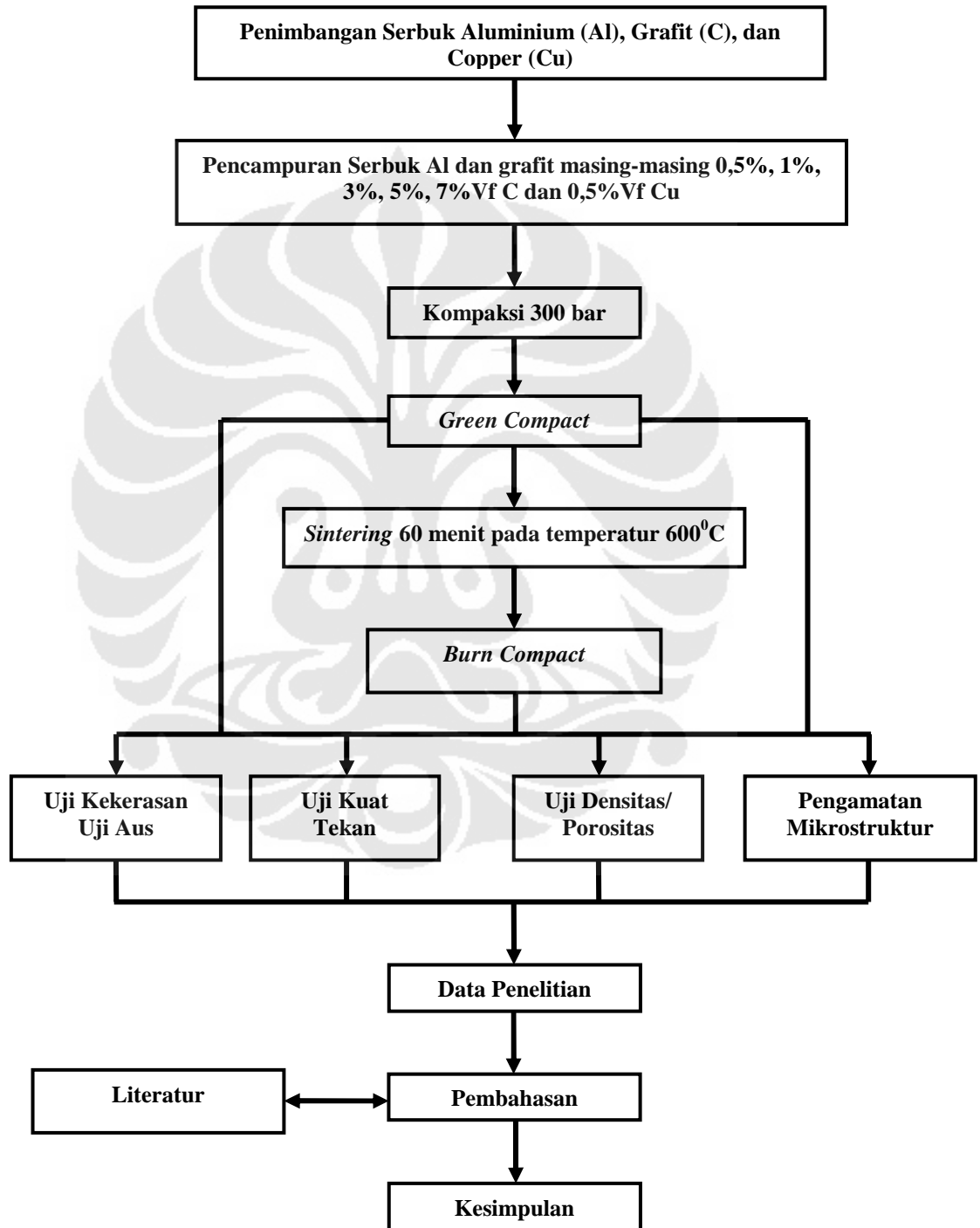


# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1. Diagram alir penelitian

### 3.2 BAHAN-BAHAN PENELITIAN

#### 1. Serbuk Aluminium

Serbuk aluminium paduan (Al paduan) sebagai matriks dengan karakteristik sebagai berikut:

Komposisi aluminium (Al)	: 95,42%
Bentuk partikel	: <i>irregular</i>
Ukuran partikel	: $\pm$ 140-170 mesh
Berat jenis	: 2,7 gram/cm <sup>3</sup>

#### 2. Serbuk C (grafit)

Komposisi serbuk grafit yang digunakan memiliki tingkat kemurnian 99,5% dan sisanya merupakan pengotor.

