

BAB III

METODE PENELITIAN

Pada bab ini menjelaskan tentang metode penelitian yang meliputi parameter penelitian, alat dan bahan yang digunakan selama penelitian, serta tahapan-tahapan proses penelitian dan pengujian.

3.1. Penentuan Parameter Eksperimen

Pada penelitian ini dilakukan penentuan parameter eksperimen dengan melakukan studi literatur. Hal ini dilakukan supaya proses penelitian dapat berjalan dengan lancar. Dari hasil studi literatur, didapat tiga poin penting yang menyangkut dengan penelitian yang akan dilakukan. Tiga poin penting utama dalam pembuatan *aluminum foam* yaitu foaming agent, porositas *aluminum foam*, dan metode fabrikasi *aluminum foam*. Berdasarkan tiga poin diatas serta korelasi dengan studi literatur yang dilakukan, didapat topik penelitian tentang pembuatan *aluminum foam* menggunakan metode *direct foaming* (melt route) dengan penambahan *foaming agent* berupa NaCl kristal. Parameter yang divariasikan adalah variasi fraksi massa NaCl kristal, jenis aluminium, dan temperatur proses *foaming*. Sedangkan parameter lain diusahakan tetap pada kisaran tertentu, mengingat sulitnya penanganan proses. Parameter penelitian ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1. Parameter proses pembuatan *aluminum foam*

Spesimen	Fraksi Massa		Temperatur (°C)
	NaCl (%.wt)	Al (%.wt0)	
A	0	100	850
B	40	60	850
C	45	55	850
D	50	50	850

Perhitungan perbandingan fraksi massa NaCl dengan aluminium, sebagai berikut :

1. Spesimen A

0% NaCl

100% Aluminium

Total massa = 54 gram

Massa aluminium 100% x 54 gram = 54 gram

Massa NaCl 0% x 54 gram = 0 gram

2. Spesimen B

40% NaCl

60% Aluminium

Total massa = 54 gram

Massa aluminium 60% x 54 gram = 32,4 gram

Massa NaCl 40% x 54 gram = 21,6 gram

3. Spesimen C

45% NaCl

55% Aluminium

Total massa = 54 gram

Massa aluminium 55% x 54 gram = 29,7 gram

Massa NaCl 45% x 54 gram = 24,3 gram

4. Spesimen D

50% NaCl

50% Aluminium

Total massa = 54 gram

Massa aluminium 50% x 54 gram = 27 gram

Massa NaCl 50% x 54 gram = 27 gram

3.2. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini terdiri dari dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian *aluminum foam*. Waktu penelitian ini dilakukan pada 28 Agustus – Oktober 2016.

Tempat penelitian yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin UMY.

2. Laboratorium Testing Material D-3 Teknik Mesin UGM.
3. Laboratorium Bahan Teknik Mesin UNS.

3.3. Alat dan Bahan Penelitian

3.3.1. Alat Penelitian

Dalam penelitian ini, digunakan beberapa alat yang mendukung berlangsungnya penelitian ini, diantaranya sebagai berikut :

1. Tungku dan kowi

Gambar 3.1.a merupakan tungku pembakaran yang digunakan sebagai media mencairkan aluminium. Tungku tersebut terbuat dari campuran semen, pasir, dan batu. Terdapat lubang dibagian bawah yang digunakan sebagai saluran udara dari *blower*, untuk menyalakan api dari bahan baku arang kayu. Sedangkan gambar 3.1.b merupakan kowi yang terbuat dari pipa besi yang dilas. Kowi tersebut digunakan sebagai wadah peleburan plat aluminium menjadi cair.



(a)



(b)

Gambar 3.1. (a) Tungku pembakaran; (b) Kowi.

2. *Blower*

Blower berfungsi sebagai alat untuk menghembuskan dan menaikkan tekanan udara yang dialirkan ke dalam tungku pembakaran, melalui saluran yang ada dibawah tungku. Gambar 3.2 merupakan *blower* yang digunakan dalam penelitian ini, *blower* tersebut memiliki ukuran diameter 2,5 *inch* dengan spesifikasi $V = 220 - 230$ Volt, $A = 1,6$ A, dan kecepatan putar 3000 rpm.



Gambar 3.2. *Blower*.

