skripsi ini.
15. Teman-teman tongkrongan anak D3 Mesin *cafe* Mamang Gedung B UNJ yang memberikan dukungan semangat dan doa untuk penyelesaian skripsi ini.
16. Teman-teman tongkrongan Terminal Rawamangun yang memberikan dukungan semangat dan doa selama pengerjaan skripsi ini.
17. Teman-teman tongkrongan Pemuda II RT/RW 010/001 yang memberikan motivasi dan doa selama pengerjaan skripsi ini.
18. Rekan-rekan satu kerja di proyek hubung singkat GISTET 500 kV Duri Kosambi yang memberikan motivasi dan doa untuk penyelesaian skripsi ini.
19. Rekan-rekan Pemuda-Pemudi Gereja HKBP Rawamangun Pusat dan Wijk Tegalan yang memberikan dukungan semangat motivasi dan doa selama penyelesaian skripsi ini.
20. Serta orang-orang yang luar biasa tidak bisa saya sebutkan namanya satu per satu namun memiliki andil dalam membantu saya dalam menyelesaikan karya tulis ilmiah ini.

Saya menyadari dalam penulisan karya tulis ilmiah ini masih banyak kekurangan, baik segi sistematika maupun isi dalam karya tulis ilmiah. Oleh karena itu saya berharap karya tulis ilmiah ini dapat diberi saran dan kritik yang membangun agar lebih baik dimasa yang akan datang. Besar harapan Penulis agar skripsi ini dapat memberikan informasi dan pengetahuan bagi pembaca, terkhusus mahasiswa dan mahasiswi program studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin Universitas Negeri Jakarta.

Jakarta, 14 Januari 2020



Naga Bonar Sinaga  
NIM. 5315152021

## ABSTRAK

Naga Bonar Sinaga, "Pengaruh Penambahan Aluminium Terhadap Struktur Mikro dan Sifat Mekanik Paduan Kuningan Cu-28Zn-2Mn-xAl". Jakarta: Program Studi Pendidikan Vokasional Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta, 2019.

Kuningan merupakan logam paduan antara tembaga (Cu) dan Seng (Zn). Kuningan memiliki kekuatan, keuletan, ketahanan korosi, sifat mampu bentuk dan mampu mesin yang baik. *Cartridge brass* adalah paduan kuningan dengan komposisi 70%Cu dan 30%Zn. Sifat mekanis *Cartridge Brass* dapat ditingkatkan dengan menambahkan unsur paduan lain, struktur mikro, uji komposisi kimia, uji kekerasan, dan uji tarik.

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan variasi aluminium (Al) 0,2% Al, 0,5% Al, 1% Al, dengan teknik pengecoran gravitasi pada paduan kuningan Cu-28Zn-2Mn terhadap struktur mikro dan sifat mekanik. Selain itu penelitian akan dilanjutkan dengan proses homogenisasi pada temperatur 800°C dengan penahanan waktu selama 2 jam dan media pendinginan udara ruang. Setelah itu dilanjutkan dengan pengujian komposisi kimia dengan menggunakan *Optical Emission Spectrometry* (OES), pengujian kekerasan dengan menggunakan metode Vickers dan pengujian tarik dengan menggunakan standar spesimen ASTM E8.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi penambahan aluminium (Al) 0,2% Al dan 0,5% Al tidak terjadi perubahan signifikan terhadap struktur mikro. Namun pada penambahan 1% Al mulai terlihat adanya fasa  $\beta$ . Penambahan 1% Al secara karakter memiliki kekuatan dan kekerasan yang paling tinggi di banding 0,2% Al dan 0,5% Al. Hal ini dikarenakan sifat fasa  $\beta$  yang keras dibandingkan dengan fasa  $\alpha$ . Nilai kekerasan pada setiap sampel menunjukkan penurunan pada kekerasan setelah di homogenisasi. Hal tersebut sesuai dengan teori yang ada bahwa homogenisasi, dapat menurunkan nilai kekerasan material. Dari hasil data penelitian disimpulkan bahwa penambahan Al dan proses homogenisasi mempengaruhi struktur mikro dan sifat mekanik paduan kuningan Cu-28Zn-2Mn.

**Kata kunci :** Paduan kuningan, aluminium, pengecoran dengan teknik gravitasi, homogenisasi, sifat mekanik.

## ABSTRACT

Naga Bonar Sinaga, "Effect of adding Aluminium to the micro structure and mechanical properties of brass alloy Cu-28Zn-2Mn-xAl". Jakarta: Mechanical Engineering Vocational Education, Faculty of Engineering, State University of Jakarta, 2019.

