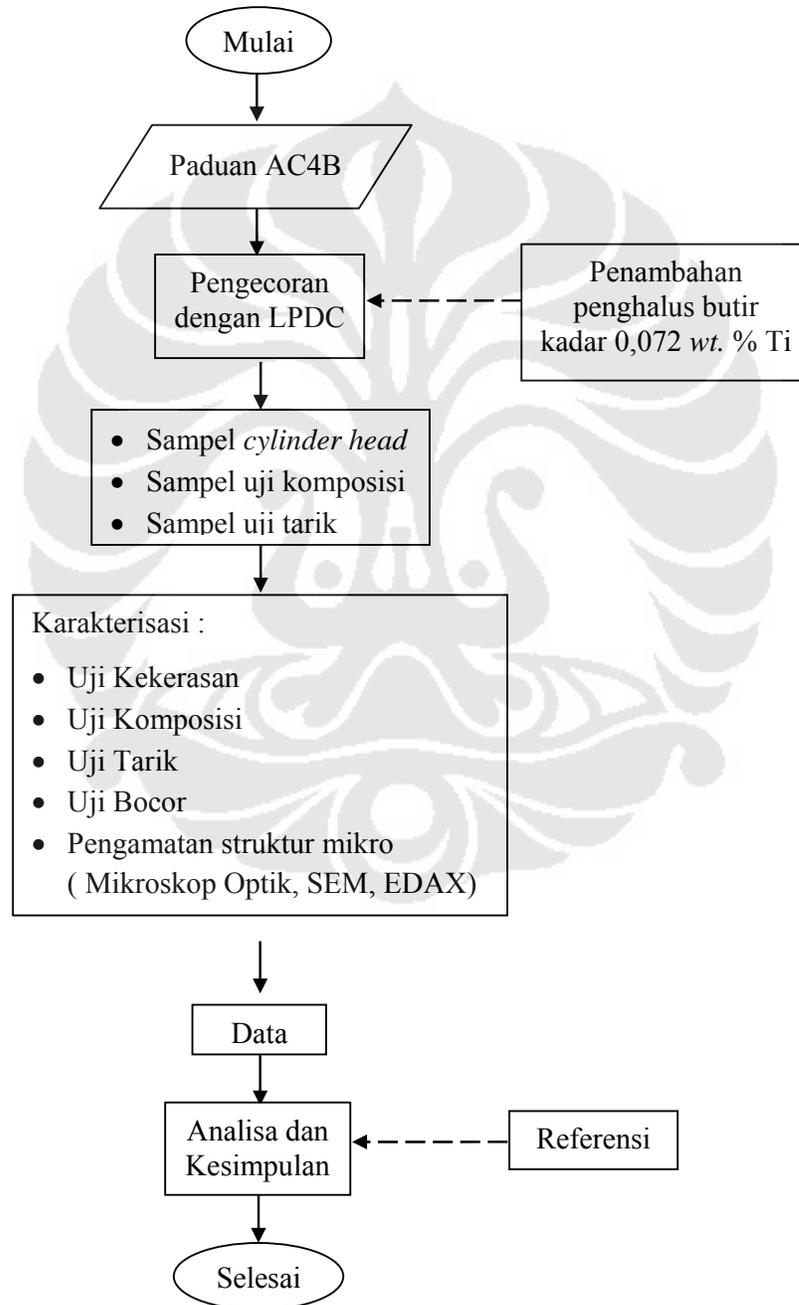


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

III.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

III.2 BAHAN DAN PERALATAN

III.2.1 Bahan

Pada penelitian ini, menggunakan bahan-bahan sebagai berikut:

1. *Ingot* paduan aluminium (AC4B)
2. Penghalus butir merk *Coveral GR 2815* (0.045 wt. % Ti) dalam bentuk flux
3. Kertas amplas (ukuran mesh 120 – mesh 1500)
4. Kain poles
5. Zat poles Alumina
6. Zat etsa (HF 5 vol %) dan Reagen Tucker (15 ml HNO₃ + 45 ml HCl + 15 ml HF(45 %) + 25 ml H₂O)

