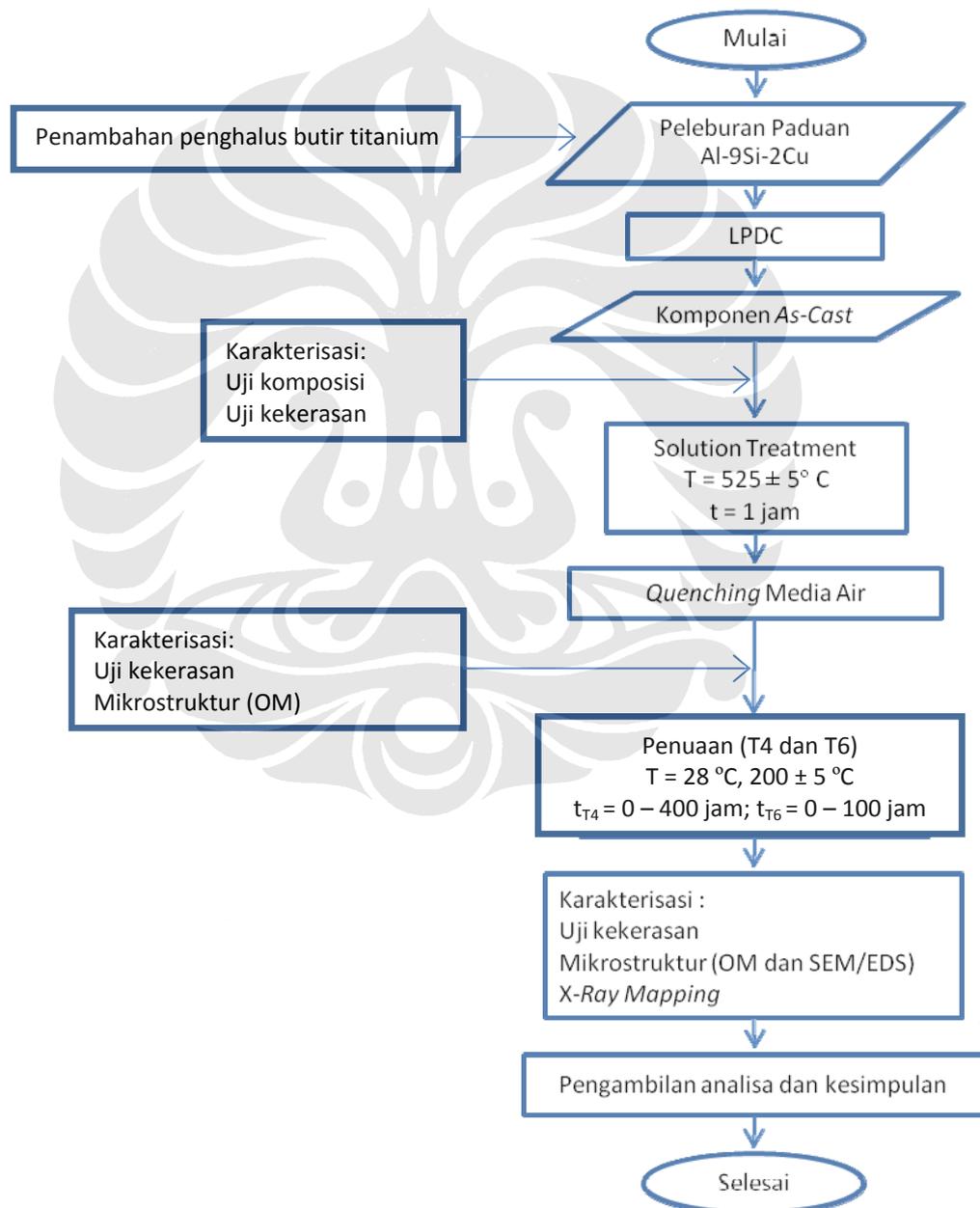


## BAB III

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 DIAGRAM ALIR



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

## 3.2 BAHAN DAN ALAT

### 3.2.1 Bahan-bahan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan sebagai berikut:

1. Ingot paduan aluminium Al9Si2Cu (AC4B)
2. Penghalus butir merk *Coveral GR 2815* (0,036 wt% Ti) dalam bentuk flux
3. Flux merk *Coveral 1111*
4. Air sebagai media *quench*
5. Kertas amplas (mesh 120 – mesh 2000)
6. Kain poles
7. Zat poles Alumina
8. Zat etsa (HF 5 vol%)

### 3.2.2 Peralatan

Adapun penelitian ini menggunakan peralatan:

1. Dapur peleburan FCECO dengan spesifikasi:
  - Kapasitas hingga 500 kg
  - Temperatur peleburan hingga 810 °C
2. Alat *degassing* gas argon (*Gas Buble Flootation*) OSTEK dengan spesifikasi:
  - Kapasitas hingga 500 kg
  - Temperatur operasi hingga 780 °C
  - Kecepatan rotor 350 – 400 rpm
  - Debit argon 8-12 liter/menit
3. Mesin LPDC dengan dilengkapi *holding furnace* OSAKA GIKEN.

