

**PENGARUH VARIASI KETEBALAN SAMPEL DAN  
PENAMBAHAN *FOAMING AGENT* CaCO<sub>3</sub> DARI LIMBAH  
KULIT TELUR TERHADAP KEMAMPUAN ABSORBSI  
SUARA PADA ALUMINIUM *FOAM***

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

Firmansyah Said  
3334190059

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA  
CILEGON-BANTEN**

**2024**

LEMBAR PENGESAHAN

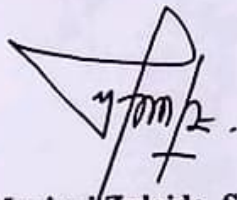
**PENGARUH VARIASI KETEBALAN SAMPEL DAN  
PENAMBAHAN *FOAMING AGENT* CaCO<sub>3</sub> DARI LIMBAH  
KULIT TELUR TERHADAP KEMAMPUAN ABSORBSI  
SUARA PADA ALUMINIUM *FOAM***

SKRIPSI

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh:

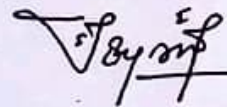
Pembimbing I



Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T.

NIP. 197401032005012001

Pembimbing II



Suryana, S.T., M.Si.

NIP. 197402162001121001

LEMBAR PERSETUJUAN

**PENGARUH VARIASI KETEBALAN SAMPEL DAN  
PENAMBAHAN *FOAMING AGENT* CaCO<sub>3</sub> DARI LIMBAH  
KULIT TELUR TERHADAP KEMAMPUAN ABSORBSI  
SUARA PADA ALUMINIUM *FOAM***

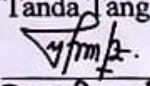
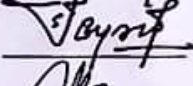

SKRIPSI

Disusun dan diajukan oleh:

**Firmansyah Said**

**3334190059**

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada 1 Februari 2024

	Susunan Dewan Penguji	Tanda Tangan
Penguji I	: <u>Yeni Muriani Zulaida S.T., M.T.</u>	
Penguji II	: <u>Suryana, S.T., M.Si.</u>	
Penguji III	: <u>Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D.</u>	

Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik



**Abdul Aziz, S.T., M.T. Ph.D.**

NIP. 198003072005011002

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Pengaruh Variasi Ketebalan Sampel dan Penambahan *Foaming Agent* CaCO<sub>3</sub> dari Limbah Kulit Telur Terhadap Kemampuan Absorpsi Suara pada Aluminium *Foam*

Nama Mahasiswa : Firmansyah Said

NIM : 3334190059

Fakultas : Teknik

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa Skripsi tersebut di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar ini.

Cilegon, 1 Februari 2024



**Firmansyah Said**

**NIM. 3334190059**

## ABSTRAK

Aluminium merupakan material lunak logam paling berlimpah di dunia setelah besi. Aluminium merupakan material paling umum ketiga yang terdiri dari 8% kerak bumi. Fleksibilitas aluminium menjadikan logam yang paling banyak digunakan setelah baja, aluminium dapat dikembangkan dalam pembuatan aluminium *foam*. Teknik yang digunakan dalam pembuatan aluminium *foam* dengan menggunakan metode *melt route* dengan memanfaatkan limbah kulit telur yang mengandung  $\text{CaCO}_3$  sebagai *Foaming Agent* nya. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui adanya pengaruh penambahan  $\text{CaCO}_3$  serta ketebalan dari aluminium *foam* terhadap kemampuan penyerapan suara pada aluminium *foam*, dengan variasi komposisi  $\text{CaCO}_3$  yaitu 3, 4, dan 5%wt dari aluminium yang digunakan dengan ketebalan yaitu 4, 5, dan 6 cm. Hasil yang didapat dari penelitian ini mendapatkan nilai optimal densitas sebesar  $0,246 \text{ gr/cm}^3$  dengan nilai porositas terbaik sebesar 91,02 % yang didapatkan dengan komposisi 5%wt  $\text{CaCO}_3$  dengan ketebalan sampel 5cm serta didapatkan hasil pengujian absorpsi suara sebesar 0,531 yang menandakan mampu meredam suara sebesar 53,1 %.

