

**SKRIPSI**  
**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *FOAMING***  
***AGENT* DAN VARIASI *SINTERING TEMPERATURE***  
**PADA FABRIKASI *COPPER FOAM***



**MUHAMMAD GHALY YUSUF ALDRIN**

**03051381621104**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**

**JURUSAN TEKNIK MESIN**

**FAKULTAS TEKNIK**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2019**

**SKRIPSI**  
**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *FOAMING***  
***AGENT* DAN VARIASI *SINTERING TEMPERATURE***  
**PADA FABRIKASI *COPPER FOAM***

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana  
Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya**



**OLEH**  
**MUHAMMAD GHALY YUSUF ALDRIN**  
**03051381621104**

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN**  
**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**  
**2019**

**HALAMAN PENGESAHAN**

**STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *FOAMING AGENT*  
DAN VARIASI *SINTERING TEMPERATURE* PADA  
FABRIKASI *COPPER FOAM***

**SKRIPSI**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Teknik  
Mesin Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya

Oleh:

**MUHAMMAD GHALY YUSUF ALDRIN**  
03051381621104

Palembang, Desember 2019

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

  
**Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D**  
NIP. 197142251997021001



Pembimbing Skripsi,

  
**Gunawan S.T., M.T., Ph.D**  
NIP. 197705072001121001

**JURUSAN TEKNIK MESIN**  
**FAKULTAS TEKNIK**  
**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**Agenda No. :**  
**Diterima Tanggal :**  
**Paraf :**

---

---

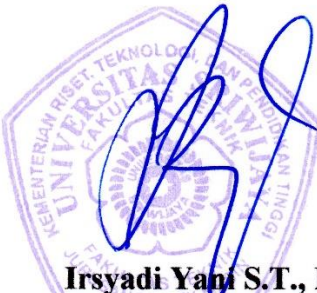
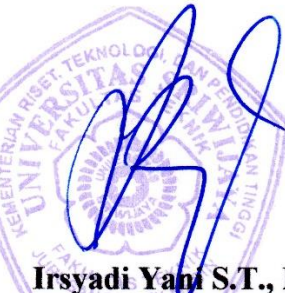
**SKRIPSI**

**NAMA : MUHAMMAD GHALY YUSUF ALDRIN**  
**NIM : 03051381621104**  
**JUDUL : STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *FOAMING AGENT***  
**DAN VARIASI *SINTERING TEMPERATURE* PADA**  
**FABRIKASI *COPPER FOAM***

**DIBERIKAN : JANUARI 2019**

**SELESAI : DESEMBER 2019**

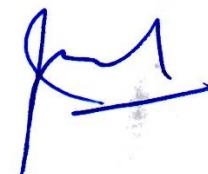
Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin,



**Irsyadi Yani S.T., M.Eng., Ph.D**  
**NIP. 197112251997021001**

Palembang, Desember 2019

Diperiksa dan disetujui oleh :  
Pembimbing Skripsi,



**Gunawan, S.T, M.T, Ph.D.**  
**NIP. 197705072001121001**

## HALAMAN PERSETUJUAN

Karya Tulis Ilmiah berupa skripsi ini dengan judul “**Studi Pengaruh Penambahan *Foaming Agent* Dan Variasi *Sintering Temperature* Pada Fabrikasi *Copper Foam***” telah dipertahankan dihadapkan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Tanggal 28 Desember 2019.

Palembang, 28 Desember 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. **Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T.**  
**NIP. 195903211987031001**

(  )

Anggota :

2. **Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T.**  
**NIP. 196307191990032001**
3. **Amir Arifin, S.T, M. Eng, Ph.D.**  
**NIP. 197909272003121004**

(  )

(  )

Mengetahui,  
Ketua Jurusan Teknik Mesin



**Irsyadi Yani S.T, M.Eng, Ph.D.**  
**NIP. 197112251997021001**

Pembimbing Skripsi,



**Gunawan, S.T, M.T, Ph.D.**  
**NIP. 197705072001121001**

## HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ghaly Yusuf Aldrin

NIM : 03051381621104

Judul : Studi Pengaruh Penambahan *Foaming Agent* Dan Variasi *Sintering Temperature* Pada Fabrikasi Copper Foam.

