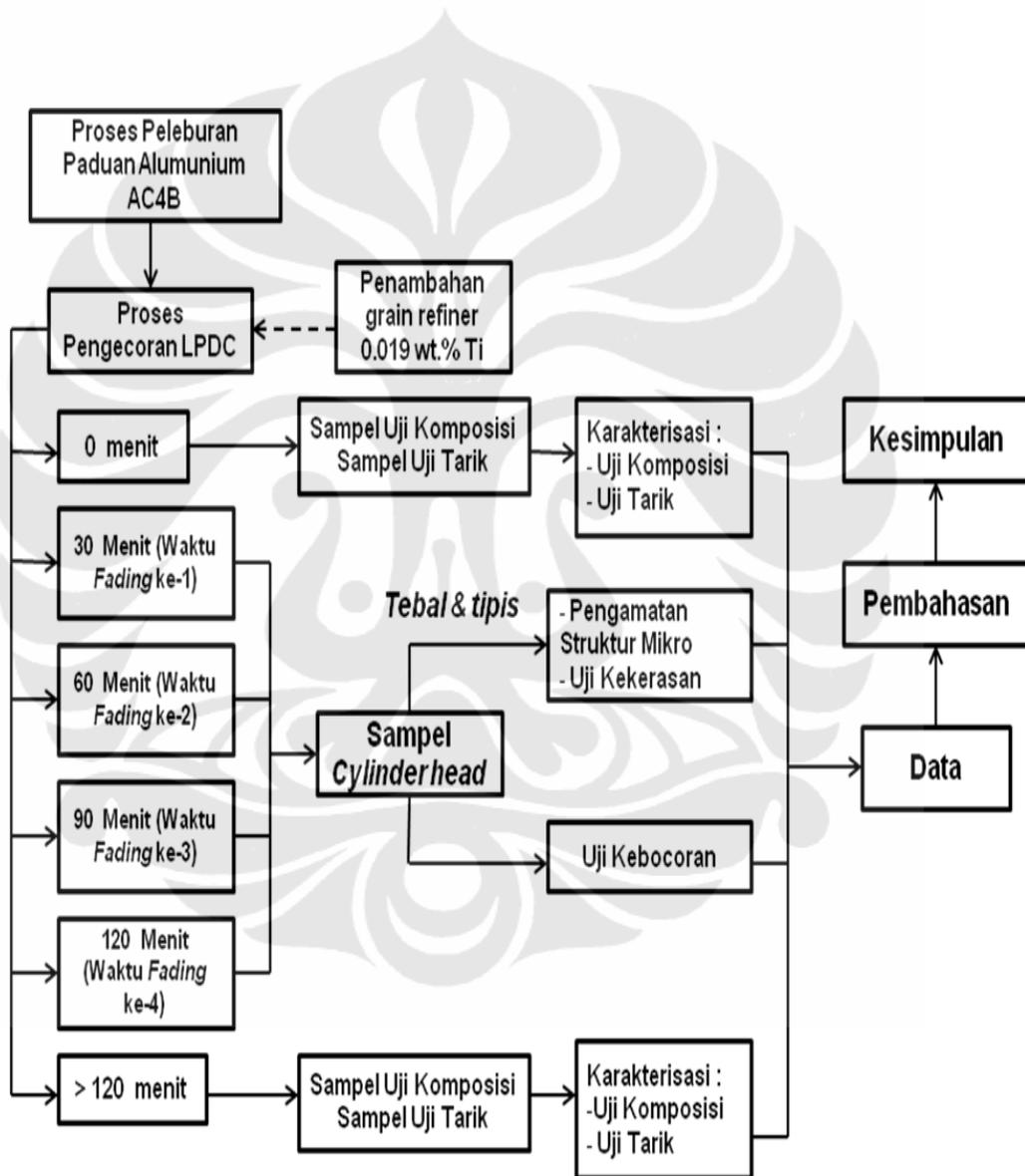


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian.