3. Termokopel Digital

Termokopel digital merupakan alat sensor temperatur yang digunakan untuk mengukur suhu pada aluminium cair, sehingga diketahui temperatur aluminium cair untuk proses *foaming*. Termokopel digital yang digunakan tipe K TM 902C seperti Gambar 3.3. Termokopel tersebut dapat mengukur suhu dari (-50°C) - 1300°C .



Gambar 3.3. Termokopel digital.

4. Timbangan Digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur berat NaCl dan aluminium sesuai fraksi massa yang sudah ditentukan. Gambar 3.4 menunjukkan timbangan yang digunakan adalah merk Fujitsu.



Gambar 3.4. Timbangan digital.

5. Mesin *Hand Drill*

Mesin bor tangan yang digunakan merk Makita™ tipe 6411, daya 450 watt, dengan kecepatan putar 0-3000 rpm seperti Gambar 3.5. Mesin bor ini digunakan untuk mencampur NaCl dengan aluminium. Kecepatan yang digunakan berkisar 2000-3000 rpm.



Gambar 3.5. Mesin *hand drill*

6. Batang Pengaduk

Batang pengaduk berfungsi sebagai alat pengaduk atau pencampur NaCl dengan aluminium cair yang terpasang pada mesin bor (Gambar 3.6). Batang pengaduk ini terbuat dari batang baja yang lurus, karena pengadukan dilakukan di dalam cetakan, batang pengaduk tidak boleh bengkok karena dapat merusak cetakan. Sebelum digunakan untuk mengaduk, batang pengaduk terlebih dahulu dipanaskan supaya perbedaan suhu antar batang pengaduk dan aluminium tidak

terlalu jauh. Hal ini dilakukan agar aluminium tidak menempel pada permukaan batang pengaduk (*chiling*).



Gambar 3.6. Batang pengaduk.

7. Cetakan

Cetakan terbuat dari tanah liat yang dibentuk silindris (Gambar 3.7). Cetakan yang digunakan memiliki ukuran diameter 2,24 cm dan panjang 12 cm. Sebelum aluminium cair dituang ke dalam cetakan, cetakan terlebih dahulu diisi dengan NaCl.



Gamabar 3.7. Cetakan *aluminum foam*.

8. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong ujung permukaan *aluminum foam* yang sudah jadi setelah proses pengecoran seperti Gambar 3.8. Hal ini dilakukan untuk memastikan ada porositas pada *aluminum foam* tersebut.



Gambar 3.8. Gergaji tangan.

9. Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda tangan digunakan untuk memotong plat aluminium sebelum dilakukan penimbangan (Gambar 3.9). Pemotongon ini bertujuan supaya aluminium dapat masukkan ke dalam kowi.



Gambar 3.9. Mesin gerinda tangan.

10. Ayakan (*US Mesh*)

Ayakan digunakan sebagai alat untuk mengukur mesh NaCl yang digunakan sebagai *foaming agent* pada proses ini. Gambar 3.10 menunjukkan ayakan yang digunakan memiliki ukuran *mesh* 4-16 (1.18 mm - 4.75 mm).



Gambar 3.10. *US mesh* yang digunakan untuk mengukur diameter kristal NaCl.

11. Perlengkapan lain

Perlengkapan lain yang digunakan dalam penelitian ini antara lain : sendok besi, sarung tangan las, penjepit kowi, mistar, dan jangka sorong.

3.3.2. Bahan Penelitian

1. Aluminium 6061-T651

Bahan dasar dalam pembuatan *aluminum foam* yaitu plat aluminium 6061-T651 (Gambar 3.11). Aluminium 6061-T651 merupakan jenis aluminium paduan

tempa yang memiliki unsur paduan pokok yaitu aluminium (Al), magnesium (Mg), dan silikon (Si). Kode T pada kode T651, menunjukkan pengerasan penuaan (pengerjaan panas) pada material tersebut. Sedangkan kode T6 berarti *solution treatment*, dan di-aging secara artifisial. Total berat aluminium yang digunakan sebesar 54 gram. Tabel 3.2 menunjukkan komposisi dari aluminium 6061-T651. Sebelum dilebur, plat aluminium dipotong terlebih dahulu dan ditimbang menggunakan timbangan digital.



