

SKRIPSI
PEMBUATAN KOMPOSIT TEMBAGA/ABU
TERBANG BERPORI DENGAN KUNING TELUR
SEBAGAI PEMBENTUK PORI



SURYA ADI CHANDRA

03051381621071

PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

JURUSAN TEKNIK MESIN

FAKULTAS TEKNIK

UNIVERSITAS SRIWIJAYA

2019

SKRIPSI
PEMBUATAN KOMPOSIT TEMBAGA/ABU
TERBANG BERPORI DENGAN KUNING TELUR
SEBAGAI PEMBENTUK PORI

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



OLEH
SURYA ADI CHANDRA
03051381621071

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

HALAMAN PENGESAHAN

PEMBUATAN KOMPOSIT TEMBAGA/ABU TERBANG BERPORI DENGAN KUNING TELUR SEBAGAI PEMBENTUK PORI

SKRIPSI

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

Oleh:

**SURYA ADI CHANDRA
03051381621071**



**Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,**
**Irsyadi Yani S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197112251997021001**

Palembang, 28 Desember 2019

Pembimbing Skripsi,
**Amir Arifin S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197909272003121004**

**JURUSAN TEKNIK MESIN
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

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

SKRIPSI

**NAMA : SURYA ADI CHANDRA
NIM : 03051381621071
JUDUL : PEMBUATAN KOMPOSIT TEMBAGA/ABU TERBANG
BERPORSI DENGAN KUNING TELUR SEBAGAI
PEMBENTUK PORI**

**DIBERIKAN : JANUARI 2019
SELESAI : DESEMBER 2019**



Mengetahui,
Ketua Jurusan Teknik Mesin,

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

Palembang, 28 Desember 2019

Diperiksa dan disetujui oleh
Pembimbing Skripsi

Amir Arifin S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 197909272003121004

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Skripsi ini dengan judul "**Pembuatan Komposit Tembaga/Abu Terbang Berpori Dengan Kuning Telur Sebagai Pembentuk Pori**" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada tanggal 28 Desember 2019.

Palembang, 28 Desember 2019

Tim penguji karya tulis ilmiah berupa Skripsi

Ketua :

1. Dr. Ir. Diah Kusuma Pratiwi, M.T
NIP. 196307191990032001

()

Anggota

2. Prof. Dr. Ir. Nukman, M.T
NIP. 195903211987031001
3. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D
NIP. 197705072001121001

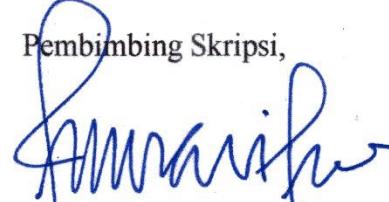
()
()



Mengetahui
Ketua Jurusan Teknik Mesin

Irsyadi Yani S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 19711225 199702 1 001

Pembimbing Skripsi,


Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D
NIP. 19790927 200312 1 004

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Surya Adi Chandra

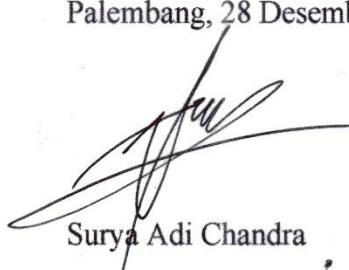
NIM : 03051381621071

Judul : Pembuatan Komposit Tembaga/Abu Terbang Berpori Dengan Kuning
Telur Sebagai Pembentuk Pori

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, 28 Desember 2019



Surya Adi Chandra

NIM. 03051381621071

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama: Surya Adi Chandra

NIM : 03051381621071

Judul : Pembuatan Komposit Tembaga/Abu Terbang Berpori Dengan Kuning Telur Sebagai Pembentuk Pori

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, 28 Desember 2019



Surya Adi Chandra

NIM. 03051381621071

KATA PENGANTAR

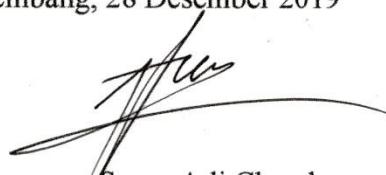
Puji dan syukur penulis atas kehadiran Allah Swt. yang telah memberikan Rahmat, Nikmat, dan Karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi yang berjudul **“Pembuatan Komposit Tembaga/Abu Terbang Berpori Dengan Kuning Telur Sebagai Pembentuk Pori”**.