3.2 Peralatan dan Bahan

3.2.1 Peralatan

Adapun peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Dapur peleburan FCECO dengan spesifikasi:
 - Kapasitas hingga 500 kg
 - Temperatur peleburan hingga $\pm 810\text{ }^{\circ}\text{C}$
2. Alat *degassing* gas argon (*Gas Buble Flootation*) Ostek dengan spesifikasi:
 - Kapasitas hingga 500 kg
 - Temperatur operasi hingga $\pm 780\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - 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 $710 \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Kapasitas hingga 500 kg
 - Mesin *inject* (LPDC):
 - Temperatur *lower dies* $375 \pm 75\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Temperatur *upper dies* $250 \pm 75\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - Tekanan *dies* sebesar $256 \pm 6\text{ kPa}$
 - 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. *Grain refiner* 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 HNO₃ + 15 ml HCl + 15 ml HF (48%) + 25 ml H₂O).

3.3 Proses Pembuatan Sampel

3.3.1 Penghitungan *Material Balance*

Perhitungan *material balance* dilakukan sebelum proses peleburan dan pengecoran aluminium yang akan dilakukan pada tahap selanjutnya, dengan asumsi bahwa material *grain refiner* Coveral GR – 2815 yang digunakan mengandung kadar titanium sebesar 30 wt.%. Berikut adalah perhitungan *material balance* material sebelum penambahan *grain refiner* dan penambahan *grain refiner* dengan variabel 0.018 wt.% Ti

Spesifikasi Berat Masing-Masing 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 *grain refiner* 0.018 wt.% Ti adalah sebagai berikut :

$$\frac{100}{30} \times 0.018 \text{ wt \% Ti} = 0.06 \%$$

Banyaknya serbuk *grain refiner* yang ditambahkan adalah :

$$\begin{aligned} &0.06 \% \times \text{berat logam cair} \\ &0.06 \% \times 436 \text{ kg} = \mathbf{261.6 \text{ gr}} \end{aligned}$$

Perhitungan material balance :

INPUT (variabel 0 wt.% Ti)		= 450 kg
Penambahan Titanium		= 0 gr
OUTPUT (variabel 0 wt.% Ti)		
Cylinder head : 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 :	450 kg – 150.15 kg	= 299.85 kg
INPUT (variabel 0.018 wt.% Ti) :	300 kg + 136 kg	= 436 kg
Penambahan Titanium :	436 kg x 0.06%	= 261.6 gr
Output (variabel 0.018 wt.% Ti)		
Cylinder head 42 <i>inject</i> 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 :	436 kg – 157.15 kg	= 278.85 kg

3.3.2 Proses Pengecoran

Peleburan logam aluminium AC4B dilakukan di dapur peleburan *reverberatory furnace* PT.X 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*.

Cover flux Coveral 1111 ditambahkan ke dalam aluminium yang telah dilebur. *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 *grain refiner* titanium yang dibutuhkan untuk proses ini sesuai dengan variabel yang akan diteliti.

Kemudian ladle tersebut dibawa menuju alat GBF (*Gas Bubbling Floation*) (Gambar 3.2a) untuk dilakukan proses *degassing*. *Grain refiner* ditaburkan sebelum *degassing* agar tercampur rata pada logam cair. 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. Kemudian ladle yang berisi aluminium cair dibawa menuju mesin LPDC dengan menggunakan *forklift* yang selanjutnya dituang ke *holding furnace* yang berada di bagian bawah mesin LPDC (Gambar 3.2b). 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* dipreheating terlebih dahulu selama ± 40 menit agar tidak terjadi *thermal shock*. Kemudian setelah *dies* panas, maka siap untuk dilakukan pengecoran *cylinder head* yang diawali dengan *trial* pengecoran sebanyak 2 injeksi.

Pada tahap pertama dilakukan pengecoran tanpa penambahan titanium (0 wt.% Ti) hingga 40 kali *inject* atau 80 sampel *cylinder head*. Kemudian dilakukan pengecoran dengan penambahan *grain refiner* 0.018 wt.% Ti hingga 40 kali *inject*, temperatur operasi ± 700 °C. Pada tahap ini, dilakukan proses pengamatan penambahan *grain refiner* terhadap efek *fading* dengan variabel waktu *fading* setiap 30 menit, dari 0 menit hingga 120 menit (30 menit, 60 menit, 90 menit dan 120 menit). Dilakukan pengambilan sampel di masing-masing

variabel waktu *fading* berupa *cylinder head* hasil injeksi proses LPDC yang nantinya akan diamati lebih lanjut.