Berikut adalah komposisi dari serbuk grafit:

<i>Korngrobe</i> (< 50 $\mu$ m)	: >99,5 wt%
<i>In ethanol Iolische Anteile</i>	: <0,2 wt%
<i>Gluhruckstand</i>	: <1 wt%
<i>Trocknungsverlust</i>	: <0,5 wt%
Bentuk partikel	: <i>flake</i>
Ukuran partikel	: 120 mesh
Berat jenis	: 2,2 gram/cm <sup>3</sup>

#### 3. Serbuk Cu

Komposisi serbuk tembaga yang digunakan memiliki tingkat kemurnian 99,7% dan sisanya merupakan pengotor.

Ukuran partikel	: < 63 $\mu$ m (> 230 mesh ASTM)
Berat jenis	: 8,92 gram/cm <sup>3</sup>

#### 4. WD 40 sebagai pembersih dies kompaksi

#### 5. Amplas nomor 120, 240, 400, 600, 800, 1000, 1500

#### 6. Kain poles beludru dan zat poles alumina

#### 7. *Silica gel* untuk menjaga kelembaban sample ketika disimpan di dalam plastik

### 3.3 ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

1. Timbangan analitik
2. Cawan penguap, cawan petri, dan spatula untuk persiapan serbuk
3. Blender untuk mencampur serbuk
4. Dies dan mesin krisbow untuk kompaksi serbuk
5. Dapur Neberthem untuk proses sintering dan penghilangan kadar air dari dalam sample
6. Mesin amplas dan poles
7. Mesin uji kekerasan brinell
8. Mesin uji keausan ogoshi
9. *Measuring microscope* untuk melihat jejak indentasi
10. Mikroskop optik untuk foto sample
11. Mesin tarno untuk uji kuat tekan
12. Beaker glass untuk pengujian porositas dan densitas
13. SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi komposit yang terbentuk.

### 3.4 PROSEDUR PENELITIAN

#### 3.4.1 Persiapan Sample Material Komposit Al-C (Aluminium-grafit)

1. Menimbang komposisi serbuk Aluminium tembaga (Cu)
  - Berat aluminium (Al) : 60 gram (untuk masing-masing variable grafit).
  - Berat tembaga (Cu) : 0,9910 gram (untuk masing-masing variable grafit).
2. Menimbang serbuk C (grafit) sebagai variabel dengan %Vf dari Al dimana berat C:
  - 0.5 % : 0,24442 gram
  - 1 % : 0,48884 gram
  - 3 % : 1,46652 gram
  - 5 % : 2,44420 gram
  - 7 % : 3,42188 gram

3. Mencampur serbuk grafit dengan serbuk tembaga (*surface treatment*).
4. Serbuk-serbuk tersebut kemudian dicampur dan untuk masing-masing % fraksi berat C dengan menggunakan *blender* selama 5 menit.



**Gambar 3.2.** Timbangan digital

### 3.4.2 Tahapan Kompaksi

Tahapan kompaksi dilakukan dengan mesin penekan krisbow dengan menggunakan cetakan (*dies*) silinder yang diberikan pembebanan sebesar 300 bar. Kompaksi dilakukan dengan menggunakan penekanan satu arah (*single end compaction*) dimana penekanan (*punch*) bagian atas bergerak ke bawah.