Gambar 3.11. Aluminium 6061 T651

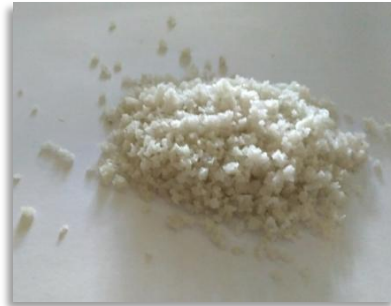
Tabel 3.2. Komposisi kimia aluminium 6061-T651 (%wt)

Sumber : <http://www.clintonaluminum.com/wp-content/uploads/2014/08/Grade-6061-T6-T651>

Komposisi Kimia Paduan aluminium 6061-T651 (%wt)	
Al	95,8-98,6
Mg	0,80-1,20
Si	0,40-0,80
Fe	$\leq 0,70$
Cu	0,15-0,40
Cr	0,04-0,35
Zn	$\leq 0,25$
Mn	$\leq 0,15$
Ti	$\leq 0,15$
other	$\leq 0,15$

2. NaCl

Natrium chlorida yang digunakan memiliki ukuran *US mesh* 4-16 (1,18 mm - 4,75 mm) seperti Gambar 3.12.



Gambar 3.12. NaCl kristal.

3. Arang

Arang yang digunakan merupakan arang kayu (Gambar 3.13). Arang berfungsi sebagai bahan pembakaran.



Gambar 3.13. Arang kayu.

3.4. Proses Pembuatan *Aluminum foam*

Pembuatan *aluminum foam* menggunakan metode *direct foaming* dengan penambahan *foaming agent* (Alporas). Proses ini diawali dengan peleburan aluminium menjadi cair, pengukuran temperatur tuang, pencampuran *foaming*

agent (NaCl), pengadukan, foaming, pembongkaran cetakan. Proses tersebut sering disebut proses *melt route aluminum foam*, dengan diagram alir proses sebagai berikut :



Gambar 3.14. Diagram alir proses *foamig*.

Tahapan dari proses *melt route* tersebut sebagai berikut :

1. Meyiapkan alat dan bahan penelitian.
2. Melakukan pengayakan NaCl dengan *US mesh*, hal ini dilakukan guna mengukur diameter NaCl yang akan digunakan.
3. Memotong plat aluminium 6061-T651, supaya dapat masuk ke dalam kowi dan mempercepat peleburan dengan ukuran plat yang kecil.
4. Menimbang massa aluminium dan NaCl yang akan digunakan.
5. Menyalakan api pada tungku pembakaran.
6. Memasukkan aluminium yang sudah ditimbang ke dalam kowi. Peleburan aluminium dilakukan satu persatu sesuai dengan perhitungan massa spesimen yang telah ditentukan, yaitu spesimen A, B, C,D, dan E.
7. Ketika aluminium sudah mulai mencair, kemudian diukur suhu aluminium cair dengan termokopel digital. Suhu cair aluminium berkisar 660°C dan cair sempurna pada suhu 700°C.
8. Memasukkan NaCl ke dalam cetakan.
9. Ketika suhu aluminium sudah mencapai 850 °C, aluminium siap dituang ke dalam cetakan.
10. Sebelum aluminium dituang ke dalam cetakan, batang pengaduk dipanaskan terlebih dahulu . Hal ini dilakukan supaya perbedaan suhu

antara batang pengaduk dengan aluminium tidak terlalu jauh dan aluminium tidak menempel pada batang pengaduk.

11. Letakan batang pengaduk yang sudah dipanaskan kedalam cetakan, kemudian tuang aluminium kedalam cetakan.
12. Pengadukan dilakukan sekitar 5-10 detik dengan kecepatan 2000-3000 rpm. Saat proses *mixing*, batang pengaduk dan cetakan diusahakan tidak goyang. Supaya tidak merusak cetakan dan proses *foaming* yang berlangsung.
13. Proses *foaming* berlangsung sekitar 10-60 detik.
14. Setelah cetakan mulai dingin dan proses *foaming* selesai, dilakukan pembongkaran cetakan dengan menggunakan serok besi.
15. Proses terakhir, *aluminum foam* dibubut untuk dibentuk sesuai dengan ukuran spesimen yang akan dilakukan proses pengujian.

