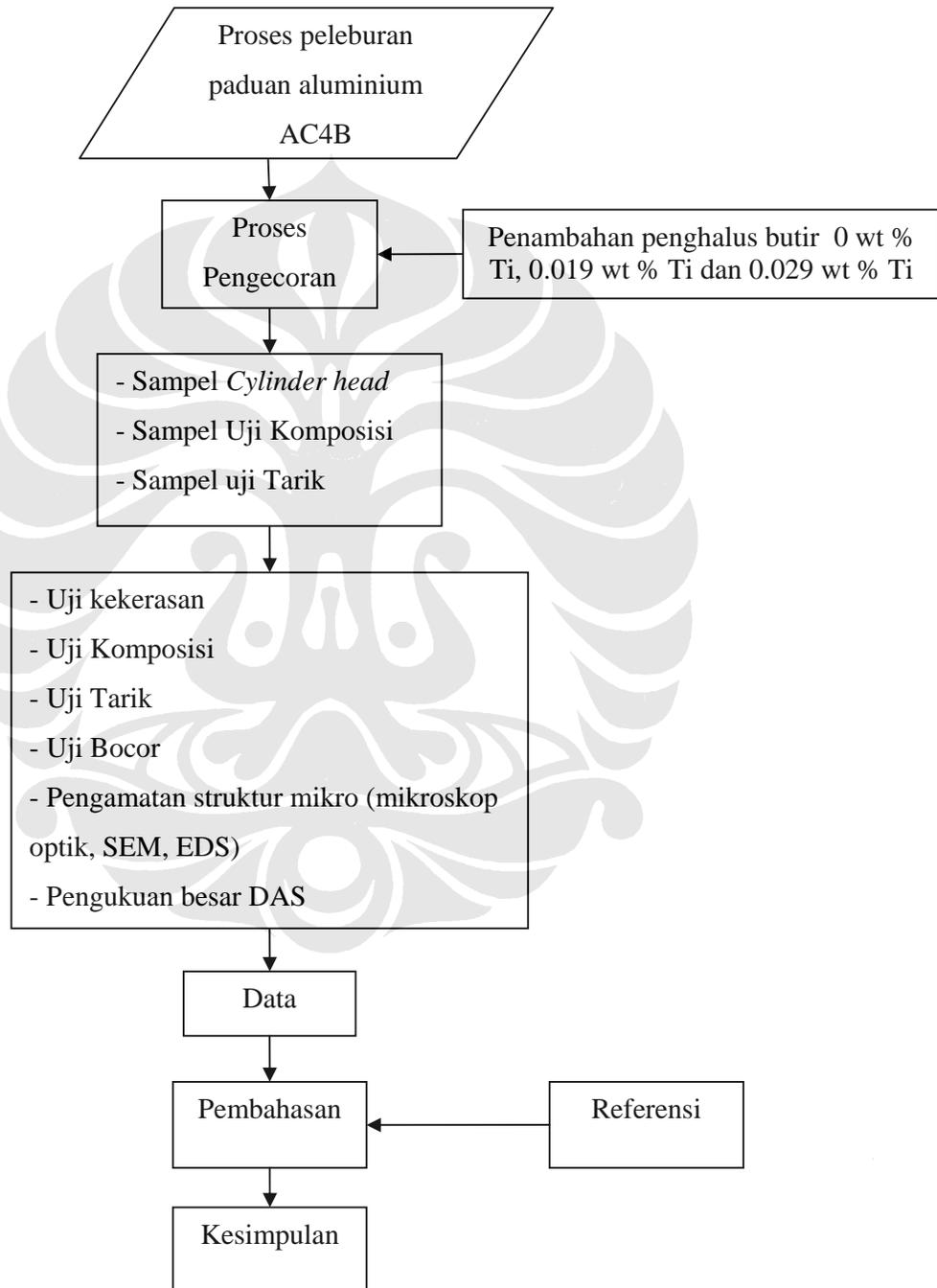


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 PERALATAN DAN BAHAN

3.2.1 Peralatan

Peralatan yang digunakan saat pembuatan sampel dan pengujian yaitu sebagai berikut :

