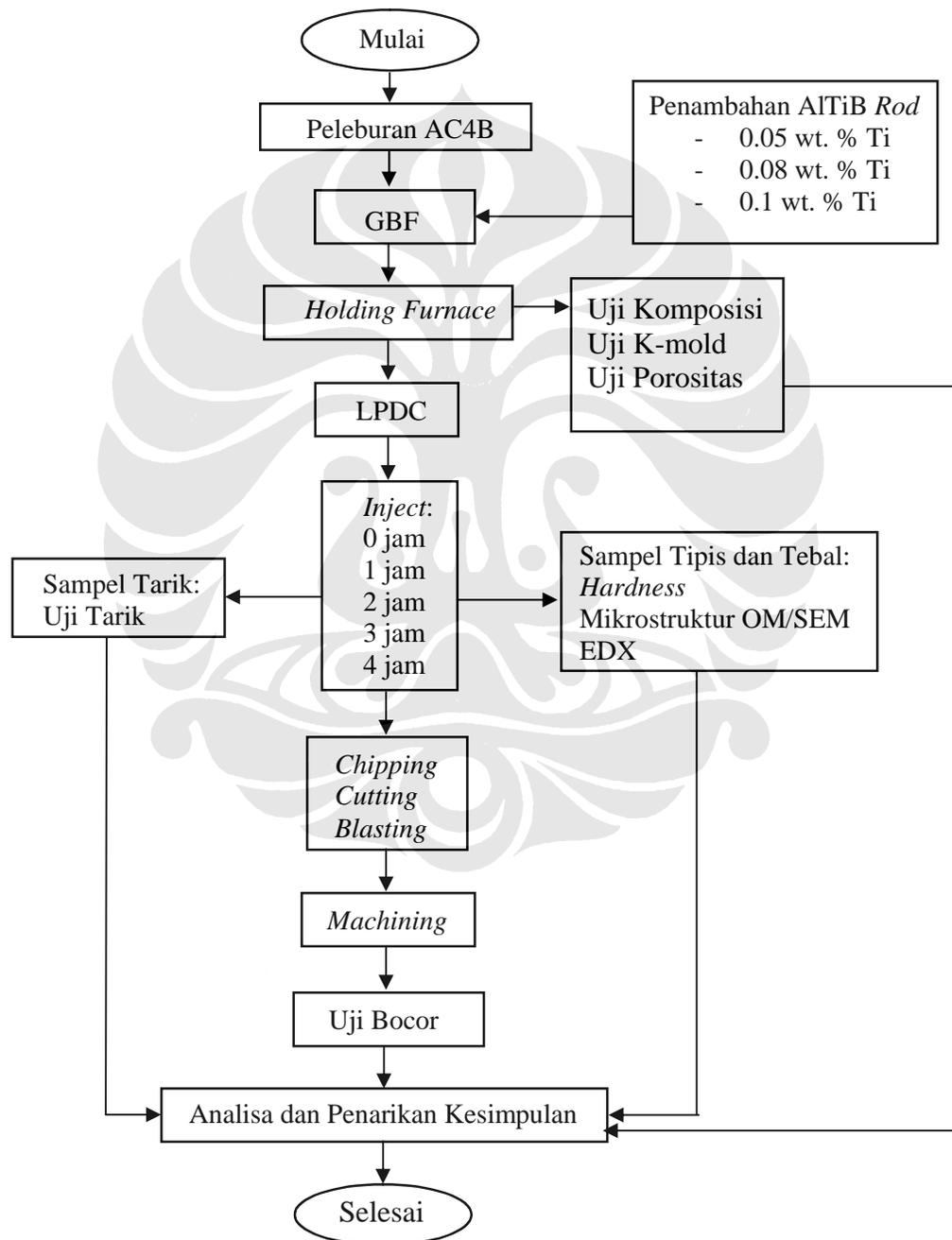


BAB 3

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian



3.2 Peralatan dan bahan

32

3.2.1 Peralatan

Peralatan-peralatan yang digunakan di dalam penelitian ini adalah :

