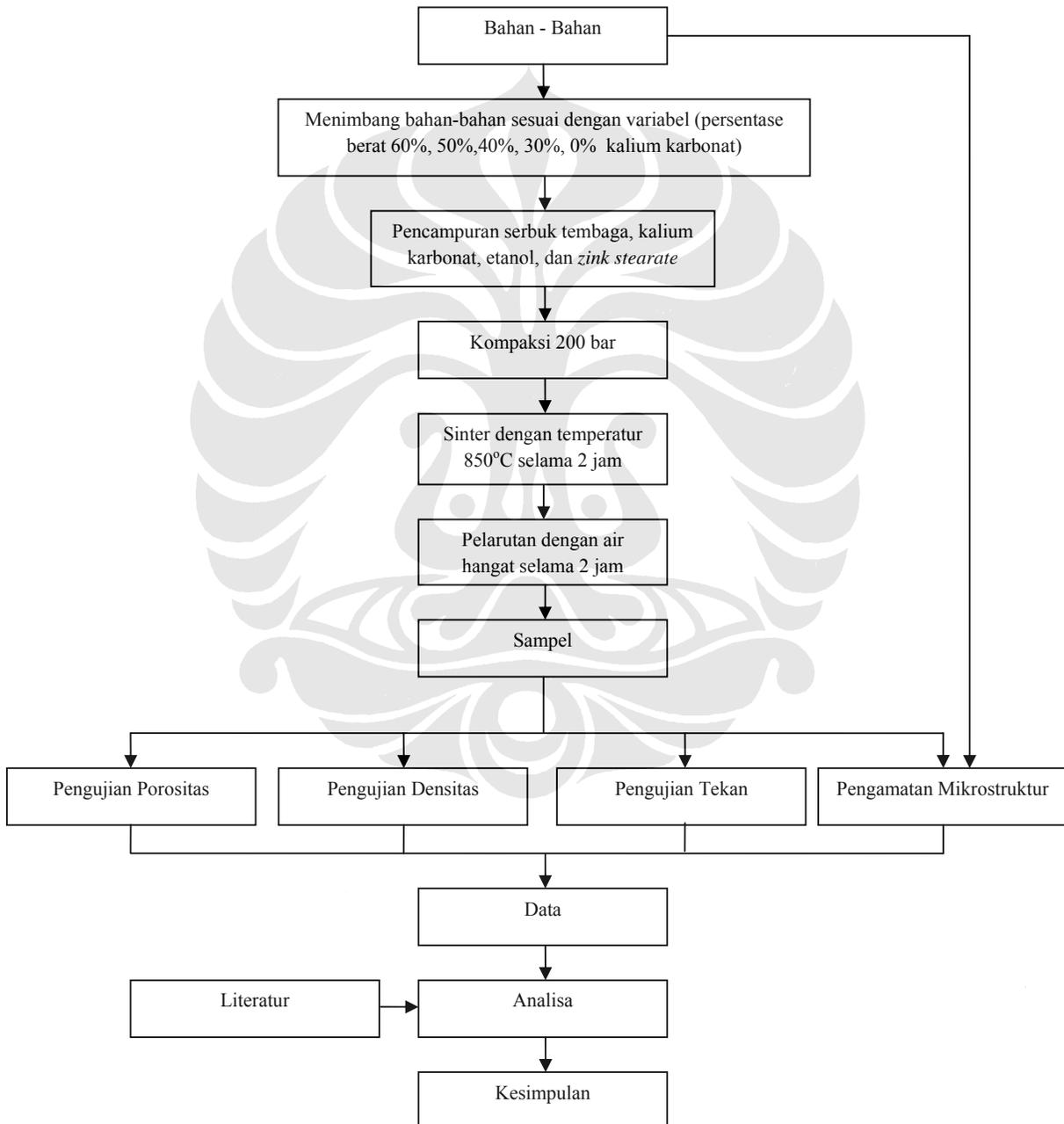


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



### 3.2 BAHAN

Bahan – bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Serbuk tembaga yang digunakan berasal dari Merck yang mempunyai karakteristik sebagai berikut :
  - a. Komposisi kimia