1. Dapur *reverberatory* (Fceco)
 - Kapasitas hingga 500 kg
 - Temperatur peleburan hingga 810 °C
2. Mesin GBF (Ostek)
 - Kapasitas hingga 500 kg
 - Temperatur operasi hingga 780 °C
 - Kecepatan rotor 350 – 400 rpm
 - Debit argon hingga 8-12 liter/menit selama 8 menit
3. Mesin *Low Pressure Die Casting* beserta *dies*-nya (Osaka Giken)

Dapur induksi (*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 256 ± 6 kPa
- Waktu tekan 170 – 180 detik

4. *Ladel* Bentone
5. Alat timbangan digital
6. *Forklift*
7. Alat pemotong abrasif (gergaji mesin) Heiwa
8. Mesin spektrometer (Shimadzu)
9. Alat uji kekerasan Brinell (Hoytom) + mikroskop pengukur (Nikon)
10. Mesin *compression mounting* Struers LaboPress – 1
11. Mesin amplas (Buehler)
12. Mesin poles (Ecomet)
13. Mikroskop optik (Laborlux)
14. Kamera Mikroskop optik (Olympus)
15. Alat SEM/EDS (LEO 420i)

16. *Thermocouple*
17. Tang penjepit
18. Palu
19. Marker
20. Masker
21. Sarung tangan
22. Cetakan untuk pembuatan sample uji tarik
23. Cetakan untuk pembuatan uji spektrometer
24. Alat *machining*
25. Kamera Digital
26. Spidol permanen
27. Penggaris

3.2.2 Bahan

Bahan-bahan habis pakai yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

1. Ingot paduan aluminium tuang AC4B
2. Flux Titanium (Coveral GR 2815)
3. Flux merk Coveral 1111
4. Kertas amplas (grit 120 – 1500), kain poles, zat poles alumina
5. Isoplast, resin dan hardener (mounting)
6. Zat etsa 0.5% HF dan etsa reagent Tucker (15 ml HNO₃, 45 ml HCl (48 %), 12 ml HF, aquades)

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1 Proses Peleburan dan Pengecoran

Pada penelitian ini, semua kegiatan meliputi peleburan, pengecoran dan preparasi sampel uji dilakukan di PT.X. Di PT.X ini terdapat dapur peleburan *reverberatory* dengan kapasitas maksimum ± 1500 kg, material yang dilebur ini berupa ingot AC4B sebanyak 60 % dan *return scrap* sebanyak 40 %, *return scrap* ini berasal dari hasil *reject cylinder head* ataupun dari *gating cylinder head*.

Setelah aluminium melebur pada temperatur 786 °C, kemudian dimasukkan *cover flux* dengan merek dagang Coveral 1111, *cover flux* ini berperan sebagai *slag coagulant* atau pengikat kotoran yang ada atau ikut terlarut di dalam aluminium cair, untuk kemudian kotoran (*slag*) tersebut diangkat ke *dross layer* yang terdapat di permukaan aluminium cair, untuk nantinya dilakukan proses pengangkatan kotoran (*desludging*). *Cover flux* ini juga dapat berfungsi sebagai *cleaning flux*.

Kemudian aluminium dituang ke dalam *ladle transport* yang sebelumnya telah di *preheating* hingga suhu 325 °C selama 15 menit dan ditimbang sesuai kebutuhan. Penimbangan ini dilakukan untuk mengestimasi berapa flux titanium yang dibutuhkan untuk proses ini sesuai dengan variabel yang akan diteliti. Setelah ditimbang kemudian *ladle transport* diletakkan pada mesin GBF (Gambar 3.1 a), sebelum dilakukan GBF, flux titanium di ditaburkan pada aluminium cair. Hal ini dilakukan agar titanium dapat tercampur rata dengan aluminium cair. Pada proses GBF ini, aluminium cair diaduk sambil ditiupkan gas argon dengan menggunakan pipa yang dicelupkan ke dalam aluminium cair dengan debit 8 – 12 liter per menit dan kecepatan rotor 350 – 400 rpm yang berlangsung selama 8 menit. Proses GBF ini bertujuan untuk mengurangi kandungan gas hidrogen yang terdapat dalam aluminium cair, pada proses ini juga dilakukan pengecekan temperatur dan kelembaban.

