

BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Penentuan Parameter Eksperimen

Pada penelitian kali ini penentuan parameter eksperimen ditentukan dengan melakukan studi literatur. Hal ini dilakukan agar proses eksperimen dapat berjalan sesuai dengan *planning* awal. Rute proses yang digunakan ditinjau dari hasil studi literatur yang mana pada studi literatur tersebut dapat diambil 3 poin utama dalam hal pembuatan *aluminium foam* yaitu: Porositas *aluminium foam*, *foaming agent* yang digunakan serta metode pembuatan yang digunakan. Tentunya hal tersebut di korelasikan dengan ketersediaan alat dan bahan.

Melalui studi literatur didapatkan topik penelitian mengenai pembuatan *aluminium foam* menggunakan teknik *melt route direct foaming* menggunakan NaCl sebagai *foaming agent*, maka kemudian ditentukanlah parameter-parameter eksperimen dalam pembuatan *aluminium foam*. Parameter yang divariasikan adalah rasio fraksi massa NaCl, jenis aluminium dan temperatur penuangan *foaming agent* ke dalam aluminium cair. Sedangkan, parameter proses yang lain diusahakan tetap pada kisaran tertentu, mengingat sulitnya penanganan proses. Parameter yang digunakan ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 3.1 Parameter proses pembuatan *aluminium foam*.

Spesimen	Fraksi Massa		Temperatur (°C)
	NaCl (%.wt)	Al (%.wt)	
A	0	100	850
B	10	90	850
C	15	85	850
D	20	80	850

Perhitungan perbandingan massa NaCl dengan Aluminium, sebagai berikut :

1) Spesimen A

0% NaCl

100% Aluminium

Total Massa = 250 gram

Massa Aluminium 100% x 250 gram = 250 gram

Massa NaCl 0% x 250 gram = 0 gram

2) Spesimen B

10 % NaCl

90% Aluminium

Total Massa = 250 gram

Massa Aluminium 90% x 250 gram = 225 gram

Massa NaCl 10% x 250 gram = 25 gram

3) Spesimen C

15% NaCl

85% Aluminium

Total Massa = 250 gram

Massa Aluminium 85% x 250 gram = 212,5 gram

Massa NaCl 15% x 250 gram = 37,5 gram

4) Spesimen D

20% NaCl

80% Aluminium

Total Massa = 250 gram

Massa Aluminium 80% x 250 gram = 200 gram

Massa NaCl 20% x 250 gram = 50 gram

3.2 Penyiapan Proses

Penyiapan proses yang dilakukan tentunya menyangkut ketersediannya peralatan dan bahan. Dalam hal ini penyiapan proses yang dilakukan terdiri dari :

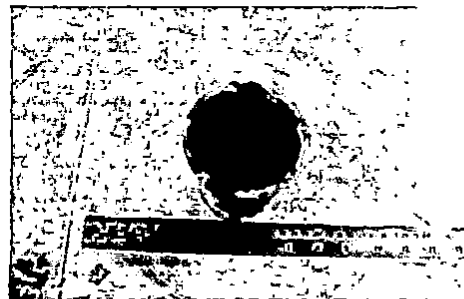
3.2.1 Penyiapan alat

Dalam proses pembuatan *aluminium foam*, peralatan merupakan salah satu faktor penting untuk menghasilkan produk penelitian yang baik. Peralatan yang digunakan pada tahap persiapan, sebagai berikut :

1. Tungku dan kowi



(a)



(b)

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

Tungku pembakaran Gambar 3.1.a digunakan sebagai media pembakaran. Tungku tersebut dibuat menggunakan campuran semen, pecahan batu bata dan pasir. Ukuran tungku dibuat dan disesuaikan dengan ukuran diameter kowi, agar kowi dapat masuk ke dalam tungku. Pada tungku terdapat saluran pipa besi yang digunakan untuk menyalurkan udara bertekanan dari *blower*.

Kowi terbuat dari besi digunakan sebagai media peleburan aluminium. Kowi yang digunakan memiliki diameter 5 cm dengan tinggi 15 cm dan terbuat dari logam besi, Gambar 3.1.b.

