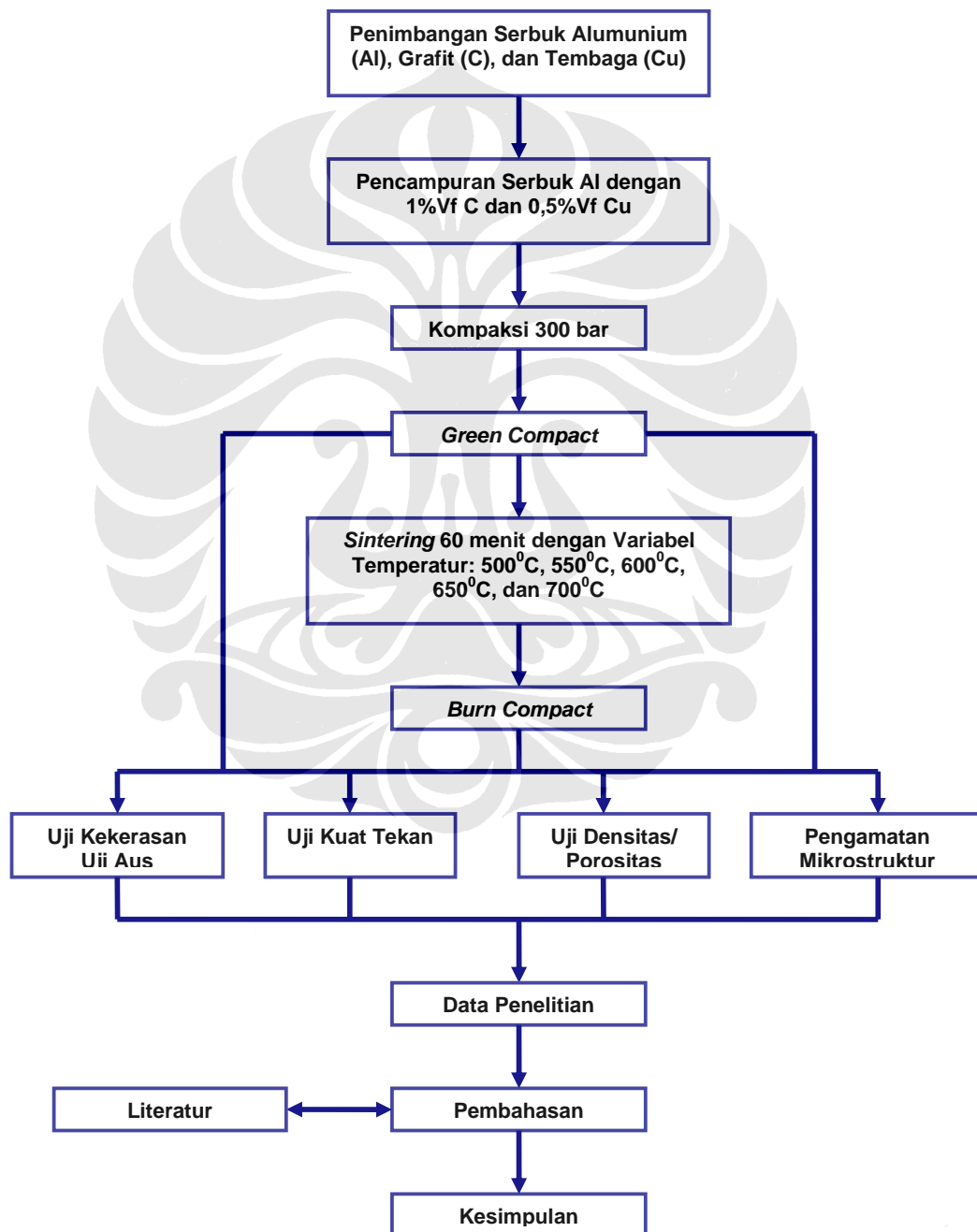


# BAB III

## METODOLOGI PENELITIAN

### III.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



### III.2 BAHAN-BAHAN PENELITIAN

a) Serbuk aluminium paduan (Al paduan) sebagai matriks dengan karakteristik sebagai berikut[18]:

- ✘ Komposisi :
- Aluminium (Al) : 86,8321%
- Silikon (Si) : 2,3129%
- Lain-lain : 10,855%
- ✘ Bentuk partikel : *irregular*
- ✘ Ukuran partikel : 140-170 mesh
- ✘ Berat jenis : 2,7 gram/cm<sup>3</sup>

b) Serbuk grafit (C) sebagai penguat dengan karakteristik sebagai berikut[18]:

- ✘ Komposisi serbuk grafit yang digunakan memiliki tingkat kemurnian 99,5% dan sisanya merupakan pengotor. Berikut adalah komposisi dari serbuk grafit:
  - *Korngrobe* (< 50 µm) : >99,5 wt%
  - *In ethanol Iolische Anteile* : <0,2 wt%
  - *Glühruckstand* : <1 wt%
  - *Trocknungsverlust* : <0,5 wt%
- ✘ Bentuk partikel : *flake*
- ✘ Ukuran partikel : 120 mesh
- ✘ Berat jenis : 2,2 gram/cm<sup>3</sup>

c) Serbuk tembaga (Cu) memiliki karakteristik sebagai berikut:

- ✘ Komposisi serbuk tembaga yang digunakan memiliki tingkat kemurnian 99,7% dan sisanya merupakan pengotor.
- ✘ Ukuran partikel : < 63 µm (> 230 mesh ASTM)
- ✘ Berat jenis : 8,92 gram/cm<sup>3</sup>

d) WD 40 sebagai pembersih cetakan kompaksi.

e) Amplas 120#, 240#, 400#, 600#, 800#, 1000#, dan 1500#.

f) Kain poles beludru dan zat poles alumina.

- g) *Silica gel* untuk menjaga kelembaban sampel ketika disimpan di dalam plastik.

### III.3 ALAT-ALAT YANG DIGUNAKAN

- a) Timbangan analitik.
- b) Timbangan digital dengan ketelitian 0,01 gram.
- c) Cawan petri, spatula, dan plastik untuk persiapan serbuk.
- d) *Blender* untuk pencampuran (*mixing*) serbuk.
- e) *Dies* dan mesin *Krisbow* untuk kompaksi serbuk.
- f) Dapur *Neberthem* untuk proses *sintering* dan penghilangan kadar air dari dalam sampel.
- g) Jangka sorong dengan ketelitian 0,01 mm.
- h) Mesin amplas dan poles.
- i) Mesin uji kekerasan *Brinell*.
- j) Mesin uji keausan *Ogoshi*.
- k) *Measuring microscope* untuk melihat jejak indentasi dan lebar celah abrasi.
- l) Mesin *Tarno Grocki* untuk uji kuat tekan.
- m) *Beaker glass* 1000 ml, kawat, gelas plastik, dan tali untuk uji densitas dan porositas.
- n) Mikroskop optik untuk foto mikro sampel.
- o) SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Disperse Spectroscopy*) untuk mengetahui struktur mikro dan komposisi komposit yang terbentuk.

### III.4 PROSEDUR PENELITIAN

#### III.4.1 Persiapan serbuk

- a) Menimbang masing-masing serbuk aluminium (Al), grafit (C), dan tembaga (Cu) dengan komposisi sebagai berikut:
  - Berat Al : 300 gram = 97,6 wt% = 98,52 %Vf
  - Berat C : 2,442 gram = 0,794 wt% = 0,98 %Vf
  - Berat Cu : 4,955 gram = 1,612 wt% = 0,49 %Vf
- b) Mencampur serbuk grafit dengan serbuk tembaga (*surface treatment*).