Memberikan izin kepada Pembimbing dan Universitas Sriwijaya untuk mempublikasikan hasil penelitian saya untuk kepentingan akademik apabila dalam waktu 1 (satu) tahun tidak mempublikasikan karya penelitian saya. Dalam kasus ini saya setuju untuk menempatkan Pembimbing sebagai penulis korespondensi (Corresponding author)

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.

Palembang, Desember 2019



Muhammad Ghaly Yusuf Aldrin

NIM. 03051381621104

## HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Muhammad Ghaly Yusuf Aldrin

NIM : 03051381621104

Judul : Studi Pengaruh Penambahan *Foaming Agent* Dan Variasi *Sintering Temperature* Pada Fabrikasi Copper Foam.

Menyatakan bahwa Skripsi saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan yang berlaku.

Demikian, pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Desember 2019



Muhammad Ghaly Yusuf Aldrin

NIM. 03051381621104

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini

Skripsi yang berjudul “Studi Pengaruh Penambahan *Foaming Agent* Dan Variasi *Sintering Temperature* Pada Fabrikasi *Copper Foam*”, dibuat dan disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang setinggi-tingginya atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Bapak Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Gunawan, S.T, M.T, Ph.D sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen pengarah yang membantu dalam pembuatan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T selaku dosen pembahas seminar proposal yang telah memberikan arahan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
5. Ibu Nurhabibah Paramitha, S.T, M.T selaku dosen pembahas seminar proposal yang juga telah memberikan arahan dan saran dalam penyusunan skripsi ini.
6. Seluruh Dosen Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang tidak bisa disebutkan satu persatu untuk segala ilmu yang telah diberikan yang sangat bernilai bagi penulis.



7. Bapak Ir. Robert Junaidi, M.T selaku ketua Laboratorium Rekayasa Proses Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya yang sangat membantu dalam proses pembuatan spesimen.
8. Bapak Yulianto, M.T selaku ketua Laboratorium Material Politeknik Manufaktur Negeri Bangka Belitung yang telah membantu proses pengujian struktur mikro pada spesimen.
9. Bapak Mulyadi S.T, M.T dan bapak Ir. Romli, M.T selaku Manajer Teknis Laboratorium Uji Bahan Politeknik Negeri Sriwijaya yang telah memberi arahan dan sangat membantu dalam proses pengujian spesimen.
10. Seluruh Keluarga Besar penulis, teman-teman angkatan 2016 dan tim *Porous Metal* serta kakak tingkat angkatan 2014-2015 yang telah membantu dan memberikan saran dalam pengerjaan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan skripsi ini masih banyak sekali kekurangan karena keterbatasan ilmu yang penulis miliki. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun untuk kelanjutan skripsi ini ke depannya akan sangat membantu.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi kemajuan ilmu pengetahuan di masa yang akan datang di kemudian hari.

Palembang, 23 Desember 2019

Penulis

## RINGKASAN

### STUDI PENGARUH PENAMBAHAN *FOAMING AGENT* DAN VARIASI *SINTERING TEMPERATURE* PADA FABRIKASI *COPPER FOAM*

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 20 Desember 2019

Muhammad Ghaly Yusuf Aldrin; Dibimbing oleh Gunawan, S.T, M.T, Ph.D.

Study on the effect of Foaming Agent addition and Sintering temperature variation on Copper Foam fabrications