**Kata Kunci** : Aluminium *Foam*, *Foaming Agent*, Kulit Telur, *Melt Route*.

## **ABSTRACT**

*Aluminum is the most abundant metal material in the world after iron. Aluminum is the third most common material, comprising 8% of the earth's crust. The flexibility of aluminum makes it the most widely used metal after steel. Aluminum can be developed in making aluminum foam. The technique used in making aluminum foam uses the melt route method by utilizing eggshell waste containing  $\text{CaCO}_3$  as the Foaming Agent. This research was conducted to determine the effect of adding  $\text{CaCO}_3$  and the thickness of aluminum foam on the sound absorption ability of aluminum foam, with variations in  $\text{CaCO}_3$  composition, 3, 4, and 5%wt of aluminum used with thicknesses of 4, 5, and 6 cm. The results obtained from this research obtained an optimal density value of  $0.246 \text{ gr/cm}^3$  with the best porosity value of 91.02% which was obtained with a composition of 5%wt  $\text{CaCO}_3$  with a sample thickness of 5cm and obtained sound absorption test results of 0.531 which indicates that it can reduce sound by 53.1%.*

**Keyword :** Aluminium Foam, Foaming Agent, egg shell, Melt Route.

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penyusunan skripsi ini dilaksanakan guna memenuhi persyaratan mata kuliah wajib di jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis sangat amat menyadari, bahwasanya tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan benar.

Pada kesempatan kali ini, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak-pihak yang telah membantu, memberikan semangat kepada penulis, antara lain:

1. Bapak Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi FT. UNTIRTA
2. Ibu Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing I Penelitian .
3. Bapak Suryana, S.T., M.Si. selaku dosen Pembimbing Akademik serta Dosen Pembimbing II penelitian.
4. Ibu, Almh. Susy Eviaty Simatupang yang sudah tiada tapi akan selalu dicintai, Ayah, Mohamad Patris Said yang selalu mendukung dan memberikan semangat.
5. Mahasiswi dengan NPM 3334210077 yang selalu mendukung penuh perjalanan saya dalam menyelesaikan skripsi, dan tidak pernah berhenti meyakinkan serta memberikan semangat untuk menyelesaikan skripsi.
6. Keluarga besar yang selalu mendukung dan mendoakan dalam menyelesaikan proposal skripsi ini.
7. Rekan-rekan Teknik Metalurgi angkatan 2019, yang selalu mendukung, memotivasi dan berbagi ilmu dalam menjalankan perkuliahan.

8. Semua pihak yang telah membantu dan mendukung serta memberi nasehat dalam menyelesaikan skripsi ini yang tidak dapat disebutkan namanya satu persatu.

Sekian dari Penulis, semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pembaca, khususnya di bidang penelitian pengecoran Logam.

Cilegon, 1 Februari 2024

Firmansyah Said



# DAFTAR ISI

Halaman

<b>LEMBAR PENGESAHAN .....</b>	<b>i</b>
<b>LEMBAR PERSETUJUAN .....</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAAN .....</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK .....</b>	<b>iv</b>
<b>KATA PENGANTAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>vii</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>xii</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN.....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup.....	4
1.5 Sistematika Penulisan .....	5
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>6</b>
2.1 Aluminium .....	6