III.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 500kg
 - Temperatur operasi hingga 780 °C
 - Kecepatan rotor 350 – 400 rpm
 - Debit argon hingga 8-12 liter/menit
3. Mesin LPDC dengan dilengkapi dapur tahanan OSAKA GIKEN.
Dapur induksi (*holding furnace*):
 - Temperatur *molten* 702 - 710 °C
 - Kapasitas hingga 500 kgMesin *inject* (LPDC):
 - Temperatur *lower dies* 375 ± 75 °C
 - Temperatur *upper dies* 250 ± 75 °C
 - Tekanan cetakan sebesar 256 ± 6 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. Alat uji kekerasan Brinell Hoytom + mikroskop pengukur
8. Mesin *compression mounting* Struers LaboPress – 1
9. Mesin amplas merek Ecomet
10. Mesin poles merek Ecomet
11. Mikroskop Optik + kamera merk Olympus
12. Alat Spektrometri Shimadzu
13. *Scanning Electron Microscope* LEO 420i

III.3 PROSES PEMBUATAN SAMPEL

III.3.1 Penghitungan *Material Balance*

Sebelum melakukan proses peleburan dan pengecoran aluminium, dilakukan penghitungan banyaknya material yang akan diumpun ke dalam dapur, sebagai berikut:

Spesifikasi Berat Sampel Pengujian

1. *Cylinder head* (2 pcs/inject) = 3.5 kg
2. Sampel uji komposisi = 0.075 kg
3. Sampel uji tarik = 5 kg

Dengan asumsi kadar titanium sebesar 30 wt. %, maka perhitungan penambahan penghalus butir adalah sebagai berikut :

1. Untuk penambahan kadar 0.045 wt. % Ti

$$\frac{100}{30} \times 0.045 \text{ wt \% Ti} = 0.15 \%$$

Banyaknya serbuk penghalus butir yang ditambahkan adalah :

$$0.15 \% \times \text{berat logam cair}$$

$$0.15 \% \times 485.5 \text{ kg} = 728.25 \text{ g}$$

Perhitungan *material balance* untuk penambahan 0.045 wt. % Ti diurutkan dari pengecoran penambahan 0.018 wt. % Ti adalah sebagai berikut :

$$\text{Input (variabel 0.018 wt. \% Ti)} \quad 208 \text{ kg} + 217 \text{ kg} \quad = 425 \text{ kg}$$

Penambahan penghalus butir aktual	120 g + 150 g	= 270 g
Output (variabel 0.018 wt. % Ti)		
<i>Cylinder head</i>	40 <i>inject</i> x 3.5 kg	= 140 kg
Sampel uji komposisi	2 x 0.075 kg	= 0.15 kg
Sampel uji tarik	2 x 5 kg	= 10 kg
	Total	= 150.15 kg
Sisa logam cair	425 kg – 150.15 kg	= 274.85 kg

Input (variabel 0.027 wt. % Ti)	274.85 kg + 178.8 kg	= 453.65 kg
Penambahan penghalus butir	453.65 kg x 0.09 %	= 408.28 g
Penambahan penghalus butir aktual		415 g
Output (variabel 0.027 wt. % Ti)		
<i>Cylinder head</i>	40 <i>inject</i> x 3.5 kg	= 140 kg
Sampel uji komposisi	2 x 0.075 kg	= 0.15 kg
Sampel uji tarik	2 x 5 kg	= 10 kg
	Total	= 150.15 kg
Sisa logam cair	453.65 kg – 150.15 kg	= 303.5 kg

Input (variabel 0.036 wt. % Ti)	303.5 kg + 188.65 kg	= 492.15 kg
Penambahan penghalus butir	492.15 kg x 0.12 %	= 590.58 gr
Penambahan penghalus butir aktual		600 gr