xxvii + 62 Halaman, 10 tabel, 48 gambar, 14 lampiran

#### RINGKASAN

Tembaga merupakan logam yang mudah didapatkan dan sangat berguna untuk berbagai aplikasi industri karena sifat konduktivitas termal dan kalornya yang baik. salah satu inovasi material yang masih terus dikembangkan adalah *metal foam*. *Metal foam* adalah struktur seluler yang terbuat dari logam padat yang strukturnya sebagian besar mengandung pori-pori. Pada penelitian ini penulis akan memfabrikasi *metal foam* berbahan dasar tembaga dengan metode metalurgi serbuk dengan tiga variasi temperatur sintering dan *foaming agent* berupa kuning telur yang digunakan untuk pembentukan pori pada matrix tembaga. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengkaji dan menganalisa komposisi dan temperatur sintering yang optimum serta untuk menganalisis pengaruh variasi parameter sintering terhadap tembaga berpori. Pengujian dan pengamatan yang dilakukan diantaranya adalah pengujian penyusutan (*Shrinkage*) untuk mengetahui persentase penyusutan yang terjadi pada spesimen dengan rata-rata penyusutan pada semua variasi sebesar 28,1%, *Optical Microscope* (OM) untuk mengetahui struktur yang terbentuk pada spesimen dengan pembesaran <200x yang hasilnya ditemukan bintik-bintik putih pada struktur spesimen, pengamatan struktur mikro melalui pengujian

*Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan hasil telah terbentuknya pori-pori pada struktur tembaga dengan ukuran pori berkisar antara 12,55  $\mu\text{m}$  sampai 288,3  $\mu\text{m}$ , *X-Ray Diffraction* (XRD) untuk mengetahui fasa dan senyawa yang terbentuk dengan hasil hanya senyawa tembaga (Cu) yang muncul dengan data acuan yang sesuai berdasarkan *Crystallography Open Database* (COD), *X-Ray Fluorescences* untuk mengetahui komposisi unsur yang terbentuk dengan nilai komposisi Tembaga (Cu) sebesar 99,95% dan Timbal (Pb) sebesar 0,035%, pengujian densitas dan porositas untuk mengetahui massa jenis dan persentase porositas yang terjadi pada struktur tembaga berpori dimana densitas terendah terdapat pada spesimen dengan variasi 1:1,5 dan temperatur sintering 800°C *Heat Rate* 6°C sebesar 1,21  $\text{g}/\text{cm}^3$  dan rata-rata porositas sebesar 85,05% pada semua variasi, serta pengujian tekan (*Compression*) untuk mengetahui kekuatan mekanik dengan hasil rata-rata kekuatan tekan ( $\sigma_R$ ) pada spesimen dengan variasi 1:1,25 temperatur sintering 800°C *Heat Rate* 10°C/min sebesar 0,02635 MPa.

**Kata Kunci :** Tembaga, Kuning Telur, *Foam*, Porositas, serbuk.

## SUMMARY

### STUDY ON THE EFFECT OF FOAMING AGENT ADDITION AND SINTERING TEMPERATURE VARIATION ON COPPER FOAM FABRICATIONS

Scientific papers in the form of Undergraduate Thesis, December 20<sup>th</sup>, 2019

Muhammad Ghaly Yusuf Aldrin; Supervised by Gunawan, S.T, M.T, Ph.D.

Studi Pengaruh Penambahan *Foaming Agent* Dan Variasi *Sintering Temperature* Pada Fabrikasi *Copper Foam*

xxvii + 62 Pages, 10 tables, 48 pictures, 14 attachments.

## SUMMARY

Copper is an easy to obtain metal and very useful for a variety of industrial applications due to its good thermal conductivity and heat properties. One of the material innovations that is still being developed is metal foam. Metal foam is a cellular structure made of solid metal where the structure contains mostly pores. In this research, the writer will make copper based metal foam with powder metallurgy method with three variations of sintering temperature and egg yolk as foaming agent used for the formation of pores in the copper matrix. The purpose of this research is to study and analyze the optimal composition and sintering temperature and to analyze the effect of variations in sintering parameters on porous copper. Tests and observations that include in this research are shrinkage testing to determine the percentage of shrinkage that occurs in specimens with an average shrinkage of all variations of 28.1%, Optical Microscope (OM) to determine the structure formed in specimens with magnification <200x with the result of white spots on the surface of the specimen are formed, microstructure observation through the Scanning Electron Microscopy (SEM) test with the results of the formation of pores on the copper

structure with pore sizes ranging from 12.55  $\mu\text{m}$  to 288.3  $\mu\text{m}$ , X-Ray Diffraction (XRD) test to determine the phases and compounds formed which the results shows only copper compounds (Cu) that appear with the appropriate reference data based on Crystallography Open Database (COD), X-Ray Fluorescence test to determine the composition of elements formed with the value of the composition of Copper (Cu) of 99.95% and Lead (Pb) of 0.035%, density and porosity test to know the density and porosity percentage that occur in porous copper structures where the lowest density is found in specimens with a variation of 1: 1.5 and sintering temperature of 800°C Heat Rate of 6°C of 1.21  $\text{g}/\text{cm}^3$  and an average porosity of 85.05% in all variations, as well as compressive test to determine mechanical strength in porous copper with an average compressive strength ( $\sigma_R$ ) on specimens with a variation of 1: 1.25 with sintering temperature of 800°C Heat Rate 10°C/min of 0.02635 MPa.