2.1.1	Aluminum – <i>Alloy Die Casting</i> (ADC).....	11
2.2	Busa Logam ( <i>Metallic Foam</i> ).....	13
2.2.1	Karakteristik <i>Metallic Foam</i> .....	17
2.3	Teknik Pembuatan <i>Metallic Foaming</i> .....	18
2.4	Aplikasi <i>Metallic Foaming</i> .....	21
2.5	Peredam Suara ( <i>Sound Absorber</i> ).....	22
2.5.1	Nilai Koefisien Alpha pada Lingkungan.....	25
2.6	Standar Frekuensi Suara .....	26
2.7	<i>Metallic Foaming</i> Sebagai Penyerap Gelombang Suara .....	27
2.8	<i>Foaming Agent</i> .....	32
2.8.1	CaCO <sub>3</sub> Sebagai <i>Foaming Agent</i> .....	33
2.8.2	Kulit Telur Sebagai <i>Foaming Agent</i> CaCO <sub>3</sub> .....	34
2.9	Karakterisasi XRF.....	37
2.10	Karakterisasi XRD .....	39
2.11	Pengujian Densitas dan Porositas .....	41
2.12	Pengujian <i>Impedance Tube Testing ( ITT )</i> .....	42
2.13	Pengujian Metalografi .....	45
<b>BAB III METODE PENELITIAN .....</b>		<b>47</b>
3.1	Diagram Alir .....	47
3.2	Alat dan Bahan.....	49

3.2.1	Alat-alat.....	49
3.2.2	Bahan-bahan.....	49
3.3	Prosedur Percobaan.....	50
3.3.1.	Prosedur Pembuatan Kalsium Karbonat .....	50
<b>BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>		<b>54</b>
4.1	Hasil Karakterisasi <i>Foaming Agent</i> .....	54
4.1.1	Karakterisasi XRF .....	54
4.1.2	Hasil Karakterisasi XRD .....	56
4.2	Hasil Analisa Struktur Makro .....	58
4.2.1	Pengaruh Ketebalan terhadap Ukuran Pori .....	60
4.2.2	Pengaruh Konsentrasi CaCO <sub>3</sub> terhadap Rata-rata Pori ....	61
4.2.3	Hasil Struktur Makro Pori Pada Sampel .....	62
4.3	Hasil dan Nilai Densitas Aluminium <i>Foam</i> .....	64
4.3.1	Pengaruh Variasi Ketebalan terhadap Densitas .....	64
4.3.2	Pengaruh Konsentrasi <i>Foaming Agent</i> terhadap Densitas	
	66	
4.4	Hasil dan Nilai Porositas Aluminium <i>Foam</i> .....	68
4.4.1	Pengaruh Variasi Ketebalan terhadap Nilai Porositas.....	69
4.4.2	Pengaruh Konsentrasi <i>Foaming Agent</i> terhadap Porositas.	
	.....	70

4.5 Hasil Pengujian ITT ( <i>Impedance Tube Testing</i> ) .....	72
4.5.1 Pengaruh Ketebalan terhadap Absorpsi Suara. ....	73
4.5.2 Pengaruh Komposisi CaCO <sub>3</sub> terhadap Absorpsi Suara....	75
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>77</b>
5.1 Kesimpulan .....	77
5.2 Saran .....	78
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>79</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>85</b>
<b>Lampiran A. Contoh Perhitungan .....</b>	<b>86</b>
<b>Lampiran B. Data Penelitian .....</b>	<b>94</b>
<b>Lampiran C. Alat dan Bahan.....</b>	<b>105</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
Tabel 2. 1 Designasi Aluminium Sesuai <i>Aluminum Association (AA)</i> .....	10
Tabel 2. 2 Komposisi Paduan Aluminium ADC 12.....	12
Tabel 2. 3 Sifat Fisik Aluminium ADC 12 .....	13
Tabel 2. 4 Pengaplikasian <i>Metallic Foaming</i> .....	21
Tabel 2. 5 Rekomendasi Nilai Alpha Untuk Lingkungan.....	26
Tabel 2. 6 Komposisi Kulit Telur .....	35
Tabel 4. 1 Hasil Difraksi XRF.....	55
Tabel 4. 2 Hasil Ukuran Pori.....	59
Tabel 4. 3 Hasil Densitas Sampel .....	64
Tabel 4. 4 Hasil Porositas Sampel .....	68
Tabel 4. 5 Hasil Pengujian ITT .....	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
Gambar 2. 1 Skematik Teknik <i>Melt Foaming</i> .....	19
Gambar 2. 2 Skematik Teknik <i>Powder Metallurgy</i> .....	20
Gambar 2. 3 Skema <i>Open</i> dan <i>Closed Cell</i> .....	24
Gambar 2. 4 Klasifikasi Kelas Peredam Suara BSEN ISO 354 .....	25
Gambar 2. 5 Proses Dari Karakterisasi XRF.....	38
Gambar 2. 6 Mekanisme dari Karakterisasi XRF.....	38
Gambar 2. 7 Mekanisme Karakterisasi XRD. ....	41
Gambar 2. 8 Skematik Pengujian ITT .....	43
Gambar 2. 9 Sketsa Sampel Aluminium <i>Foam</i> .....	44
Gambar 2. 10 Inspeksi Metalografi (A) Struktur Makro; (B) Struktur Mikro .....	45
Gambar 3. 1 Diagram Alir Pembuatan <i>Foaming Agent</i> .....	47
Gambar 3. 2 Diagram Alir Penelitian Aluminium <i>Foam</i> .....	48
Gambar 3. 3 Sketsa Sampel Aluminium <i>Foam</i> .....	51
Gambar 4. 1 Berat Unsur XRF .....	55
Gambar 4. 2 Nilai $2\theta$ untuk senyawa $\text{CaCO}_3$ (Renny, 2021) .....	56
Gambar 4. 3 Hasil Difraksi XRD .....	57
Gambar 4. 4 Hasil Struktur Makro Sampel .....	58
Gambar 4. 5 Pengaruh Ketebalan terhadap Rata-rata Pori .....	60
Gambar 4. 6 Pengaruh Komposisi $\text{CaCO}_3$ Terhadap Rata-rata Pori .....	61