1. Mesin peleburan Aluminium merk Homel dengan kapasitas mesin 1500 kg dan melting rate 750kg/jam;
2. Mesin *Gas Bubling Floatation* (GBF);
3. Mesin *Low Pressure Die Casting* (LPDC);
4. Cetakan sampel Uji Tarik merk Shimadzu;
5. Cetakan sampel K-Mold;
6. Cetakan sampel uji vakum;
7. Cetakan uji komposisi;
8. Mesin uji tarik merk Shimadzu;
9. Mesin uji kekerasan Brinnel merk Hoytom;
10. Mesin uji porositas;
11. Mesin uji komposisi (spektrometri);
12. Mesin uji bocor dan uji bocor emisi;
13. Mesin amplas;
14. Mesin poles;
15. Mikroskop optik;
16. *Scanning Electron Micrograph* (SEM) dan EDAX;
17. lain-lain : tang penjepit, palu, masker, dan sarung tangan.

3.2.2 Bahan

Adapun bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sebagai berikut :

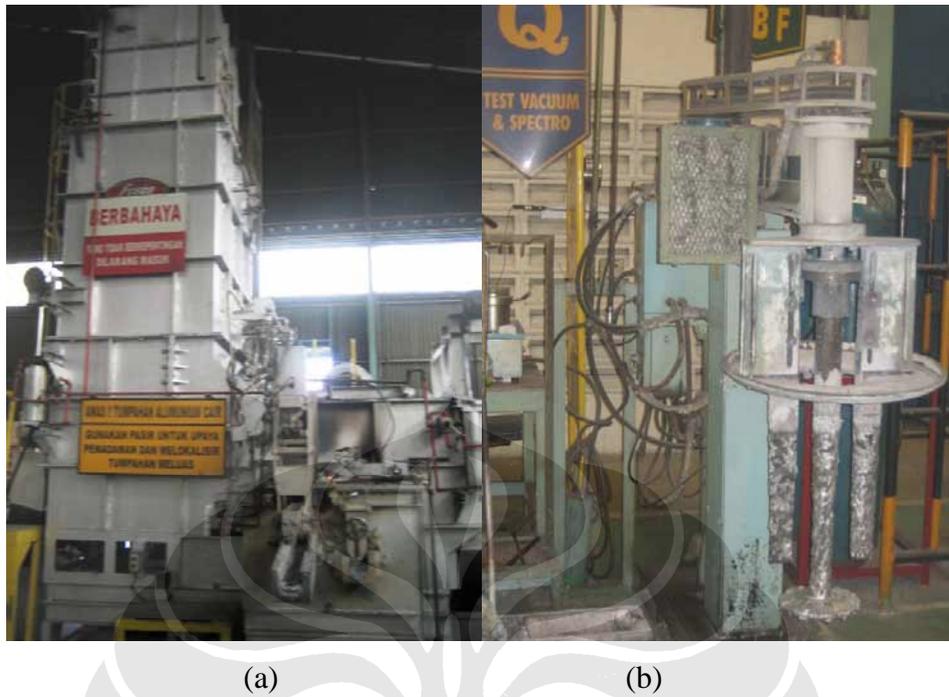
1. *Ingot* paduan aluminium AC4B;
2. *Master alloy* Al-5%Ti-1%B;
3. Kertas amplas (#400 sampai dengan #1500), kain poles, dan zat poles alumina;
4. Zat etsa *Reagent Tucker*.

3.3 Prosedur Penelitian

3.3.1 Prosedur Pengecoran

Prosedur pengecoran dilakukan di PT. Astra Honda Motor dengan bahan awal adalah *ingot* dan *return scrap* aluminium paduan AC4B yang dilebur dalam dapur *reverberatory*. Pada proses peleburannya, aluminium AC4B dileburkan pada temperatur sekitar ± 788 °C. Pada proses ini juga dilakukan pemberian fluks jenis *cleaning flux* yang bertujuan untuk membersihkan logam cair dari beberapa pengotor (*impurities*). Setelah pemberian fluks dilakukan, maka selanjutnya dilakukan *killing time* dimana logam cair yang telah diberi fluks didiamkan selama ± 10 menit agar proses *fluxing* dapat berjalan optimal. Kotoran-kotoran dan pengotor yang terpisahkan dari logam cair akan naik ke permukaan yang akan di-*desludging* sesaat sebelum dilakukannya proses *tapping*.