2. Blower

Blower berfungsi sebagai mesin atau alat yang digunakan untuk menaikkan atau memperbesar tekanan udara atau gas yang akan dialirkan ke dalam ruang pembakaran yang berada di tungku. Blower yang digunakan dengan

merk NRT PRO™. Blower tersebut memiliki ukuran 2 inch dengan kapasitas $V=220$ Volt, $A=1$ Ampere, dengan kecepatan putar 3000/3600 rpm.



Gambar 3.2 Blower

3. Termokopel digital

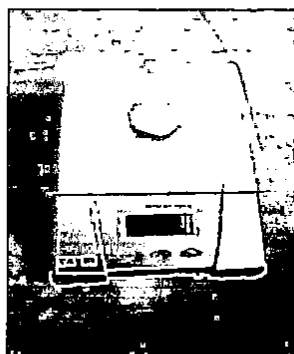
Termokopel digital adalah jenis sensor suhu yang digunakan untuk mendeteksi atau mengukur suhu pada kowi sehingga akan diketahui suhu di kowi secara spesifik selama proses peleburan hingga pencampuran. Termokopel digital yang digunakan tipe K TM902C. Termokopel tersebut mampu mengukur suhu dari -50°C hingga 1300°C .



Gambar 3.3 Termokopel digital

4. Timbangan digital

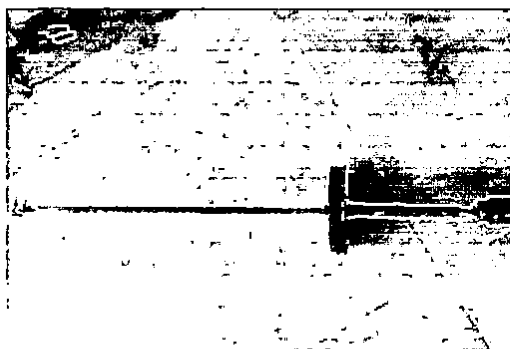
Timbangan yang digunakan dengan merk Camry™ dengan kapasitas maksimal 5000 gram. Berfungsi untuk mengukur berat perbandingan fraksi massa antara NaCl dan aluminium.



Gambar 3.4 Timbangan digital untuk mengukur massa Al dan NaCl.

5. Batang pengaduk

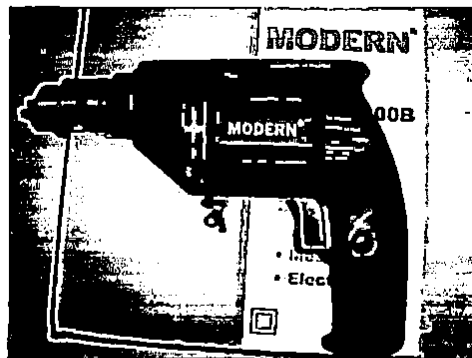
Terbuat dari baja karbon rendah yang dibentuk seperti ulir pada ujungnya agar terjadi proses pergeseran pada aluminium cair sehingga *foaming agent* dapat terdispersi secara merata sebelum mengalami dekomposisi. Pada saat penggunaan, batang pengaduk terlebih dahulu dipanaskan, untuk mendapatkan suhu yang tidak terlalu jauh sehingga tidak terjadi pembekuan aluminium pada permukaan batang (*chilling*).



Gambar 3.5 Batang Pengaduk

6. Mesin *Hand Drill*

Menggunakan mesin bor dengan merk ModernTM tipe M2100B, Daya 260 Watt, kec.putar tanpa beban 0-2200 rpm. Digunakan untuk mengaduk campuran antara aluminium dengan NaCl. Kecepatan yang digunakan berkisar 1500-2000 rpm.



Gambar 3.6 Mesin *hand drill* yang digunakan pada proses.

7. Cetakan

Cetakan digunakan untuk mencetak hasil pencampuran antara aluminium dengan NaCl. Cetakan terbuat dari tanah liat yang dibuat dengan ukuran tinggi 15cm dan diameter dalam 5cm seperti Gambar 3.7. Cetakan tersebut sebelumnya dipanaskan untuk menyesuaikan suhu dari campuran aluminium dan NaCl.



Gambar 3.7 Cetakan yang digunakan.

8. Perlengkapan

Perlengkapan yang digunakan antara lain: palu, tang penjepit, sarung tangan, penggaris, sendok besi, dan penjepit kowi.