<b>Gambar 4. 7</b> Hasil Pori pada Sampel.....	63
<b>Gambar 4. 8</b> Pengaruh Ketebalan terhadap Densitas .....	65
<b>Gambar 4. 9</b> Pengaruh Komposisi CaCO <sub>3</sub> terhadap Densitas .....	66
<b>Gambar 4. 10</b> Pengaruh Ketebalan terhadap Porositas.....	69
<b>Gambar 4. 11</b> Pengaruh Konsentrasi <i>Foaming Agent</i> Terhadap Porositas.....	70
<b>Gambar 4. 12</b> Pengaruh Ketebalan Terhadap Koefisien Absorpsi.....	73
<b>Gambar 4. 13</b> Pengaruh CaCO <sub>3</sub> Terhadap Koefisien Absorpsi.....	75
<b>Gambar B. 1</b> Hasil Karakterisasi XRF Kulit Telur .....	94
<b>Gambar B. 2</b> Hasil Karakterisasi XRD Kulit Telur.....	94
<b>Gambar B. 3</b> Hasil Pengukuran TL sampel 3% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 4cm .....	95
<b>Gambar B. 4</b> Hasil Pengukuran TL sampel 3% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 5cm .....	96
<b>Gambar B. 5</b> Hasil Pengukuran TL sampel 3% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 6cm .....	97
<b>Gambar B. 6</b> Hasil Pengukuran TL sampel 4% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 4cm .....	98
<b>Gambar B. 7</b> Hasil Pengukuran TL sampel 4% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 5cm .....	99
<b>Gambar B. 8</b> Hasil Pengukuran TL sampel 4% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 6cm .....	100
<b>Gambar B. 9</b> Hasil Pengukuran TL sampel 5% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 4cm .....	101
<b>Gambar B. 10</b> Hasil Pengukuran TL sampel 5% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 5cm .....	102
<b>Gambar B. 11</b> Hasil Pengukuran TL sampel 5% CaCO <sub>3</sub> & ketebalan 6cm .....	103

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang ini, penggunaan material aluminium *foam* sudah banyak diaplikasikan di berbagai bidang. Aluminium *foam* sudah banyak diterapkan pada bidang *aerospace*, *aviation*, otomotif dan konstruksi. Selain itu, salah satu penerapan aluminium *foam* yang sekarang mengalami perkembangan adalah sebagai material penyerap gelombang suara. Kehadiran material aluminium *foam* ini diharapkan mampu meredam polusi yang disebabkan oleh suara dalam kehidupan sehari-hari. Hal ini dikarenakan karakteristik dari material aluminium *foam* yang tahan terhadap guncangan, mampu menyerap energi, kinerjanya yang dapat menahan aktivitas elektromagnetik, insulasi panas yang sangat baik dan tahan pada temperatur tinggi sangatlah cocok untuk digunakan sebagai material penyerap gelombang suara (Tripathi et al., 2020).