Brass is an alloy metal of copper (Cu) and zinc (Zn). Brass has the strength, tenacity, corrosion resistance, nature capable of shape and capable of good machining. The brass cartridge is an brass alloy with a composition of 70% Cu and 30% Zn. The mechanical properties of the Brass Cartridge can be enhanced by adding other alloy elements, micro structures, chemical composition tests, hardness tests, and tensile testing.

This research was conducted to determine the effect of adding variations of aluminum (Al) 0.2% Al, 0.5% Al, 1% Al, by casting gravity techniques on Cu-28Zn-2Mn brass alloys on microstructure and mechanical properties. In addition, the research will continue with the homogenization process at 800°C with a holding time of 2 hours and room air cooling media. After that proceed with chemical composition testing using *Optical Emission Spectrometry* (OES), hardness testing using the Vickers method and tensile testing using standard ASTM E8 specimens.

The test results showed that the variation of aluminum (Al) addition of 0.2% Al and 0.5% Al did not make any significant changes to the microstructure, but at the addition of 1% Al began to appear the  $\beta$  phase. The addition of 1% Al has the highest strength and hardness characteristic compared to 0.2% Al and 0.5% Al. This is due to the hard nature of the  $\beta$  phase compared to the  $\alpha$  phase. The value of violence in each sample shows a decrease in violence after homogenization. This is consistent with the existing theory that homogenization can reduce the value of material violence. From the results of the research data it was concluded that the addition of Al and the homogenization process affected the microstructure and mechanical properties of the Cu-28Zn-2Mn brass alloy.

**Keywords:** Brass alloy, aluminium, casting with gravity technique, homogenization, mechanical properties.

## DAFTAR ISI

COVER .....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
KATA PENGANTAR .....	iv
ABSTRAK .....	vi
ABSTRACT .....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR TABEL.....	xi
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1    Latar Belakang Masalah .....	1
1.2    Perumusan Masalah.....	2
1.3    Tujuan Penelitian.....	3
1.4    Pembatasan Masalah .....	3
1.5    Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJUAN PUSTAKA .....	5
2.1    Kuningan .....	5
2.1.1    Komposisi Paduan Kuningan (CuZn) .....	6
2.2    Mekanisme Penguetan Logam Paduan dengan Larutan Padat.....	7
2.2.1    Penguetan Larutan Padat ( <i>Solid Solution Strengthening</i> ) .....	8
2.3    Pengaruh Unsur Lain Pada Paduan Kuningan.....	9
2.3.1    Pengaruh Kuningan Terhadap Struktur Mikro.....	10
2.3.2    Pengaruh Aluminium (Al) Terhadap Paduan Kuningan CuZn.....	14
2.3.3    Macam-macam Paduan Aluminium (Al).....	15
2.3.4    Pengaruh Mangan (Mn) Terhadap Paduan Kuningan CuZn.....	16
2.4    Jenis-jenis Teknik Pengecoran .....	18
2.5    Pengecoran Paduan Kuningan .....	19
2.6    Aplikasi Pengecoran Paduan Kuningan .....	20

2.6.1	Perangkat Keras Kapal Selam.....	20
2.6.2	Pelindung Jendela.....	21
2.6.3	<i>Grill Work</i> .....	22
2.6.4	Selongsong Projektil Peluru ( <i>Full Metal Jacket Bullet</i> ).....	22
2.7	Pengujian Metalografi .....	22
2.8	Pengujian Kekerasan .....	23
2.9	Pengujian Tarik .....	25
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....</b>		<b>26</b>
3.1	Alat dan Bahan Penelitian .....	26
3.1.1	Alat.....	26
3.1.2	Bahan.....	36
3.2	Tempat dan Waktu Penelitian .....	36
3.2.1	Tempat Penelitian.....	36
3.2.2	Waktu Penelitian .....	37
3.3	Diagram Alir Penelitian.....	37
3.4	Teknik dan Prosedur Pengumpulan Data .....	39
3.4.1	Proses Pengecoran.....	39
3.4.2	Proses <i>Mapping of Material</i> .....	45
3.4.3	Proses Pemotongan Sampel Hasil Pengecoran .....	45
3.4.4	Proses Pengujian <i>Homogenize</i> .....	46
3.4.5	Pengujian Komposisi Kimia .....	47
3.4.6	Pengujian Struktur Mikro.....	49
3.4.7	Pengujian Kekerasan .....	53
3.4.8	Pengujian Tarik .....	54
3.5	Teknik Analisis Data .....	57
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN .....</b>		<b>58</b>
4.1	Hasil Pengujian Komposisi Kimia .....	58
4.2	Hasil Pengujian Struktur Mikro .....	61
4.3	Hasil Pengujian Uji Kekerasan.....	64
4.4	Hasil Pengujian Uji Tarik .....	66