3.2.2 Penyiapan bahan

- **Karakterisasi Awal Bahan**

Bahan-bahan yang digunakan untuk proses pembuatan *aluminium foam* pada eksperimen ini terdiri dari aluminium seri 6061-T651, dan NaCl Kristal teknis.

Tabel 3.2 Komposisi kimia paduan aluminium 6061-T651 (%wt)
 Sumber : <http://www.makeitfrom.com/material-properties/6061-T651-Aluminum/>

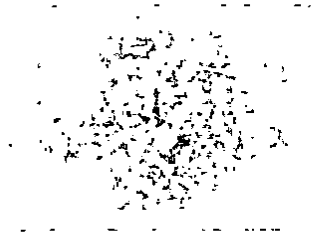
Komposisi Kimia Paduan aluminium 6061-T651 (%wt)	
Al	95.9-98.6
Mg	0.8-1.2
Si	0.4-0.8
Fe	0-0.7
Cu	0.15-0.4
Cr	0.04-0.35
Zn	0-0.25
Mn	0-0.15
Residuals	0-0.15
Ti	0-0.15

Bahan-bahan yang digunakan untuk penelitian adalah sebagai berikut:

- Aluminium dengan massa 250 gram seri 6061-T631.
- Natrium Chlorida Kristal teknis yang digunakan memiliki ukuran *US mesh* antara 4-16 atau antara 4.760 mm - 1,190 mm.
- Arang digunakan untuk proses pembakaran.



a)



b)



c)

Gambar 3.8 a) Aluminium 6061-T651, b) NaCl Kristal 4.760 mm - 1,190 mm, c) Arang.

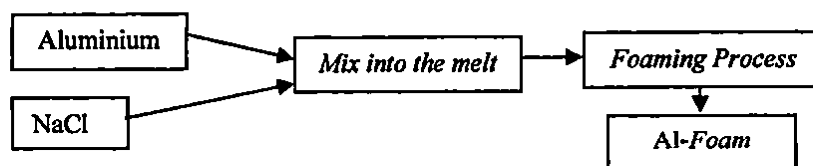
3.3 Penimbangan dan pencampuran bahan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam persiapan bahan aluminium yaitu sebagai berikut:

1. Aluminium yang masih batang, di potong dengan ukuran yang disesuaikan dengan diameter kowinya yaitu 5 cm Tujuannya agar bahan aluminium dapat masuk kedalam kowi.
2. Ada 4 spesimen aluminium yang akan digunakan untuk penelitian ini. Sesuai dengan Tabel 3.1 terdiri dari 4 spesimen yaitu A (0% NaCl), B (10% NaCl), C (15% NaCl) dan D (20% NaCl).
3. Setelah itu dilakukan proses penimbangan masing-masing aluminium A, B, C dan D. Didapatkan ukuran dengan masing-masing massanya sesuai perhitungan di atas.
4. Menghitung nilai perbandingan antara Aluminium dan NaCl dengan menggunakan persentase fraksi massa Aluminium.