**Tabel 3.1** Komposisi kimia dari serbuk tembaga

Zat	Komposisi Kimia (%)
Cu (tembaga)	99.7
P (fosfor)	0.001
Ag (perak)	0.002
As (Arsenik)	0.0005
Fe (besi)	0.005
Mn (Mangan)	0.001
Pb (Timbal)	0.01
Sb (Antimoni)	0.001
Sn (Timah)	0.01

- b. Bentuk partikel : *dendritic*
- c. Ukuran partikel :  $< 63 \mu\text{m}$  ( $> 230$  mesh ASTM)
- d. Berat jenis :  $8,92 \text{ gr/cm}^3$



**Gambar 3.1.** Serbuk tembaga

2. Serbuk kalium karbonat yang digunakan adalah serbuk teknis yang berasal dari PT. Harumsari yang mempunyai karakteristik sebagai berikut :

- a. Bentuk partikel : *globular*
- b. Ukuran partikel : 233-916  $\mu\text{m}$
- c. Berat jenis : 2.29  $\text{gr}/\text{cm}^3$



**Gambar 3.2.** Serbuk kalium karbonat

- 3. *Zinc stearate* sebagai pelumas
- 4. Etanol sebagai binder
- 5. Air untuk melarutkan kalium karbonat pada proses pelarutan
- 6. WD 40

### 3.3 PERALATAN

Pada awal proses dilakukan proses penimbangan serbuk kalium karbonat, tembaga, *zink stearate*, dan etanol dengan menggunakan timbangan digital ADS dengan ketelitian 0.01 gr. Penimbangan dilakukan untuk mengetahui berat serbuk, berat bakalan, dan berat tembaga busa. Lalu dilakukan proses pencampuran dengan menggunakan media pencampur berupa silinder dengan ukuran diameter dalam 4 cm dan tinggi 7 cm. Mesin bubut digunakan untuk memutar media pencampur sehingga akan menghasilkan mekanisme pencampuran seperti gambar 2.8. Setelah itu dilakukan proses kompaksi dengan menggunakan mesin kompaksi Krisbow yang ada di Departemen Metalurgi dan Material FTUI. Kemudian dilakukan proses sinter dengan menggunakan dapur gas Nebertherm dan tabung gas nitrogen untuk dapat mengalirkan gas nitrogen dalam ruang dapur. Di akhir proses, dilakukan proses pelarutan dengan menggunakan *magnetic stierer* untuk menghasilkan aliran dalam air dan gelas beker sebagai media penyimpan air.

Untuk proses pengujian terdiri dari pengujian porositas, densitas, tekan, dan pengamatan struktur mikro dan makro. Proses porositas dan densitas menggunakan timbangan digital, gelas beker 1000 ml, kawat untuk mengetahui berat kering dan berat dalam air pada tembaga busa. Pengujian tekan dilakukan dengan menggunakan mesin Schenck Trebel yang ada di Lembaga Uji Konstruksi (LUK). Pengamatan struktur makro pada permukaan dalam tembaga busa dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik sedangkan struktur mikro menggunakan SEM Leo 420i yang ada di Departemen Metalurgi dan Material FTUI.