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

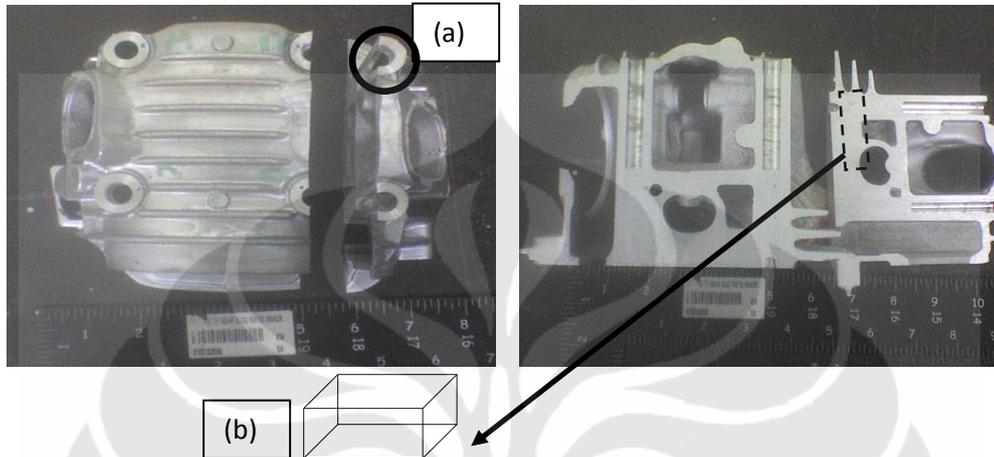
3.3.3 Proses Preparasi Sampel

Setelah proses pengecoran, dilakukan proses permesinan *cylinder head*. 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.

Untuk pengamatan struktur mikro dan uji kekerasan, dipersiapkan sampel *cylinder head* dari masing-masing variabel waktu *fading*. Kemudian dilakukan pemotongan pada bagian yang tipis dan tebal dari *cylinder head* dengan menggunakan mesin pemotong abrasif Heiwa. Pada bagian yang tipis dipotong di bagian *stud bolt* bagian kanan atas (Gambar 3.3.a). Sedangkan pada bagian yang tebal diambil sampel dengan memotong menjadi balok dengan dimensi $2 \times 2 \times 1 \text{ cm}^3$ (Gambar 3.3b). Jadi, sampel yang akan diamati untuk pengamatan struktur mikro dan kekerasan terdiri atas : 4 sampel bagian yang tipis dan 4 sampel bagian yang tebal untuk masing-masing variabel waktu *fading* : 30 menit, 60 menit, 90 menit, dan 120 menit.

Tujuan pengambilan sampel pada bagian tebal adalah untuk mengetahui pengaruh *grain refiner* pada bagian yang memiliki kecepatan pembekuan yang rendah sedangkan pada bagian yang tipis bertujuan untuk mengetahui pengaruh

grain refiner pada bagian yang memiliki kecepatan pembekuan tinggi, serta hubungannya masing-masing dengan efek *fading*. Bagian yang tipis akan membeku lebih cepat dari bagian tebal.



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

3.4 Tahap Pengujian

3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia

Dilakukan pengujian komposisi kimia sampel sebelum penambahan 0.018 wt.% Ti (0 wt.% Ti) dan sesudah penambahan 0.018 wt.% Ti. Untuk sampel dengan penambahan 0.018 wt.% Ti terdiri atas saat awal penambahan *grain refiner* (mulai pengamatan proses *fading*, menit ke-0) dan saat berakhirnya pengamatan proses *fading* (menit ke-120, dari logam cair sisa pada *holding furnace*). 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. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui komposisi paduan dibandingkan dengan standar AC4B, membandingkan kadar titanium aktual pada logam dengan kadar titanium pada perhitungan *material balance*, serta untuk membandingkan komposisi kimia paduan AC4B yang digunakan saat awal penambahan 0.019 wt.% Ti (mulai pengamatan proses *fading*, menit ke-0) dan akhir dari pengamatan proses *fading* (menit ke-120). 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.