Aluminium *foam* memiliki berbagai bentuk pori di dalamnya. Perilaku penyerapan suara pada aluminium *foam* sangat bergantung pada struktur seluler yang dibagi menjadi dua jenis, yaitu sel terbuka (*open-cell*) dan sel tertutup (*closed-cell*). Fenomena penyerapan gelombang suara berarti menjelaskan gelombang suara insiden tidak dipantulkan atau ditransmisikan, melainkan energinya diserap oleh aluminium *foam* tersebut (Liang et al., 2018).



Proses pembuatan aluminium *foam* ini dapat dilakukan dengan berbagai metode, salah satunya menggunakan metode *melt route*. Metode *melt route* sangat populer dikarenakan mampu menghasilkan *foaming* yang relatif murah dengan hasil sifat yang diinginkan (Parveez et al., 2022). Pada kesempatan penelitian kali ini, proses aluminium *foam* dengan menggunakan metode *melt route* dan ditambahkan *foaming agent*  $\text{CaCO}_3$ . *Foaming agent*  $\text{CaCO}_3$  diyakini dapat memproduksi gelembung-gelembung *foam* yang membuat aluminium *foam* ini membentuk struktur sel tertutup. Pada penelitian Ghaleh dkk (2020) menjelaskan bahwa proses pembuatan aluminium *foam* menggunakan metode *melting route* dengan adisi *foaming agent*  $\text{CaCO}_3$  dengan ukuran partikel 10 mikron dengan berat sebesar 2,5 hingga 3,5 wt%. Dari sintesis ini dihasilkan struktur sel tertutup dengan kisaran densitas 0,12–0,44 g/cm<sup>3</sup> dan ukuran sel rata-rata sebesar 1,5–3,1 cm (Ghaleh, 2020). Penggunaan  $\text{CaCO}_3$  sebagai *foaming agent* telah banyak digunakan, karena lebih efektif dan mudah didapat dimana saja (A. Osman et al., 2017).

Maka dari itu, pada penelitian ini akan melanjutkan penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Ikhsan Ekariadi yang memanfaatkan kulit telur sebagai *foaming agent*  $\text{CaCO}_3$  dengan metode *melt route* guna menghasilkan aluminium *foam* untuk pengaplikasian material penyerap gelombang suara. Pada penelitian ini juga menggunakan pengujian ITT (*Impedance Tube Testing*) untuk mengetahui nilai alpha yang dihasilkan dari aluminium *foam* tersebut.

## 1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan sebelumnya, maka masalah yang dapat diidentifikasi dalam penelitian ini adalah untuk membuktikan bahwa aluminium ADC 12 dapat dikembangkan menjadi aluminium *foam* dengan memanfaatkan limbah kulit telur sebagai *Foaming Agent*  $\text{CaCO}_3$ . Pada proses pembuatannya aluminium dilebur hingga meleleh sempurna kemudian ditambahkan  $\text{Al}_2\text{O}_3$  untuk menstabilkan temperatur dan meningkatkan viskositasnya, yang kemudian ditambahkan *Foaming Agent*  $\text{CaCO}_3$  yang akan terdekomposisi pada leburan logam untuk dapat menghasilkan pori pada hasil aluminium *foam*. Dimana aluminium *foam* sedang banyak dikembangkan untuk dapat digunakan sebagai panel peredam suara menggantikan panel peredam suara konvensional. Serta untuk mengetahui pengaruh dari variasi komposisi *foaming agent*  $\text{CaCO}_3$  terhadap pembentukan struktur sel pada sampel aluminium *foam*, pengaruh variasi komposisi *foaming agent*  $\text{CaCO}_3$  terhadap nilai densitas, persentase porositas, dan nilai koefisien serap suara Serta pengaruh variasi ketebalan sampel aluminium *foam* terhadap nilai densitas, persentase porositas, dan nilai koefisien serap suara.