Tahapan kompaksi yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan dan membersihkan cetakan berbentuk silinder dengan menggunakan pembersih WD 40.
2. Memasukkan serbuk Al, C, dan Cu kedalam rongga cetakan sampai cetakan penuh.
3. Memasang bagian atas cetakan (*dies*) setelah serbuk telah memasuki rongga cetakan.
4. Memberikan pembebanan tekanan kompaksi konstan sebesar 300 bar.
5. Mengeluarkan *green compact* yang telah dikompaksi dari dalam cetakan.

6. Menimbang berat rata-rata tiap sample *green compact* sekitar 3-4 gram dengan diameter rata-rata 20 mm dan tinggi sample 6-7 mm.



**Gambar 3.3.** Alat kompaksi *krisbow*

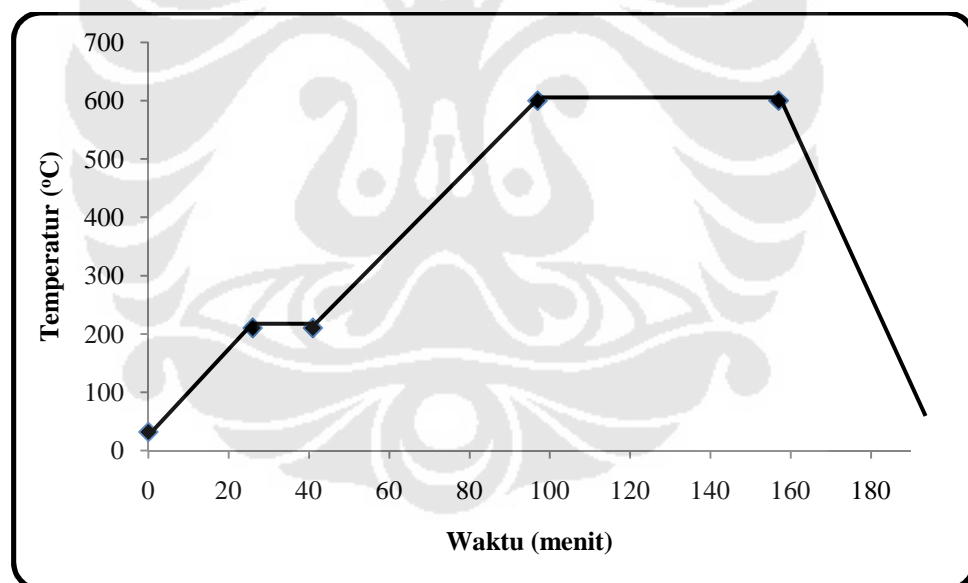
### 3.4.3 Tahapan Sinter

Pemanasan (sintering) dilakukan dengan dapur jenis *Nebberthem* dengan temperatur sinter untuk tiap sample konstan yaitu sebesar 600°C dan waktu tahan sinter selama 60 menit. Temperatur sinter untuk komposit Al-C mengacu pada temperatur sinter matriks aluminium yaitu antara 595-625°C[2].

Tahapan proses sintering yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan sample sebanyak 8 buah untuk setiap variable % Vf grafit yang digunakan.
2. Meletakkan sample tersebut ke wadah keramik (*tray*) dan memasukkannya ke dalam dapur *Nebberthem*.
3. Mengeset dapur *Nebberthem* untuk temperatur sinter 600°C dengan menggunakan preheating pada temperatur 210°C selama 15 menit dengan laju kenaikan temperatur 7°C/menit. Untuk sinter pada 620°C ini tahapan sinter yang dilakukan adalah:

- a. Pemanasan dari temperatur awal ( $32^{\circ}\text{C}$ ) hingga temperatur preheating ( $210^{\circ}\text{C}$ ) selama 30 menit, dimana laju kenaikan temperatur  $7^{\circ}\text{C}/\text{menit}$ .
  - b. Dilakukan holding pada preheating selama 15 menit.
  - c. Temperatur kembali dinaikan hingga mencapai temperatur sinter ( $620^{\circ}\text{C}$ ) selama 60 menit.
  - d. Dilakukan holding pada temperatur sinter, yaitu  $620^{\circ}\text{C}$  selama 60 menit.
  - e. Setelah 60 menit, temperatur akan turun secara otomatis dan proses pendinginan akan terjadi dalam dapur seiring dengan turunnya temperatur.
4. Setelah temperatur mencapai temperatur ruang ( $32^{\circ}\text{C}$ ), barulah sampel dapat dikeluarkan dari dapur.