*Holding furnace:*

- Temperatur *molten* 710 ± 10 °C
- Kapasitas hingga 500 kg

Mesin *inject* (LPDC):

- Temperatur *lower dies* 375 ± 75 °C
- Temperatur *upper dies* 250 ± 75 °C
- Tekanan cetakan sebesar 262 kPa
- Waktu tekan 170 – 180 detik

4. Ladle Bentone yang di preheat dengan *burner* selama 30 – 60 menit.
5. *Forklift*
6. Mesin potong abrasif (gergaji mesin) Heiwa
7. Dapur pemanas induksi Muffle Carbolite ( $T_{\max} = 1600 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
8. Dapur pemanas induksi Muffle Nabertherm ( $T_{\max} = 1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ )
9. Ember untuk proses *quenching*
10. Alat uji kekerasan Brinell Hoytom + mikroskop pengukur
11. Mesin *compression mounting* Struers LaboPress – 1
12. Mesin amplas
13. Mesin poles
14. Stopwatch
15. Mikroskop optik + kamera merk Olympus
16. Alat Spektrometri Shimadzu
17. *Scanning Electron Microscope* JEOL JSM 6360LA dengan spesifikasi:
  - Voltase sampai 15 kV
  - Tekanan pada *chamber* hingga 70 Pa

### **3.3 PROSES PEMBUATAN SAMPEL**

#### **3.3.1 Perhitungan *Material Balance***

Sebelum melakukan proses peleburan dan pengecoran, dilakukan penghitungan banyaknya material yang akan diumpan ke dalam dapur dengan asumsi sebagai berikut:

- Umpan seluruhnya adalah 500 kg yang terdiri dari paduan Al-9Si-2Cu dan penghalus butir Ti (Coveral GR).
- Target penambahan Ti adalah 0,036 *wt. %*.
- Kandungan Ti pada serbuk penghalus butir Coveral GR adalah 30 *wt. %*

Perhitungan:

Massa Ti dalam umpan seluruhnya =  $0,036 \text{ wt.} \% \times 500 \text{ kg} = 0,18 \text{ kg} = 180 \text{ g}$

Massa penghalus butir yang ditambahkan =  $180 \text{ g} : 30 \text{ wt.} \% = 600 \text{ g}$

Dengan demikian, jumlah penghalus butir yang ditambahkan sebanyak 600 g dalam 499,4 kg paduan Al-9Si-2Cu. Namun, dalam prakteknya, paduan Al-9Si-2Cu yang ditambahkan adalah sebanyak 500 Kg. Hal ini disebabkan asumsi bahwa ada beberapa ratus gram yang hilang pada saat pengecoran. Untuk selanjutnya, nilai kandungan Ti yang aktual akan diketahui dari uji komposisi setelah pengecoran.

(catatan: pada akhir penelitian dilakukan analisa mikro pada penghalus butir titanium dan ditemukan bahwa kandungan titanium hanya 0,027 wt. %. Pengaruh dari perbedaan antara asumsi dan kondisi aktual ini akan dibahas secara rinci di sub bab 4.1. Oleh karena itu, dalam keseluruhan dokumen skripsi ini, penambahan Titanium dinyatakan sebesar 0,027 wt. % karena dianggap sebagai hasil yang aktual)

### 3.3.2 Pengecoran

Proses pertama yang dilakukan pada pengecoran ini adalah peleburan di dapur peleburan FCECO dengan temperatur peleburan sekitar  $\pm 810$  °C. Setelah itu, dilanjutkan dengan proses degassing dengan tujuan penghilangan gas terutama gas hydrogen pada GBF (*Gas Bubbling Floation*) seperti pada Gambar 3.2. Proses *degassing* ini menggunakan gas argon dengan debit 8 – 12 liter per menit dan kecepatan rotor 350 – 400 rpm yang berlangsung selama 8 menit.



(a)



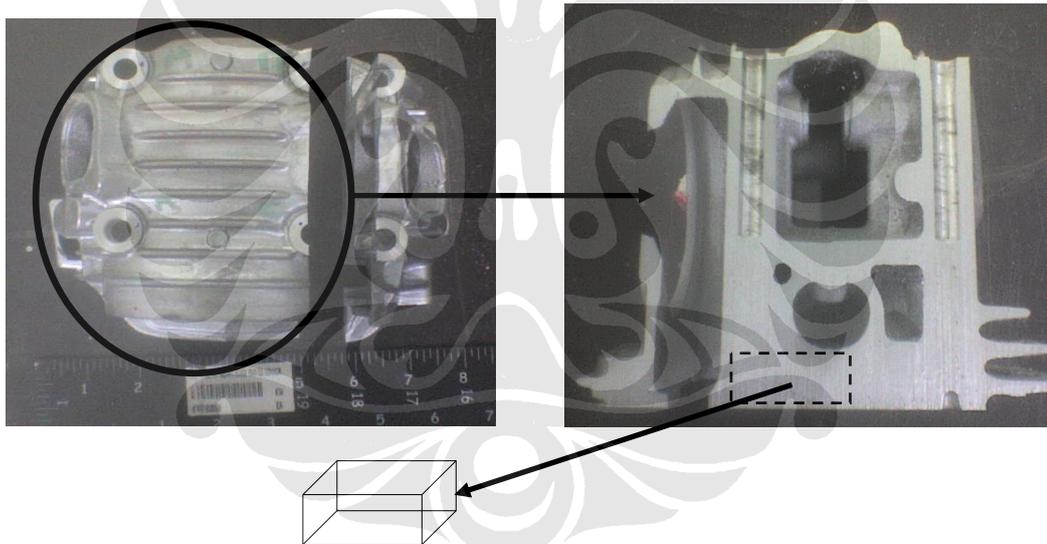
(b)

