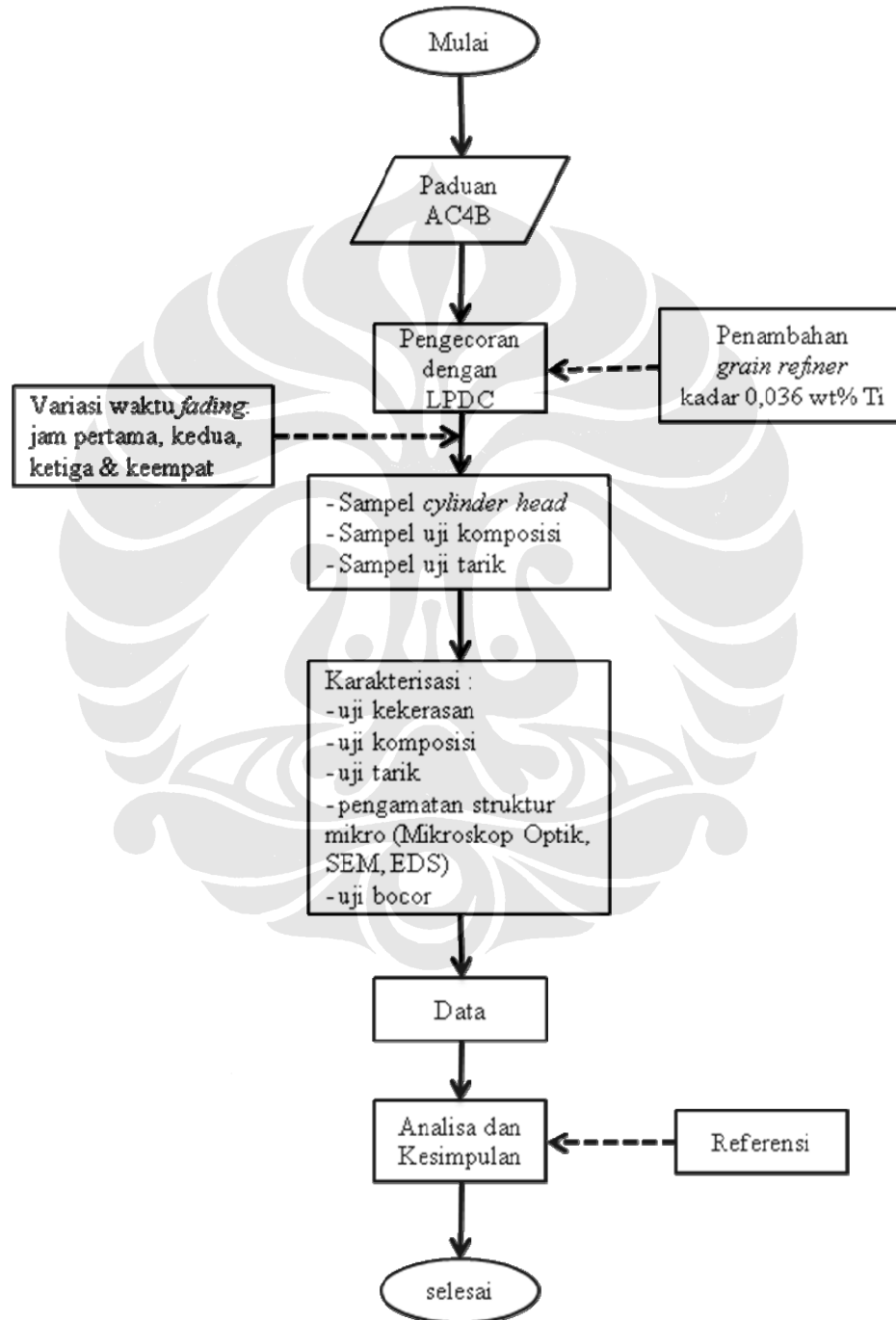


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR



Gambar 3.1. Diagram alir proses penelitian

3.2 PERALATAN DAN BAHAN

3.2.1 Peralatan

Adapun penelitian ini menggunakan peralatan:

1. Dapur *reverberatory* FCECO dengan spesifikasi:
 - Kapasitas hingga 500 kg
 - Temperatur peleburan hingga ± 810 °C
2. Alat *degassing* gas argon (*Gas Buble Floatation*) 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 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. Termokopel
7. Cetakan untuk pembuatan sampel uji tarik (bentuk ingot)
8. Cetakan untuk pembuatan sampel uji komposisi
9. Spidol permanen
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