**Key Words :** Copper, Egg Yolk, Foam, Porosity, Powder.

# DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
Halaman Judul.....	i
Halaman Pengesahan.....	iii
Halaman Pengesahan Agenda .....	v
Halaman Persetujuan.....	vii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi .....	ix
Halaman Pernyataan Integritas.....	xi
Kata Pengantar .....	xiii
Ringkasan .....	xv
Summary .....	xvii
Daftar Isi.....	xix
Daftar Gambar .....	xxiii
Daftar Tabel.....	xxv
Daftar Lampiran .....	xxvii
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah.....	2
1.4 Tujuan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Metode Penelitian.....	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Metal Foam .....	5
2.1.1 Jalur Metalurgi Leleh .....	6
2.1.2 Jalur Metalurgi Serbuk .....	7
2.1.3 Berdasarkan Struktur Spons Polimerr .....	7
2.1.4 Berdasarkan Pelarutan dari <i>Placeholder</i> .....	8
2.2 Aplikasi Metal Foam.....	8
2.3 Dasar-dasar Material .....	9

2.3.1	Sejarah Tembaga .....	9
2.3.2	Karakteristik Tembaga .....	10
2.3.3	<i>Foaming Agent</i> (Kuning Telur) .....	13
2.4	Metode Pembuatan Tembaga Berpori .....	14
2.4.1	Metode Langsung ( <i>Direct Foaming</i> ) .....	14
2.4.2	Metode Tidak Langsung ( <i>Indirect Foaming</i> ) .....	14
2.5	Sintering .....	15
2.5.1	Persamaan Difusi ( <i>Diffusion Equation</i> ) .....	18

### BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian .....	21
3.2	Alat dan Bahan .....	22
3.3	Prosedur Penelitian .....	22
3.3.1	Persiapan Serbuk Tembaga .....	23
3.3.2	Persiapan <i>Foaming Agent</i> .....	23
3.4	Pembuatan <i>Copper Foam</i> .....	24
3.5	Metode Pengujian .....	24
3.5.1	Pengujian Tekan ( <i>Compression</i> ) .....	25
3.5.2	Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM) .....	26
3.5.3	Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	27
3.5.4	Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	28
3.5.5	Pengujian Densitas dan Porositas .....	30

### BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Material .....	31
4.2	Pencampuran ( <i>Mixing</i> ) .....	33
4.3	<i>Drying</i> .....	34
4.4	Sintering .....	35
4.5	<i>Shrinkage</i> ( <i>Penyusutan</i> ) .....	38
4.6	Hasil Pengujian <i>X-Ray Fluorescence</i> (XRF) .....	42
4.7	Hasil Pengujian <i>X-Ray Diffraction</i> (XRD) .....	42
4.8	Hasil Pengujian Densitas dan Porositas .....	46
4.9	Pengamatan Struktur Makro .....	49
4.9.1	Pengamatan Struktur Makro dengan <i>Optical Microscope</i> .....	50

4.10	Hasil Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM).....	51
4.11	Hasil Pengujian Tekan .....	55
4.12	Aplikasi Tembaga Berpori .....	55
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan .....	61
5.2	Saran.....	62
DAFTAR PUSTAKA.....		63