3.4 Proses Pembuatan *Aluminium Foam*

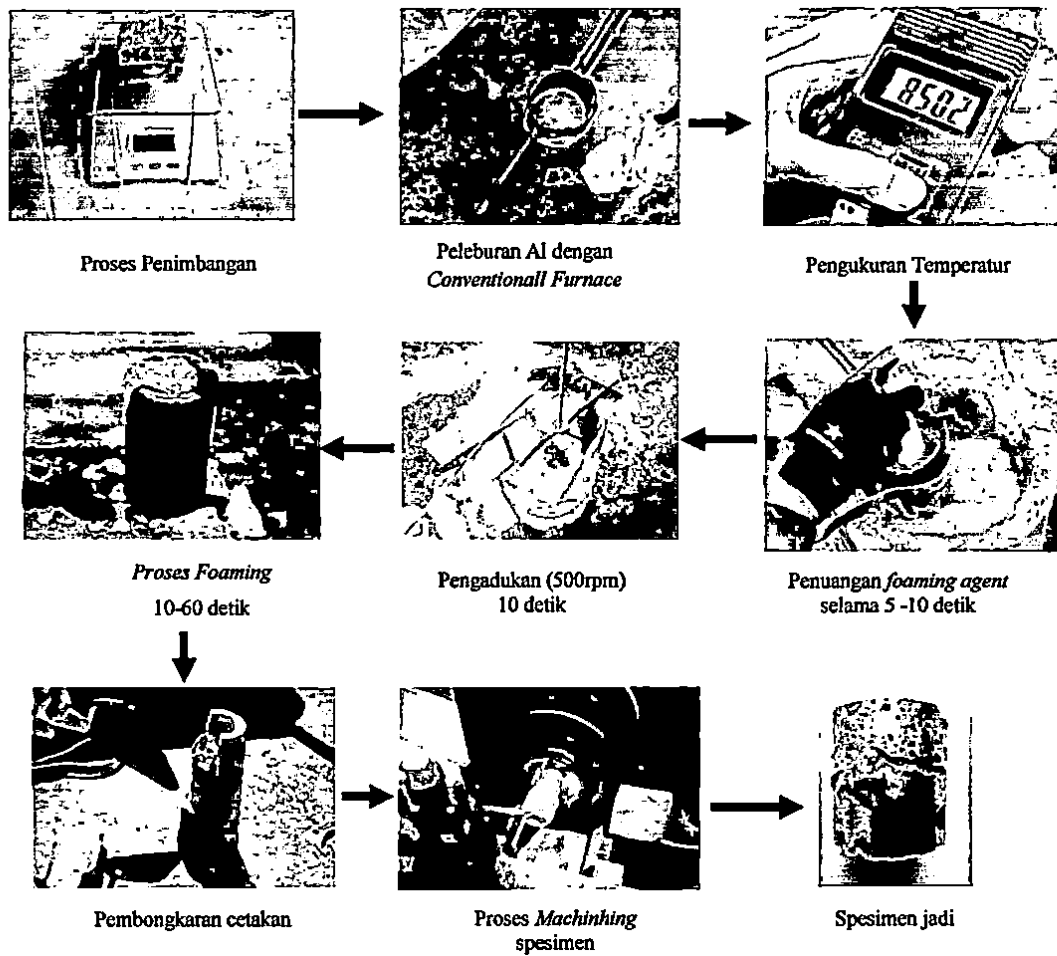
Setelah melakukan tahapan penyiapan proses, mulai dari alat sampai bahan yang digunakan, maka proses pembuatan *aluminium foam* dapat segera dimulai. Pembuatan *aluminium foam* yang digunakan menggunakan proses *direct foaming* menggunakan *foaming agent* (Alporas). Proses tersebut diawali dengan peleburan aluminium menjadi cair, pengukuran temperatur tuang, kemudian penuangan campuran *foaming agent* (NaCl), pengadukan, foaming, lalu pelepasan produk *aluminium foam* dari *casting*. Proses tersebut dinamakan proses *melt route aluminium foam* dengan diagram flowchart sebagai berikut :



Gambar 3.9 Diagram alir proses *foaming*.

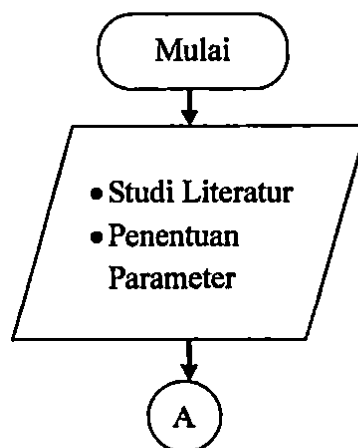
Tahapan dari proses *melt route* tersebut sebagai berikut :