Skripsi ini disusun untuk melengkapi salah satu syarat mendapatkan Gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Dalam penyusunan skripsi ini tentunya penulis tidak bekerja sendirian, akan tetapi mendapat bantuan serta dukungan dari orang-orang secara langsung. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini dengan setulus hati penulis menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang tak terhingga atas segala bimbingan dan bantuan yang telah diberikan dalam penyusunan tugas akhir ini kepada:

1. Irsyadi Yani, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Ketua Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya.
2. Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D selaku Sekretaris Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya sekaligus sebagai Dosen Pembimbing Skripsi yang telah banyak sekali memberikan arahan dan saran dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Gunawan, S.T, M.T, Ph.D selaku Dosen pengarah yang membantu dalam pembuatan skripsi ini.
4. M. Ihsan Riady, S.T, M.T selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing saya selama menjalani perkuliahan di jurusan Teknik Mesin.
5. Dosen-dosen Jurusan Teknik Mesin Universitas Sriwijaya yang telah membekali saya dengan ilmu yang bermanfaat sebelum menyusun skripsi ini.
6. Keluarga dan teman-teman yang telah memberikan dukungan selama penyusunan skripsi ini berlangsung.

Penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat dan kontribusi dalam dunia pendidikan dan material agar dapat menentukan nilai terbaik terhadap penggunaan komposit tembaga/abu terbang berpori.

Palembang, 28 Desember 2019



Surya Adi Chandra

RINGKASAN

PEMBUATAN KOMPOSIT TEMBAGA/ABU TERBANG BERPORI DENGAN KUNING TELUR SEBAGAI PEMBENTUK PORI

Karya tulis ilmiah berupa skripsi, 28 Desember 2019

Surya Adi Chandra; Dibimbing oleh Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

The Making of Composite Copper/Fly Ash Metal Foam with Egg Yolk as Foaming Agent

xxvii + 66 Halaman, 9 tabel, 44 gambar, 15 lampiran

RINGKASAN

Tembaga merupakan logam yang sering digunakan karena sifat konduktor yang sangat baik, konduktivitas termal yang besar, sifat tahan korosi yang baik, mudah dibentuk, dan tahan lelah (*fatigue*). Tembaga murni bisa memberikan sifat yang lebih baik saat dikombinasikan dengan material lain. Pembuatan Komposit Berpori berbahan dasar tembaga sangat menarik untuk dibuat demi mempertahankan sifat konduktivitas tembaga atau bahkan memancing sifat tembaga agar meningkat lebih jauh lagi dan menurunkan densitasnya yang besar. Pembuatan Komposit Berpori berbahan tembaga sendiri menggunakan metode Metalurgi Serbuk dengan paduan Abu Terbang sebagai penguat, dan kuning telur sebagai pembentuk pori. Proses pembuatannya melibatkan proses stirring, molding, drying, demolding, dan sintering. Dari proses pembuatan didapatkan variasi terbaik dengan porositas, densitas yang ringan, dan bisa dibuat berulang dengan kekerasan yang cukup baik adalah variasi 1:1,25. Setelah semua proses selesai, dilakukan pengujian dan pengamatan. Pengujian dan pengamatan yang dilakukan antara lain Pengujian Shrinkage untuk mengukur penyusutan yang terjadi setelah sampel disintering. Saat dihitung rata-rata penyusutan didapat hasil bahwa seiring ditambahnya kuning telur maka penyusutan juga meningkat.