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN.....	68
5.1    Kesimpulan.....	68
5.2    Saran .....	69
DAFTAR PUSTAKA .....	70
LAMPIRAN.....	73
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	117



## **DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Titik Cair Standar Kuningan .....	6
Tabel 2.2 <i>Tensile Result with Aluminium</i> .....	15
Tabel 2.3 <i>Tensile Test Result with Manganese</i> .....	17
Tabel 3.1 Perhitungan <i>Mass Balance</i> ( Cu-28Zn-2Mn-xAl) .....	40
Tabel 4.1 Tabel Hasil Uji Komposisi Spesimen Uji .....	59

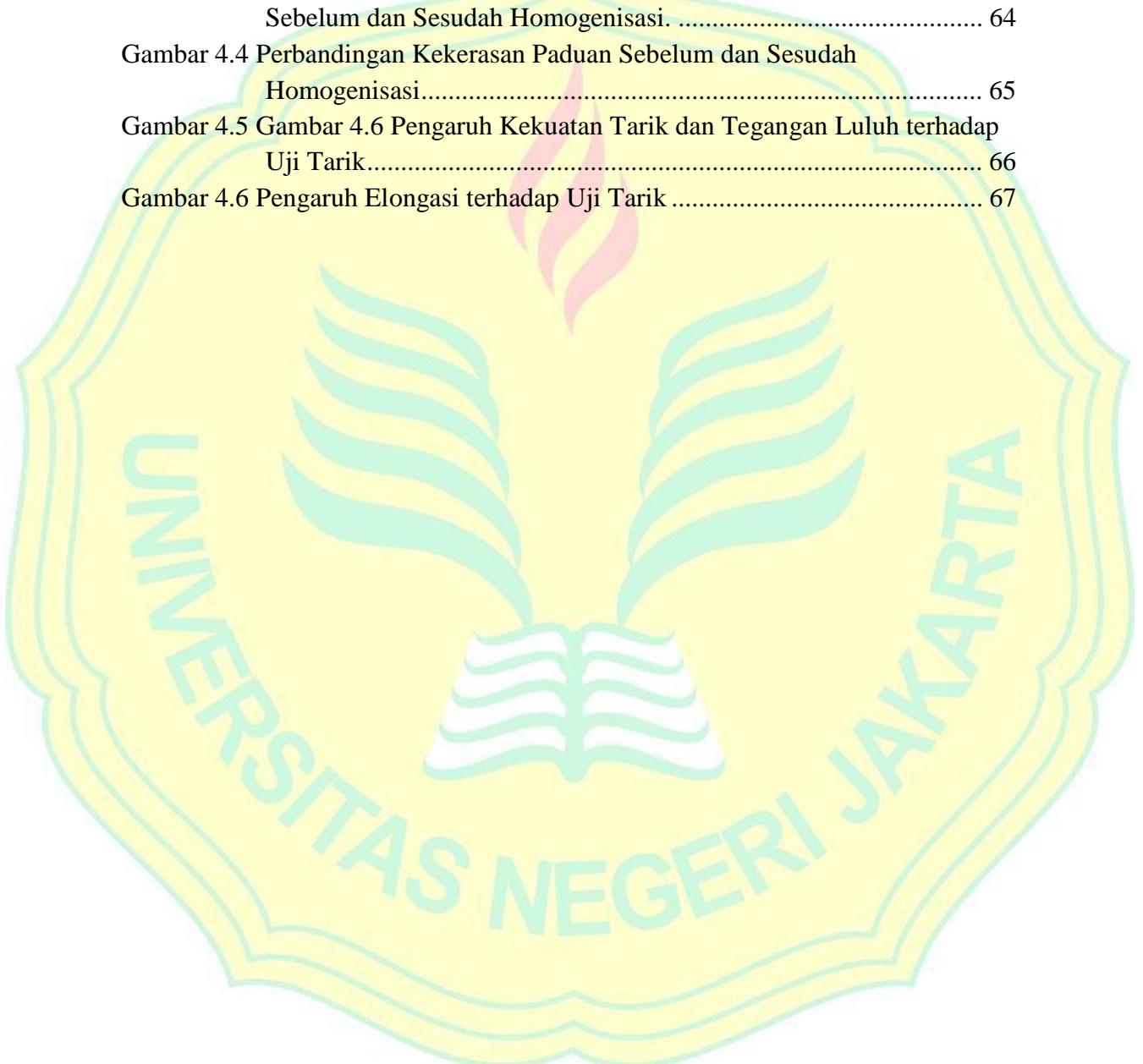


## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Kuningan .....	5
Gambar 2.2 Diagram Fasa CuZn .....	7
Gambar 2.4 <i>Interstitial Solution</i> .....	9
Gambar 2.3 <i>Substitutional Solution</i> .....	9
Gambar 2.5 Kuningan dengan Zn 28% pasca pengecoran (A) dan Kuningan dengan Zn 28% sesudah perlakuan panas pada $T = 800^{\circ}\text{C}$ (B) dengan perbesaran masing-masing 100x .....	11
Gambar 2.6 Kuningan dengan Zn 47,5% pasca pengecoran (A) dan Kuningan dengan Zn 52% pasca pengecoran (B) dengan perbesaran masing-masing 100x .....	11
Gambar 2.7 ( $\alpha + \beta$ ) Struktur Mikro.....	12
Gambar 2.8 <i>Cuprum</i> (Cu) atau tembaga .....	12