10. Mesin poles
11. Mikroskop Optik + kamera merk Olympus
12. Mesin uji tarik Shimadzu
13. *Scanning Electron Microscope* LEO 420i

3.2.2 Bahan

Pada penelitian ini, menggunakan bahan-bahan sebagai berikut:

1. *Ingot* paduan aluminium AC4B
2. *Grain refiner* merk Coveral GR 2815 (0,036 wt% Ti) dalam bentuk serbuk
3. *Isoplast, resin* dan *hardener (mounting)*
4. Kertas amplas (*mesh* 120 – *mesh* 1500)
5. Kain poles
6. Bubuk Alumina (Al_2O_3)
7. Zat etsa (HF 5 vol%) dan reagen Tucker (15 ml HNO_3 + 45 ml HCl + 15 ml HF + 25 ml H_2O)

3.3 PROSES PEMBUATAN SAMPEL

3.3.1 Pehitungan *Material Balance*

Sebelum melakukan proses peleburan dan pengecoran aluminium, dilakukan penghitungan banyaknya material yang akan diumpun ke dalam dapur dengan asumsi bahwa material *grain refiner* Coveral GR – 2815 yang digunakan mengandung kadar titanium sebesar 30 wt%. Berikut adalah perhitungan *material balance* dengan variabel penambahan *grain refiner* dengan kadar 0.018 wt% Ti dan 0.027 wt% Ti merupakan penelitian yang terpisah.

Spesifikasi Berat Sampel Pengujian :

- | | |
|---|------------|
| 1. <i>Cylinder head</i> (per <i>inject</i> / 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 serbuk *grain refiner* adalah sebagai berikut :

Untuk kadar 0,036 wt% Ti

$$\frac{100}{30} \times 0,036 \text{ wt\% Ti} = 0,12 \%$$

Banyaknya serbuk *grain refiner* yang ditambahkan adalah :

$$0,12 \% \times \text{berat aluminium cair}$$

$$0,12 \% \times 492,15 \text{ kg} = 590,58 \text{ g}$$

Perhitungan *material balancenya* adalah sebagai berikut :

Input (variabel 0,018 wt% Ti)	208 kg + 217 kg	= 425 kg
- Penambahan <i>grain refiner</i> 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 <i>grain refiner</i>	453,65 kg x 0,09 %	= 408,28 g
- Penambahan <i>grain refiner</i> 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 <i>grain refiner</i>	492,15 kg x 0,12 %	= 590,58 gr
- Penambahan <i>grain refiner</i> aktual		600 gr
Output (variabel 0,036 wt% Ti)		
- <i>Cylinder head</i>	37 inject 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

3.3.2 Proses Pengecoran

Proses pertama kali yang dilakukan pada pengecoran ini adalah melebur aluminium AC4B di dapur peleburan FCECO dengan temperatur peleburan sekitar ± 810 °C. Lalu sekitar 188,65 kg aluminium cair dituang ke ladell yang sebelumnya telah dilakukan *preheating* dengan temperatur ± 325 °C selama 15 menit. Setelah itu, ladell yang berisi aluminium cair dibawa ke tempat GBF (*Gas Bubbling Floatation*) dengan menggunakan *forklift*. Pada GBF dilakukan proses *degassing* yaitu bertujuan untuk menghilangkan gas pengotor terutama gas hidrogen seperti pada Gambar 3.3a. Gas hidrogen merupakan gas yang sangat mudah larut di dalam aluminium cair ketika temperatur aluminium tinggi. Proses *degassing* ini menggunakan gas argon dengan debit 8 – 12 liter per menit dan kecepatan rotor 350 – 400 rpm yang berlangsung selama 8 menit.

Aluminium mudah sekali mengalami oksidasi, yaitu membentuk Al_2O_3 (*dross*) yang terbentuk di permukaan aluminium cair. Oleh karena itu, dilakukan proses pengangkatan *dross* (*disludging*). Lalu, *dross* tersebut tidak dibuang melainkan dikumpulkan untuk dijadikan *scrap*. Setelah proses *degassing* dan *disludging*, temperatur aluminium cair menurun menjadi sekitar 760 °C.