### 3.4 PROSEDUR PENELITIAN

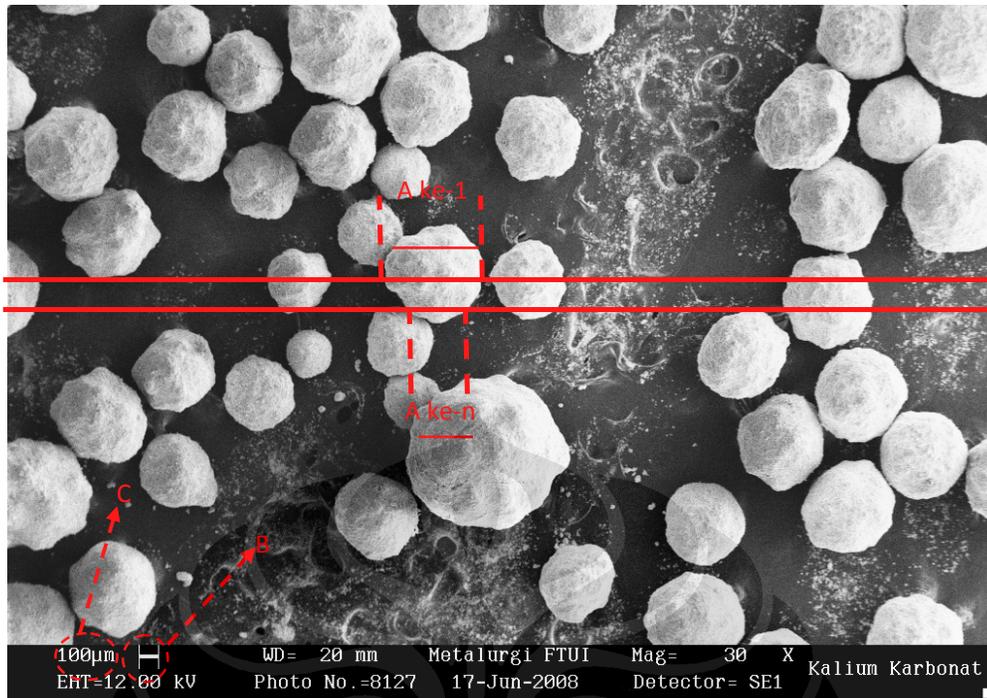
#### 3.4.1 Pengujian Karakteristik Serbuk

Karakteristik serbuk dilakukan untuk mengetahui bentuk dan ukuran serbuk pada serbuk tembaga, kalium karbonat, dan *zinc stearate*. Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan alat SEM yang ada di Departemen Metalurgi dan Material.



**Gambar 3.3** Alat SEM milik Departemen Metalurgi dan Material FTUI.

Tahapan – tahapan menghitung ukuran partikel serbuk dari gambar hasil SEM (Misalnya pada gambar hasil pengamatan SEM partikel serbuk kalium karbonat) adalah sebagai berikut :



**Gambar 3.4.** Skema pengukuran dimensi partikel serbuk pada hasil pengamatan SEM.

1. Pada gambar hasil SEM dibuat garis-garis horizontal yang berjarak 5 mm antar garisnya.
2. Garis yang memotong bagian dalam dari partikel serbuk (garis A) diukur dengan menggunakan penggaris.
3. Garis B dihitung dengan menggunakan penggaris.
4. Ukuran garis A yang sebenarnya (X) dapat dihitung dengan persamaan 3.1.

$$(X) = \frac{a}{b} \times c \dots\dots\dots(3.1)$$

5. ukuran rata-rata partikel serbuk dapat dihitung dengan menggunakan persamaan 3.2.

**Ukuran rata – rata partikel serbuk** =  $\frac{(X)}{\text{Jumlah garis yang dihitung}} \dots\dots\dots(3.2)$

### 3.4.2 Persiapan Bahan

Tahapan proses persiapan bahan baku adalah sebagai berikut :

1. Serbuk tembaga ditimbang sebesar 3.2 gr, 4 gr, 4.8 gr, dan 5.6 gr, 8 gr dengan menggunakan timbangan digital dan masing serbuk simpan dalam plastik klip.
2. Serbuk kalium karbonat ditimbang sebesar 2.4 gr, 3.2 gr, 4 gr, dan 4.8 gr dengan menggunakan timbangan digital dan masing serbuk simpan dalam plastik klip.
3. Serbuk *zinc stearate* ditimbang sebesar 0.32 gr atau 2% dari jumlah campuran tembaga dan kalium karbonat dengan menggunakan timbangan digital kemudian simpan dalam plastik klip.
4. Etanol ditimbang sebesar 0.16 gr atau 1% dari jumlah campuran tembaga dan kalium karbonat dengan menggunakan timbangan digital kemudian simpan dalam wadah plastik kemudian ditutup dengan plastik untuk menghindari penguapan.