Pengujian Densitas untuk mencari besar densitas yang didapat setelah sampel dibuat, Pengujian Porositas untuk mengetahui berapa persentase poros yang ada di dalam sampel. Pengujian Tekan untuk mengetahui kekuatan mekanik sampel yang dibuat dan didapat kekuatan sebesar 0,266089363 MPa untuk perbandingan 1:1,25. Pengamatan Melalui *Optical Microscope* untuk mengamati struktur permukaan sampel, Pengamatan melalui *Scanning Electron Microscopy* untuk mengamati struktur mikro yang terbentuk di dalam sampel dan mengukur besar pori yang terbentuk. Pada hasil pengamatan struktur mikro terlihat bahwa ukuran pori berkisar antara 21,63 μm sampai 169,7 μm . Pengujian XRF untuk melihat komposisi unsur yang terbentuk. Pada hasil uji XRF menunjukkan bahwa terdapat zat yang tidak terbaca. Kemungkinan zat ini adalah unsur organik dari kuning telur yang belum terbakar sepenuhnya karena tidak adanya penahanan pada suhu sekitar 650°C. Terakhir, Pengujian XRD untuk mengkarakterisasi fasa kristalin yang terbentuk dan didapatkan hasil bahwa besar ukuran kristalin yang didapat sebesar 0,5815145544 nm.

Kata Kunci : Komposit, Tembaga, Abu Terbang, Kuning Telur, dan Porositas

SUMMARY

THE MAKING OF COMPOSITE COPPER/FLY ASH METAL FOAM WITH EGG YOLK AS FOAMING AGENT

Scientific papers in the form of Thesis, December 28th, 2019

Surya Adi Chandra; Supervised by Amir Arifin, S.T, M.Eng, Ph.D

Pembuatan Komposit Tembaga/Abu Terbang Berpori dengan Kuning Telur sebagai Pembentuk Pori

xxvii + 66 Pages, 9 tables, 44 pictures, 15 attachments.

SUMMARY

Copper is a metal that is often used based on its excellent conductor properties, great thermal conductivity, good corrosion resistance, easy to form, and fatigue resistance. Pure copper can provide better properties when combined with other materials. The making of composite foam made from copper is very interesting to make in purpose to increase its properties and reduce its density. The Composite Foam with Copper as base material uses the Powder Metallurgy Method with a mixture of Fly Ash as a reinforcement, and egg yolk as foaming agent. The manufacturing process involves stirring, molding, drying, demolding, and sintering. From the fabrication process we got the best variation with porosity, light density, and can be made repeatedly with good hardness is the 1:1,25 variation. After all the process done, we began to make several Testing and observation included in this research are Shrinkage Calculation to calculate the shrink of the specimen after sintering process. When the calculation began we know that the shrinkage increase with addition of egg yolks. Then, there is Density Calculation to find how big the density we got after the specimen have made and Porosity calculation to find how big the percentage of porous in each

specimen. After that, we do Compression test to determine the mechanical strength of the specimen we have made. From the compression test we got several data and the mean of data for the variation 1:1,25 is 0,266089363 MPa. After that, we observe the specimen with Optical Microscopy to see the surface structure of the specimen. Then, we do the Scanning Electron Microscopy to observe the micro structure have made in the specimen and to measure the size of the pore formed. From the observation we got the pores size ranging from 21,63 μ m to 169,7 μ m. Then, we do X-Ray Fluorescence Testing to see the compositon of the elements formed. The XRF test results show that there are substances that are not readable. The possibility of this substance is an organic element from egg yols that have not been completely burned due to the absence of containment at temperature around 650°C. Last, X-Ray Diffraction Testing to characterize the formed crystalline phase and the results obtained that the size of the crystalline obtained was 0,5815145544 nm.