- c) Mencampurkan serbuk grafit dan tembaga yang telah dicampur sebelumnya dengan serbuk aluminium yang telah disiapkan. Pencampuran serbuk menggunakan *blender* selama  $\pm 5$  menit.



**Gambar 3.1.** Timbangan Digital

#### **III.4.2 Tahapan kompaksi**

Tahapan kompaksi dilakukan dengan menggunakan mesin penekan *Krisbow*, menggunakan cetakan (*dies*) berbentuk silinder, dan tekanan kompaksi optimum sebesar 300 bar[26]. Penekanan yang diberikan adalah satu arah (*single end compaction*) dimana *punch* berada pada bagian atas dan bergerak dari atas ke bawah. Tahapan kompaksi yang dilakukan ialah sebagai berikut:

- Mempersiapkan dan membersihkan cetakan kompaksi yang berbentuk silinder dengan menggunakan pembersih WD 40.
- Memasukkan serbuk Al-C-Cu ke dalam rongga cetakan sampai cetakan terisi penuh.
- Memasang cetakan (*dies*) yang telah dipasang bagian atasnya kemudian meletakkannya pada tempat yang telah disediakan di mesin *Krisbow*.
- Memberikan pembebanan tekanan kompaksi sebesar 300 bar.
- Mengeluarkan hasil kompaksi (*green compact*) dari dalam cetakan.
- Menimbang berat masing-masing sampel *green compact*, 3-4 gram dengan diameter rata-rata 20 mm dan tinggi 5-6 mm.



**Gambar 3.2.** Alat Kompaksi *Krisbow*

### III.4.3 Tahapan proses sinter

Proses sinter (pemanasan) dilakukan dengan menggunakan dapur jenis *Neberthem*. Proses sinter yang dilakukan dalam penelitian ini hanya untuk sampel material komposit dengan penguat (*reinforced*) dan menggunakan 5 variabel temperatur sinter, yaitu 500°C, 550°C, 600°C, 650°C, dan 700°C dengan waktu tahan sinter konstan selama 60 menit. Penentuan temperatur sinter berdasarkan material komposit alumunium grafit yang mengacu pada temperatur sinter dari matriksnya, yaitu temperatur sinter alumunium sebesar 595-625°C[12].

Tahapan dari proses sinter yang dilakukan ialah sebagai berikut:

- a) Menyiapkan sampel sebanyak 9 buah untuk setiap temperatur sinter yang digunakan.
- b) Meletakkan sampel tersebut ke wadah keramik (*tray*) dan memasukkannya ke dalam dapur *Neberthem*.
- c) Mengatur dapur *Neberthem* untuk masing-masing temperatur sinter dengan menggunakan temperatur *pre-heating* sebesar 1/3 temperatur sinter, laju kenaikan temperatur sebesar 5-7°C/menit, dan waktu tahan sinter

(*holding time*) konstan selama 60 menit. Misalnya untuk temperatur sinter 600°C, tahapan proses sinter yang dilakukan ialah sebagai berikut:

- o Pemanasan dari temperatur awal (25°C) hingga temperatur *pre-heating* 200°C, dimana laju kenaikan temperatur diatur sebesar 5°C/menit.
  - o Setelah melewati tahapan *pre-heating*, temperatur kembali naik hingga mencapai temperatur sinter yang diinginkan yakni sebesar 600°C.
  - o Dilakukan *holding* selama 60 menit pada temperatur sinter 600°C.
  - o Setelah 60 menit, temperatur akan turun secara otomatis hingga ke temperatur kamar. Dalam hal ini, proses pendinginan sampel dilakukan di dalam dapur seiring dengan menurunnya temperatur.
- d) Mengeluarkan sampel dari dalam dapur setelah temperatur di dalam dapur mencapai temperatur kamar.
- e) Melakukan tahapan yang sama untuk temperatur sinter 500°C, 550°C, 650°C, dan 700°C.
- f) Sampel yang telah mengalami proses sinter (*burn compact*) siap untuk dilakukan pengujian.