**Gambar 3.4.** Tahapan sinter

5. Dilakukan pengukuran berat dan dimensi sampel hasil proses sinter. Berat dan tinggi sampel yang dihasilkan untuk masing-masing variabel % Vf grafit berbeda-beda dengan kondisi sebelum sinter, namun diameternya cenderung tetap yaitu sebesar 20 mm.
6. Sampel yang telah mengalami proses sinter ini merupakan sampel yang sudah siap untuk dilakukan pengujian.



**Gambar 3.5.** Dapur *Nebertehm*



(a)

(b)

**Gambar 3.6.** Sample (a) Hasil kompaksi; (b) Hasil sinter

### 3.5 PENGUJIAN

Pengujian dilakukan pada sampel komposit Al-C dari proses hasil kompaksi (*green compact*) dan sampel komposit dengan penguat sampel hasil proses sintering (*burn compact*) atau sampel dengan perlakuan sinter.

#### 3.5.1 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui hubungan penambahan % berat grafit terhadap kekerasan komposit Al-C. Pengujian dilakukan dengan metode brinell dengan menggunakan indentor bola baja dengan diameter 3 mm dan 1.6 mm. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-10.

Tahapan pengujian kekerasan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

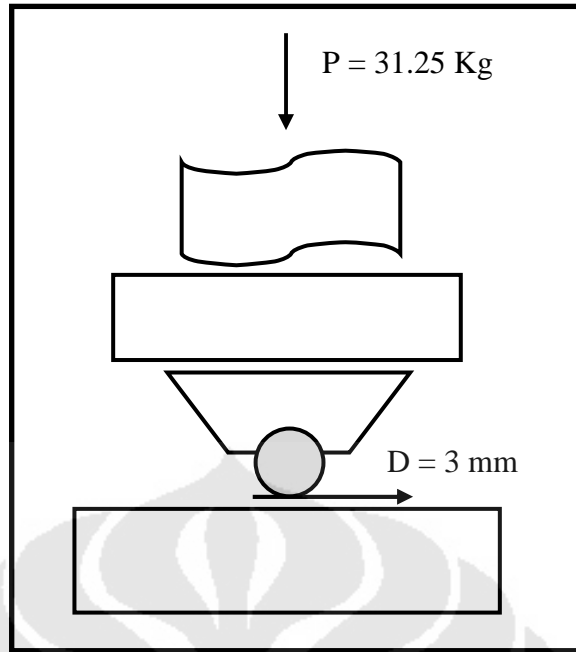
1. Mengamplas 2 permukaan sampel sampai halus.
2. Memasang indentor bola baja berdiameter 3 mm dan mensetting beban sebesar 31,25 Kg.
3. Melakukan indentasi pada tiap sampel sebanyak 3 titik dengan waktu tahan indentasi selama 15 detik.
4. Mengukur diameter jejak indentasi secara vertikal dan horizontal dengan menggunakan mikroskop pengukur jejak.
5. Mencatat hasil pengukuran jejak, kemudian menghitung kekerasan dengan rumus brinell:

$$BHN = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Dimana:

- BHN : Nilai kekerasan (Kg/mm<sup>2</sup>)  
P : Beban (31,25 Kg)  
D : Diameter indentor (3 mm)  
d : Diameter jejak (mm)





**Gambar 3.7.** Skematis prinsip indentasi dengan metode Brinell, skala 3:1



**(a)**



**(b)**

**Gambar 3.8.** (a) Alat uji kekerasan Brinell, (b) Mikroskop pengukur jejak

### 3.5.2 Uji Aus

Pengujian keausan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara variable %Vf grafit terhadap ketahanan aus suatu material dengan menggunakan metode Ogoshi.