Key Words : Composite, Copper, Fly Ash, Egg Yolk, Porosity

DAFTAR ISI

	Halaman
Halaman Judul.....	iii
Halaman Pengesahani.....	ii
Halaman Pengesahan Agenda	v
Halaman Persetujuan	vii
Halaman Pernyataan Persetujuan Publikasi	ix
Halaman Pernyataan Integritas.....	xi
Kata Pengantar	xiii
Ringkasan	xxvii
Summary	xix
Daftar Isi.....	xx
Daftar Gambar.....	xxiii
Daftar Tabel.....	xxv
Daftar Lampiran	xxvii
BAB 1 PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian	4
1.6 Metode Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Logam Berpori	5
2.2 Dasar-dasar Material	8
2.2.1 Tembaga sebagai Matriks	8
2.2.2 Abu terbang sebagai penguat	12
2.2.3 Kuning telur sebagai pembentuk pori	15
2.3 Metode Pembuatan Metal Foam	17
2.3.1 Metalurgi Serbuk.....	17

2.3.2	Entrapped Gas Expansion	18
2.3.3	Gas Injeksi.....	20

BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1	Diagram Alir Penelitian	23
3.2	Alat dan Bahan	24
3.3	Prosedur Penelitian.....	24
3.3.1	Persiapan serbuk tembaga dan abu terbang.....	24
3.3.2	Proses persiapan pembentuk pori	25
3.4	Pembuatan Komposit Foam berbahan dasar Tembaga	25
3.5	Metode Pengujian	26
3.5.1	Pengujian Densitas dan Porositas	27
3.5.2	Pengujian Tekan	28
3.5.3	Pengamatan melalui Optical Microscope (OM)	30
3.5.4	Pengamatan melalui Scanning Electron Microscocy (SEM)	31
3.5.5	Pengujian X-Ray Fluoroscence (XRF).....	32
3.5.6	Pengujian X-Ray Diffraction (XRD).....	33

BAB 4 ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1	Karakteristik Bahan.....	35
4.2	Hasil Pencampuran.....	37
4.3	Hasil Drying dan Sintering.....	38
4.4	Penghitungan Penyusutan (Shrinkage).....	41
4.5	Hasil Pengujian Densitas dan Penghitungan Porositas	45
4.6	Hasil Pengujian Tekan	48
4.7	Pengamatan Struktur Makro dan Mikro	52
4.7.1	Pengamatan Struktur Makro.....	52
4.7.2	Hasil Pengamatan Struktur Makro menggunakan OM	53
4.7.3	Hasil Pengamatan Struktur Mikro menggunakan SEM	54
4.8	Hasil Pengujian XRF.....	58
4.9	Hasil Pengujian XRD	59
4.10	Pengaplikasin Komposit Tembaga/Abu Terbang Berpori	62

BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN

5.1	Kesimpulan.....	65
-----	-----------------	----

5.2	Saran.....	66
DAFTAR PUSTAKA.....		67
LAMPIRAN		71

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Open Cell Foam.....	6
Gambar 2.2 Closed Cell Foam	7
Gambar 2.3 Diagram Fasa Tembaga	10
Gambar 2.4 Bubuk Tembaga	10
Gambar 2.5 Copper Foam	12
Gambar 2.6 Abu terbang	13
Gambar 2.7 Abu Terbang perbesaran 5000x.....	14
Gambar 2.8 Kuning Telur	16
Gambar 2.9 Metode metalurgi serbuk	17
Gambar 2.10 Skematik dari Metode Entrapped Gas Expansion	20
Gambar 2.11 Metode Gas Injection	21
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	23
Gambar 3.2 Grafik Proses Sintering.....	26
Gambar 3.3 Alat Uji Tekan Computer Type Universal Testing Machine	29
Gambar 3.4 Alat Uji Optical Microscopy FEI Inspect S50	30
Gambar 3.5 Alat pengujian SEM	31
Gambar 3.6 Alat Uji X-Ray Fluoroscence	32
Gambar 3.7 Alat pengujian X-Ray Diffraction Rigaku Miniflex 600	33
Gambar 4.1 Tembaga perbesaran 1000x	36
Gambar 4.2 Abu terbang perbesaran 1000x	36
Gambar 4.3 Sampel saat proses pencampuran	38
Gambar 4.4 Hasil Drying pada Tembaga/Abu terbang dengan kuning telur sebagai pembentuk pori	38
Gambar 4.5 Hasil Sintering Tembaga/Abu terbang dengan kuning telur sebagai pembentuk pori	40
Gambar 4.6 Hasil Uji TGA pada Kuning Telur	41
Gambar 4.7 Grafik Perbandingan Penyusutan Rata-rata	44
Gambar 4.8 Penimbangan komposit tembaga/abu terbang berpori	46

