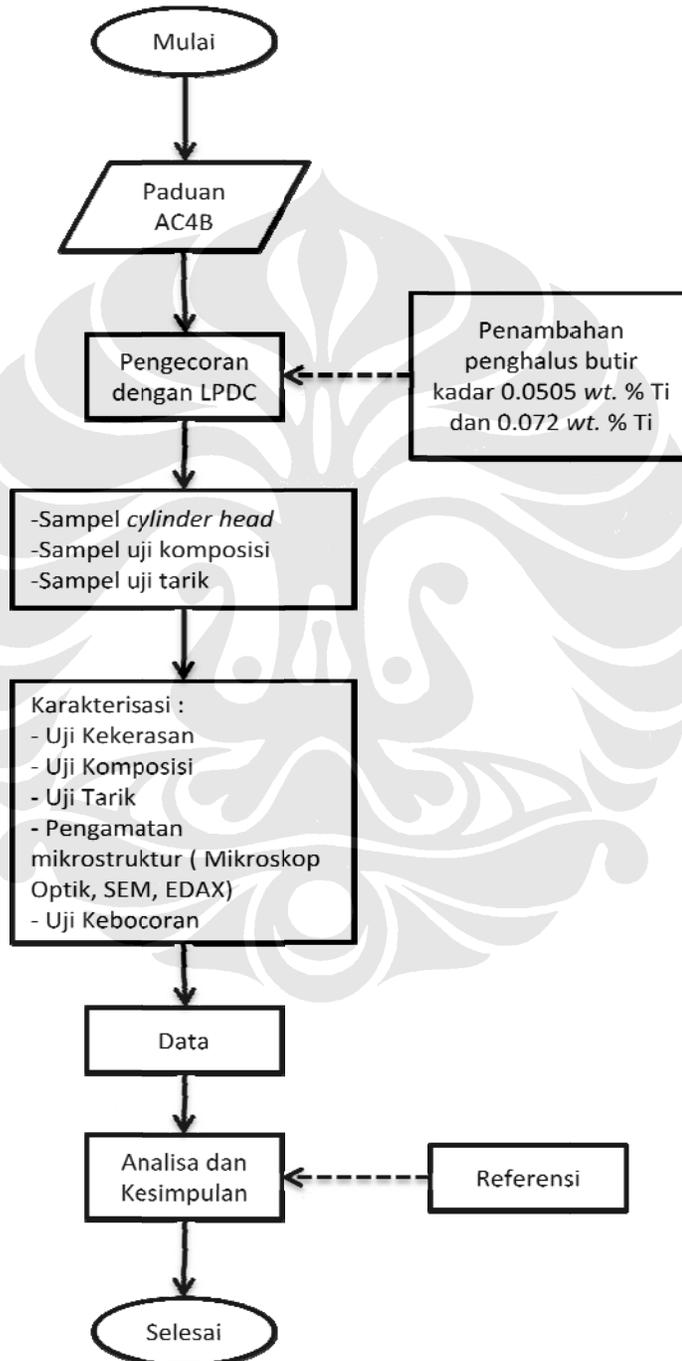


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1. DIAGRAM ALIR PENELITIAN



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2. PERALATAN DAN BAHAN

3.2.1. 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 hingga 8 – 12 liter/menit
- Lama proses *degassing* selama 8 menit

3. Mesin LPDC dengan dilengkapi dapur tahanan Osaka Giken.

Dapur induksi (*holding furnace*):

- Temperatur aluminium cair 710 ± 10 °C
- Kapasitas hingga 500 kg

Mesin *inject* (LPDC):

- Temperatur *lower dies* 375 ± 75 °C
- Temperatur *upper dies* 250 ± 75 °C
- Tekanan *dies* 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

3.2.2. Bahan

Pada penelitian ini, digunakan bahan-bahan sebagai berikut:

1. Ingot paduan aluminium Al9Si2Cu (AC4B)
2. Penghalus butir merk *Coveral GR 2815* dalam bentuk flux
3. Flux merk Coveral 1111
4. Kertas amplas (mesh 120 – mesh 2000)
5. Kain beludru (kain poles)
6. Zat poles Alumina
7. Zat etsa (HF 5 vol%) dan Reagen Tucker (45 ml HCl + 15 ml HNO₃ + 15 ml HF (48%) + 25 ml H₂O)

3.3. PROSES PEMBUATAN SAMPEL

3.3.1. Penghitungan *Material Balance*

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 0.018 wt % Ti dan 0.027 wt% Ti merupakan penelitian yang terpisah.