Gambar 3.2 a) Mesin GBF; b) Mesin LPDC dan holding furnace

Setelah proses *degassing*, ketika temperatur logam cair mencapai 760 - 800 °C, ditambahkan penghalus butir Titanium. Cairan aluminium kemudian dibawa ke *holding furnace* dengan menggunakan *forklift*. Pada *holding furnace*, dilakukan proses *skimming* yaitu proses pengangkatan *slag* yang ada pada permukaan. Injeksi pertama dilakukan 30 menit setelah penambahan penghalus butir pada mesin LPDC. Siklus LPDC adalah penambahan tekanan 13 bar per 13 injection.

### 3.3.3 Preparasi Sampel

*Cylinder head* dipotong pada bagian yang paling tebal dengan menggunakan pemotong abrasif Heiwa dan dibentuk balok kecil dengan ukuran kira-kira  $2 \times 2 \times 1 \text{ cm}^3$  seperti pada Gambar 3.3. Kemudian dua permukaannya diamplas dengan kertas amplas # 150 - # 2000. Penggunaan amplas ini berguna untuk memperhalus permukaan untuk mempermudah pengamatan besar jejak.



Gambar 3.3 Penempatan pengambilan sampel dari *cylinder head*

Untuk pengamatan mikro dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan mikroskop optik, sampel yang telah mengalami penuaan di-*mounting* dengan *compressive mounting*. Kemudian sampel diamplas dengan kertas amplas # 150 - # 2000 dan dipoles dengan menggunakan serbuk alumina  $0.05 \mu\text{m}$  dan di-etsa dengan menggunakan HF 5 vol. %.

### 3.4 PERLAKUAN PANAS

#### 3.4.1 *Solution Treatment*

Proses yang bertujuan untuk melakukan pelarutan ini menggunakan dapur induksi muffle (Gambar. 3.4). Proses ini dilakukan pada temperatur 525°C dan waktu tahan selama 1 jam. Sebelum sampel dimasukkan dilakukan proses *preheat* pada dapur pemanas agar dapur tidak mengalami *thermal shock*. Proses *preheat* ini memakan waktu sekitar 40 menit dan waktu pencapaian temperatur *solution treatment*  $\pm$  30 menit dari *preheat*. Setelah proses *solution treatment*, sampel di-*quenching* (proses pencelupan cepat) dengan media air.



Gambar 3.4 Dapur Muffle Carbolite

#### 3.4.2 **Proses Penuaan Buatan**

Proses penuaan buatan (T6) dilakukan pada temperatur 200 °C menggunakan dapur pemanas induksi Nabertherm (Gambar 3.5). Setelah *quenching*, terdapat jeda waktu selama  $\pm$  5 menit sebelum sampel dimasukan ke dapur induksi tersebut. Proses penuaan ini dilakukan selama 100 jam dengan pengujian kekerasan dan mikrostruktur pada selang waktu tertentu.



Gambar 3.5 Dapur Pemanas Induksi Nabertherm

### 3.5 PENGUJIAN KEKERASAN

Pengujian kekerasan yang dilakukan berdasarkan standar ASTM E-10 (*Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*). Pengujian dilakukan dengan memberikan penjejakan pada sampel dengan menggunakan mesin uji kekerasan Hoytom seperti pada Gambar 3.6. Indentor terbuat dari bola baja berdiameter ( $D$ ) = 1,8 mm dan beban ( $P$ ) = 31,25 kg.



(a)



(b)

Gambar 3.6 Alat pengujian kekerasan; (a) mesin uji kekerasan metode Brinell Hoytom; (b) *measuring microscope*

Penjejakan dilakukan tiga kali per pengukuran. Selanjutnya, diameter jejak diukur dengan *measuring microscope* dan di konversikan ke dalam harga BHN (*Brinell Hardness Number*), sesuai persamaan 3.1 :

$$\text{BHN} = \frac{2 \times P}{(\pi \times D) \left( D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \quad \dots (3.1)$$

P = beban (kg)

D = diameter indentor (mm)

d = lebar indentasi (mm)

### 3.6 PENGAMATAN MIKROSTRUKTUR

Pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik Olympus (Gambar 3.9) yang dilengkapi kamera untuk melihat fasa-fasa yang terbentuk. Pengamatan struktur mikro juga dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) JEOL JSM 6360LA voltase 15 kV yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) dan *X-ray mapping*.



(a)

(b)

Gambar 3.7 a) Mikroskop Optik *Olympus*; b) *Scanning Electron Microscope* JEOL