Gambar 3.5. Timbangan Digital.

### 3.4.3 Pembuatan Sampel Tembaga Busa

Untuk pembuatan sampel dilakukan dengan jalur metalurgi serbuk yaitu sebagai berikut :

- a. Pencampuran

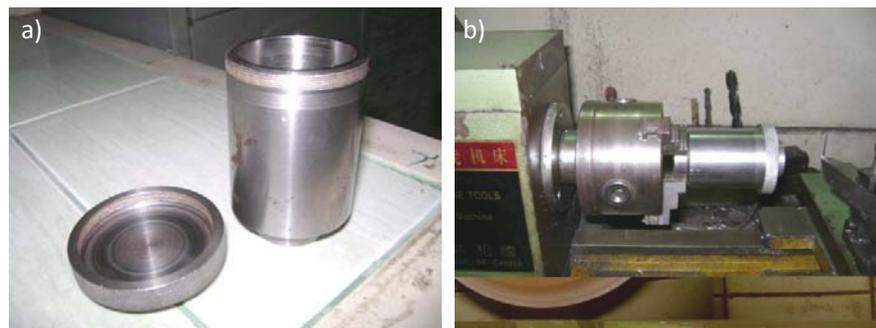
Serbuk tembaga, potassium karbonat, *zinc stearate*, dan etanol dicampur sesuai dengan komposisi logam dan garam (60%, 50%, 40%, 30%, 0%

kalium karbonat) dengan menggunakan media pencampur dan mesin bubut yang ada di Departemen Metalurgi dan Material FTUI, tahapan – tahapan dari proses pencampuran yaitu :

1. Media pencampur dibersihkan dengan menyemprotkan cairan WD 40 kemudian dilap dengan kain yang bersih.
2. Semua bahan dimasukkan kedalam media pencampur.
3. Media pencampur ditutup dengan penutupnya.
4. Media pencampur diletakan pada mesin bubut.
5. Tuas mesin bubut diputar ke arah kiri untuk menjalankan mesin bubut
6. Setelah 3 menit, tuas mesin bubut diputar ke posisi semula untuk mematikan mesin.
7. Penjapit pada mesin bubut dibuka untuk melepaskan media pencampur.
8. Serbuk hasil proses pencampuran dimasukkan ke dalam plastik klip.

**Tabel 3.2** Jumlah bahan baku yang digunakan dalam proses pencampuran

Bahan Baku	Jumlah Bahan Baku Dalam Fraksi berat kalium karbonat (gram)				
	60%	50%	40%	30%	0 %
Serbuk tembaga	3.2	4	4.8	5.6	4
Serbuk kalium karbonat	4.8	4	3.2	2.4	-
Serbuk <i>zink stearate</i>	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
Etanol	0.16	0.16	0.16	0.16	0.16
Total	8.48	8.48	8.48	8.48	8.48



**Gambar 3.6.** (a) Alat untuk mencampur serbuk dan (b) proses pencampuran dengan mesin bubut.

b. Kompaksi

Proses kompaksi dilakukan dengan menggunakan *dies* yang berbentuk silinder yang ukuran diameter rongga cetakan sebesar 2 cm dan mesin kompaksi Krisbow yang ada di Departemen Metalurgi dan Material FTUI. Tipe kompaksi yang digunakan adalah penekanan satu arah atau penekan yang pada bagian atas akan menekan ke bagian bawah.