## DAFTAR GAMBAR

	<b>Halaman</b>
Gambar 2.1 Open cell foam dan closed cell foam .....	5
Gambar 2.2 Pengelompokan skematis dari metode produksi metal foam .....	6
Gambar 2.3 <i>Model Cooler</i> yang terbuat dari copper foam.....	9
Gambar 2.4 Tembaga (Cu).....	9
Gambar 2.5 Diagram Fasa Tembaga Murni.....	12
Gambar 2.6 Kuning Telur ( <i>Egg Yolk</i> ) .....	13
Gambar 2.7 Skema pembuatan <i>copper foam</i> dengan injeksi gas .....	14
Gambar 2.8 Skema pembuatan copper foam dari proses kompaksi serbuk .....	15
Gambar 2.9 Tahap sederhana sintering antar partikel .....	16
Gambar 2.10 Grafik temperatur terhadap waktu selama proses sintering .....	17
Gambar 2.11 Mekanisme proses difusi atomik antar partikel.....	18
Gambar 2.12 Aliran zat hukum Fick's .....	19
Gambar 2.13 Aliran fluks konsentrasi tinggi ke konsentrasi rendah .....	19
Gambar 3.1 Diagram alir penelitian .....	21
Gambar 3.2 Serbuk tembaga dengan tingkat kemurnian 99,5% .....	23
Gambar 3.3 Alat Pengujian Tekan .....	25
Gambar 3.4 Dimensi spesimen uji tekan.....	26
Gambar 3.5 Alat pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM).....	26
Gambar 3.6 Interaksi berkas elektron dengan spesimen dan sinyal yang dipancarkan dari sampel.....	27
Gambar 3.7 Alat pengujian X-ray diffraction (XRD) .....	28
Gambar 3.8 Alat pengujian X-Ray Fluorescence (XRF) .....	29
Gambar 4.1 Serbuk tembaga dengan pembesaran 1000x.....	32
Gambar 4.2 Serbuk tembaga dengan pembesaran 5000x.....	32
Gambar 4.3 Hasil proses pencampuran .....	33
Gambar 4.4 Tembaga berpori setelah proses <i>Drying</i> .....	35
Gambar 4.5 Tembaga berpori setelah proses Sintering.....	36
Gambar 4.6 Grafik proses sintering pada temperatur 800°C.....	37

Gambar 4.7 Hasil uji TGA pada kuning telur .....	38
Gambar 4.8 Grafik perbandingan rata-rata penyusutan beserta <i>Error Bar</i> .....	41
Gambar 4.9 Profil pengukuran XRD pada tembaga berpori .....	44
Gambar 4.10 Pola Spektrum XRD Tembaga dengan kuning telur sebagai pembentuk pori .....	44
Gambar 4.11 Contoh pengukuran densitas .....	46
Gambar 4.12 Grafik rata-rata porositas tembaga berpori beserta <i>Error Bar</i> ....	49
Gambar 4.13 Struktur makro spesimen tembaga berpori .....	50
Gambar 4.14 Hasil pengamatan struktur makro tembaga berpori dengan perbesaran 50x .....	50
Gambar 4.15 Hasil pengamatan struktur makro tembaga berpori dengan perbesaran 100x .....	51
Gambar 4.16 Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> Titik 1 dengan perbesaran 150x .....	52
Gambar 4.17 Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> Titik 1 dengan perbesaran 700x .....	52
Gambar 4.18 Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> Titik 1 dengan perbesaran 3000x .....	53
Gambar 4.19 Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> Titik 2 dengan perbesaran 150x .....	53
Gambar 4.20 Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> Titik 2 dengan perbesaran 700x .....	54
Gambar 4.21 Pengamatan <i>Scanning Electron Microscopy</i> Titik 2 dengan perbesaran 3000x .....	54
Gambar 4.22 <i>Hung Ta Computer Type Universal Testing Machine Type HT</i> 9502 .....	56
Gambar 4.23 Hasil Pengujian Tekan pada spesimen 1 .....	56
Gambar 4.24 Hasil Pengujian Tekan pada spesimen 2 .....	57
Gambar 4.25 Hasil Pengujian Tekan pada spesimen 3 .....	57
Gambar 4.26 Grafik perbandingan besaran rata-rata kekuatan tekan dan besaran rata-rata porositas .....	58
Gambar 4.27 Grafik Perbandingan rata-rata porositas pada setiap aplikasi .....	60