**Gambar 3.3.** Dapur *Neberthem*

### III.5 PENGUJIAN

Pengujian dilakukan pada sampel komposit dengan penguat hasil perlakuan proses sinter (*burn compact*) dan hasil perlakuan tanpa proses sinter (*green compact*).



**Gambar 3.4.** Sampel *green compact* (kiri) dan *burn compact* (kanan)

#### III.5.1 Pengujian kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur sinter dengan nilai kekerasan material komposit aluminium grafit, serta perbandingan dari beberapa perlakuan sampel terhadap nilai kekerasan yang dihasilkan. Pengujian ini menggunakan metode *Brinell* dengan diameter indenter bola baja sebesar 1,6 mm. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-10. Adapun tahapan dari pengujian kekerasan *Brinell* ialah sebagai berikut:

- Mengamplas permukaan sampel yang akan dijejak hingga rata dan halus.
- Memasang indenter bola baja berdiameter 1,6 mm dan mengatur beban sebesar 31,25 Kg.
- Melakukan indentasi (penjejakan) pada tiap sampel sebanyak 3 titik dengan waktu tahan indentasi selama 15 detik.
- Mengukur diameter jejak secara vertikal dan horizontal dengan menggunakan *measuring microscope*.
- Mencatat hasil pengukuran jejak kemudian menghitung nilai kekerasan sampel dengan rumus:

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

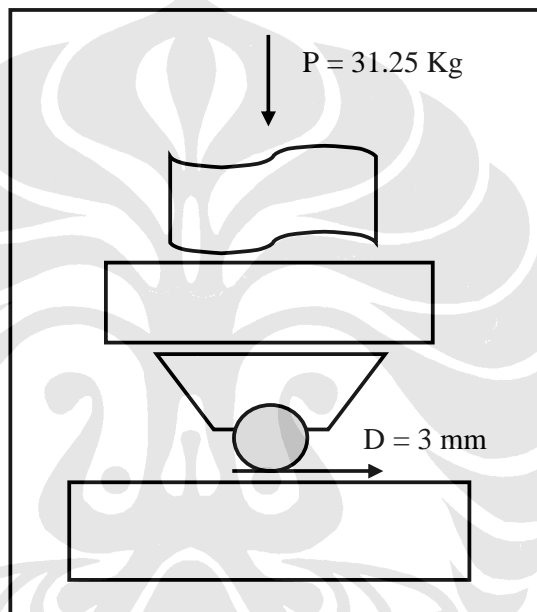
dimana:

BHN = nilai kekerasan (Kg/mm<sup>2</sup>)

P = beban (31,25 Kg)

D = diameter indenter (1,6 mm)

d = diameter jejak (mm)



**Gambar 3.5.** Skematis Prinsip Indentasi dengan Metode *Brinell* (skala 3:1)





**Gambar 3.6.** Alat Uji Kekerasan *Brinell*



**Gambar 3.7.** *Measuring Microscope*

### **III.5.2 Pengujian laju aus**

Pengujian laju aus dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur sinter dengan nilai laju aus material komposit alumunium grafit, serta

perbandingan dari beberapa perlakuan sampel terhadap nilai laju aus yang dihasilkan. Nilai laju aus yang dihasilkan akan menggambarkan ketahanan aus dari material. Pengujian ini menggunakan metode *Ogoshi* dengan cincin berputar berjari-jari 15 mm dan ketebalan sebesar 3,4 mm. Adapun tahapan dari pengujian laju aus dengan metode *Ogoshi* ialah sebagai berikut:

- a) Mengamplas permukaan sampel yang akan dilakukan pengujian hingga rata dan halus.
- b) Mengatur mesin uji aus *Ogoshi* dengan memasang jarak luncur (x) sejauh 100.000 mm; kecepatan pembebanan sebesar 2,38 m/s; dan beban (P) sebesar 3,16 Kg.
- c) Memasang sampel pada *sample holder* kemudian menyalakan mesin.
- d) Setelah mesin berhenti secara otomatis, sampel dikeluarkan dari *sample holder*.
- e) Mengukur lebar celah sampel yang terabrasi (b) dengan menggunakan *measuring microscope*.
- f) Mencatat hasil pengukuran dan menghitung volume sampel yang terabrasi (W) dan nilai laju aus (V) dengan rumus:

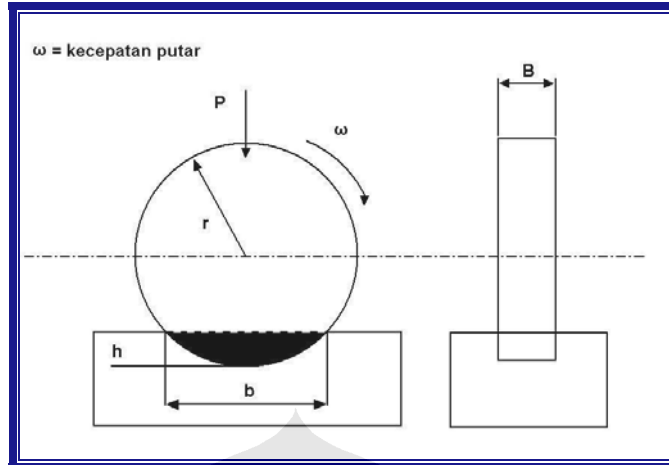
$$W = \frac{Bb^3}{12r}$$

dan

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

dimana:

- W = volume sampel yang terabrasi (mm<sup>3</sup>)  
 B = tebal cincin putar (3,4 mm)  
 b = lebar celah yang terabrasi (mm)  
 r = jari-jari cincin putar (15 mm)  
 V = laju aus (mm<sup>3</sup>/mm)  
 x = jarak luncur (100.000 mm)



**Gambar 3.8.** Skematis Pengujian Keausan dengan Metode *Ogoshi*



**Gambar 3.9.** Mesin Pengujian Keausan *Ogoshi*

### III.5.3 Pengujian kuat tekan

Pengujian kuat tekan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur sinter terhadap kemampuan material komposit alumunium grafit untuk dapat menahan beban tekan sebelum mengalami pecah. Pengujian kuat tekan dilakukan dengan menggunakan mesin uji *Tarno Grocki*. Penekanan sampel dilakukan dan dihentikan ketika tinggi dari sampel yang ditekan telah mencapai 25% dari tinggi awalnya (25% reduksi). Hal ini dikarenakan kapasitas mesin yang terbatas, yakni beban maksimum yang diberikan hanya dapat mencapai 200.000

Newton. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E-9-89a. Adapun tahapan dari pengujian kuat tekan ialah sebagai berikut:

- a) Mempersiapkan sampel yang akan dilakukan pengujian.
- b) Mengukur diameter dan tinggi awal sampel dengan menggunakan jangka sorong.
- c) Menyalakan mesin uji *Tarno Grocki*.
- d) Memasang sampel pada mesin uji *Tarno Grocki*.
- e) Mengatur skala pembebanan pada mesin uji *Tarno Grocki*.
- f) Mengatur besarnya reduksi yang diinginkan, yaitu sebesar 25% dari tinggi awal.
- g) Melakukan pembebanan dengan kecepatan konstan.
- h) Menghentikan pengujian ketika tinggi sampel telah tereduksi 25% dari tinggi awal atau ketika sampel pecah.
- i) Membaca dan mencatat besarnya beban pada jarum penunjuk pada mesin uji *Tarno Grocki*.
- j) Menghitung kekuatan tekan dengan menggunakan rumus:

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

dimana:

$\sigma$  = tegangan tekan/*compressive stress* (N/mm<sup>2</sup>)

F = beban pada saat sampel pecah atau terdeformasi 25% dari tinggi awal (Newton)

A = luas permukaan sampel (mm<sup>2</sup>)