Tahapan dari proses kompaksi adalah sebagai berikut :

1. Bagian dalam dari *dies* dan *punch* dilumuri dengan WD 40.
2. Serbuk sebesar 8 gr dimasukkan kedalam *dies*.
3. *Punch* diletakan kedalam rongga cetakan.
4. *Dies* diletakan pada mesin kompaksi Krisbow dan memastikan posisi *dies* tepat berada di tengah pusat penekanan.
5. Pembebanan dilakukan hingga 200 bar lalu ditunggu selama 15 detik
6. Pembebanan dilepaskan dengan memutar tuas kearah kiri pada mesin kompaksi kemudian mengeluarkan sample dari *dies* dengan memberikan penekanan pada *punch*.



Gambar 3.7. (a) *Dies* dan (b) Mesin kompaksi Krisbow

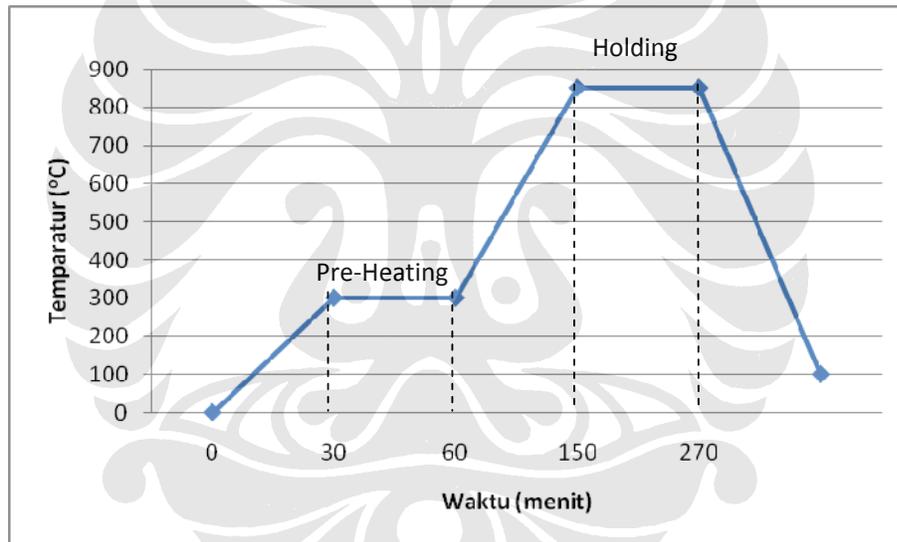
c. Sinter

Alat yang digunakan untuk proses sintering adalah dapur gas Neberterm yang ada dalam Departemen Metalurgi dan Material FTUI dan tabung nitrogen untuk menghasilkan atmosfer yang *inert* sehingga terjadinya proses oksidasi pada sampel dapat dihindari.

Tahapan dalam proses sinter adalah sebagai berikut :

1. Sampel diletakan pada sebuah refraktori yang digunakan sebagai alas.

2. Refraktori diletakan ke dalam dapur gas kemudian tutup kedua ujung bagian dapur.
3. Katup tabung nitrogen dan regulator dibuka sehingga gas nitrogen mengalir ke dalam dapur. Proses ini (*flushing*) dilakukan selama 10-15 menit.
4. Temperatur pada dapur diatur dengan temperatur *pre-heating* (300°C) selama 60 menit dan temperatur *holding* (850°C) selama 120 menit kemudian tekan start untuk memulai proses sinter.
5. Setelah waktu *holding* selesai, temperatur dapur akan turun secara otomatis
6. Setelah temperatur mencapai dibawah 100°C, sampel dikeluarkan dari dapur.



**Gambar 3.8.** Grafik hubungan waktu dengan temperatur dalam proses sinter.



**Gambar 3.9.** Sampel diatas refraktori (a) dan dapur gas Nebertherm (b).

d. Pelarutan

Tahapan – tahapan pada proses pelarutan :

1. Air dalam gelas beker dipanaskan dengan menggunakan *magnetic stirrer* hingga temperatur 50-60°C
2. Sampel diletakan pada keranjang yang terbuat dari kawat kasa.
3. Keranjang direndam ke dalam gelas beker hingga seluruh sampel terendam. Proses ini dilakukan selama 2 jam.
4. Setelah 2 jam, keranjang diangkat kemudian sampel dikeluarkan.



