

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan dengan serangkaian tahapan proses agar tujuan dari penelitian ini dapat tercapai, penelitian diawali dengan kajian pustaka yang dapat mendukung dalam proses ini. Setelah mendapat literatur yang sesuai dengan topik penelitian dengan mempertimbangkan tersedianya bahan dan peralatan pendukung. Yang ditekankan dalam penelitian ini bagaimana pembuatan *aluminum foam* dengan cara yang mudah, bahan yang mudah didapat serta murah.

3.1 Pendekatan Penelitian

Pendekatan penelitian merupakan suatu sistem pengambilan data dalam suatu penelitian. Penelitian ini menggunakan metode penelitian pengembangan yaitu suatu proses atau langkah-langkah mengembangkan suatu produk baru, atau menyempurnakan penelitian yang telah ada, yang dapat dipertanggungjawabkan.

3.2 Parameter Penelitian

Parameter utama yang ditentukan adalah rasio fraksi massa *foaming agent*, serbuk CaCO_3 , dan temperatur penuangan *foaming agent*.

Tabel 3.1. Parameter Proses Pembuatan *Aluminum Foam*

Sampel	Fraksi Massa			Temperatur
	CaCO_3 (%.wt)	NaCl (%.wt)	Al (%.wt)	
A	0	0	55	850
B	3	2	53	850
C	5	2	50	850
D	8	2	49	850
E	10	2	47,5	850

3.3 Penyiapan Proses

Penyiapan proses dalam penelitian ini mempertimbangkan ketersediaan peralatan dan bahan sebagai penunjang jalannya penelitian. Selain diperlukan peralatan dan bahan, penelitian ini menggunakan penimbangan bahan. Adapun penyiapan proses penelitian sebagai berikut:

3.3.1 Penyiapan Alat

Dalam pembuatan *aluminum foam*, peralatan merupakan faktor penting yang mendukung keberhasilan penelitian guna mencapai hasil penelitian dengan baik dan maksimal. Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini diantaranya sebagai berikut:

1. Tungku dan Kowi

Tungku pembakaran merupakan salah satu media pembakaran untuk mencairkan aluminum. Tungku ini terbuat dari campuran semen, pasir dan campuran batu bata. Pada tungku pembakaran terdapat dua pipa besi yang berfungsi untuk meniupkan udara menggunakan *blower*. Ukuran tungku pembakaran disesuaikan dengan ukuran diameter kowi. Hal tersebut bertujuan agar kowi dapat masuk kedalam tungku. Kowi merupakan media untuk meleburkan aluminum batangan. Kowi terbuat dari besi yang memiliki diameter 5 cm



Gambar 3.1 Tungku dan Kowi

2. Blower

Blower dalam penelitian ini adalah alat yang digunakan untuk menaikkan dan menurunkan tekanan udara yang akan ditiupkan dalam tungku pembakaran. Dalam penelitian ini blower yang digunakan dengan brand NRT PRO, memiliki ukuran 2 inch dengan kapasitas $V=220$ Volt, $A=1$ Ampere kemudian memiliki kapasitas putar sebesar 3000/3600 (Gambar 3.2).



Gambar 3.2. Blower

3. Termokopel Digital

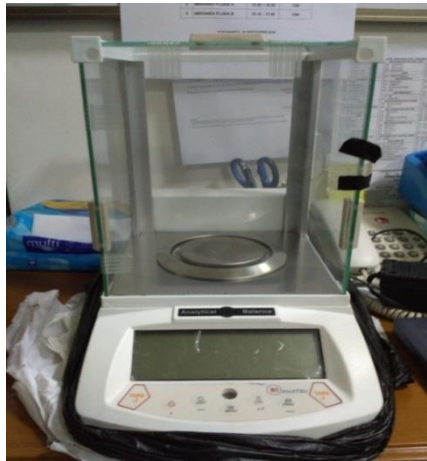
Termokopel digital merupakan suatu alat jenis sensor suhu guna mengidentifikasi suhu pada kowi sehingga suhu pada kowi dapat diketahui secara spesifik dalam proses peleburan hingga proses pencampuran yang sedang berlangsung. Termokopel digital yang digunakan tipe K (Gambar 3.3).