Setelah proses GBF selesai, kemudian *ladle transport* diangkut menggunakan forklift menuju *holding furnace* (Gambar 3.1 b) dan kemudian dituang. Setelah aluminium cair pada *ladle transport* habis kemudian dilakukan pengambilan sampel yaitu sampel uji komposisi dan sampel uji tarik. Setelah selesai pengambilan sampel kemudian dilakukan pengecekan temperatur aluminium cair dalam *holding furnace* lalu tutup pintu *holding furnace* hingga rapat. Sebelum dilakukan pengecoran, dies dipanaskan terlebih dahulu sambil menunggu temperatur pada *holding furnace* mencapai 700 °C selama 45 menit.

Setelah preparasi mesin *low pressure die casting* selesai, maka siap untuk dilakukan pengecoran *cylinder head*. Pada tahap pertama dilakukan pengecoran tanpa penambahan Titanium hingga 40 kali *inject* atau 80 sampel *cylinder head*. Kemudian dilakukan pengecoran dengan penambahan 0.019 wt.% Ti dengan

proses yang sama dan dilanjutkan dengan penambahan 0.08 wt % Ti dengan proses yang sama pula.



Gambar 3.1 (a) GBF; (b) *Holding Furnace*

Sebelum melakukan proses peleburan dan pengecoran aluminium, dilakukan penghitungan banyaknya material yang akan diumpun ke dalam dapur, dengan asumsi bahwa material penghalus butir Coveral GR – 2815 yang digunakan mengandung kadar titanium sebesar 30 wt %. Berikut adalah perhitungan *material balancenya*, dengan variabel penambahan penghalus butir dengan kadar 0.019 wt % Ti dan 0.029 wt % Ti merupakan penelitian yang terpisah.

Spesifikasi Berat Sampel Pengujian

- | | |
|--|------------|
| 1. <i>Cylinder head</i> (per inject / 2 pcs) | = 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 kadar 0.02 wt% Ti

$$\frac{100}{30} \times 0.02 \text{ wt\% Ti} = 0.066\%$$

Banyaknya serbuk penghalus butir yang ditambahkan adalah :

$0.067\% \times \text{berat aluminium cair}$

$$0.067\% \times 446.35 \text{ kg} = 299 \text{ g}$$

2. Untuk kadar 0.03 wt% Ti

$$\frac{100}{30} \times 0.03 \text{ wt\% Ti} = 0.1\%$$

Banyaknya serbuk penghalus butir yang ditambahkan adalah :

$0.1\% \times \text{berat aluminium cair}$

$$0.1\% \times 453.2 \text{ kg} = 453.2 \text{ g}$$

Perhitungan *material balancenya* adalah sebagai berikut :