Spesifikasi Berat Sampel Pengujian

1. *Cylinder head* (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 0.036 wt% Ti

$$\frac{100}{30} \times 0.036 \text{ wt\% Ti} = 0.12 \%$$

Banyaknya serbuk penghalus butir yang ditambahkan adalah :

$$0.12 \% \times \text{berat logam cair}$$

$$0.12 \% \times 492.15 \text{ kg} = 590.58 \text{ g}$$

2. Untuk 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 balancenya* adalah sebagai berikut :

Input (variabel 0.018 wt. % Ti) **208 kg + 217 kg** = **425 kg**

Penambahan penghalus butir aktual **120 g + 150 g** = 270 g

Output (variabel 0.018 wt. % Ti)

Cylinder head 40 *inject* 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)

Cylinder head 40 *inject* 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	492.15kg – 139.65 kg	= 352.5 kg
Input (variabel 0.045 wt. % Ti)	352.5 kg + 133 kg	= 485.5 kg
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 <i>inject</i> 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

3.3.2. Proses Pengecoran

Peleburan logam aluminium AC4B dilakukan di dapur peleburan *reverberatory furnace* FCECO dengan kapasitas \pm 500 kg dan temperatur proses \pm 810 °C. Material yang dilebur terdiri dari ingot sebanyak 60% dan *return scrap* sebesar 40 %. *Return scrap* ini berasal dari hasil *reject cylinder head* ataupun dari *gating cylinder head*.

Setelah aluminium selesai dilebur, dimasukkan *cover flux* Coveral 1111, *cover flux* ini berperan sebagai *slag coagulant* atau pengikat kotoran yang ikut terlarut di dalam aluminium cair, kemudian kotoran (*slag*) tersebut diangkat ke

terak yang terdapat di permukaan aluminium cair, untuk nantinya dilakukan proses pengangkatan kotoran (*disludging*). *Cover flux* ini juga dapat berfungsi sebagai *cleaning flux*.

Aluminium cair kemudian dituang ke dalam ladle yang telah dilakukan *preheating* dengan temperatur 325 °C selama 15 menit. Ladle yang telah berisi aluminium cair kemudian ditimbang untuk mengetahui banyaknya aluminium cair di dalam ladle. Setelah diketahui banyaknya aluminium dalam ladle, dilakukan perhitungan untuk mengukur banyaknya serbuk penghalus butir titanium yang dibutuhkan untuk proses ini sesuai dengan variabel yang akan diteliti.

Kemudian ladle yang berisi aluminium cair dibawa ke GBF (*Gas Bubbling Floatation*) (Gambar 3.2a) untuk dilakukan proses *degassing*. Penghalus butir ditaburkan ke dalam ladle, kemudian dilakukan *degassing* dengan menggunakan gas argon dengan debit 8 – 12 liter per menit dan kecepatan putaran 300 – 400 rpm. Penghalus butir ditaburkan sebelum *degassing* agar tercampur rata pada logam cair. Penghalus butir yang ditambahkan dlebihkan dari perhitungan, hal ini disebabkan penghalus butir yang disiapkan dimasukkan dalam satuan 10 g, 25 g dan 50 g. Pada proses GBF ini, aluminium cair diaduk sambil ditiupkan gas argon dengan menggunakan pipa yang dicelupkan ke dalam aluminium cair. Proses GBF ini bertujuan untuk mengurangi kandungan gas hidrogen yang terdapat dalam aluminium cair, selain itu juga dilakukan pengecekan temperatur dan kelembapan. Proses GBF ini berlangsung selama 8 menit.

Setelah proses *degassing*, temperatur logam cair menurun menjadi sekitar 760 °C. Lalu, ladle yang berisi aluminium cair dituangkan ke *holding furnace* yang berada di bagian bawah mesin LPDC (Gambar 3.2b) dengan menggunakan *forklift*. Pada *holding furnace*, dilakukan proses *skimming* yaitu proses pengangkatan terak yang ada pada permukaan aluminium. Setelah ladle selesai dituang, dari *holding furnace* diambil sedikit aluminium cair untuk dituangkan ke *dies* spektrometri dan *dies* ingot. *Dies* ingot ini nantinya akan dibubut untuk dijadikan sampel pengujian tarik.

Sebelum dilakukan pengecoran, *dies* pada *holding furnace* dilakukan *preheating* terlebih dahulu selama ± 40 menit agar tidak terjadi *thermal shock*. Kemudian setelah *dies* panas, dilakukan *trial* pengecoran sebanyak 2 injeksi.

Cylinder head yang dihasilkan dari *trial* ini kemudian dilebur kembali. Setiap 13 kali injeksi, dilakukan penambahan tekanan sebesar 13 bar. Hal ini dimaksudkan agar kecepatan aliran logam tidak turun dikarenakan berkurangnya logam cair pada *holding furnace*.