Gambar 2.9 <i>Zinc</i> (Zn) atau seng.....	13
Gambar 2.10 Efek penambahan Aluminium terhadap Kekerasan paduan kuningan CuZn .....	14
Gambar 2.11 <i>Bronze commercial</i> sebagai perangkat keras kapal selam. ....	21
Gambar 2.12 <i>Bronze commercial</i> sebagai pelindung jendela. ....	21
Gambar 2.13 Gerbang rumah salah satu jenis <i>grill work</i> .....	22
Gambar 2.14 Bagian-bagian Amunisi.....	22
Gambar 2.15 Uji Kekerasan dengan Metode Vickers.....	24
Gambar 2.16 Mesin Uji Tarik JTM <i>Tensile Testing Machine</i> .....	25
Gambar 2.17 Standar Uji Tarik ASTM E8 .....	25
Gambar 3.1 <i>Muffle Furnace</i> .....	26
Gambar 3.2 Tungku Perlakuan Panas .....	26
Gambar 3.3 Cetakan .....	27
Gambar 3.4 <i>Crucible</i> .....	27
Gambar 3.5 Alat Bantu Pengecoran.....	28
Gambar 3.6 Timbangan Digital .....	28
Gambar 3.7 Thermometer Digital .....	29
Gambar 3.8 Gergaji Besi .....	29
Gambar 3.9 Gerinda Tangan .....	30
Gambar 3.10 Jangka Sorong .....	30
Gambar 3.11 Gerinda Potong.....	31
Gambar 3.12 Mesin Bor .....	31
Gambar 3.13 <i>Hand Taps</i> .....	32
Gambar 3.14 Mesin <i>Bandsaw</i> .....	32
Gambar 3.15 Mesin <i>Frais</i> .....	32
Gambar 3.16 Mesin <i>Amplas</i> .....	33
Gambar 3.17 Mesin Uji Komposisi .....	33