Lalu *grain refiner* Coveral GR 2815 sebanyak 590,58 gram dituang ke dalam ladell sambil dilakukan pengadukan yaitu proses *degassing*. Hal ini

menyebabkan *grain refiner* dapat terdistribusi merata pada setiap bagian aluminium cair.

Setelah itu, cairan aluminium dipindahkan lagi ke *holding furnace* yang berada di bagian bawah mesin LPDC (terlihat pada garis putus – putus Gambar 3.2b) dengan menggunakan *forklift*. Pada *holding furnace*, dilakukan proses *skimming* yaitu proses pengangkatan *dross* yang ada pada permukaan aluminium. Setelah 188,65 kg aluminium cair dari ladle selesai dituang, jumlah aluminium cair di dalam *holding furnace* adalah 492,15 kg karena sehari sebelumnya *holding furnace* menyimpan 303,5 kg aluminium cair. Dari *holding furnace* diambil sedikit aluminium cair untuk dituangkan ke *dies* uji komposisi dan *dies* ingot. Hal ini dilakukan dua kali yaitu pada awal dan akhir pengecoran.

Dies pada mesin LPDC harus di *preheating* terlebih dahulu selama ± 40 menit agar tidak terjadi *shock thermal* ketika dioperasikan. Kemudian setelah *dies* panas, dilakukan *trial* pengecoran sebanyak 2 injeksi. *Cylinder head* yang dihasilkan dari *trial* ini akan menjadi *scrap* yaitu akan 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*. Sampel *cylinder head* yang diperoleh pada penelitian ini adalah 37 *inject*.



(a)



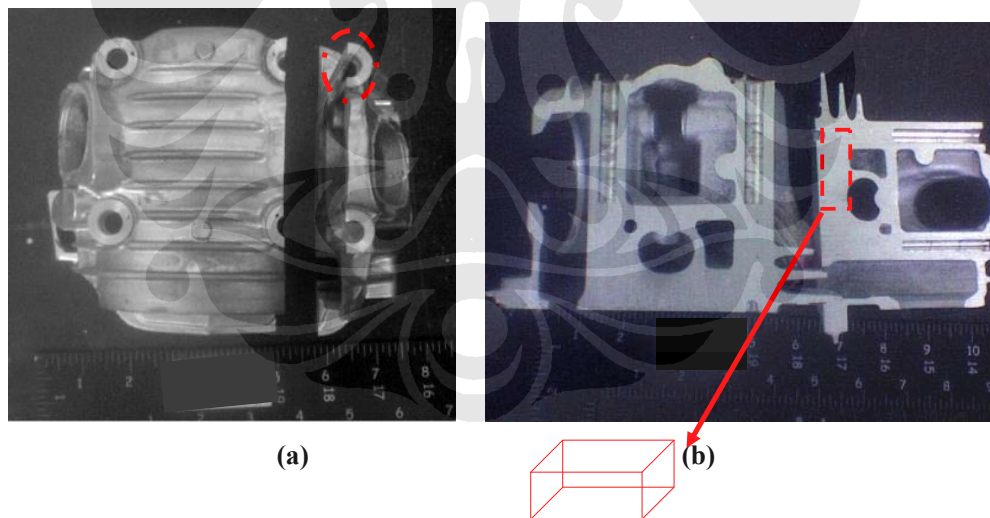
(b)

Gambar 3.2. (a) GBF; (b) Mesin LPDC dengan *holding furnace*

3.3.3 Preparasi Sampel

Setelah proses pengecoran, *cylinder head* dilakukan proses *machining*, *trimming* dan *shot blasting*. Tahapan ini diperlukan untuk mendapatkan permukaan sampel yang rata. Pada sampel uji komposisi, dilakukan proses perataan pada permukaannya. Sedangkan pada sampel uji tarik, *ingot* dibelah menjadi tiga lalu dilakukan pembubutan sehingga dimensinya menyerupai standar untuk uji tarik.