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 2.1 Sifat Fisik Tembaga .....	11
Tabel 2.2 Koefisien Difusi pada tembaga. ....	20
Tabel 4.1 Data <i>shrinkage</i> spesimen tembaga berpori.....	40
Tabel 4.2 Hasil uji XRF pada spesimen tembaga berpori. ....	42
Tabel 4.3 Kondisi Pengukuran XRD pada tembaga berpori. ....	43
Tabel 4.4 <i>Peak List</i> hasil XRD Tembaga berpori dengan kuning telur sebagai pembentuk pori .....	45
Tabel 4.5 Perhitungan ukuran rata-rata dari kristalin.....	45
Tabel 4.6 Data uji Densitas dan Porositas tembaga berpori.....	48
Tabel 4.7 Data Hasil Pengujian Tekan Tembaga Berpori.....	58
Tabel 4.8 Beberapa aplikasi pada copper foam dengan kuning telur sebagai foaming agent. ....	59

## DAFTAR LAMPIRAN

	<b>Halaman</b>
Lampiran A.1 Metode Perhitungan .....	65
Lampiran A.2 Gambar Spesimen .....	75

# BAB 1

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Perkembangan teknologi material saat ini semakin beragam, hal ini ditandai dengan banyak lahirnya material jenis baru yang terus menerus dikembangkan. Berbagai teknologi material baru ini memberi banyak manfaat bagi kehidupan manusia, yang dituntut untuk selalu berinovasi seiring perkembangan zaman. Banyak inovasi yang telah dilakukan dan dikembangkan untuk menaikkan sifat mekanik dari material.

Salah satu material yang saat ini masih terus menerus dikembangkan adalah tembaga. Tembaga adalah material yang sudah digunakan sejak dahulu kala, tembaga banyak dimanfaatkan sebagai penghantar listrik atau kawat listrik karena memiliki sifat konduktivitas listrik yang tinggi, konduktivitas termal yang sangat baik, dan tahan terhadap korosi.

Salah satu teknik memfabrikasi logam yang akan digunakan pada penelitian ini adalah dengan mencampurkan serbuk tembaga dengan kuning telur (*egg yolk*), dimana kuning telur ini akan menciptakan rekayasa pori (*porous*) pada spesimen. Pori ini diharapkan akan menaikkan sifat konduktivitas termal dan listrik maupun sifat mekanik dari matriks tembaga.

Logam berpori atau *metal foam* merupakan material maju yang strukturnya sebagian besar berongga atau memiliki lubang-lubang kecil, material berpori ini memiliki volume porositas antara 75% - 95% (Prasetyo, 2008). Ada beberapa teknik dalam proses pembuatan *metal foam*, pada penelitian ini metode yang digunakan adalah dengan proses sinter dan pelarutan atau *sintering-dissolution process* (SDP) yaitu teknik fabrikasi logam berpori dari material baku serbuk. Kelebihan dari proses ini adalah jumlah pori, ukuran, dan bentuk yang dihasilkan dapat dikendalikan melalui pemilihan material yang digunakan.

Kelebihan lain dari proses ini adalah produksi yang dihasilkan hampir mendekati yang sebenarnya atau bisa disebut *net* sehingga proses machining sangat sedikit (Prasetyo, 2008).

Metode pengujian dan pengamatan yang akan dilakukan penulis pada penelitian ini untuk mengetahui sifat mekanik dan konduktivitas dari spesimen uji antara lain pengujian penyusutan (*shrinkage*), pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF), pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD), pengujian densitas, pengamatan melalui *optical microscope*, pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan pengujian tekan (*compression*).

## 1.2 Rumusan Masalah

Pembuatan tembaga berpori pada penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan material tembaga yang diharapkan memiliki pori dengan struktur terbuka (*open cell*). Pori jenis ini dibuat sebagai media transportasi suatu massa atau kalor (*transport phenomena*) yang berpotensi dapat diaplikasikan menjadi *Heat Exchanger*. Dalam proses pembuatan tembaga berpori ini komposisi dan parameter sintering divariasikan sehingga dapat diamati mengenai kelebihan dan kekurangan pada masing-masing spesimen. Untuk mengatasi hal tersebut maka dilakukan penelitian Studi pengaruh penambahan *foaming agent* dan variasi temperatur sintering pada fabrikasi *copper foam*.