## 1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian secara umum adalah untuk mengetahui pengaruh penambahan *foaming agent*  $\text{CaCO}_3$  yang dilakukan dalam proses pembuatan aluminium *foam*. Adapun tujuan penelitian ini secara khusus, yaitu:

1. Menganalisis pengaruh variasi komposisi *foaming agent* CaCO<sub>3</sub> terhadap pembentukan struktur sel pada sampel aluminium *foam*.
2. Menganalisis pengaruh variasi komposisi *foaming agent* CaCO<sub>3</sub> terhadap nilai densitas, nilai porositas, dan nilai koefisien serap suara ( $\alpha$ ).
3. Menganalisis pengaruh variasi ketebalan aluminium *foam* terhadap nilai densitas, nilai porositas, dan nilai koefisien serap suara ( $\alpha$ ).

#### **1.4 Ruang Lingkup**

Ruang lingkup pada penelitian kali ini adalah, sebagai berikut:

1. *Foaming agent* CaCO<sub>3</sub> yang diperoleh dari kulit telur
2. Aluminium yang digunakan adalah aluminium ADC12.
3. Metode yang digunakan adalah *melt route* pada pembuatan aluminium *foam* ini.
4. Variabel bebas yang diterapkan adalah variasi komposisi *foaming agent* CaCO<sub>3</sub> 3, 4 dan 5 wt% dari massa aluminium yang digunakan.
5. Variabel bebas yang diterapkan lainnya, yaitu variasi ketebalan aluminium *foam* 5,6 dan 7 cm.
6. Variabel tetap yang diterapkan adalah Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yang dimasukkan ke dalam *crucible* sebanyak 1,5 wt% aluminium yang digunakan.
7. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Metalurgi Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa.

## **1.5 Sistematika Penulisan**

Laporan skripsi ini terdiri atas lima bab. Bab I menjelaskan tentang latar belakang untuk dilakukannya penelitian mengenai pengaruh kulit telur terhadap kemampuan *foaming agent* dan sifat absorpsi aluminium *foam*, rumusan masalah yang menjadi dasar penelitian ini, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan. Bab II menjelaskan tentang teori mengenai Aluminium, *Metal Foam*, Pembuatan *Metal Foam*, *Foaming Agent*, Kulit telur, Karakterisasi kulit telur, Pengujian absorpsi suara, pengujian metalografi, Pengujian densitas dan porositas. Bab III menjelaskan tentang diagram alir penelitian, alat dan bahan yang digunakan serta prosedur penelitian. Bab IV menjelaskan tentang hasil, analisa dan pembahasan terkait penelitian yang telah dilakukan. Bab V menjelaskan tentang kesimpulan dan saran hasil penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- A. Osman, H., . M. Omran, A., . A. Atlam, A., & M. Kh., M. (2017). Characterization Of Aluminium Foam Produced From Aluminium Scrap by Using CaCO<sub>3</sub> as Foaming Agent. *JES. Journal of Engineering Sciences*, 45(4), 448–459. <https://doi.org/10.21608/jesaun.2017.116283>
- Alam, T., & Husain Ansari, A. (2017). Review On Aluminium And Its Alloys For Automotive Applications. *International Journal of Advanced Technology in Engineering and Science*, 5(May), 278–294.
- Alhusseny, A. N. M., Nasser, A. G., & Al-zurf, N. M. J. (2018). High-Porosity Metal Foams: Potentials, Applications, and Formulations. *Porosity - Process, Technologies and Applications*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.70451>
- Ali, H., Gábora, A., Naeem, M. A., Kalácska, G., & Mankovits, T. (2021). Effect of the manufacturing parameters on the pore size and porosity of closed-cell hybrid aluminum foams. *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 12(3), 230–237. <https://doi.org/10.1556/1848.2021.00262>
- Arjunan, A., Baroutaji, A., Praveen, A. S., Olabi, A. G., & Wang, C. J. (2019). Acoustic Performance of Metallic Foams. *Reference Module in Materials Science and Materials Engineering*, 44(0), 1–25. <https://doi.org/10.1016/b978-0-12-803581-8.11561-9>
- ASM International. (2004). *ASM Handbook Vol. 9: Metallography and Microstructure* (1st ed., Vol. 9). ASM International.