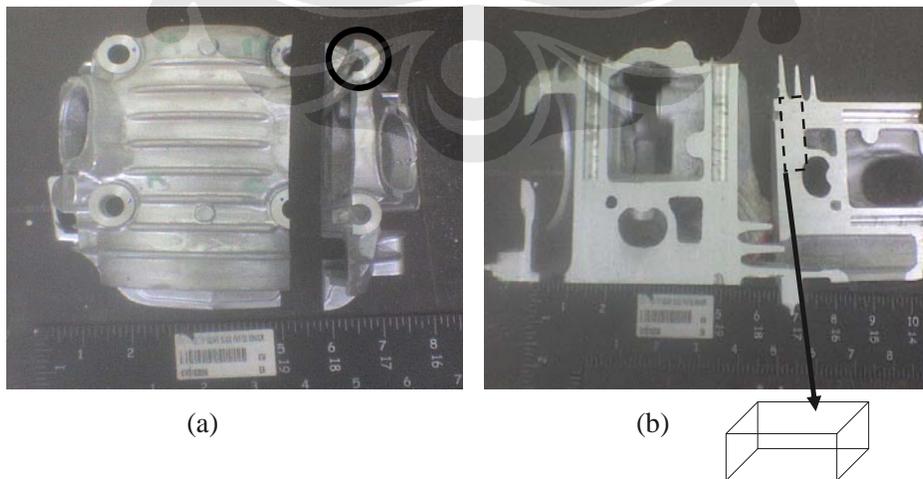
Input (Tanpa penambahan titanium)		450 kg
Penambahan flux Titanium		0 g
Output (variable tanpa penambahan Ti)		
<i>Cylinder head</i>	37 x 3.5 kg	= 129.5 kg
Sampel Uji Komposisi	2 x 0.075 kg	= 0.15 kg
Sampel Uji Tarik	2 x 5 kg	= 10 kg
	Total	= 139.65 kg
Sisa logam cair	450 kg – 139.65 kg	= 310.35 kg
Input (variable 0.02 wt% Ti)	310.35 kg + 136 kg	= 446.35 kg
Penambahan flux Titanium	446.35 kg x 0.066%	= 300 g
Output (variable 0.02 wt% Ti)		
<i>Cylinder head</i>	42 x 3.5 kg	= 147 kg
Sampel Uji Komposisi	2 x 0.075 kg	= 0.15 kg
Sampel Uji Tarik	2 x 5 kg	= 10 kg
	Total	= 157.15 kg
Sisa logam cair	446.35 kg – 157.15 kg	= 289.2 kg
Input (variable 0.03 wt% Ti)	289.2 kg + 164 kg	= 453.2 kg
Penambahan flux Titanium	453.2 kg x 0.1 %	= 455 g

Output (variable 0.03 wt% Ti)

<i>Cylinder head</i>	43 x 3.5 kg	= 150.5 kg
Sampel Uji Komposisi	2 x 0.075 kg	= 0.15 kg
Sampel Uji Tarik	2 x 5 kg	= 10 kg
		Total = 160.65 kg
Sisa logam cair	453.2 kg – 160.65	= 292.55 kg

3.3.2 Proses Preparasi Sampel

Sebelum dilakukan pengujian, sampel yang telah dibuat harus dipreparasi terlebih dahulu sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Untuk pengujian tarik sampel yang telah didapat kemudian dibubut dan dibentuk sesuai dengan standar ASTM E-8. Begitu juga dengan sampel uji komposisi harus dilakukan pembubutan hingga halus agar dapat terdeteksi oleh mesin spektrometer. Sedangkan untuk sampel uji kekerasan dan sampel struktur mikro diambil dari komponen *cylinder head* yang dipotong dengan alat pemotong abrasif (gambar 3.2 c) pada bagian tebal dan bagian tipisnya. Untuk uji bocor sebelumnya harus di *machining* terlebih dahulu yang juga dilakukan di PT.X. Untuk sampel struktur mikro, setelah dilakukan pemotongan (Gambar 3.2 a dan b) kemudian dilakukan preparasi sampel metalografi.





(c)

Gambar 3.2 Penempatan pengambilan sampel dari *cylinder head* (a) bagian tipis (b) bagian tebal (c) Alat pemotong abrasif

3.3.3 Proses Pengujian

3.3.3.1 Pengujian Komposisi Kimia

Sampel uji komposisi diambil dari hasil pengecoran dengan cetakan yang telah disediakan (Gambar 3.3 a). Kemudian pengujian komposisi kimia ini dilakukan dengan alat spektrometer yang terdapat di PT.X. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia paduan aluminium tuang AC4B dan membandingkannya apakah komposisi paduan aluminium tuang AC4B sesuai dengan standar, serta untuk mengetahui apakah penambahan penghalus butir titanium telah sesuai target. Sampel uji komposisi (Gambar 3.3 b) ditembak sebanyak 2 kali untuk tiap sampel dan masing-masing 1 sampel untuk tiap variabel penambahan komposisi titanium. Sebelum dilakukan pengujian komposisi, sampel terlebih dahulu diratakan dengan mesin bubut, ini bertujuan agar dihasilkan data uji komposisi yang akurat.