Gambar 3.18 Mesin Vickers .....	34
Gambar 3.19 Mikroskop Optik .....	34
Gambar 3.20 Mesin Uji Tarik .....	35
Gambar 3.21 Alat Penunjang Penelitian .....	35
Gambar 3.22 Diagram Alir Penelitian .....	38
Gambar 3.23 Aluminium, Serbuk Mangan, Kuningan, dan Seng .....	39
Gambar 3.24 Hasil perhitungan <i>mass balance</i> siap untuk dilaksanakan pengecoran .....	39
Gambar 3.25 Pelapisan grafit pada krusibel. ....	41
Gambar 3.26 Krusibel setelah dilapisi grafit.....	41
Gambar 3.27 Mencapurkan unsur Zn dan Al lalu membuang slagnya.....	42
Gambar 3.28 Pemanasan kembali hingga temperatur penuangan. ....	42
Gambar 3.29 Menunggu cetakan sampai temperatur maksimal. ....	43
Gambar 3.30 Hasil coran yang sudah dituang ke cetakan. ....	43
Gambar 3.31 Hasil pengecoran yang sudah selesai dipraktikan. ....	44
Gambar 3.32 Hasil pengecorannya. ....	44
Gambar 3.33 <i>Mapping</i> . ....	45
Gambar 3.34 Proses Homogenisasi.....	46
Gambar 3.35 Hasil Plat Setelah di Homogenisasi .....	46
Gambar 3.36 Mempersiapkan spesimen yang akan dipotong.....	47
Gambar 3.37 Hasil area spesimen yang sudah dipotong. ....	47
Gambar 3.38 Sampel yang sudah diberi kode dengan grapijer.....	48
Gambar 3.39 Hasil dari tiap spesimen uji komposisi.....	48
Gambar 3.40 Pecampuran resin dan hardener ke dalam cetakan pipa paralon yang sudah diukur sesuai dimensinya.....	49
Gambar 3.41 Sampel yang sudah selesai dituang kedalam cetakan. ....	49
Gambar 3.42 Proses pengamplasan secara bertahap dengan amplas.....	50
Gambar 3.43 Pengamplasan terakhir dengan kain belundru halus. ....	50
Gambar 3.44 Proses Etsa.....	51
Gambar 3.45 Mencari area untuk mikro struktunya. ....	51
Gambar 3.46 Pengambilan data mikro struktur sesuai perbesaran yang di inginkan. ....	52
Gambar 3.47 Analisis struktur mikro yang sudah di praktikan. ....	52
Gambar 3.48 Memberikan tanda pada area yang akan dijejak untuk uji. ....	53
Gambar 3.49 Proses penjejakkan pada 5 titik pada tiap spesimen.....	53
Gambar 3.50 Karyawan yang bertugas sebagai operator Pengujian Tarik di UIB2T, Jakarta.....	54
Gambar 3.51 Pemotongan sampel untuk uji tarik. ....	54
Gambar 3.52 Sampel harus sesuai standar ASTM E8. ....	55
Gambar 3.53 Sampel yang sudah selesai dikerjakan. ....	55
Gambar 3.54 Sampel 15 buah berbeda kadar kandungan sebelum diekskusi untuk pengujian tarik. ....	56

Gambar 3.55 Sampel 15 buah kadar kandungan setelah di ekskusi pengujian tarik.....	56
Gambar 4.1 Struktur Mikro Paduan Uji dengan Penambahan Al sebesar 0.2% Sebelum dan Sesudah Homogenisasi. ....	62
Gambar 4.2 Struktur Mikro Paduan Uji dengan Penambahan Al sebesar 0.5% Sebelum dan Sesudah Homogenisasi. ....	63
Gambar 4.3 Struktur Mikro Paduan Uji dengan Penambahan Al sebesar 1% Sebelum dan Sesudah Homogenisasi. ....	64
Gambar 4.4 Perbandingan Kekerasan Paduan Sebelum dan Sesudah Homogenisasi.....	65
Gambar 4.5 Gambar 4.6 Pengaruh Kekuatan Tarik dan Tegangan Luluh terhadap Uji Tarik.....	66
Gambar 4.6 Pengaruh Elongasi terhadap Uji Tarik .....	67



## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Laporan Proses Pengecoran.....	73
Lampiran 2 Laporan Data Pembuatan <i>Mapping Of Material</i> Spesimen Uji. ....	76
Lampiran 3 Laporan Data Temperatur Proses Pengecoran.....	77
Lampiran 4 Laporan Data Struktur Mikro ( <i>Microstructure</i> ). .....	79
Lampiran 5 Laporan Data Hasil Uji Komposisi .....	83
Lampiran 6 Laporan Data Tabel Hasil Keseluruhan Uji Komposisi .....	86
Lampiran 7 Laporan Data Uji Keras ( <i>Hardness</i> ). ....	87
Lampiran 8 Laporan Data Uji Tarik.....	89
Lampiran 9 Laporan Data Grafik Uji Tarik .....	92
Lampiran 10 Laporan Sertifikasi Unsur Tembaga atau <i>Cuprum</i> (Cu).....	107
Lampiran 11 Laporan Sertifikasi Unsur Seng atau Zinc (Zn).....	108
Lampiran 12 Laporan Sertifikasi Unsur Aluminium (Al).....	109
Lampiran 13 Laporan Sertifikasi Unsur Mangan (Mn). ....	110