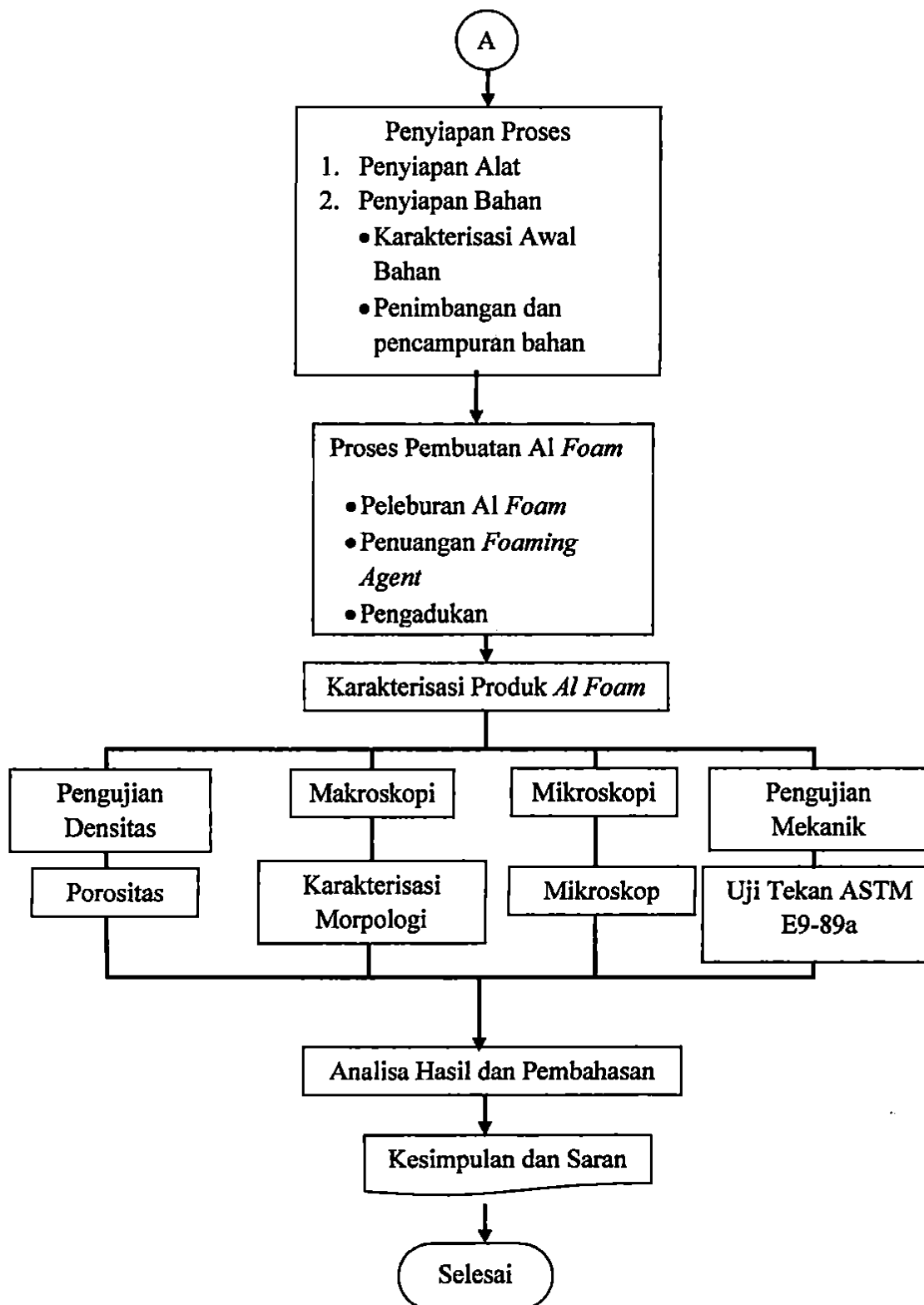
1. Peleburan dilakukan satu persatu sesuai dengan spesimen yang ditentukan yaitu A, B,C dan D.
2. Peleburan aluminium yang sebelumnya sudah diketahui massanya, dimasukkan ke dalam kowi yang sudah ditingkatkan suhunya sampai pada suhu 660°C .
3. Kemudian setelah mencapai suhu tersebut aluminium akan melebur.
4. Setelah Aluminium melebur, NaCl dimasukkan ke dalam kowi. Proses tersebut dilakukan ketika suhu 850°C .
5. Di *mixing* hingga tercampur. Proses pengadukan dilakukan selama 10 detik dengan kecepatan *mixing* 500rpm. Sebelum dilakukan pengadukan ujung pengaduk dipanasi terlebih dahulu agar tidak terjadi pendinginan pada area ujung pengaduknya. Pengadukan dilakukan dengan mencelupkan ujung pengaduk hingga terbenam ke logam, kemudian dilakukan pengadukan. Hal tersebut dilakukan agar udara tidak masuk ke dalam larutan.
6. Setelah dilakukan pengadukan, tahap selanjutnya yaitu menuangkan aluminium dan NaCl yang sudah diaduk ke dalam cetakan .
7. Proses foaming sekitar 10-60 detik
8. Proses pendinginan, menurunkan temperatur pada kowi dan *aluminium foam*.
9. Setelah itu pembongkaran cetakan.
10. Dan proses terakhir yaitu proses *machining*.