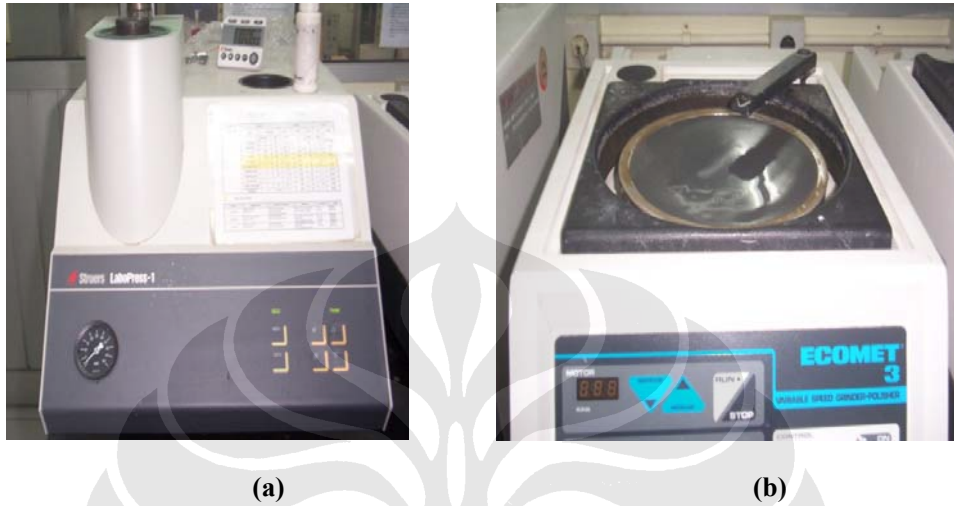
Sampel untuk pengamatan struktur mikro dibuat dengan memotong *cylinder head* pada bagian yang tipis dan tebal. Sampel ini dibuat untuk melihat pengaruh *grain refiner* pada bagian pembekuan yang cepat (sampel bagian tipis) dan yang lambat (sampel bagian tebal). Sampel bagian tipis ini dipotong pada bagian *stud bolt* kanan atas dengan menggunakan mesin pemotong abrasif Heiwa (garis putus-putus Gambar 3.3a). Sedangkan pada bagian yang paling tebal (*daging*), sampel dibuat berbentuk balok dengan dimensi $2 \times 2 \times 1 \text{ cm}^3$ (Gambar 3.3b).



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

Sampel tersebut kemudian dipreparasi dengan *di-mounting* menggunakan mesin *compression mounting* Struers LaboPress – 1 (Gambar 3.4a) dan dilanjutkan dengan proses pengamplasan dengan menggunakan mesin amplas dimulai dari *mesh* 200 hingga *mesh* 1500 (Gambar 3.4b). Sampel kemudian

dipoles dengan menggunakan mesin poles dengan menggunakan bubuk poles alumina (Al_2O_3) 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% untuk melihat fasa - fasa yang ada (pengamatan mikroskop optik). Setelah pengamatan mikroskop optik selesai, diberikan reagen Tucker (15 ml HNO_3 + 45 ml HCl + 15 ml HF + 25 ml H_2O) untuk melihat dengan jelas struktur dendritik dan DAS (*Dendrite Arm Spacing*). Setelah itu selesai, sampel ini digunakan lagi untuk pengujian SEM dan EDS. Terakhir, sampel tersebut digunakan untuk menguji kekerasan.

3.4 PROSES PENGAMBILAN SAMPEL *FADING*

Sampel diperoleh setelah proses injeksi aluminium cair. Ketika *cylinder head* telah membeku dan sistem *clamping* mengeluarkannya, *cylinder head* diperiksa secara visual oleh operator yang bertugas. Bila *cylinder head* yang dihasilkan bagus, *cylinder head* tersebut diberikan pada kami untuk dilakukan *marking*. *Marking* dilakukan pada bagian salah satu permukaannya agar tidak tertukar antara *cylinder head* yang diproduksi pada jam tertentu dengan yang lainnya. *Marking* terdiri dari huruf dan angka. Tiap gabungan huruf dan angka menandakan proses pengecoran yang terjadi pada pada jam dan urutan yang

tertentu. Sampel *cylinder head* ini dibedakan menjadi 4 jenis, yaitu sampel yang dicor berdasarkan tiap jam pertama, kedua, ketiga dan keempat.