Gambar 4.9 Grafik porositas tembaga/abu terbang berpori	48
Gambar 4.10 Computer Type Universal Testing Machines	49
Gambar 4.11 Hasil Uji Tekan pada sampel 1	50
Gambar 4.12 Hasil Uji Tekan pada sampel 2	50
Gambar 4.13 Hasil Uji Tekan pada sampel 3	51
Gambar 4.14 Grafik hubungan kekuatan tekan sampel 1:1,25 dengan porositasnya	52
Gambar 4.15 Struktur makro sampel komposit tembaga/abu terbang variasi 1:1,25 dengan perbesaran 5x	53
Gambar 4.16 Struktur mikro sampel komposit tembaga/abu terbang variasi 1:1,25 perbesaran 50x	53
Gambar 4.17 Struktur mikro sampel komposit tembaga/abu terbang variasi 1:1,25 dengan perbesaran 200x	54
Gambar 4.18 Pengamatan pada titik 1 dengan perbesaran 500x	54
Gambar 4.19 Pengamatan pada titik 1 dengan perbesaran 700x	55
Gambar 4.20 Pengamatan pada titik 1 dengan perbesaran 3000x	56
Gambar 4.21 Pengamatan pada titik 2 dengan perbesaran 500x	56
Gambar 4.22 Pengamatan pada titik 2 dengan perbesaran 700x	57
Gambar 4.23 Pengamatan pada titik 2 dengan perbesaran 3000x	57
Gambar 4.24 Profil Pengukuran XRD Komposit Tembaga/Abu Terbang.....	60
Gambar 4.25 Pola Spektrum pada Komposit Tembaga/Abu terbang dengan Kuning Telur sebagai Pembentuk Pori	60
Gambar 4.26 Grafik Perbandingan Porositas yang dibuat pada <i>Copper Foam</i> dan kuning telur sebagai pembentuk pori.....	63

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Jenis Tembaga beserta Sifat Mekanik	9
Tabel 4.1 Data Perhitungan shrinkage Komposit Tembaga/Abu Terbang Berpori	43
Tabel 4.2 Data hasil perhitungan uji densitas dan porositas	47
Tabel 4.3 Data Pengujian Tekan	51
Tabel 4.4 Kondisi pengukuran	58
Tabel 4.5 Hasil Uji XRF pada komposit tembaga/abu terbang berpori	59
Tabel 4.6 Peak List Hasil XRD Komposit Tembaga/Abu terbang dengan Kuning Telur sebagai Pembentuk Pori.....	61
Tabel 4.7 Perhitungan ukuran rata-rata dari kristalin.....	61
Tabel 4.8 Pengaplikasian <i>Copper Foam</i> dan Penggunaan Kuning Telur sebagai Pembentuk Pori	62

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A.1 Metode Perhitungan	69
Lampiran A.2 Gambar saat Penelitian dilakukan.....	79

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tembaga adalah salah satu logam yang paling sering ditemukan dalam kehidupan sehari-hari. Penggunaan tembaga seringkali dipakai karena ketahanan korosi yang cukup baik, mudah dibentuk, dan mempunyai konduktivitas listrik dan termal yang baik.