## 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah pada penelitian ini, antara lain :

- a. Material baku yang digunakan sebagai matriks adalah serbuk tembaga murni.
- b. Kuning telur digunakan sebagai *foaming agent*.

- c. Variasi parameter sintering yang digunakan adalah pada suhu 750 °C, 800 °C, dan 850°C dengan *heating rate* sebesar 6 °C/min, 8 °C/min, dan 10°C/min dan *holding time* selama 2 jam.
- d. Pengujian dan pengamatan yang dilakukan antara lain pengujian penyusutan (*shrinkage*), pengujian *X-Ray Fluorescence* (XRF), pengujian *X-Ray Diffraction* (XRD), pengujian densitas, pengamatan melalui *optical microscope*, pengujian *Scanning Electron Microscopy* (SEM), dan pengujian tekan (*compression*).

#### **1.4 Tujuan Penelitian**

Tujuan utama yang hendak dicapai dalam penelitian ini adalah :

- a. Mengkaji dan menganalisa komposisi dan temperatur sintering yang optimum pada tembaga berpori.
- b. Menganalisa sifat mekanik, kekuatan material dan perubahan ukuran maupun massa dari tembaga berpori.
- c. Menganalisa pengaruh variasi parameter sintering terhadap tembaga berpori.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini, adalah :

- a. Mempelajari dan mengetahui proses fabrikasi tembaga berpori.
- b. Untuk mendapatkan material yang diharapkan dapat dimanfaatkan di berbagai aspek kehidupan manusia.
- c. Karya tulis ini diharapkan dapat memberikan manfaat secara teoritis dan diharapkan dapat berguna sebagai sumbangan pemikiran dalam dunia pendidikan dan penelitian.

- d. Sebagai referensi dalam dunia ilmu pendidikan sehingga dapat membantu menambah wawasan dan pengetahuan mengenai *material science process*.

## 1.6 Metode Penelitian

Dalam metode penelitian penulis menggunakan beberapa sumber yang digunakan dalam proses pembuatan skripsi ini, diantaranya :

- a. Literatur

Membaca, mempelajari, dan mengutip teori yang berkaitan dengan topik skripsi dari berbagai literatur seperti buku, jurnal, *conference proceedings* dan media-media elektronik.

- b. Eksperimental

Melakukan pengamatan, percobaan, serta pengujian pada spesimen uji yang telah dibuat di laboratorium dan mengambil data-data dilapangan lalu dianalisa.



## DAFTAR PUSTAKA

- ASM International Handbook Committee (1990) *ASM Handbook, ASM International*.
- Banhart, J. (2001) 'Manufacture, characterisation and application of cellular metals and metal foams', *Progress in Materials Science*, 46(6), pp. 559–632. doi: 10.1016/S0079-6425(00)00002-5.
- Board, A. E. (2012) *The Incredible Edible Egg™ Eggcyclopedia*. Fifth Edit. Illinois. Available at: <https://x9wsr1khhgk5pxnq1f1r8kyewpengine.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/eggcyclopedia-fifth-edition.pdf>.
- Boegger Industrial Limited (2010) *Metallic Foams - Ultra-Lightweight, Good Conductivity*. Available at: <https://www.filter-elements.org/filter-elements/metallic-foams.html>.
- Brouwer, P. (2010) *Theory of XRF, Almelo: PANalytical BV*.
- Bunaciu, A. A., Udriștioiu, E. gabriela and Aboul-Enein, H. Y. (2015) 'X-Ray Diffraction: Instrumentation and Applications', *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 45(4), pp. 289–299. doi: 10.1080/10408347.2014.949616.
- Copper, A. (2010) 'A Guide to Working With Copper and Copper Alloys', in. Boston, MA: Springer US. doi: 10.1007/978-1-4615-3482-2\_14.
- Derlet, P. M. (2011) 'Sintering Theory', *Solutions*. Available at: <https://www.epfl.ch/labs/lmc/wp-content/uploads/2018/06/PowderTech-11.pdf>.
- Edihar, M. (2016) *Viskositas dan Difusi Hukum Ficks*. Kendari. Available at: [https://www.academia.edu/21356213/Visikositas\\_dan\\_Difusi\\_Hukum\\_Fick\\_](https://www.academia.edu/21356213/Visikositas_dan_Difusi_Hukum_Fick_).
- Fadli, A. and Sopyan, I. (2011) 'Porous ceramics with controllable properties prepared by protein foaming-consolidation method', pp. 195–203. doi: 10.1007/s10934-010-9370-8.
- García-Moreno, F. (2016) 'Commercial applications of metal foams: Their properties and production', *Materials*, 9(2), pp. 20–24. doi: 10.3390/ma9020085.
- Hadi, S. (2016) *Teknologi Bahan*. Yogyakarta: CV. Andi Offset.
- Harjanto, S. and Ika, F. (2015) 'Copper Foam Manufacturing by the Process of Powder Metallurgy and Dissolution of Carbonates', pp. 107–110.
- Institute, E. C. (2018) *Introducing copper*. Available at: <https://copperalliance.eu/about-copper/copper-and-its->