- ASTM C373-88. (2006). ASTM C373-14 Standard Test Method for Water Absorption, Bulk Density, Apparent Porosity, and Apparent Specific Gravity of Fired Whiteware Products. *Astm C373-88*, 88(Reapproved), 1–2. <https://doi.org/10.1520/C0373-88R06.edges>
- Babcsán, N., Banhart, J., & Leitmeier, D. (2003). Metal Foams – Manufacture and Physics of Foaming. *Wire*, 5–15.
- Banhart, J. (2010). Metal Foams—from Fundamental Research to Applications. *Europhysics News*, 41(6), 3.
- Carbajo, J., Molina, J. M., Kim, S., Maiorano, L. P., Mosanenzadeh, S. G., & Fang, N. X. (2023). Design of Replicated Open-Pore Aluminium Cellular Materials with a Non-Stochastic Structure for Sound Absorption Applications. *Metals and Materials International*, 29(4), 1007–1018. <https://doi.org/10.1007/s12540-022-01279-5>
- Fleck, N. (2016). *Metal Foams : a Design Guide*. 3069(FEBRUARY 2002), 264.
- Georgantzia, Evangelia; Gkantou, Michaela; S. Kamaris. (2018). Aluminium alloys as structural material: A review of research. *LJMU Research Online*, 19.
- Geramipour, t., & oveisi, h. (2017). Effects of foaming parameters on microstructure and compressive properties of aluminum foams produced by powder metallurgy method. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, 27(7), 1569–1579. [https://doi.org/10.1016/S1003-6326\(17\)60178-X](https://doi.org/10.1016/S1003-6326(17)60178-X)
- Jafari, M. J., Khavanin, a., Ebadzadeh, T., Fazlali, M., Sharak, M. N., & Madvari, r. F. (2020). Optimization of the morphological parameters of a metal foam

- for the highest sound absorption coefficient using local search algorithm. *Archives of Acoustics*, 45(3), 487–497. <https://doi.org/10.24425/aoa.2020.134066>
- Kovacik, J. (2017). Closed Cell Aluminium Foams with Phase Change Material. *Metallic Foams*, 1(1), 42–48. <https://doi.org/10.23977/metf.2017.11003>
- Khotimah, K. (2015). Sifat Penyerapan Bunyi Pada Komposit Serat Batang Pisang. *Jurnal Penelitian Pendidikan IPA (JPPIPA)*, 1, 91-100.
- Li, Y., Wang, X., Wang, X., Ren, Y., Han, F., & Wen, C. (2011). Sound absorption characteristics of aluminum foam with spherical cells. *Journal of Applied Physics*, 110(11). <https://doi.org/10.1063/1.3665216>
- Liang, L., Wu, X., Ma, N., Du, J., & Liu, M. (2018). The sound absorption properties comparison of metal foams and flexible cellular materials. *Materials Science Forum*, 933 MSF, 357–366. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.933.357>
- Lim, S. (2013). X-Ray Fluorescence (XRF) Analyzer - Theory, Utility, and QA/QC for Environmental and Commercial Product Samples in Cambodia. *Multidisciplinary Studies Theses*, 8, 1–34.
- Lu, T. J., Hess, A., & Ashby, M. F. (1999). Sound absorption in metallic foams. *Journal of Applied Physics*, 85(11), 7528–7539. <https://doi.org/10.1063/1.370550>
- Ng, C.-H., Yahaya, S. N. M., & Majid, A. A. A. (2017). Reviews on aluminum alloy series and its applications. *Academia Journal of Scientific Research*, 5(12), 708–716. <https://doi.org/10.15413/ajsr.2017.0724>