Tembaga biasa digunakan pada penyambungan listrik seperti yang sudah diketahui bahwa penerapan tembaga ada pada isi kabel. Rata-rata pengaplikasian yang membutuhkan konduksi panas juga menggunakan tembaga seperti halnya digunakan pada solder dan *heat exchanger*. Ketahanan karat yang tinggi juga membuat logam-logam ini biasa digunakan sebagai media pengalir fluida (Tyler and Black, 1990). Keunggulan-keunggulan tembaga inilah yang menjadikannya menarik untuk dibuat sebagai *Metal Foam*. Alasan lainnya adalah tembaga banyak digunakan karena material ini bisa memberikan sifat yang lebih baik seperti umumnya komposit saat dipadukan dengan material lain (Kundig, 2002).

Logam Berpori adalah material jenis baru yang dibuat dengan tujuan menjadikan material memiliki densitas yang lebih rendah, memiliki konduktivitas listrik yang lebih baik, memiliki konduktivitas termal yang lebih baik, dan sebagainya. Pembuatan logam berpori belum sempurna sehingga masih diperlukan banyak evaluasi dan penelitian terhadap pembuatan logam berpori ini. Akan tetapi, material ini berpotensi memberikan struktur yang ringan dikarenakan pori yang ada membuat logam lebih menyebar dengan tetap mempertahankan sifatnya akan tetapi menjadikannya lebih ringan dan hemat biaya. Selain itu, logam berpori juga diharapkan bisa menyerap energi dan bisa mengatur laju aliran panas yang ada baik untuk menahannya ataupun mengalirkannya. Pembuatan logam berpori bisa dibuat dengan memakai

metode Metalurgi Serbuk. Logam Berpori juga diusahakan untuk dibuat sebisa mungkin bisa didaur ulang dan tidak beracun demi menjaga kelestarian lingkungan (Ashby *et al.*, 2007).

Pada penelitian ini tembaga akan digunakan sebagai matriks, abu terbang sebagai penguat, dan kuning telur sebagai pembentuk Pori. Kuning telur berfungsi untuk membuat spesimen menjadi berpori yang akan dikeringkan dengan variasi temperatur pengeringan 140°C dengan temperature *sintering* 800°C dan *heating rate* 10°C/min, temperatur pengeringan 160°C dengan temperature *sintering* 800°C dan *heating rate* 10°C/min, dan temperatur pengeringan 180°C dengan temperatur *sintering* 800°C dengan variasi *heating rate* 6°C/min, 8°C/min, dan 10°C/min.

1.2 Rumusan Masalah

Tembaga memiliki aplikasi yang sangat luas, terutama dalam penggunaan energi termal dan listrik. Beberapa metode telah dikembangkan untuk memproduksi material menjadi berpori. Salah satu Metode Pembuatannya adalah dengan cara Metalurgi Serbuk. Di dalam penelitian ini digunakan metode Metalurgi Serbuk dengan Tembaga sebagai matriks, Abu terbang sebagai penguat, dan Kuning Telur sebagai pembentuk pori. Penggunaan abu terbang menunjukkan bahwa material ini akan menjadi material berjenis komposit. Dalam proses pembuatan komposit tembaga/abu terbang berpori ini terdapat beberapa parameter yang harus diperhatikan yakni, variasi perbandingan antara tembaga/abu terbang dan kuning telur, suhu pengeringan, suhu sintering, dan *heating rate* menjadi parameter utama dalam mencari variasi yang paling tepat dalam pembuatan komposit tembaga/abu terbang berpori. Penelitian pembuatan komposit berpori berbahan tembaga dengan abu terbang sebagai penguat dan kuning telur sebagai pembentuk pori belum banyak dikembangkan. Sehingga diperlukan analisis lebih lanjut terutama dalam pembuatan komposit berpori ini.