Tahapan pengujian aus yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Mengamplas permukaan benda uji sampai halus
2. Menyeting mesin uji aus Ogoshi dengan memasang jarak luncur (x) sejauh 100.000 mm; kecepatan (v) sebesar 1,63 m/s; beban (P) sebesar 6,32 Kg dan tebal cincin putar (B) 3,4 mm dengan jari-jari sebesar 14,7 mm.
3. Memasang sample pada *sample holder*, lalu menyalakan mesin uji Ogoshi.
4. Mengeluarkan sample dari *sample holder*.
5. Mengukur lebar celah sample yang terabrasi, (b), dengan menggunakan mikroskop pengukur jejak seperti pada gambar 3.8 (b).
6. Mencatat hasil pengukuran jejak, kemudian menghitung volume sample yang terabrasi (W) dan laju aus (V) dengan rumus:

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \quad V = \frac{W}{x}$$

Dimana:

W = volume sample yang terabrasi (mm<sup>3</sup>)

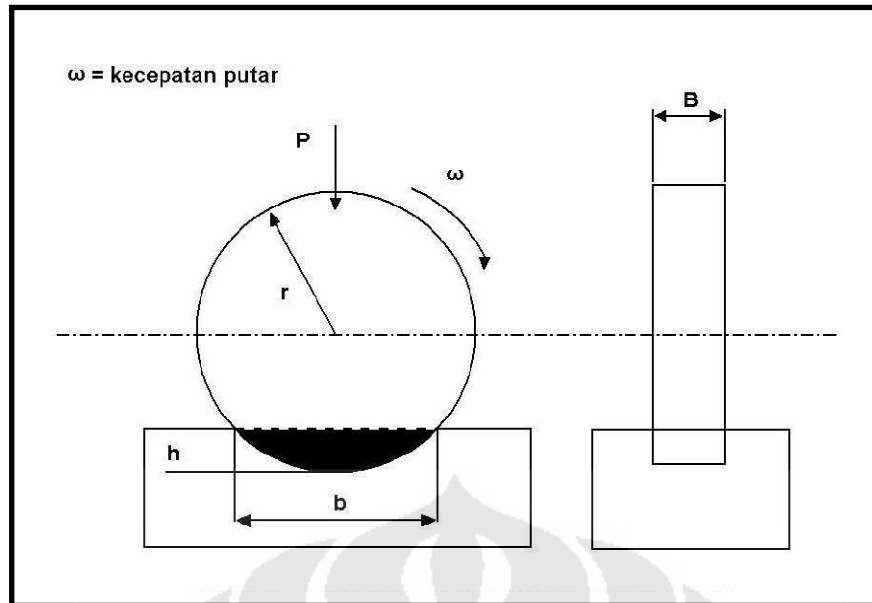
B = tebal cincin putar (3,4 mm)

b = lebar celah yang terabrasi (mm)

r = jari-jari cincin putar (14,7 mm)

V = laju aus (mm<sup>3</sup>/mm)

x = jarak luncur (100.000 mm)



**Gambar 3.9.** Skematis uji kekerasan dengan metode *Ogoshi*



**Gambar 3.10.** Mesin uji aus *Ogoshi*

### 3.5.3 Pengujian Densitas dan Porositas

Pengujian densitas dan porositas dilakukan untuk mengetahui hubungan %berat grafit terhadap porositas dan densitas suatu material. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan hukum Archimides. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM 373-88.

Densitas merupakan pengukuran massa suatu benda per unit volume dengan satuannya adalah  $\text{g/cm}^3$  dan dihitung dengan cara membagi berat kering dengan volume.