Output (variabel 0.036 wt. % Ti)		
<i>Cylinder head</i>	37 <i>inject</i> x 3.5 kg	= 129.5 kg
Sampel uji komposisi	2 x 0.075 kg	= 0.15 kg
Sampel uji tarik	2 x 5 kg	= 10 kg
	Total	= 139.65 kg
Sisa logam cair	492.15 kg – 139.65 kg	= 352.5 kg
Input (variabel 0.045 wt. % Ti)	352.5 kg + 133 kg	= 485.5 kg

Ti)

Penambahan penghalus butir 485.5 kg x 0.15 % = 728.25 gr
Penambahan penghalus butir aktual 750 gr

Output (variabel 0.045 wt. % Ti)

<i>Cylinder head</i>	50 inject x 3.5 kg	= 175 kg
Sampel uji komposisi	2 x 0.075 kg	= 0.15 kg
Sampel uji tarik	2 x 5 kg	= 10 kg
	Total	= 185.15 kg
Sisa logam cair	485.5 kg – 185.15 kg	= 300.35 kg

III.3.2 Proses Pengecoran

Proses pertama yang dilakukan pada penelitian ini adalah melebur logam paduan AC4B pada PT. X menggunakan *furnace* dengan temperatur peleburan sekitar ± 800 °C. Kemudian logam cair dengan berat ± 500 kg dituang ke dalam ladle. Setelah itu, penghalus butir dimasukkan ke dalam ladle pada temperatur 760 °C dan dilanjutkan dengan proses *degassing* dengan tujuan penghilangan gas pengotor terutama gas hidrogen dengan melakukan GBF (*Gas Bubbling Floatation*) (Gambar 3.2a). Proses *degassing* ini menggunakan gas argon dengan debit 8 – 12 liter per menit dan kecepatan rotor 350 – 400 rpm yang berlangsung selama 8 menit.

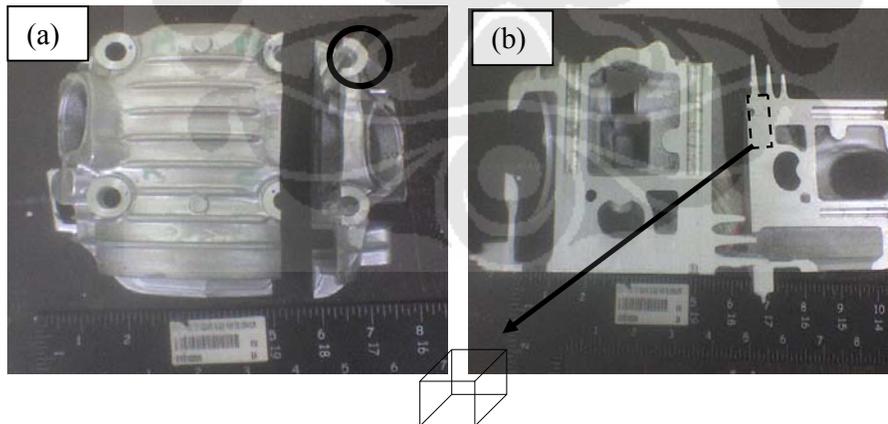
Setelah proses *degassing*, temperatur logam cair menurun menjadi sekitar 710 - 760 °C. Lalu, cairan aluminium dibawa ke *holding furnace* yang berada di bagian bawah mesin LPDC (*low pressure die casting*) dengan menggunakan *forklift*. Pada *holding furnace*, dilakukan proses *skimming* yaitu proses pengangkatan slag yang ada pada permukaan aluminium. Lalu 40 menit setelah proses penambahan penghalus butir dilakukan injeksi pertama pada mesin LPDC (Gambar 3.2b) dengan temperatur larutan sudah turun sampai 703 – 710 °C. pada LPDC ini setiap 13 kali injeksi dilakukan penambahan tekanan 13 bar. Hal ini dimaksudkan agar kecepatan aliran logam tidak turun dikarenakan menurunnya logam cair pada *holding furnace*. Dies pada mesin LPDC sebelum dioperasikan dilakukan *preheating* terlebih dahulu agar tidak terjadi *thermal shock*.