Contoh *marking* pada *cylinder head* :

E 2 B

Keterangan : E → 0,036 wt% Ti (semua *cylinder head* berawalan E)

2 → menunjukkan produksi pada jam kedua

B → urutan produksi yang kedua (B = 2)

3.5 PENGUJIAN KOMPOSISI KIMIA

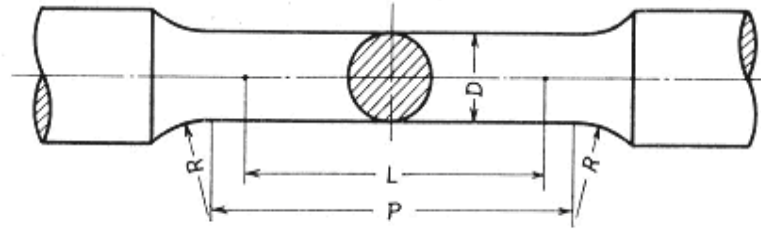
Sampel pengujian komposisi diambil dari aluminium cair yang dituang pada *dies* untuk sampel uji komposisi. Setelah membeku, sampel diambil dan permukaannya diampas hingga rata sehingga pengujian dapat berjalan dengan baik. Proses pengujian dilakukan dengan menggunakan mesin uji komposisi untuk melihat apakah komposisi paduan sesuai dengan standar dan untuk melihat kadar penambahan Ti pada logam sudah sesuai dengan perhitungan *material balance*. Sampel uji komposisi dapat dilihat pada Gambar 3.5 berikut ini.



Gambar 3.5. Sampel uji komposisi kimia

3.6 PENGUJIAN TARIK

Pengujian tarik yang dilakukan berdasarkan ASTM E8 (*Standard Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials*). Sebelumnya, *ingot* hasil pengecoran dibelah menjadi 3 bagian lalu dibubut agar dimensinya sesuai dengan spesimen uji tarik seperti terlihat pada Gambar 3.6.



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 3.6. Standar sampel tarik ASTM E-8 ^[13]

Proses uji tarik dilakukan dengan menggunakan mesin tarik Shimadzu (Gambar 3.7) dengan beban yang dipakai pada pengujian adalah sebesar 500 kg. Uji tarik ini dilakukan sebanyak enam kali, yaitu tiga untuk sampel ketika awal pengecoran (awal *grain refiner* bereaksi dengan aluminium) dan tiga sampel ketika proses pengecoran selesai (*grain refiner* bereaksi dengan aluminium setelah jam keempat). Pengujian ini untuk mengamati kekuatan tarik aluminium ketika *grain refiner* digunakan dalam waktu yang lama.



Gambar 3.7. Mesin uji tarik Shimadzu

3.7 PENGAMATAN MIKROSTRUKTUR

Pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik Olympus (Gambar 3.8a) yang dilengkapi kamera untuk melihat fasa-fasa yang terbentuk serta dapat melihat bentuk dendritik aluminium. Hal ini dapat terlihat tergantung dari jenis etsa yang dipakai.

Pengamatan ini dilakukan untuk sampel pada bagian tipis dan sampel pada bagian tebal pada *cylinder head*. Pada tiap sampel *mounting* terdiri dari produksi *cylinder head* pada jam pertama, kedua, ketiga dan keempat. Pengamatan yang pertama dilakukan adalah mengamati fasa – fasa dan dendrit pada tiap sampel dengan menggunakan mikroskop optik. Hal ini untuk mengamati perubahan fasa ataupun jarak dendrit pada tiap – tiap jam akibat pengaruh *grain refiner*.

Pengamatan struktur mikro berikutnya adalah dengan *Scanning Electron Microscope* (SEM) LEO 420i voltase 300 – 30 kV dan working distance 5 – 12 mm yang dilengkapi dengan *Energy Dispersive Spectroscopy* (EDS) seperti terlihat pada Gambar 3.8b. Dengan menggunakan EDS, kita dapat mengetahui bentuk dan komposisi fasa – fasa intermetalik serta melihat adanya partikel $TiAl_3$. Hal ini untuk membuktikan bahwa terdapat unsur Ti pada *grain refiner* dan di aluminium.



(a)



(b)

Gambar 3.8. (a) Mikroskop Optik Olympus; (b) Mesin Uji SEM/EDS LEO 420i

3.8 PENGUJIAN KEKERASAN

Pengujian kekerasan yang dilakukan berdasarkan standar ASTM E-10 (*Standard Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*). Pengujian ini dilakukan setelah pengujian SEM dan EDS. Uji keras dilakukan untuk mengetahui perbedaan kekerasan antara pembekuan cepat (pada sampel tipis) dengan pembekuan lambat (pada sampel tebal). Pengujian dilakukan dengan memberikan penjejakan di lima titik berbeda pada sampel selama 15 detik. Penjejakan ini menggunakan mesin uji kekerasan Hoytom (Gambar 3.9a) dengan indentornya terbuat dari bola baja berdiameter (D) = 3,15 mm dan beban (P) = 31,25 kg.