3.5. Tahapan Pengujian *Aluminum foam*

3.5.1. Pengujian Porositas

Untuk menghitung nilai porositas *aluminum foam*, terlebih dahulu menghitung nilai densitasnya. Densitas merupakan perbandingan antara massa dan volume dari *aluminum foam* yang dihasilkan. Densitas *aluminum foam* akan dibandingkan dengan densitas aluminium padat yang nilainya berkisar 2.7 g/cm^3 . Pengujian densitas dan porositas dilakukan pada *aluminum foam* yang sudah di-*machining* berbentuk silinder, dengan ukuran diameter 15 mm dan panjang 25 mm.

Menghitung densitas :

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana : ρ = densitas material (g/cm^3)

m = massa bahan (gram)

v = volume bahan (cm^3)

Menghitung porositas :

$$\text{Porositas} = \frac{\rho_{Al} - \rho_{foam}}{\rho_{Al}} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana : ρ_{Al} = densitas aluminium (g/cm^3)

ρ_{foam} = densitas *aluminum foam* (g/cm^3)

3.5.2. Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi dilakukan dua pengamatan, yaitu struktur makro dan struktur mikro. Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk pori, ukuran pori, penyebaran pori, dan tebal dinding pori yang terbentuk. Untuk melihat struktur mikro digunakan mikroskop OLYMPUS PME3. Sebelum dilakukan pengujian struktur mikro, spesimen diresin terlebih dahulu, supaya spesimen tidak mudah rusak dan dapat berdiri tegak. Tahapan pengamatan struktur mikro sebagai berikut :

1. Menyiapkan spesimen yang akan diuji.
2. Mengamplas dan memoles spesimen dengan autosol, supaya mengkilap dan struktur mikro dapat terlihat jelas.
3. Menyiapkan kamera optilab dan menempatkan spesimen di atas *stage plate* yang ada pada mikroskop.
4. Mengkoneksikan optilab ke komputer.
5. Mengatur pembesaran hingga didapatkan gambar yang sesuai.



Gambar 3.15. OLYMPUS PM3

3.5.3. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kuat tekan dan kemampuan penyerapan energi mekanik dari *aluminum foam* yang dihasilkan. Penekanan spesimen dilakukan hingga 60 % deformasi dan dihentikan apabila spesimen hancur. Pada saat pembebanan, dilakuakn pencatatan beban yang diterima, serta dokumentasi spesimen saat terjadi deformasi. Pengujian dilakukan menggunakan UTM (Universal Testing Machine) yang terdapat di laboratorium teknik mesin UNS. Adapun tahapan pengujian kuat tekan sebagai berikut :

1. Mempersiapkan spesimen A,B,C, dan D.
2. Menyalakan mesin UTM.
3. Mengukur diameter dan tinggi awal.
4. Memasang spesimen.
5. Mengatur beban yang diterima.
6. Mengatur kecepatan pembebanan.
7. Memulai proses pembebanan.
8. Mendokumentasikan deformasi yang terjadi.
9. Mencatat nilai beban pada petunjuk digital UTM.
10. Menghentikan pengujian saat spesimen telah hancur atau saat beban maksimum tercapai.
11. Menghitung kuat tekan dengan menggunakan rumus.

Dari grafik tersebut, kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai tegangan, regangan, tegangan luluh, dan modulus elastisitas. Berikut rumus-rumusnya :

- Tegangan

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (3.3)$$

Keterangan : σ = tegangan (N/mm²)

F = gaya tekan (N)

A₀ = luas penampang (mm²)

- Regangan

$$\varepsilon = \frac{l_i - l_0}{l_0} \dots\dots\dots(3.4)$$

Keterangan : ε = regangan (mm)

l_i = panjang setelah ditekan (mm)

l_0 = panjang awal (mm)

▪ Tegangan luluh

$$\sigma_s = \frac{P_y}{A_0} \dots\dots\dots(3.5)$$

Keterangan : σ_s = tegangan luluh (kN/ mm²)

P_y = beban di titik *yield* (kN)

A_0 = luas penampang awal (mm²)