**Gambar 3.10.** Proses pelarutan menggunakan *magnetic stirrer*.

### 3.5 PENGUJIAN

#### 3.5.1 Pengujian densitas

Pengujian densitas digunakan untuk mengetahui densitas sampel sesudah proses kompaksi, sinter, dan pelarutan. Perhitungan densitas pada penelitian ini menggunakan metode grafimetrik. Metode ini merupakan perhitungan densitas dengan membandingkan massa sampel dengan volum sampel. Massa sampel didapatkan dengan menimbang berat sampel dengan menggunakan timbangan digital, sedangkan volum sampel didapatkan dengan menggunakan perhitungan volum tabung. Tahapan-tahapan untuk perhitungan densitas dengan menggunakan metode grafimetrik yaitu sebagai berikut :

1. Berat (W) sampel ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik.
2. Diameter (d) dari sampel diukur dengan menggunakan jangka sorong.
3. Tebal (t) sampel diukur dengan menggunakan jangka sorong.
4. Volum (v) sampel dihitung dengan memasukan nilai d dan t pada persamaan 3.3.

$$v = \frac{\pi}{4} d^2 \cdot t \dots\dots\dots (3.3)$$

Dimana :

d = diameter sampel (cm)

t = tebal sampel (cm)

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

5. Densitas ( $\rho$ ) sampel dihitung dengan memasukan nilai m dan v pada persamaan 3.4.

$$\rho = \frac{W}{V} \dots\dots\dots (3.4)$$

Dimana :

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

W = berat sampel dalam air (gram)

$\rho$  = densitas (gram/cm<sup>3</sup>)

Standar pengujian densitas pada sampel yang berbentuk tak beraturan yang digunakan adalah ASTM 373-88 dan tahapan – tahapannya sebagai berikut :

- a) Sampel disiapkan yang akan dilakukan pengujian.
- b) Timbangan digital, *beaker glass* 1000 ml, gelas plastik, kawat, tali, dan air (aquades) disiapkan.
- c) Berat kering dtimbang masing-masing sampel setelah terlebih dahulu dilakukan pemanasan dengan menggunakan pemanas (*dryer*) untuk

menghindari terjadi proses oksidasi. Proses ini dilakukan berulang-ulang hingga berat kering sampel konstan ketika ditimbang.

- d) Berat kering sampel dicatat.
- e) Sampel ke dalam wadah (gelas plastik) yang sudah terisi oleh air dimasukkan hingga tidak ada lagi gelembung-gelembung udara pada sampel.
- f) Berat air yang sudah terisi ditimbang di dalam *beaker glass* 1000 ml untuk mencari nilai densitas air yang nantinya akan digunakan untuk uji densitas dan porositas.
- g) Berat sampel di dalam air ditimbang dengan cara memasukkan sampel ke dalam keranjang kawat yang digantung dengan tali sehingga keseluruhan permukaan sampel tercelup oleh air kemudian menghitung volum sampel tersebut dengan menggunakan persamaan 3.5 :

$$V = \frac{W}{\rho(\text{air})} \dots\dots\dots (3.5)$$

dimana:

- V = volum sampel (cm<sup>3</sup>)
- W = berat sampel dalam air (gram)
- $\rho$  (air) = densitas air (gram/cm<sup>3</sup>)

- h) Densitas sampel hasil percobaan dihitung dengan persamaan 3.6 :

$$\rho(\text{sampel}) = \frac{W(\text{sampel})}{V} \dots\dots\dots (3.6)$$

### 3.5.2 Pengujian Porositas

Pengujian porositas bertujuan untuk mengetahui banyak porositas dalam sampel. Standar pengujian porositas pada sampel yang digunakan adalah ASTM 373-88 dengan cara nilai dari densitas hasil percobaan dan teoritis dimasukkan pada persamaan 3.7.