Gambar 3.3. Termokopel Digital

4. Timbangan Digital

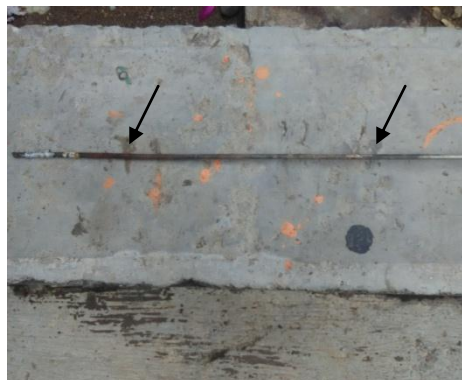
Timbangan digital merupakan alat untuk mengukur jumlah banyak dan sedikitnya bahan yang akan digunakan dalam penelitian berlangsung (Gambar 3.4).



Gambar 3.4. Timbangan Digital

5. Batang Pengaduk

Batang Pengaduk yang terbuat dari baja dan diberi kawat yang mengulir pada ujung batangnya guna mengaduk dan mencampurkan aluminum cair dengan CaCO_3 . Dalam penggunaannya batang pengaduk terlebih dahulu dipanaskan agar tidak terjadi pembekuan aluminum pada permukaan batang (*chilling*) dan kemudian batang pengaduk dipasang pada mesin bor tangan (*hand drill*) (Gambar 3.5).



Gambar 3.5. Batang Pengaduk

6. Hand Drill

Hand drill sering disebut dengan bor tangan merupakan alat yang dipasangkan pada batang pengaduk, seperti yang sudah dijelaskan sebelumnya. Hand drill yang digunakan merek makita, daya sebesar 260 Watt dan kecepatan putar tanpa beban sebesar 0-2200 rpm (Gambar 3.6).



Gambar 3.6. Hand Drill

7. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak hasil pencampuran antara aluminum dengan CaCO_3 . Cetakan dalam penelitian ini terbuat dari tanah liat yang dibuat dengan ukuran 3cm dan diameter dalam cm. Dalam penelitian cetakan sebelumnya di panaskan terlebih dahulu untuk menyesuaikan suhu dari campuran aluminum dan CaCO_3 (Gambar 3.7).



Gambar 3.7. Cetakan

8. Perlengkapan Pendukung

Perlengkapan pendukung yang digunakan dalam penelitian ini antara lain palu, tang penjepit, penjepit kowi, penggaris, sendok besi, sarung tangan, kalkulator beserta kamera sebagai alat dokumentasi selama proses penelitian berlangsung.

3.3.2 Penyiapan Bahan

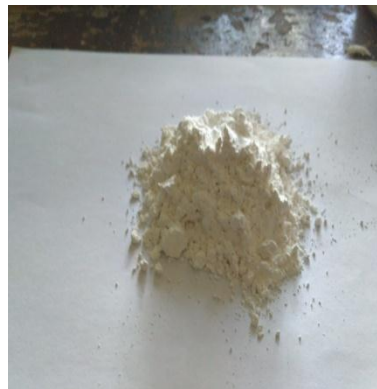
Dalam pembuatan *aluminum foam*, terdapat bahan-bahan yang disiapkan antara lain aluminum seri 6061-T651 dan CaCO_3 . Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain:

- Aluminum dengan seri 6061-T651 (Gambar 3.8).



Gambar 3.8. Aluminum

- CaCO_3 yang berfungsi sebagai *Blowing Agent* (Gambar 3.9).



Gambar 3.9. CaCO_3

- NaCl yang digunakan memiliki ukuran *US* mesh antara 4-16 atau antara 4,760 mm-1,190 mm (Gambar 3.10).



Gambar 3.10. NaCl

- Arang digunakan dalam proses pembakaran (Gambar 3.11).



Gambar 3.11. Arang

3.3.3 Penimbangan dan Pencampuran Bahan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam persiapan bahan pembuatan aluminum sebagai berikut:

- Alumunium yang masih berbentuk batangan dipotong terlebih dahulu disesuaikan dengan ukuran kowi agar alumuinium mudah dimasukkan ke dalam kowi. Sementara itu, diameter kowi 5 cm.
- Dalam penelitian ini terdapat 5 (lima) spesimen aluminum yang akan digunakan dalam penelitian. Variasi yang digunakan dalam penelitian ini

antara lain terdiri dari A (0% CaCO_3), B (3% CaCO_3), C (5% CaCO_3), D (8% CaCO_3) dan E (10% CaCO_3).

- Selanjutnya, proses penimbangan masing-masing aluminum A, B, C, D dan E. Sehingga didapatkan ukuran masing-masing massanya sesuai perhitungan diatas.
- Langkah selanjutnya, menghitung nilai perbandingan antara aluminum dan CaCO_3 dengan menggunakan presentase fraksi massa aluminum.