Gambar 3.2. (a) GBF; (b) Mesin LPDC dan *Holding Furnace*.

III.3.3 Proses Preparasi Sampel

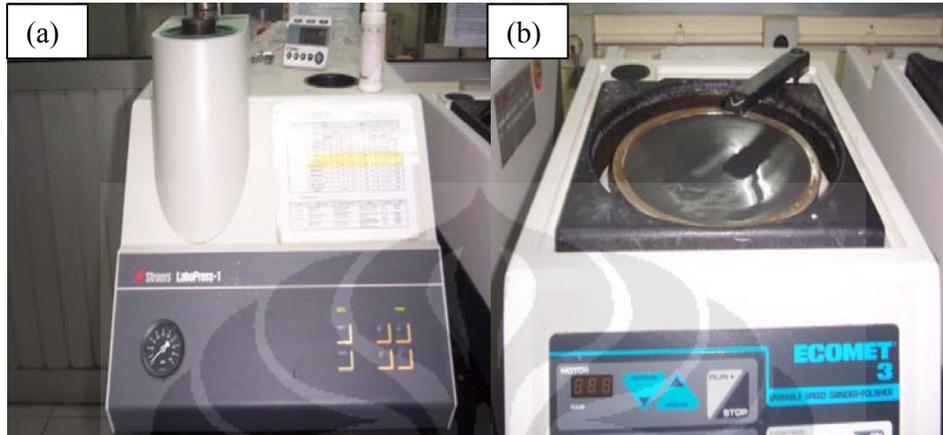
Sampel untuk pengamatan struktur mikro dibuat dengan memotong *cylinder head* pada bagian yang paling tebal dengan menggunakan mesin pemotong abrasif Heiwa dan dibentuk balok dengan dimensi $2 \times 2 \times 1 \text{ cm}^3$ (Gambar 3.3b). Pada bagian yang tipis juga dibuat sampel untuk melihat pengaruh penghalus butir pada bagian yang tipis. Sampel *cylinder head* dipotong pada bagian *stud bolt* bagian kanan atas (Gambar 3.3a). Sampel tipis yang diambil juga dilakukan pengujian kekerasan.



Gambar 3.3 Penempatan pengambilan sampel dari *cylinder head*. (a) sampel tipis, (b) sampel tebal.

Sampel tersebut kemudian dipreparasi dengan *dimounting* menggunakan mesin *compression mounting* Struers LaboPress – 1 (Gambar 3.4a) dan kemudian dilanjutkan dengan proses pengampelasan dimulai dari ukuran kertas amplas mesh 200 hingga mesh 1500 menggunakan mesin ampelas dan poles Ecomet

(Gambar 3.4b). Sampel kemudian dipoles di atas kain poles (beludru) dengan menggunakan zat poles alumina (Al_2O_3) menggunakan mesin ampelas dan poles Ecomet (Gambar 3.4b) hingga didapatkan permukaan yang mengkilap dan bebas dari goresan.



Gambar 3.4. (a) Alat *Compression Mounting*, (b) Alat ampelas dan poles.

Sampel kemudian dietsa dengan menggunakan zat etsa HF 5 % selama 8 detik untuk melihat fasa yang ada dan kemudian dietsa kembali menggunakan Reagen Tucker (15 ml HNO_3 + 45 ml HCl + 15 ml HF (45 %) + 25 ml H_2O) selama 8 detik untuk melihat dengan jelas struktur *dendrite* dan DAS (*Dendrite Arm Spacing*)nya.