**Gambar 3.10.** Mesin Uji Kuat Tekan *Tarno Grocki*

#### **III.5.4 Pengujian densitas dan porositas**

Pengujian densitas dan porositas dilakukan untuk mengetahui hubungan antara temperatur sinter dengan nilai densitas dan porositas material komposit aluminium grafit, serta perbandingan dari beberapa perlakuan sampel terhadap nilai densitas dan porositas. Pengujian densitas dan porositas dilakukan dengan menggunakan hukum *Archimedes*. Densitas merupakan pengukuran massa suatu benda per unit volume dengan satuan  $\text{gram/cm}^3$ . Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM 373-88. Adapun tahapan dari pengujian densitas dan porositas ialah sebagai berikut:

- a) Menyiapkan sampel yang akan dilakukan pengujian.
- b) Menyiapkan timbangan digital, *beaker glass* 1000 ml, gelas plastik, kawat, tali, dan air.
- c) Menimbang berat kering masing-masing sampel setelah terlebih dahulu dilakukan pemanasan di dalam dapur *Nebberthem* sebesar  $150^{\circ}\text{C}$  selama 45 menit untuk menghilangkan uap air yang terperangkap di dalam sampel.
- d) Mencatat berat kering sampel.
- e) Memasukkan sampel ke dalam wadah (gelas plastik) yang sudah terisi oleh air hingga tidak ada lagi gelembung-gelembung udara pada sampel.

- f) Menimbang berat air yang sudah terisi di dalam *beaker glass* 1000 ml untuk mencari nilai densitas air yang nantinya akan digunakan untuk uji densitas dan porositas.
- g) Menimbang berat sampel di dalam air dengan cara memasukkan sampel ke dalam keranjang kawat yang digantung dengan tali sehingga keseluruhan permukaan sampel tercelup oleh air kemudian menghitung volume sampel tersebut dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

dimana:

- V = volume sampel (cm<sup>3</sup>)  
 W = berat sampel dalam air (gram)  
 D = densitas air (gram/cm<sup>3</sup>)

- h) Menghitung densitas sampel hasil percobaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$D_B = \frac{W_D}{V}$$

dimana:

- D<sub>B</sub> = densitas sampel (gram/cm<sup>3</sup>)  
 W<sub>D</sub> = berat kering sampel (gram)  
 V = volume sampel (cm<sup>3</sup>)

- i) Menghitung nilai porositas sampel hasil percobaan dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

dimana:

- D<sub>teoritis</sub> = densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)  
 D<sub>percobaan</sub> = densitas percobaan (gram/cm<sup>3</sup>)

j) Perhitungan nilai densitas teoritis dari sample percobaan dengan menggunakan rumus ialah sebagai berikut:

► Perhitungan volume teoritis masing-masing serbuk:

○ Aluminium

$$\text{Massa} = 300 \text{ gram}$$

$$\text{Densitas} = 2,7 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = \frac{300 \text{ gram}}{2,7 \text{ gram/cm}^3} = 111,11 \text{ cm}^3$$

○ Grafit

$$\text{Massa} = 2,442 \text{ gram}$$

$$\text{Densitas} = 2,2 \text{ gram/cm}^3$$

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = \frac{2,442 \text{ gram}}{2,2 \text{ gram/cm}^3} = 1,11 \text{ cm}^3$$

○ Tembaga

$$\text{Massa} = 4,955 \text{ gram}$$

$$\text{Densitas} = 8,92$$

$$\text{Volume} = \frac{\text{massa}}{\text{densitas}} = \frac{4,955 \text{ gram}}{8,92 \text{ gram/cm}^3} = 0,555 \text{ cm}^3$$