Gambar 3.10 Rangkaian tahapan proses pembuatan *aluminium foam*

3.5 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.11 Diagram Alir Penelitian

3.6 Tahapan proses secara keseluruhan

Secara keseluruhan metodologi dalam penelitian ini dibagi menjadi beberapa poin besar yaitu studi literatur, penentuan parameter, penyiapan proses, yang terdiri dari penyiapan alat dan penyiapan bahan, proses pembuatan *aluminium foam*, karakterisasi produk *aluminium foam*, pengujian densitas, makroskopi, mikroskopi, pengujian mekanik, analisa hasil, kesimpulan.

Semua tahapan tersebut nantinya akan digunakan untuk menentukan karakterisasi *aluminium foam* yang dihasil. Alur penelitian sesuai pada Gambar 3.11.

3.7 Karakterisasi Produk *Aluminium Foam*

Pengujian dilakukan setelah semua spesimen mengalami disolusi dengan kondisi yang masih baik yaitu tidak mengalami penghancuran spesimen. Pengujian yang dilakukan terhadap spesimen ini yaitu foto makro, foto mikro, uji porositas melalui perhitungan, uji densitas menggunakan prinsip *Archimedes* dan perhitungan, serta uji kuat tekan. Masing-masing sampel akan melalui tahap pengujian yang sama.

3.7.1 Pengujian Densitas

Densitas atau rapatan merupakan perbandingan antara dua besaran pokok, yaitu massa dan volume. Pengujian densitas digunakan untuk mengetahui perbandingan antara massa dan volume produk *aluminium foam* yang dihasilkan. Dari pengujian ini akan didapatkan pula perkiraan densitas porositas atau sel pada produk *aluminium foam*. Densitas produk, kemudian akan dibandingkan dengan densitas paduan aluminium padat sehingga didapatkan rasio densitas spesifik dari *aluminium foam* yang nilainya berkisar antara 1 sampai 2.7 g/cm³. Penentuan densitas *aluminium foam* dilakukan pada produk yang sudah *dimachining* berbentuk silinder.

Menghitung Densitas :

$$\rho = m/v \dots\dots\dots(1)$$

Dimana: ρ = Densitas bahan (g/cm³)

m = Massa bahan (gram)

v = Volume bahan (cm^3)

Menghitung porositas :

$$\text{Porositas} = \frac{\rho_{Al} - \rho_{foam}}{\rho_{Al}} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

Dimana : ρ_{Al} = Densitas Aluminium (g/cm^3)

ρ_{Foam} = Densitas Aluminium foam (g/cm^3)

3.7.2 Pengujian Metalografi

Pengamatan struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk pori yang terbentuk serta ukuran dan pori, tebal dinding pori, serta distribusi pori yang terbentuk. Spesimen yang dipilih untuk pengamatan struktur mikro ini semua spesimen dari 0%, 10%, 15% dan 20%. Pengujian struktur mikro atau mikrografi dilakukan dengan bantuan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi. Tahapan dalam pengamatan struktur mikro yang dilakukan adalah sebagai berikut :

1. Menyiapkan sampel dari proses pengamatan foto makro.
2. Memberikan permukaan kembali dengan kain lap kering.
3. Menyiapkan mikroskop
4. Menyiapkan kamera optilab dan menempatkan spesimen di atas *stage plate* yang ada pada mikroskop.
5. Kemudian menjepit spesimen agar spesimen tidak bergerak.
6. Mengokoneksikan optilab ke komputer
7. Mengatur pembesaran hingga didapatkan gambar yang sesuai.



Gambar 3.12 Mikroskop merek *Olympus PME 3*

3.7.3 Pengujian Mekanik Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui kekuatan tekan dari sampel logam berpori hasil disolusi serta digunakan untuk menguji kemampuan aluminium dalam penyerapan energi mekanik. Penekanan sampel dilakukan sampai 60% deformasi dan dihentikan apabila hancur atau pembebanan yang diberikan mencapai nilai maksimum yaitu 300.000N. Pada saat pembebanan, dilakukan pencatatan beban yang diterima.