III.3.4 Pengujian Komposisi Kimia

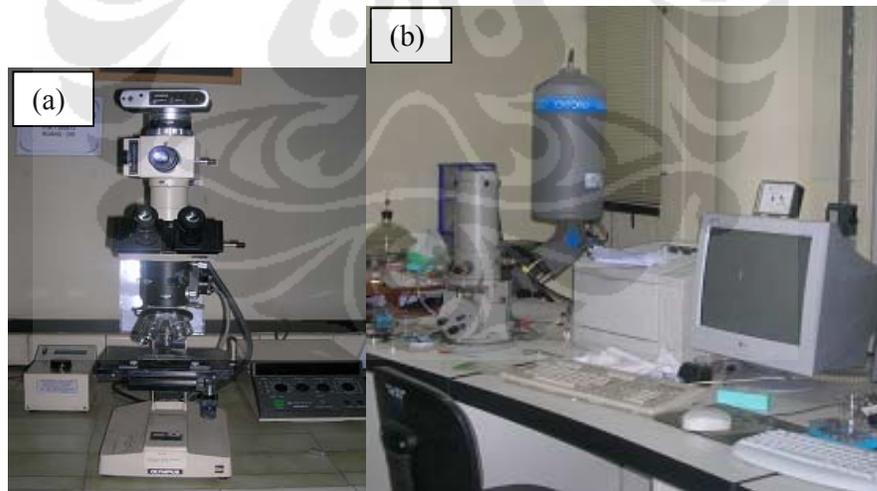
Sampel pengujian komposisi dibuat dengan menuangkan logam cair dari ladle *furnace* ke dalam cetakan sampel yang bentuknya bisa dilihat pada Gambar 3.5. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji spektrometri untuk melihat apakah komposisi paduan sesuai dengan standar dan untuk melihat kadar penambahan Ti pada paduan AC4B yang nantinya akan dibandingkan dengan perhitungan *material balance*.



Gambar 3.5. Sampel uji komposisi kimia.

III.3.5 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik + kamera Olympus (Gambar 3.6a) untuk mengamati fasa yang ada dan struktur *dendrite* pada bagian yang tebal dan bagian yang tipis. Pengamatan juga dilakukan dengan menggunakan alat SEM (*Scanning Electron Microscopy*) LEO 420i (Gambar 3.6b) yang dilengkapi dengan EDAX (*Energy Dispersive X-Ray Analysis*) untuk mengetahui bentuk dan komposisi fasa yang ada dan mencari fasa Al_3Ti untuk membuktikan bahwa terdapat unsur Ti di penghalus butir dan di dalam logam aluminium. Preparasi sampel untuk pengamatan SEM sama seperti pengamatan untuk mikroskop optik.



Gambar 3.6. (a) Mikroskop Optik Olympus, (b) Mesin Uji SEM / EDAX LEO 420i.

III.3.6 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan pada sampel tebal dan sampel tipis berdasarkan standar ASTM E-10 (*Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*). Pengujian dilakukan dengan memberikan penjejukan di lima

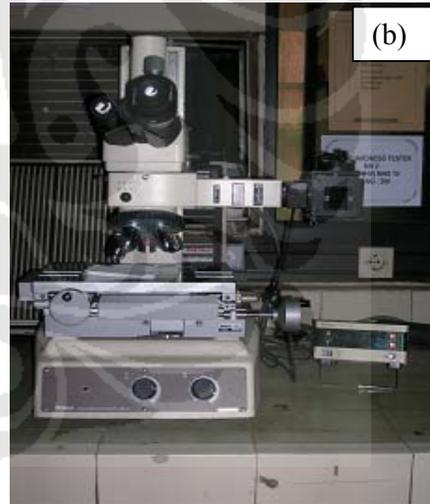
titik berbeda pada sampel selama 10 - 15 detik. Penjejakan ini menggunakan mesin uji kekerasan Hoytom (Gambar 3.7a) dengan indentornya terbuat dari bola baja berdiameter (D) = 3.15 mm dan beban (P) = 31.25 kg.