► Total volume sampel:

$$= \text{volume aluminium} + \text{volume grafit} + \text{volume tembaga}$$

$$= 111,11 \text{ cm}^3 + 1,11 \text{ cm}^3 + 0,555 \text{ cm}^3$$

$$= 112,775 \text{ cm}^3$$

► Densitas teoritis sampel:

$$\rho_{\text{komposit}} = (V_f \text{ Aluminium} \times \rho_{\text{Aluminium}}) + (V_f \text{ Grafit} \times \rho_{\text{Grafit}}) + (V_f \text{ Tembaga} \times \rho_{\text{Tembaga}})$$

$$\rho_{\text{komposit}} = \left( \frac{111,11}{112,775} \times 2,7 \right) + \left( \frac{1,11}{112,775} \times 2,2 \right) + \left( \frac{0,555}{112,775} \times 8,92 \right)$$

$$\rho_{\text{komposit}} = (2,660) + (0,0217) + (0,0439)$$

$$\rho_{\text{komposit}} = \mathbf{2,7256 \text{ gram/cm}^3}$$

Namun karena masing-masing sampel memiliki berat yang berbeda-beda ( $\pm 3-4$  gram), maka densitas teoritis dari sampel untuk masing-masing variabel dihitung kembali dengan cara sebagai berikut:

Contoh perhitungan densitas teoritis untuk sampel *reinforced sinter* 700°C

$$\text{Berat rata-rata sampel} = \frac{3,99 + 3,94 + 3,92}{3} = 3,95 \text{ gram}$$

$$\text{Volum alumunium} = \frac{(3,95 \times 97,6\%)}{2,7} = 1,428 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volum grafit} = \frac{(3,95 \times 0,794\%)}{2,2} = 0,014 \text{ cm}^3$$

$$\text{Volum tembaga} = \frac{(3,95 \times 1,612\%)}{8,92} = 0,007 \text{ cm}^3$$

Sehingga total volum sampel = 1,449 cm<sup>3</sup>, maka densitas teoritisnya:

$$\rho_{\text{komposit}} = \left( \frac{1,428}{1,449} \times 2,7 \right) + \left( \frac{0,014}{1,449} \times 2,2 \right) + \left( \frac{0,007}{1,449} \times 8,92 \right)$$

$$\rho_{\text{komposit}} = (2,661) + (0,021) + (0,043)$$

$$\rho_{\text{komposit}} = 2,725 \text{ gram/cm}^3$$

### III.5.5 Pengamatan struktur mikro dan komposisi komposit

Pengamatan struktur mikro dilakukan untuk mengetahui pengaruh temperatur sinter terhadap jumlah dan ukuran pori yang terdapat pada struktur mikro material komposit alumunium grafit. Standar pengujian yang digunakan adalah ASTM E 3-95. Adapun tahapan dari persiapan sampel untuk pengamatan struktur mikro ialah sebagai berikut:

- a) Menyiapkan sampel yang akan diamati.
- b) Membuat *mounting* pada sampel untuk memudahkan *handling* pada saat pengerjaan berikutnya.
- c) Mengamplas permukaan sampel dengan menggunakan amplas 120#, 240#, 400#, 600#, 800#, 1000#, dan 1500# (dari kasar hingga halus) dengan menggunakan air supaya mendapatkan permukaan sampel yang rata dan halus.



- d) Memoles permukaan sampel yang telah rata dan halus dengan menggunakan zat poles alumina yang dituangkan di atas kain beludru hingga permukaan sampel mengkilat dan bebas dari goresan.
- e) Membilas permukaan sampel dengan air dan alkohol kemudian mengeringkannya dengan *hair drier*.
- f) Mencilupkan permukaan sampel ke dalam zat etsa HF.
- g) Mengamati permukaan sampel dan memfoto daerah struktur mikro yang representatif dengan menggunakan mikroskop optik perbesaran 100 dan 500 kali.
- h) Mengamati struktur mikro dan komposisi komposit yang terbentuk berturut-turut dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Disperse Spectroscopy*).



**Gambar 3.11.** Mikroskop Optik



**Gambar 3.12.** Mesin Amplas dan Poles