Pengujian kuat tekan dilakukan menggunakan mesin UTM (Universal Testing Machine) yang berada di laboratorium. Adapun tahapan-tahapan pengujian kuat tekan sesuai ASTM E9-89a adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan sampel A,B,C dan D yang akan diuji.
2. Menyalakan mesin *Universal Testing Machine*.
3. Mengukur diameter dan tinggi awal spesimen dengan jangka sorong.
4. Mengatur beban yang diterima
5. Mengatur beban dengan kecepatan konstan.
6. Mencatat beban yang diterima.
7. Menghentikan pengujian saat sampel telah hancur atau saat beban maksimum alat uji tercapai.
8. Mencatat nilai beban pada petunjuk digital pada *universal testing machine*.
9. Menghitung kekuatan tekan dengan menggunakan rumus.
10. Dari grafik tersebut kemudian dilakukan perhitungan untuk mencari nilai tegangan, regangan, tegangan luluh dan modulus elastisitas.

- Tegangan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \left(\frac{N}{mm^2} \right) \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan : σ = Tegangan

F : Gaya Tekan (N)

A₀ : Luas Penampang lintang (mm²)

- Regangan:

$$\varepsilon = \frac{L_f - L_0}{L_0} \left(\frac{mm}{mm} \right) \dots\dots\dots(4)$$

Keterangan : ε = Regangan (mm/mm)

L_o : Panjang setelah ditekan (mm)

L_f : Panjang awal (mm)

L_f : Panjang setelah ditekan (mm)

- Tegangan luluh:

$$Y_s = \frac{P_y}{A_o} \dots\dots\dots(5)$$

Keterangan ; Y_s : Besarnya tegangan luluh (kN/mm^2)

P_y : Besarnya beban di titik *yield* (kN)

A_o : Luas penampang awal benda uji (mm^2)

- Modulus Elastisitas:

$$E = \frac{F \cdot L_o}{A_o \cdot \Delta L} \dots\dots\dots(6)$$

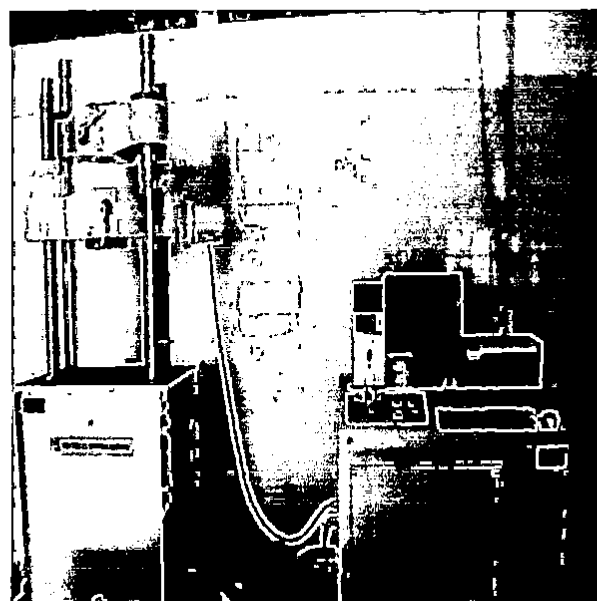
Keterangan : E = modulus elastisitas/modulus Young ($\text{N/mm}^2 = \text{MPa}$)

L_o = panjang ukur awal spesimen (mm)

ΔL = perpanjangan yang terjadi (mm)

F = besar beban (kN)

A_o = luas awal penampang lintang batang uji (mm^2)



Gambar 3.13 Mesin *Universal Testing Machine* merek *Gotech GT-7001-LC*

Setelah sampel selesai dipersiapkan, maka pengujian dimulai. Pengujian dilakukan dengan memberikan regangan negatif (tekan) secara konstan. Kemudian, kenaikan beban yang teramati oleh *load cell*, akan direkam oleh komputer. Data yang dihasilkan adalah berupa kurva beban (Kg) terhadap perubahan regangan (mm/mm). Selama pengujian tekan, sampel dipotret pada tahapan reduksi 0%, 15%, 30%, 45%, 60%.