1.3 Batasan Masalah

Beberapa batasan masalah dalam skripsi ini, yakni:

- a. Serbuk yang pakai merupakan Serbuk Tembaga dengan kemurnian 99,95% sebagai matriks.
- b. Penguat yang digunakan adalah abu terbang.
- c. Pembentuk pori yang dipakai adalah kuning telur.
- d. Pada suhu pengeringan 140°C dan 160°C hanya menggunakan temperatur *sintering* 800°C dengan *heating rate* 10°C/min. Sementara pada suhu pengeringan 180°C menggunakan temperatur *sintering* 800°C dengan *heating rate* bervariasi mulai dari 6°C/min, 8°C/min, dan 10°C/min.
- e. Beberapa pengujian, pengamatan, dan pengukuran yang dilakukan dalam penelitian ini adalah pengujian densitas serta pengukuran porositas, pengujian tekan, pengamatan melalui *Optical Microscopy*, pengamatan melalui *Scanning Electron Microscopy*, pengujian X-RF, dan pengujian X-RD.

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini, yakni :

1. Memfabrikasi Komposit Berpori dengan Tembaga sebagai matriks, Abu terbang sebagai *reinforce* (penguat), dan telur bagian kuningnya sebagai pembentuk pori.
2. Mengkarakterisasi sifat mekanik, kekuatan material, dan perubahan ukuran maupun massa dari tembaga berpori yang dibuat.
3. Menganalisis pengaruh perbandingan tembaga/abu terbang dan kuning telur, suhu pengeringan, temperatur *sintering*, dan *heating rate* terhadap komposit berpori yang dibuat.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan bisa didapat dari penelitian ini, yakni :

1. Mempelajari proses fabrikasi komposit berpori berbahan tembaga.
2. Mengetahui sifat-sifat dari komposit berpori yang telah dibuat.
3. Mengetahui pengaruh perbandingan tembaga/abu terbang dan kuning telur, suhu pengeringan, temperatur *sintering*, dan *heating rate* terhadap komposit berpori yang dibuat.

1.6 Metode Penelitian

Penulis memakai beberapa jenis sumber sebagai dasar dalam penelitian dan pembuatan karya tulis ilmiah berupa skripsi ini, yakni :

a. Literatur

Membaca dan menganalisis data yang diperlukan dari jurnal internasional, artikel, buku, dsb.

b. Eksperimental

Merupakan percobaan yang dilakukan dalam membuat sampel untuk mendapatkan berbagai jenis sampel uji agar nantinya dilakukan pengujian, pengukuran, dan pengamatan untuk mengetahui perbedaan antar variasi sampel yang dibuat dengan membandingkan hasil pengujian.

DAFTAR PUSTAKA

- Ashby, M. F. *et al.* (2007) *Metal Foams : A Design Guide*. United States of America: Butterworth-Heinemann.
- Banhart, J. (2000) ‘Manufacturing Routes for very low specific’, (December).
- Banhart, J. (2001) *Manufacture , characterisation and application of cellular metals and metal foams*. Bremen: Frauhofer-Institute for Manufactureing and Advanced Materials.
- Banhart, J. (2007) *Metal Foams from Fundamental Research to Applications*. Berlin: Department of Materials Science.
- Banhart, J. and Baumeister, J. (1998) ‘Deformation characteristics of metal foams’, 3. doi: 10.1023/A:100438322228.
- Barsoum, M. W. (2002) *Fundamentals of ceramics, Fundamentals of Ceramics*. New York: Mc Graw-Hill Companies. doi: 10.1887/0750309024.
- Bieniaś, J. *et al.* (2003) ‘Microstructure and corrosion behaviour of aluminum fly ash composites’, *Journal of Optoelectronics and Advanced Materials*, 5(2), pp. 493–502.
- Ertu, B. (2013) *Sintering Applications*. Croatia: Intech.
- 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.
- Hammond, C. R. (2004) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. New York: CRC Press.
- Ji, K. *et al.* (2014) ‘Super-floatable multidimensional porous metal foam integrated with a bionic superhydrophobic surface’, *Journal of Materials Chemistry A*. Royal Society of Chemistry, 2(39), pp. 16589–16593. doi: 10.1039/c4ta03598d.
- Kundig, K. J. A. (2002) *Copper and Copper Alloys*. New Jersey: Randolph.
- Lee, B. *et al.* (2014) ‘Space-holder effect on designing pore structure and determining mechanical properties in porous titanium’. Elsevier Ltd, 57, pp. 712–718. doi: 10.1016/j.matdes.2013.12.078.