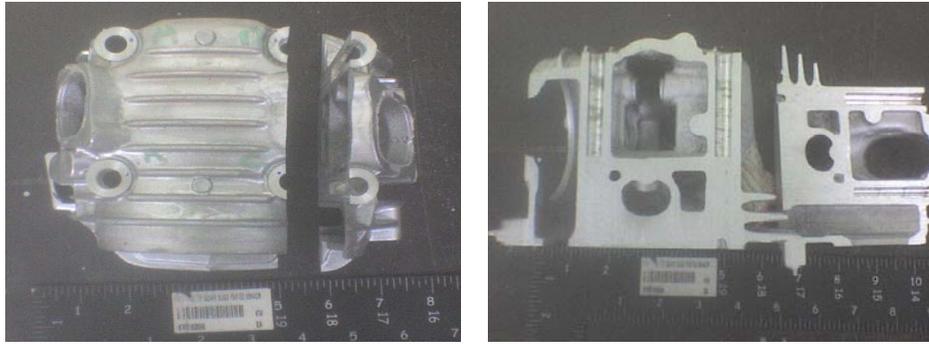
Gambar 3.2. a) GBF(Gas Bubbling Floatation); b) Mesin LPDC(Low Pressure Die Casting) dan Holding Furnace

3.3.3. Proses Preparasi Sampel

Setelah proses pengecoran, *cylinder head* dilakukan proses permesinan. Tahapan ini diperlukan untuk mendapatkan permukaan sampel yang rata sehingga tidak mengganggu proses pengujian kekerasan. Pada pengujian sampel uji tarik, juga dilakukan proses permesinan agar pengukuran menjadi akurat.

Sampel untuk pengamatan mikrostruktur dibuat dengan memotong *cylinder head* pada bagian yang tipis dengan menggunakan mesin pemotong abrasif Heiwa dan dipotong pada bagian *stud bolt* bagian kanan atas (Gambar 3.3a). Pada bagian yang tebal diambil sampel dengan memotong menjadi balok dengan dimensi $2 \times 2 \times 1 \text{ cm}^3$ (Gambar 3.3b).

Tujuan pengambilan sampel pada bagian tebal dan adalah untuk mengetahui pengaruh penghalus butir pada bagian yang memiliki kecepatan pembekuan yang rendah, sedangkan pada bagian yang tipis bertujuan untuk mengetahui pengaruh penghalus butir pada bagian yang memiliki kecepatan pembekuan tinggi. Bagian yang tipis akan membeku lebih cepat dari bagian tebal.



(b)

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 pengamplasan dengan menggunakan mesin amplas (Gambar 3.4b) dimulai dari kertas amplas dengan ukuran *mesh* 200 hingga *mesh* 1500. Sampel kemudian dipoles dengan menggunakan mesin poles dengan menggunakan zat poles alumina (Al_2O_3) dan kain beludru hingga didapatkan permukaan yang mengkilap dan bebas dari goresan (*mirror finishing*).



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

Sampel kemudian di etsa dengan menggunakan zat etsa HF 5% selama 8 detik untuk melihat fasa yang ada dan kemudian di etsa kembali menggunakan Reagen Tucker selama 8 detik untuk melihat dengan jelas struktur dendrit dan DAS (*Dendrit Arm Spacing*)nya. Reagen Tucker merupakan zat etsa yang dibuat dari 45 ml HCl + 15 ml HNO₃ + 15 ml HF (48%) + 25 ml H₂O.

3.4. TAHAP PENGUJIAN

3.4.1. Pengujian Komposisi Kimia

Sampel pengujian komposisi diambil dari aluminium cair yang dituang pada *dies* untuk pengujian spektrometri. Setelah membeku, sampel diambil dan dibubut terlebih dahulu sampai permukaannya rata agar pengujian dapat berjalan dengan baik. Proses pengujian dilakukan beberapa kali agar diperoleh data yang dapat mewakili komposisi dari sampel pengujian tersebut. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui komposisi paduan dibandingkan dengan standar AC4B dan membandingkan kadar titanium pada logam dengan kadar titanium pada perhitungan *material balance*. Pada Gambar 3.5(a) ditunjukkan mengenai proses penuangan aluminium pada cetakan uji komposisi, dan pada Gambar 3.5(b) ditunjukkan sampel pengujian komposisi kimia.



Gambar 3.5. (a)Penuangan aluminium pada cetakan uji komposisi; (b)Sampel uji komposisi kimia

3.4.2. Pengamatan Mikrostruktur

Pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik + kamera Olympus (Gambar 3.6a) untuk mengamati fasa yang ada dan struktur dendrit pada bagian yang tebal dan bagian yang tipis. Pengamatan ini juga bertujuan untuk mengamati pengaruh penambahan penghalus butir terhadap nilai *Dendrite Arm Spacing* untuk sampel tebal dan sampel tipis, dimana pada sampel tebal pendinginan berlangsung lambat, dan pada sampel tipis pendinginan berlangsung dengan cepat, sehingga ukuran DASnya pun berbeda.