Setelah itu hasil penjejakan diukur diameternya dengan *measuring microscope* (Gambar 3.7b) dan di konversikan ke dalam harga BHN (*Brinell Hardness Number*), sesuai Persamaan (3.1) di bawah ini:

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

Keterangan :

- P = beban (kg)
- D = diameter indentor (mm)
- d = lebar indentasi (mm)

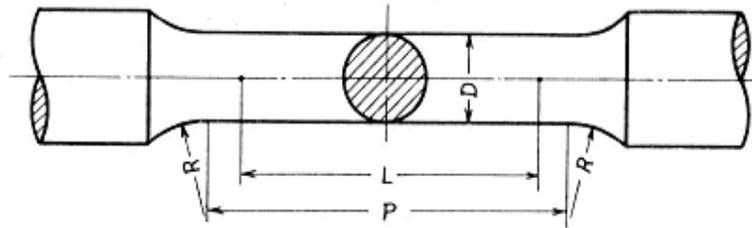


Gambar 3.7. Alat pengujian kekerasan: (a) mesin uji kekerasan metode Brinell Hoytom; (b) *measuring microscope*.

III.3.7 Pengujian Kekuatan Tarik

Sampel untuk pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan mengambil cairan aluminium dari *furnace* LPDC sebelum proses pengecoran dan 4 jam setelahnya, menggunakan cetakan *ingot*. Kemudian hasil dari pengecoran menggunakan cetakan *ingot* dibagi menjadi 3 bagian, masing – masing bagian

dibubut membentuk sampel uji tarik sesuai dengan standar uji tarik ASTM E-8 seperti Gambar 3.8 dibawah ini.



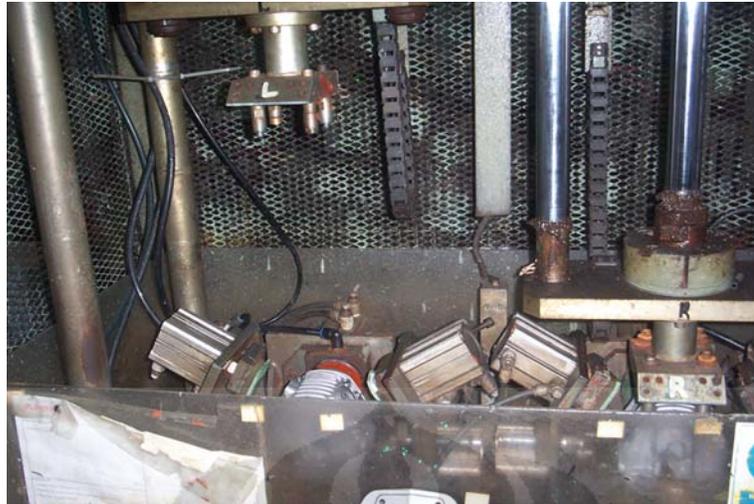
Gauge length	$L = 50 \text{ mm}$
Length of parallel portion	$P = \text{approx. } 60 \text{ mm}$
Diameter	$D = 14 \text{ mm}$
Radius of shoulder	$R = 15 \text{ mm or more}$

Gambar 3.8. Standar sampel uji tarik ASTM E – 8.

Proses pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan mesin tarik Shimadzu dengan beban sebesar 200 kg dengan masing masing parameter diuji sebanyak 3 sampel.

III.3.8 Pengujian Kebocoran

Pengujian bocor dilakukan langsung pada *cylinder head*. Setelah proses pengecoran selesai dilakukan proses penghancuran pasir inti. Kemudian *cylinder head* harus melalui proses *machining* sebelum dilakukan pengujian bocor. Proses pengujian bocor dilakukan dengan menutup semua lubang *cylinder head* kemudian diberi tekanan $\pm 50 \text{ kpa}$ melalui lubang *stud bolt*. Jika ada cacat bocor pada *cylinder head* maka pada indikator tekanan terjadi penurunan yang cukup drastis. Untuk mengetahui pada bagian mana cacat bocor terjadi biasanya pemberian tekanan dilakukan di dalam air. Sehingga jika pada bagian tertentu terjadi bocor maka akan keluar gelembung udara. Umumnya kebocoran pada *cylinder head* terjadi pada bagian tebal yang mengalami *shrinkage* pada proses pembekuan logam. Mesin untuk pengujian pengujian bocor dapat dilihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Mesin Pengujian Kebocoran *Cylinder Head*.