Tahapan pengujian porositas dan densitas ini adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan 3 sample komposit Al-C untuk masing-masing variable % Vf grafit baik yang mengalami sinter  $600^\circ\text{C}$  dan yang tidak mengalami proses sinter (non-sinter).
2. Menyiapkan timbangan analitik, *beaker glass*, kursi, keranjang kawat dan air.
3. Menimbang berat kering masing-masing sample dengan memanaskan sample pada temperatur  $150^\circ\text{C}$  selama 45 menit untuk menghilangkan kadar air dari dalam sample dengan menggunakan dapur *Nebberthem*.
4. Mencatat hasil berat kering sample.
5. Memasukkan sample ke dalam air hingga tidak ada lagi gelembung-gelembung udara pada sample.
6. Menimbang berat 800 ml air untuk mengetahui besarnya densitas air.
7. Menimbang berat sample di dalam air dengan cara sample dimasukkan dalam keranjang kawat yang digantung pada seutas kawat hingga keseluruhan sample tercelup di tengah air untuk mendapatkan berat sample dalam air. Kemudian volume sample dihitung dengan rumus:

$$V = \frac{W}{D}$$

Dimana:

V = volume sample ( $\text{cm}^3$ )

W = berat sample di dalam air (gram)

D = densitas air ( $\text{gram/cm}^3$ )

8. Menghitung densitas sample hasil percobaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D = \frac{W}{V}$$

D = densitas sampel (gram/cm<sup>3</sup>)

W = berat kering sampel (gram)

V = volum sample (cm<sup>3</sup>)

9. Mengitung nilai porositas sample hasil percobaan dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ Porositas} = \frac{D_{\text{teoritis}} - D_{\text{percobaan}}}{D_{\text{teoritis}}} \times 100\%$$

### 3.5.4 Pengujian Kuat Tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui hubungan variable % Vf grafit terhadap kemampuan sample untuk menahan beban tekan sebelum mengalami pecah. Penekanan sample dilakukan dari keadaan sample awal dan dihentikan saat tinggi sample berkurang 25% dari tinggi awal karena kapasitas mesin yang terbatas dengan maksimum beban 200.000 N. Pengujian kuat tekan ini dilakukan dengan menggunakan mesin *Tarno Grocki*. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-9-89a.

Tahapan yang dilakukan pada pengujian kuat tekan adalah sebagai berikut:

1. Menyalakan mesin uji *Tarno Grocki*
2. Mengukur diameter dan tinggi awal sample dengan jangka sorong
3. Memasang sample pada mesin uji *Tarno Grocki*
4. Melakukan pembebanan dengan kecepatan konstan
5. Menghentikan pengujian saat sample telah terdeformasi 25% dari tinggi awal sample
6. Diperoleh nilai beban pada penunjuk jarum skala mesin uji *Tarno Grocki*
7. Menghitung kekuatan tekan dengan menggunakan rumus:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

Dimana:

$\sigma$  = Kuat tekan (N/mm<sup>2</sup>)

F = Beban saat sample terdeformasi 25% dari tinggi awal (N)

A = Luas permukaan sample (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 3.11.** Mesin uji kuat tekan *TarnoGrocki*

### 3.5.5 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui pengaruh penambahan % Vf grafit terhadap jumlah dan ukuran pori yang terdapat pada struktur mikro sample.

Tahapan pengamatan struktur mikro yang dilakukan adalah:

1. Menyiapkan 2-3 buah sample yang telah disinter untuk masing-masing variable % Vf grafit
2. Menghaluskan oksida yang terdapat pada permukaan sample dengan permukaan gerinda
3. Mengamplas permukaan sample dengan menggunakan amplas ukuran nomor 120, 240, 400, 600, 1000, 1200, 1500 (dari kasar sampai halus)
4. Memoles permukaan sample yang telah halus dengan menggunakan  $Al_2O_3$  yang telah dicampur dengan air yang dituang diatas kain poles beludru hingga permukaan sample mengkilat seperti kaca bebas goresan
5. Membilas permukaan sample dengan air lalu mengeringkannya
6. Melakukan pengetasaan dengan menggunakan HF

7. Mengamati permukaan sample dan memfotonya dengan menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 100x dan 500x
8. Mengamati struktur mikro dan komposisi komposit yang terbentuk dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*).



**Gambar 3.12.** Mesin amplas dan mesin poles



**Gambar 3.13.** Mikroskop optik