3.3.4 Proses Pembuatan *Aluminum Foam*

Tahapan selanjutnya, setelah melakukan penyiapan proses yang terdiri dari penyiapan alat dan bahan, maka tahap selanjutnya adalah proses pembuatan Aluminum foam. Pembuatan Aluminum foam yang digunakan dalam penelitian ini adalah proses *direct foaming* menggunakan *foaming agent* (Alporas). Proses tersebut diawali dengan meleburkan aluminum batang menjadi cair dan dilakukan pengukuran temperatur tuang kemudian dilakukannya pencampuran *foaming agent* (CaCO_3), setelah itu proses pengadukan, foaming kemudian dilakukannya pelepasan produk *Aluminum foam* dan *casting*. Proses tersebut dinamakan proses *melt route aluminum foam*. Gambar 3.12 proses pembuatan aluminum foam.



Gambar 3.12. Diagram proses pembuatan *Aluminum Foam*

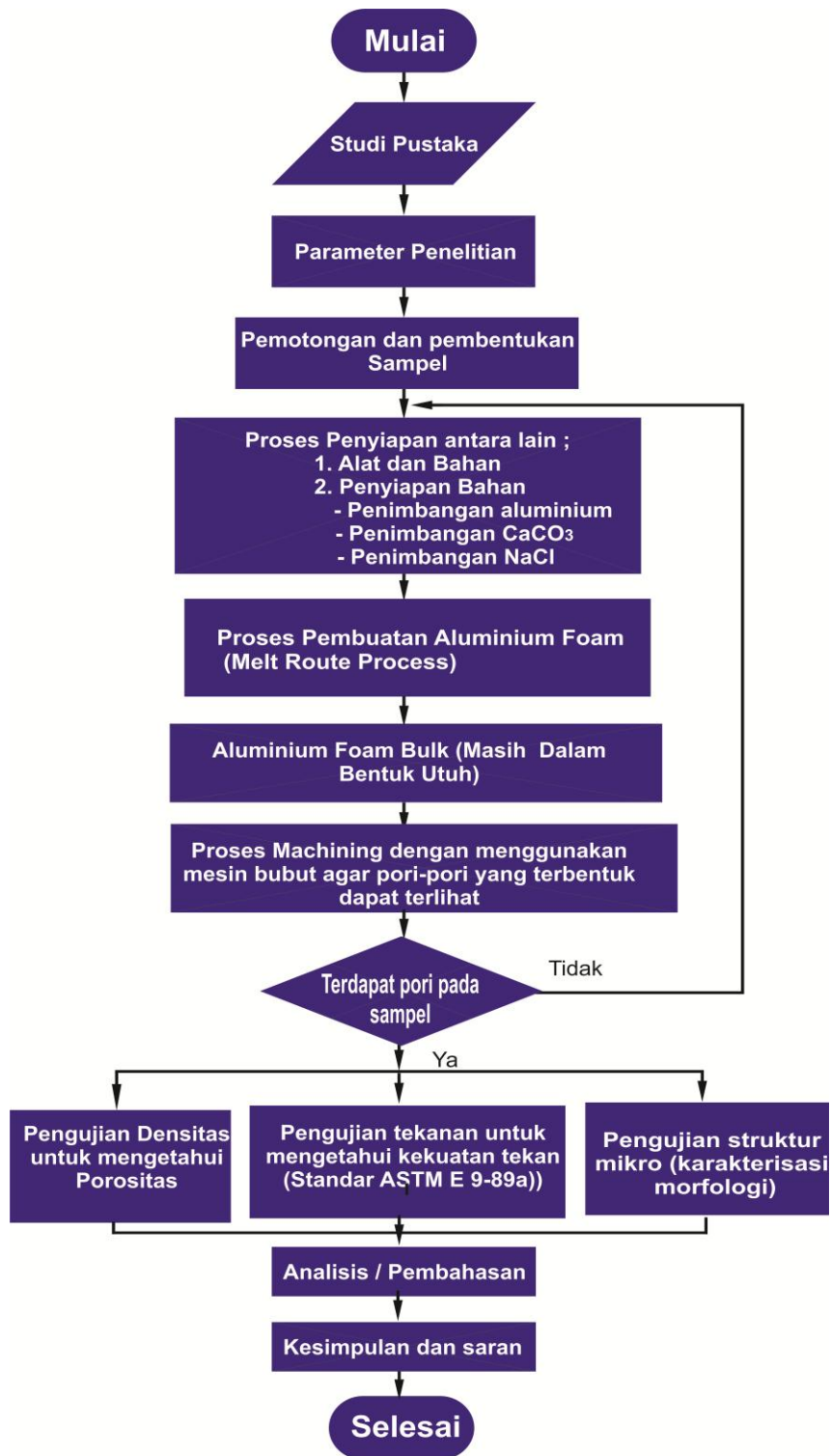
Tahapan dari proses *melt route* tersebut sebagai berikut:

1. Peleburan dilakukan satu persatu sesuai dengan spesimen yang ditentukan yaitu A, B, C, D dan E.
2. Peleburan Aluminum yang sudah diketahui massanya, dimasukkan kedalam kowi yang suhunya sampai 660°C .
3. Alumunium yang menggunakan suhu 660°C akan mengalami peleburan.

4. Setelah Aluminium melebur, CaCO_3 dimasukkan kedalam kowi. Proses tersebut dilakukan ketika suhu dinaikkan menjadi 850°C .
5. Kemudian dilakukan pengadukan hingga tercampur rata. Dalam proses pengadukan dilakukan selama 10 (sepuluh) detik dengan kecepatan *mixing* 500 rpm. Sebelum dilakukannya pengadukan, ujung pengaduk dipanaskan terlebih dahulu. Hal ini bertujuan agar tidak terjadi pendinginan dan penggumpalan. Adapun cara mengaduk yang dilakukan dalam penelitian ini adalah mencelupkan ujung pengaduk hingga terbenam ke logam. Cara diatas dilakukan guna udara tidak masuk ke dalam larutan.
6. Tahap selanjutnya, proses penuangan Aluminium dan CaCO_3 yang sudah diaduk tersebut ke dalam cetakan yang sudah diisi NaCl. Kemudian dilakukan pengadukan kembali guna Alumunium, CaCO_3 dan NaCl tercampur rata.
7. Proses foaming sekitar 10-60 detik.
8. Proses pendinginan, kemudian dilakukan penurunan temperatur pada kowi.
9. Setelah dilakukan pendinginan, tahap selanjutnya pembongkaran cetakan.
10. Proses paling akhir yaitu proses *machining*.

3.4 Diagram Alir Penelitian

Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dilakukan dalam penelitian *Alumunium foam* (Gambar 3.13). Diagram ini menjelaskan alur proses dari mulai, persiapan bahan, proses machining hingga proses pengujian.



Gambar3.13. Diagram Alir Penelitian

3.5 Karakterisasi Produk *Aluminum Foam*

Semua produk *Aluminum foam* yang masih utuh (*bulk material*) selanjutnya dibubut, guna pori-pori terlihat untuk membentuk sampel atau spesimen uji. Ketika sampel yang telah dibubut akan dilakukan pengujian, sebaiknya sampel direndam kedalam air menggunakan temperatur 80° C selama 15 (lima belas) menit dan dilakukan pengadukan air guna mengilangkan sisa-sisa CaCO₃ yang terdapat pada sampel, kemudian dikeringkan. Setelah sampel kering maka pengujian siap dilakukan. Pengujian yang dilakukan terhadap spesimen ini yaitu foto makro, foto mikro, uji porositas melalui perhitungan, uji densitas menggunakan prinsip *Archimedes* dan perhitungan serta dilakukannya uji tekan. Masing-masing sampel akan melalui tahap pengujian yang sama.

3.5.1. Pengujian Porositas

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui besarnya porositas dari produk aluminum foam yang telah dibuat dengan mencampurkan serbuk CaCO₃ sebagai foaming agent. Hal pertama yang dilakukan untuk mengetahui jumlah porositas adalah menghitung densitas atau pengukuran massa suatu benda per unit volume dengan satuan g/cm². Untuk tahapannya adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan produk aluminum foam
2. Menyiapkan timbangan digital
3. Menghitung sampel dengan persamaan berikut

$$v = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \cdot h \dots\dots\dots (3.1)$$

Dimana:

V = Volume sampel (cm³)

d = Diameter sampel (cm)

h = Tinggi sampel (cm)

4. Menimbang massa kering masing-masing sampel
5. Menghitung densitas sampel dengan persamaan berikut:

$$\rho_E = \frac{W_D}{V} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana:

P_E = Densitas sampel (g/cm^3)

W_D = Massa kering sampel (g)