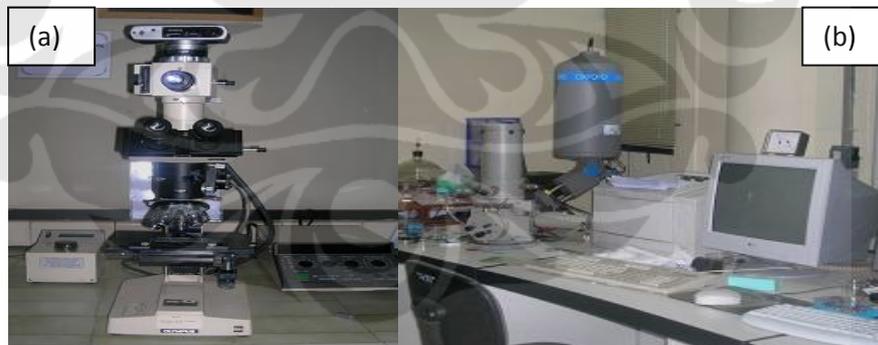


Gambar 3.5 (a)Penuangan aluminium pada cetakan uji komposisi; (b) Sampel uji komposisi kimia

3.4.2 Pengamatan Struktur Mikro

Pengamatan struktur mikro 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 *grain refiner* terhadap nilai *Dendrite Arm Spacing* untuk sampel tebal dan sampel tipis dan hubungannya dengan efek *fading*, 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 struktur mikro yang representatif dengan memfoto menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200 kali. Pengamatan struktur mikro juga dilakukan dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) LEO 420i (Gambar 3.6b) yang dilengkapi dengan EDS (*Energy Dispersive Spectroscopy*) untuk mengetahui bentuk dan komposisi fasa yang ada dan mencari fasa Al_3Ti untuk membuktikan bahwa terdapat unsur Ti di *grain refiner* dan di dalam logam aluminium.



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

3.4.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui pengaruh efek *fading* terhadap nilai kekerasan pada penambahan *grain refiner*, membandingkan kekerasan pada bagian tebal yang mengalami pembekuan lambat dengan bagian tipis yang mengalami pembekuan cepat dan hubungannya dengan efek *fading*. 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):

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

Keterangan : P = beban (kg)
 D = diameter indenter (mm)
 d = lebar indentasi (mm)

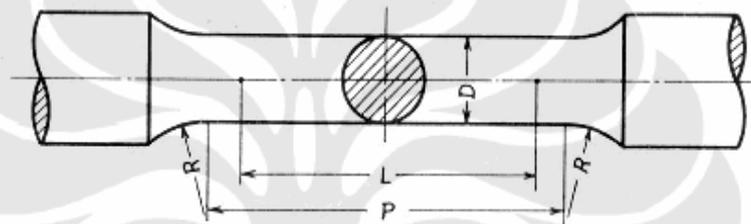


Gambar 3.7 Alat pengujian kekerasan: (a) mesin uji kekerasan metode Brinell Hoytom; (b) *measuring microscope*

3.4.4 Pengujian Kekuatan Tarik

Sampel untuk pengujian kekuatan tarik dipersiapkan dengan mengambil cairan aluminium dari furnace LPDC, kemudian dimasukkan ke cetakan ingot. Pengambilan sampel uji tarik, persis dengan sampel uji komposisi yaitu sebelum

penambahan 0.018 wt.% Ti (0 wt.% Ti) dan sesudah penambahan 0.018 wt.% Ti. Untuk sampel dengan penambahan 0.018 wt.% Ti terdiri atas saat awal penambahan *grain refiner* (mulai pengamatan proses *fading*, menit ke-0) dan saat berakhirnya pengamatan proses *fading* (menit ke-120), masing-masing sebanyak 3 sampel. Ingot sampel uji tarik dibubut sesuai dengan standar uji tarik ASTM E-8 seperti ditunjukkan oleh Gambar 3.8(a). Proses pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan mesin tarik Shimadzu dengan beban sebesar 500 kg.



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

(a)



(b)



(c)

Gambar 3.8 (a) Standar sampel uji tarik ASTM E – 8 ; (b) Mesin uji tarik Shimadzu ;
(c) sampel uji tarik

3.4.5 Pengujian Kebocoran

Pengujian bocor dilakukan setelah proses *machining* di PT.X. Proses *machining* 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*. Pertama lubang pada *cylinder head* ditutup terlebih dahulu untuk mencegah masuknya air. Penutup *cylinder head* merupakan saluran yang dapat menyemburkan udara pada saat dicelupkan ke dalam air. Setelah itu *cylinder head* dicelupkan ke dalam air selama beberapa menit dan disemburkan udara pada *cylinder head* tersebut. Apabila muncul gelembung air maka terdapat cacat / lubang pada *cylinder head* tersebut dan harus dilebur kembali.



Gambar 3.9 Alat uji bocor