▪ Modulus elastisitas

$$E = \frac{F \cdot l_0}{A_0 \cdot \Delta l} \dots\dots\dots (3.6)$$

Keterangan : E = modulus elastisitas/ modulus *Young* (Mpa)

l_0 = panjang awal (mm)

Δl = perubahan panjang (mm)

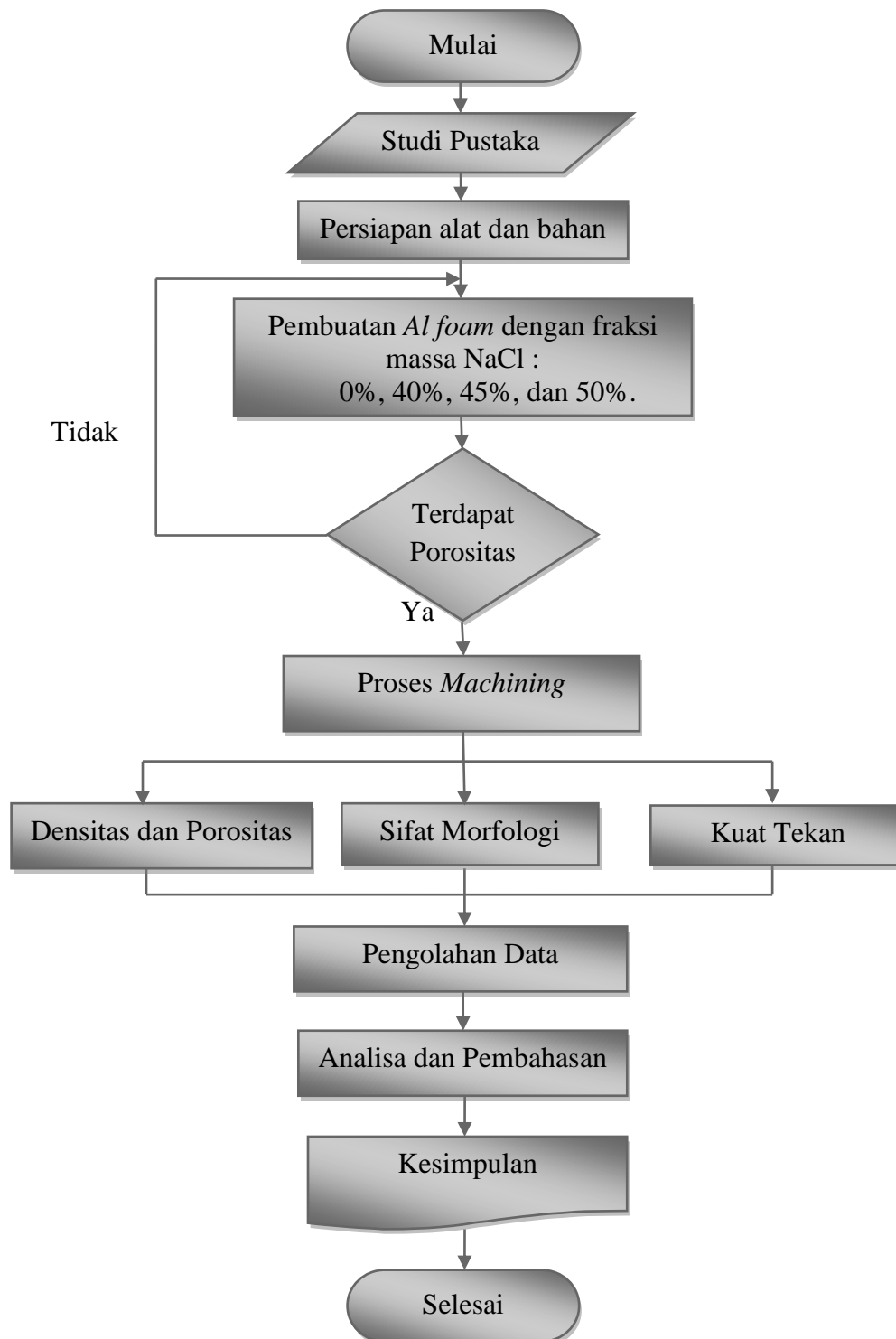
F = beban (kN)

A_0 = luas penampang (mm²)



Gambar 3.16. Mesin UTM SANS CHT4000.

3.6. Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.17. Diagram alir penelitian