- Nosko, m., & Kováčik, j. (2017). Sound Absorption Ability of Aluminium Foams. *Metallic Foams*, 1(1), 15–41. <https://doi.org/10.23977/metf.2017.11002>
- Osman, H. A. (2017). Characterization of Aluminum foam produced from aluminium scrap by using CaCO<sub>3</sub> as foaming agent. *Journal of Engineering Science*, 448.
- Parveez, B., Jamal, N. A., Anuar, H., Ahmad, Y., Aabid, A., & Baig, M. (2022). Microstructure and Mechanical Properties of Metal Foams Fabricated via Melt Foaming and Powder Metallurgy Technique: A Review. *Materials*, 15(15). <https://doi.org/10.3390/ma15155302>
- Patel, N., Mittal, G., Agrawal, M., & Pradhan, A. K. (2023). Aluminum foam production, properties, and applications: a review. *International Journal of Metalcasting*. <https://doi.org/10.1007/s40962-023-01174-8>
- Praveen Kumar, T. N., Suresh, N., Venkateswaran, S., & Seetharamu, S. (2015). Effect of Grain Size of Calcium Carbonate Foaming Agent on Compressive Strength of Eutectic Al-Si Alloy Closed Cell Foam. *American Journal of Materials Science*, 5(3c), 69–73. <https://doi.org/10.5923/c.materials.201502.14>
- Raut, S. V, Kanthale, V. S., & Kothavale, B. S. (2011). Review on Application of Aluminum Foam in Sound Absorption Technology. *International Journal of Current Engineering and Technology*, 4(4), 178–181. <https://doi.org/10.14741/ijcet/22774106/spl.4.2016.36>
- Renny, F. (2021). Structure and phase analysis of calcium carbonate powder prepared by a simple solution method. *Heliyon*.



- Rodinger, T. C. D. (2023). The influence of foaming agents on aluminium foam cell morphology. *Metals*, 3.
- Saikrupa, Ch., Chandra Mohan Reddy, G., & Venkatesh, S. (2021). Aluminium metal matrix composites and effect of reinforcements – A Review. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1057(1), 012098. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1057/1/012098>
- Sutarno, Soepriyanto, S., Korda, A. A., & Dirgantara, T. (2015). Pengaruh Kalsia Alumina (CaO.Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) Pada Busa Aluminium AL-7000 Dengan Agen Pembusa Kalsium Karbonat (CaCO<sub>3</sub>). *Prosiding Simposium Nasional Inovasi Dan Pembelajaran Sains 2015*, 2015(Snips), 149–152.
- Torras, O. (2017). The Cost-Effectiveness of Lowering Permissible Noise Levels Around U.S. Airports. *Int J Environ Res Public Health*, 12.
- Tripathi, O., Singh, D. P., Dwivedi, V. K., & Agarwal, M. (2020). A focused review on aluminum metallic foam: Processing, properties, and applications. *Materials Today: Proceedings*, 47(XXXX), 6622–6627. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.099>
- Ghaleh, M. H. (2020). High-Porosity Closed-Cell Aluminum Foams Produced By Melting. *AFS Institute*.
- Javari, J. (2023). Optimized design and experimental validation of sound absorption coefficient performance in aluminium metal foam by spark plasma sintering. *Heliyon*.

- Osman, H. A. (2017). Characterization of Aluminum foam produced from aluminium scrap by using CaCO<sub>3</sub> as foaming agent. *Journal of Engineering Science*, 448.
- Renny, F. (2021). Structure and phase analysis of calcium carbonate powder prepared by a simple solution method. *Heliyon*.
- Rodinger, T., Coric, & Danko. (2023). The influence of foaming agents on aluminium foam cell morphology. *Metals*, 3.
- Torras, O. (2017). The Cost-Effectiveness of Lowering Permissible Noise Levels Around U.S. Airports. *Int J Environ Res Public Health*, 12.
- Wang, T., Zuo, X., Zhou, Y., & Liu, Z. (2021). Stability mechanism of AlSi12 aluminum foam under the action of Al–Si–Ca second phase. *Journal of Materials Research and Technology*.