- Mackenzie, J. K. and Shuttleworth, R. (1949) *A Phenomenological Theory of Sintering*. England: H.H Wills Physical Laboratory University of Bristol.
- Meuer, H. -J and Egbers, C. (1990) ‘Changes in density and viscosity of chicken egg albumen and yolk during incubation’, *Journal of Experimental Zoology*, 255(1), pp. 16–21. doi: 10.1002/jez.1402550104.
- Nji, L. T. (2015) *Fly Ash: Overview - Lauw Tjun Nji*. Available at: <https://lauwtjunnji.weebly.com/fly-ash--overview.html> (Accessed: 23 March 2019).
- Ondova, M., Stevulova, N. and Estokova, A. (2012) ‘The study of the properties of fly ash based concrete composites with various chemical admixtures’, 42, pp. 2044–2054. doi: 10.1016/j.proeng.2012.07.582.
- Puspita, P. (2018) *Mengapa Putih dan Kuning Telur Biasanya Dipisahkan Saat Membuat Kue_ - Semua Halaman - Bobo*. Available at: <https://bobo.grid.id/read/08894193/mengapa-putih-dan-kuning-telur-biasanya-dipisahkan-saat-membuat-kue?page=all> (Accessed: 23 March 2019).
- 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.- *et al.* (2018) ‘International Journal of Heat and Mass Transfer 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.
- Rickett, B. I. and Payer, J. H. (1995) ‘Composition of Copper Tarnish Products Formed in Moist Air with Trace Levels of Pollutant Gas: Sulfur Dioxide and Sulfur Dioxide/Nitrogen Dioxide’, 142(11). doi: 10.1149/1.2048403.
- Roohi, A. H. *et al.* (2015) ‘On the random-based closed-cell metal foam

- modeling and its behavior in laser forming process', *Optics and Laser Technology*. Elsevier, 72, pp. 53–64. doi: 10.1016/j.optlastec.2015.03.012.
- Setiabudi, A., Hardian, R. and Muzakir, A. (2012) *Karakterisasi Material ; Rifan Hardian*. Bandung: Gedung Penerbitan dan Percetakan UPI.
- Shin, H. and Liu, M. (2004) 'Copper Foam Structures with Highly Porous Nanostructured Walls', (11), pp. 5460–5464. doi: 10.1021/cm048887b.
- 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.
- Topin, B. F. et al. (2006) 'Experimental Analysis of Multiphase Flow in Metallic foam : Flow Laws , Heat Transfer and Convective Boiling **', (9), pp. 890–899. doi: 10.1002/adem.200600102.
- Trigg, G. L. et al. (1992) *Encyclopedia of Applied Physics*. New York: VCH.
- Tyler, D. E. and Black, W. T. (1990) *ASM Handbook Volume 2 Properties and Selection: Nonferrous Alloys and Special-Purpose Materials*. ASM International.
- 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.
- Yatağanbaba, A. and Kurtbaş, I. (2016) 'Effect of heating position on thermal energy storage in cavity with/without open-cell metallic foams', *Experimental Heat Transfer*, 29(3), pp. 355–377. doi: 10.1080/08916152.2014.989376.
- Young, D. A. (1975) *Phase diagrams of the elements*. Virginia: Lawrence Livermore Laboratory.