alloys/properties/.

- Kuczynski, G. C. (1990) 'Self-Diffusion in Sintering of Metallic Particles', *Sintering Key Papers*, pp. 509–527. doi: 10.1007/978-94-009-0741-6\_33.
- Nugroho, A. W. (2015) 'Morfologi dan Kuat Tekan Aluminium Berpori yang Diproduksi dengan Teknik Metalurgi Serbuk Menggunakan Urea sebagai Space Holder'.
- Olevsky, E. A. (2011) *SINTERING THEORY*. California, USA.
- Palenskis, V. (2013) 'Drift Mobility, Diffusion Coefficient of Randomly Moving Charge Carriers in Metals and Other Materials with Degenerated Electron Gas', *World Journal of Condensed Matter Physics*, 03(01), pp. 73–81. doi: 10.4236/wjcmp.2013.31013.
- Prasetyo, A. (2008) 'PENGARUH VARIASI FRAKSI MASSA SPACE HOLDER UREA DENGAN UKURAN MESH 16/18 TERHADAP POROSITAS DAN KUAT TEKAN ALUMINIUM FOAM'.
- Rajeshkanna, S. and Nirmalkumar, O. (2014) 'Synthesis and Characterization of Cu Nanoparticle Using High Energy Ball Milling Route and Compare with Scherrer Equation', 2(12), pp. 30–35.
- Rao, Z., Wen, Y. and Liu, C. (2018) 'Enhancement of heat transfer of microcapsulated particles using copper particles and copper foam', *Particuology*. Chinese Society of Particuology. doi: 10.1016/j.partic.2017.12.010.
- Rehman, T. ur *et al.* (2018) 'Copper foam/PCMs based heat sinks: An experimental study for electronic cooling systems', *International Journal of Heat and Mass Transfer*. Elsevier Ltd, 127, pp. 381–393. doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.07.120.
- Sharma, S. K. *et al.* (2018) *Handbook of Materials Characterization, Handbook of Materials Characterization*. doi: 10.1007/978-3-319-92955-2.
- Sopyan, I., Fadli, A. and Mel, M. (2012) 'Porous alumina – hydroxyapatite composites through protein foaming – consolidation method', *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*. Elsevier Ltd, 8, pp. 86–98. doi: 10.1016/j.jmbbm.2011.10.012.
- Thomas, B. G. P. (2013) 'Metal Foams – Properties , Production and Applications', c, pp. 1–2.
- U.S. Geological Survey (2009) 'Copper — A Metal for the Ages; USGS Mineral Resources Program', *Distribution*, (May). Available at: <https://pubs.usgs.gov/fs/2009/3031/FS2009-3031.pdf>.
- Wang, J. *et al.* (2019) 'Experimental investigation of heat transfer and flow characteristics in finned copper foam heat sinks subjected to jet impingement cooling', *Applied Energy*. Elsevier, 241(November 2018), pp. 433–443. doi: 10.1016/j.apenergy.2019.03.040.

Young, D. A. (1975) *PHASE DIAGRAMS OF THE ELEMENTS*. United States of America.

Zhang, L. *et al.* (2009) 'Heat transfer performance of porous copper fabricated by the lost carbonate sintering process', in *Materials Research Society Symposium Proceedings*, pp. 213–218. doi: 10.1557/proc-1188-1104-07.