Pengukuran nilai DAS dilakukan dengan mengukur jarak dari lengan dendrit pada daerah mikrostruktur yang representatif dengan memfoto menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200 kali. Pengamatan mikrostruktur juga dilakukan dengan menggunakan 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 Al₃Ti untuk membuktikan bahwa terdapat unsur Ti di penghalus butir dan di dalam logam aluminium.



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

3.4.3. Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui hubungan antara penambahan penghalus butir dengan nilai kekerasan aluminium serta membandingkan kekerasan pada bagian tebal yang mengalami pembekuan lambat dengan bagian tipis yang mengalami pembekuan cepat. Pengujian 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 penjejakan di lima titik berbeda pada sampel selama 15 detik. Penjejakan ini menggunakan mesin uji kekerasan Hoytom (Gambar 3.7a) dengan indentornya terbuat dari bola baja berdiameter 3.15 mm dan beban 31.25 kg.

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

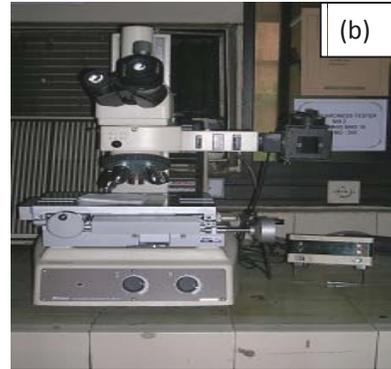
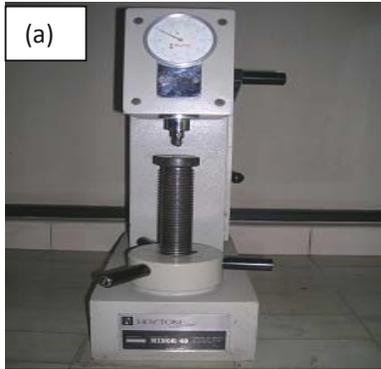
$$BHN = \frac{2 \times P}{(\pi \times D) \left(D - \sqrt{D^2 - d^2} \right)} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

P = beban (kg)

d = lebar indentasi (mm)

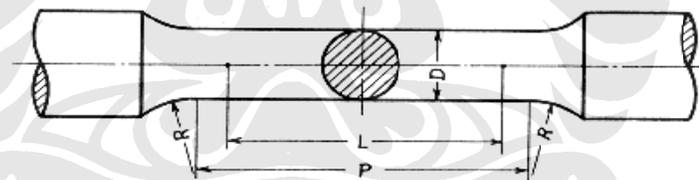
D = diameter indenter (mm)



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

3.4.4. Pengujian Kekuatan Tarik

Sampel untuk pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan mengambil cairan aluminium dari furnace LPDC, kemudian dimasukkan ke cetakan ingot. Ingot ini kemudian dibubut sesuai dengan standar uji tarik ASTM E-8 seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.8. Proses pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan mesin tarik Shimadzu dengan beban sebesar 500 kg dengan masing masing parameter diuji sebanyak 3 sampel.



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

3.4.5. Pengujian Kebocoran

Preparasi sampel *cylinder head* perlu dilakukan sebelum dilakukan pengujian bocor yaitu dengan dilakukan proses permesinan. Proses permesinan ini diantaranya adalah *chipping* yaitu proses penghancuran pasir inti, *cutting gate* yaitu pemotongan saluran tuang, yang dapat dijadikan bahan baku untuk peleburan selanjutnya. Kemudian dilakukan proses *trimming* yang bertujuan

untuk membersihkan *cylinder head* dari deposit logam hasil pemotongan saluran tuang, dan kemudian dilanjutkan ke proses penghalusan permukaan.

Setelah semua proses permesinan dilalui, maka kemudian dilakukan pengujian kebocoran untuk mengetahui adanya kebocoran pada *cylinder head* seperti diperlihatkan oleh Gambar 3.9.



Gambar 3.9. Pengujian kebocoran pada *cylinder head*

Pertama lubang pada *cylinder head* ditutup terlebih dahulu untuk mencegah udara yang keluar. Kemudian setelah itu pada bagian *stud bolt* disemburkan udara dengan tekanan 50 kPa dan dihitung menggunakan sensor berapa tekanan udaranya, apabila tekanan berkurang, artinya terdapat kebocoran pada *cylinder head*. Untuk mengetahui daerah yang mengalami kebocoran, *cylinder head* dicelupkan ke dalam air selama beberapa menit. Gelembung air yang muncul menandakan kebocoran terjadi pada daerah tersebut. *Cylinder head* yang mengalami kebocoran tersebut kemudian langsung dilebur kembali.