Setelah dijejak, diameternya diukur dengan *measuring microscope* (Gambar 3.9b) dan di konversikan ke dalam nilai 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 indentor (mm)
- d = lebar indentasi (mm)



(a)



(b)

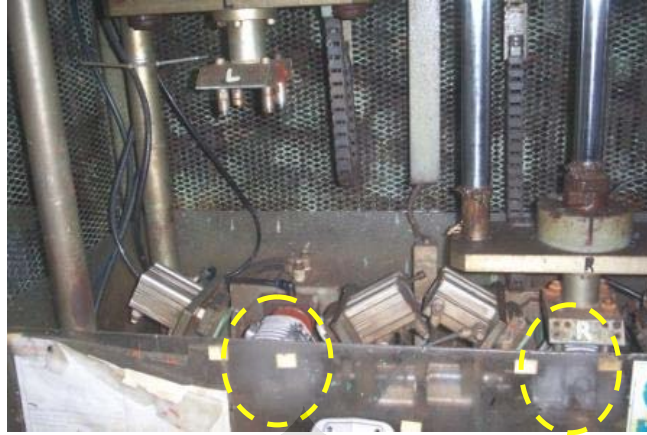
Gambar 3.9. Alat pengujian kekerasan: (a) mesin uji kekerasan metode Brinell Hoytom; (b) *measuring microscope*

3.9 PENGUJIAN KEBOCORAN (*LEAK TEST*)

Sebelum dilakukan uji bocor, sampel *cylinder head* di preparasi terlebih dahulu. Preparasi tersebut diantaranya *chipping* yaitu proses penghancuran pasir inti kemudian *cutting gate* yaitu pemotongan *ingate*, hasil potongan *ingate* bisa menjadi *return scrap* untuk peleburan selanjutnya. Selanjutnya dilakukan *trimming* yang bertujuan untuk membersihkan *cylinder head* dari deposit logam hasil pemotongan *gating*. Kemudian proses *repair* yaitu jika terjadi cacat pada komponen yang masih bisa diperbaiki biasanya dilakukan *welding* dengan TIG Welding Daihen dan filler metal aluminium dengan tipe yang serupa.

Setelah semua proses permesinan dilalui, komponen *cylinder head* dikirim ke bagian *machining* lalu dilakukan proses penghalusan permukaan *cylinder head* (*milling*), pembuatan lubang (*drilling*) dan uji bocor. Pengujian bocor bertujuan untuk mengecek terjadinya bocor atau tidak pada *cylinder head*. Pengecekan bocor sangat penting dilakukan karena hal ini merupakan proses puncak dari produksi *cylinder head*. Apabila tidak terjadi kebocoran, *cylinder head* akan dirakit dengan bagian – bagian mesin yang lain untuk dijadikan mesin yang utuh pada sepeda motor. Selain itu, pengujian bocor juga dapat mengidentifikasi ada atau tidaknya pengaruh *grain refiner* terhadap *cylinder head* selama empat jam.

Proses uji bocor yaitu, *cylinder head* diletakkan ke dalam ruangan uji bocor. Setiap uji bocor dapat menguji dua *cylinder head* sekaligus seperti ditunjukkan garis putus – putus pada Gambar 3.10. Lalu tiap lubang *cylinder head* seperti bagian *stud bolt* ditutup sangat rapat secara otomatis oleh mesin uji bocor. Setelah semua prosedur dijalani dengan baik, pintu ruang mesin uji bocor ditutup dan secara otomatis cairan dikeluarkan dari bagian bawah dan merendam *cylinder head* sampai semua bagiannya tertutupi. Lalu tekanan diberikan pada *cylinder head* yang sebelumnya ada satu lubang yang disisakan untuk memasukkan tekanan angin. Bila terjadi kebocoran, maka tekanan pada *cylinder head* akan berkurang. Hal ini terlihat dengan adanya gelembung – gelembung udara pada permukaan *cylinder head*. Selain itu, indikator lainnya yang menandakan adanya kebocoran adalah tekanan akan berkurang seperti yang terlihat pada pembaca tekanan (*gauge*).



Gambar 3.10. Ruang uji bocor (*leakage test*)