V = Volume sampel (cm^3)

6. Menghitung persentase porositas menggunakan persamaan berikut:

$$p = \frac{\rho_{teoritis} - \rho_{percobaan}}{\rho_{teoritis}} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana:

P = Porositas (%)

$P_{teoritis}$ = Densitas teoritis (g/cm^3)

$P_{percobaan}$ = P_E = Densitas percobaan (g/cm^3)

3.5.2. Pengujian Metalografi

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk pori, ukuran, tebal dinding, serta distribusi pori yang terbentuk. Pengujian struktur mikro dilakukan menggunakan kamera optolab yang terdapat pada mikroskop. Pengujian dilakukan menggunakan *Metallurgical Microscope Inverted Type* dengan merek olympus yang terhubung dengan komputer seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.14.



Gambar 3.14. *Metallurgical Microscope Inverted*

Pengujian dilakukan di Laboratorium Bahan Teknik Program Diploma Teknik Mesin Vokasi Universitas Gadjah Mada. Tahapan dalam pengamatan struktur mikro pada pengujian ini adalah:

1. Menyiapkan sampel yang akan di uji setelah proses pengamplasan permukaan sampel menggunakan amplas dari grit 400, 1000, 1500 dan 2000.
2. Membersihkan sampel dengan kain lap kering.
3. Menyiapkan mikroskop.
4. Menyiapkan kamera optilab dan menempatkan spesimen di atas *stage plate* yang ada pada mikroskop.
5. Mengkoneksikan kamera optilab ke komputer agar gambar tampak pada layar.
6. Mengatur pembesaran hingga mendapatkan gambar yang sesuai.

3.5.3. Pengujian Kuat Tekan

Pengujian tekan ini bertujuan untuk mengetahui kuat tekan pada sampel aluminum foam dengan persentase CaCO_3 sebesar 0%, 3%, 5%, 8%, dan 10%. Kekuatan tekan adalah kemampuan material untuk menerima pembebanan tekan yang dinyatakan sebagai tegangan maksimum sebelum putus. Tegangan tekan didefinisikan sebagai distribusi gaya persatuan luas penampang material. Jika ditulis dalam persamaan maka kekuatan tekan dapat ditulis sebagai berikut:

$$A = \frac{\pi}{4} \cdot d^2 \dots\dots\dots (3.4)$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (3.5)$$

Dimana:

A = Luas permukaan sampel (mm²)

d = Diameter sampel (mm)

σ = kuat tekan (N/mm²)

F = Gaya maksimum yang diterima sampel atau beban puncak (N)

Sedangkan regangan tekan dapat didefinisikan sebagai perubahan panjang (*displacement*) dibagi dengan panjang awal spesimen uji tekan tersebut, pada persamaan berikut ini:

$$\varepsilon = \frac{L}{L_0} \dots\dots\dots (3.6)$$

Dimana:

ε = Regangan (mm/mm)

L = Displacement (mm)

L₀ = Panjang atau tinggi awal spesimen (mm)

Penekanan dilakukan dengan memberi beban pada spesimen secara konstan, kemudian kenaikan beban akan direkam oleh komputer. Selama proses penekanan tersebut dilakukan pada sampel, sampel tersebut sambil difoto.

Pengujian dilakukan di Laboratorium Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Negeri Sebelas Maret. Adapun tahapan yang dilakukan dalam pengujian tekan sebagai berikut:

1. Menyiapkan sampel A, B, C, D, dan E yang akan diuji.
2. Menyalakan mesin UTM.
3. Mengukur diameter dan tinggi sampel awal yang akan diuji.
4. Mengatur beban yang diterima.
5. Mengatur pembebanan dengan kecepatan konstan.
6. Memasang sampel pada *load cell* mesin UTM.

7. Memotert sampel yang diuji dari awal hingga akhir proses.
8. Menghentikan pengujian saat sampel telah hancur atau saat beban maksimum alat uji tercapai.
9. Mencatat nilai beban hasil pengujian yang tertera pada komputer mesin UTM.
10. Cetak atau print grafik hasil uji tekan.
11. Menghitung kekuatan tekan menggunakan rumus.
12. Dari grafik tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai tegangan, regangan, tegangan luluh, dan modulud elastisitas.

Pengujian dilakukan menggunakan mesin UTM (*Universal Testing Machine* *WEW-1000B*) seperti ditunjukkan pada gambar 3.12 berikut:



Gambar3.15. *Universal Testing Machine* (UTM WEW-1000B).