$$\text{Perosntar (\%)} = \frac{\rho (\text{teoritis}) - \rho (\text{percobaan})}{\rho (\text{teoritis})} \times 100 \% \dots\dots (3.7)$$

dimana:

$\rho$  teoritis = densitas teoritis (gram/cm<sup>3</sup>)

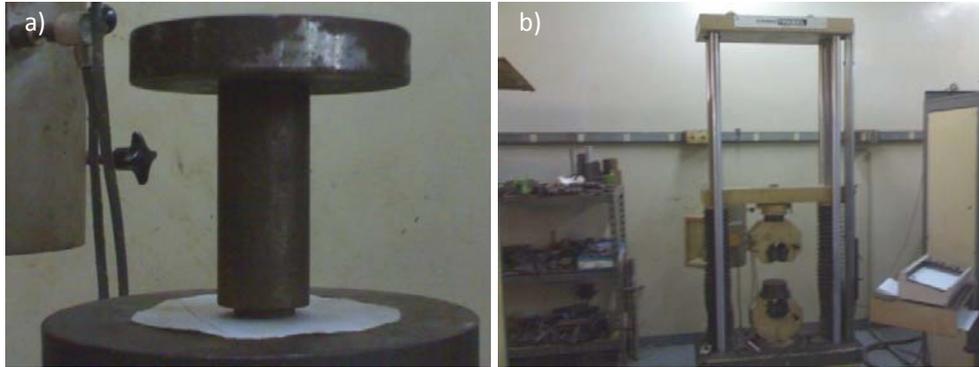
$\rho$  percobaan = densitas percobaan (gram/cm<sup>3</sup>)

#### 4.5.3 Pengujian Tekan

Dalam penelitian ini, pengujian tekan dilakukan dengan menggunakan mesin uji tekan Schenck Trebel yang terdapat di Lembaga Uji Konstruksi (LUK).

Prosedur pengujian tekan adalah sebagai berikut :

1. Permukaan sampel diratakan dengan menggunakan amplas hingga permukaan sampel terlihat rata atau sejajar antara permukaan atas dan bawah.
2. Diameter awal sampel diukur dengan menggunakan jangka sorong digital.
3. Tinggi awal sampel diukur dengan menggunakan jangka sorong digital.
4. Sampel pada dies diukur dengan menggunakan jangka sorong digital.
5. Beban dipasang pada 5kN/cm.
6. Bagian atas dies digerakan hingga hingga menempel pada sampel.
7. Kertas grafik disiapkan untuk mencatat data yang terjadi pada saat proses penekan.
8. Tombol hijau mesin ditekan pada untuk memulai proses penekanan.
9. Proses penekan dihentikan ketika beban mencapai 70 kN dengan menekan tombol merah pada mesin uji tekan
10. Tebal akhir dicatat dari sampel.
11. Diameter akhir dicatat dari sampel.
12. Data hasil grafik dari mesin uji tekan dikonversi hingga mendapatkan grafik hubungan tegangan dan regangan.



**Gambar 3.11.** (a) posisi sampel dan (b) Mesin uji tekan Schenck Trebel.

#### **4.5.4 Pengamatan Struktur Mikro dan Makro**

Dalam pengamatan struktur makro dari tembaga busa menggunakan mikroskop optik sedangkan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan SEM. Pengamatan ini bertujuan untuk mengetahui morfologi tembaga busa dan ukuran pori-pori yang dihasilkan dalam penelitian ini. Selain itu untuk mengetahui unsur yang terkandung dalam permukaan tembaga busa dilakukan pengujian EDAX (*Energy Dispersive X-Ray Analysis*) pada seluruh permukaan tembaga busa.



**Gambar 3.12.** Mikroskop Optik