(a)



(b)

Gambar 3.3 (a) Penuangan aluminium pada cetakan uji komposisi, (b) sampel uji komposisi

3.3.3.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan ini dilakukan berdasarkan standar ASTM E 10 (*Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*) yaitu mengenai pengujian kekerasan dengan Brinell dengan satuan BHN. Dalam pengujian ini digunakan beban 31.25 kg dan diameter indentor 3.15 mm. Sampel yang telah disiapkan kemudian diujikan menggunakan mesin penjejak dengan merek Hoitom (Gambar 3.4a). Dari hasil penjejakan tersebut didapat hasil indentasi pada sampel aluminium berupa bulatan, kemudian hasil jejak tadi diukur diameter dengan menggunakan *measuring microscope* (Gambar 3.4b). Setelah didapat besar diameter jejaknya kemudian dikonversikan menjadi nilai BHN dengan memasukkan kedalam rumus 3.1.

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

Dimana

P = Beban yang diberikan (kg)

D = Diameter indentor (mm)

d = Diameter hasil penjejakan (mm)



(a)

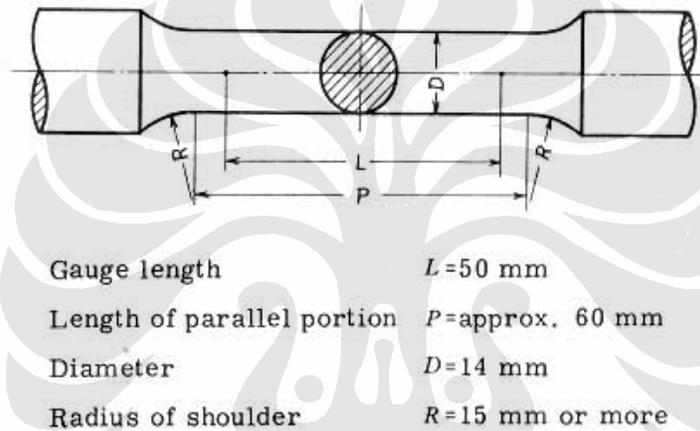


(b)

Gambar 3.4 (a) mesin uji kekerasan metode Brinell (b) *measuring microscope*

3.3.3.3 Pengujian Tarik

Untuk membuat sampel uji tarik dilakukan pengecoran pada cetakan uji tarik pada masing-masing variabel penambahan titanium sebanyak tiga batang (Gambar 3.5c). Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan alat uji tarik Shimadzu (Gambar 3.5b) pada Laboratorium Metalurgi Fisik Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dan elongasi dari paduan aluminium AC4B sebelum dan sesudah penambahan titanium. Pengujian ini berdasarkan standar ASTM E8 (Gambar3.5a) dengan menggunakan mesin uji tarik Shimadzu.



(a)



(b)



(c)

Gambar 3.5 (a) Standar sampel uji tarik ASTM E – 8 ; (b) Mesin uji tarik Shimadzu ;
(c) sampel uji tarik

3.3.3.4 Pengujian Bocor

Pengujian bocor ini dilakukan setelah proses *machining*. Dilakukan pengujian ini adalah untuk menguji kelayakan dari *cylinder head* tersebut yaitu dengan mengecek komponen tersebut dengan memberikan tekanan udara pada komponen *cylinder head* yang sebelumnya sudah di *machining*. Proses *machining* itu sendiri diantaranya *tapping centre* yaitu untuk membuat lubang pada bagian atas, bawah, dan bagian samping kemudian *rotary milling* yaitu meratakan bagian bawah dan juga *cam boring* yaitu membuat lubang *cam shaft* dan yang terakhir membuat lubang saluran oli. Setelah semua proses ini selesai kemudian *cylinder head* dimasukkan kedalam alat uji bocor (Gambar 3.6).. Di dalam alat ini lubang-lubang pada *cylinder head* ini ditutup dan kemudian diberikan tekanan udara. Prinsip dari pengujian bocor ini sendiri yaitu dengan memberikan tekanan udara pada *cylinder head* dengan parameternya adalah besarnya tekanan udara yang diberikan. Apabila tekanan udara melebihi dari yang ditentukan berarti terjadi kebocoran pada *cylinder head* tersebut. Kebocoran itu sendiri tidak dapat dilihat dengan mata, untuk dapat melihatnya dilakukan pencelupan dalam air. Pada saat pemberian tekanan udara dan diketahui terjadi kebocoran kemudian *cylinder head* tersebut dicelupkan ke air jika terdapat gelembung-gelembung udara yang keluar maka tempat keluarnya gelembung udara itulah yang bocor..



Gambar 3.6 Alat uji bocor

3.3.3.5 Pengujian Strukturmikro

Pengamatan strukturmikro dilakukan dengan bantuan alat mikroskop optik dan alat SEM/EDS yang ada di Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia. Pengujian dengan alat mikroskop optik ini dimaksudkan untuk melihat karakteristik fasa-fasa yang terbentuk dan juga melihat serta mengukur besar dendrit yang terbentuk karena pengaruh penambahan titanium sedangkan untuk mengetahui fasa-fasa dan komposisi apa saja yang terbentuk dalam fasa tersebut dilakukan dengan alat SEM (*Scanning Electron Microscope*) dan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*). Sampel uji yang ingin diamati adalah bagian tipis dan bagian tebal pada *cylinder head*. Hal ini dilakukan untuk mengamati ukuran DAS yang dihasilkan oleh masing-masing variabel, karena untuk bagian yang tebal mengalami pendinginan lambat sedangkan pada bagian tipis mengalami pendinginan cepat sehingga ukuran DAS yang dihasilkan akan berbeda.

Sebelum diamati dibawah mikroskop optik, sampel *cylinder head* dipotong, kemudian hasil potongan di *mounting* dan selanjutnya diampelas dan dipoles pada mesin ampelas dan mesin poles (Gambar 3.7). Proses pengampelasan dimulai dari grit yang paling rendah yaitu grit 200 hingga grit paling tinggi yaitu 1500, sedangkan untuk zat poles menggunakan alumina. Setelah dihasilkan permukaan yang mengkilat seperti cermin dan bebas goresan selanjutnya dilakukan etsa. Etsa yang digunakan ada dua macam yaitu 0.5 % HF dan etsa Tucker yaitu dengan komposisi zat kimia 15 ml HNO₃, 45 ml HCl (48%), 12 ml HF, dan aquades. Untuk etsa HF digunakan untuk melihat bentuk fasa-fasa yang terbentuk sedangkan etsa Tucker untuk melihat bentuk dan ukuran dendrit yang terbentuk pada *cylinder head*.



Gambar 3.7. (a) Alat *Compression Mounting*, (b) Alat ampelas dan poles

Setelah dietsa sampel siap di dilihat mikrostrukturnya. Pengamatan mikrostruktur ini dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik Olympus (Gambar 3.8a) yang dilengkapi kamera untuk melihat karakteristik fasa-fasa yang terbentuk.

Pengamatan struktur mikro juga dilakukan dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) LEO 420i (Gambar 3.8b) voltase 300 – 30 kV dan *working distance* 5 – 15 mm yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS).

Adapun mode pengamatan pada SEM ini yaitu:

1. Pengamatan foto Mikrostruktur
2. Pengamatan mode *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS)



Gambar 3.8 (a) Mikroskop Optik, (b) SEM