Proses *tapping* dilakukan dengan menggunakan *forklift*, dimana ladle dengan kapasitas 500 kg akan menjadi tempat logam cair hasil peleburan di dapur ditempatkan sebelum dibawa ke mesin LPDC. Logam cair yang berada di dalam ladle selanjutnya akan mengalami perlakuan *Gas Bubbling Floatation* (GBF). GBF bertujuan untuk mengeluarkan kotoran yang mungkin masih terdapat didalam logam cair hasil proses fluks dan juga mengeluarkan gas-gas hidrogen yang terlarut didalamnya. Gas-gas hidrogen yang terlarut di dalam logam cair dapat menyebabkan cacat porositas yang mengurangi sifat mekanik dari aluminium tersebut. Proses GBF dilakukan dengan menggunakan metode penginjeksian gas *inert* Argon (Ar) kedalam larutan *molten metal* yang dikombinasikan dengan metode *stirring* (pengadukan). Proses ini berlangsung ± 8 menit untuk mendapatkan hasil yang optimal. Kotoran-kotoran yang mengapung pada logam cair akibat proses GBF selanjutnya di-*desludging* dan logam cair akan dituang dari ladle ke *holding furnace* mesin LPDC dengan menggunakan *forklift* untuk selanjutnya dilakukan proses pengecoran.



Gambar 3.1 (a) Mesin peleburan Aluminium, (b) Mesin GBF.

Selain digunakan untuk memproduksi *part cylinder head*, aluminium cair tersebut juga digunakan untuk pembuatan sampel uji tarik, uji komposisi spektro, uji inklusi K-Mold dan uji vakum.



Gambar 3.2 Mesin LPDC dan Holding Furnace.

Proses pengecoran ini, dimulai dengan variabel komposisi 0.068 wt. % Ti dan dilanjutkan dengan 0.081 wt. % Ti pada hari yang bersamaan serta 0.115 wt. % Ti pada hari berikutnya. Sebelumnya, telah dilakukan terlebih dahulu perhitungan *material balance* agar Al-5 %Ti-1 %B sebagai *master alloy grain refiner* yang ditambahkan nantinya kedalam aluminium cair sesuai dengan variabel yang ditentukan. Perhitungan *material balance*-nya dapat dilihat dibawah ini :

Kapasitas <i>holding furnace</i>	= ±450 kg
1 <i>shot</i> menghasilkan 2 <i>Cylinder head</i> @ 1.8 kg.	= (3.6 kg)
Pengecoran dilakukan untuk 40 kali <i>shots</i> @ 3.6 kg.	= 144 kg
Sampel-sampel pengujian :	
- Sampel uji tarik (termasuk <i>gating system</i>) @4kg x 4.	= 16 kg
- Sampel uji spektro	= 0.075 kg
- Sampel uji K-Mold	= 0.27 kg
- Sampel uji vakum	= 0.15 kg
Sisa aluminium cair pada <i>holding furnace</i>	= ± 290 kg

a) Perhitungan penambahan Ti untuk kadar 0.05 wt. % Ti.

$$\begin{aligned} \text{Ti yang harus dimasukkan} &= \text{kadar yang diinginkan} \times \text{kapasitas } \textit{holding furnace} \\ &= 0.05 \% \times 450 \text{ kg} \\ &= 0.225 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{AlTiB yang dimasukkan} &= \text{kadar Ti pada AlTiB} \times \text{Ti yang harus dimasukkan} \\ &= 5 \% \times 0.225 \text{ kg} \\ &= 4.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

b) Perhitungan penambahan Ti untuk 0.08 wt. % Ti.

Karena sisa aluminium cair pada *holding furnace* setelah pengambilan sampel-sampel uji sebesar 290 kg, maka jika dilarutkan sampai dengan kapasitas *holding furnace* 450 kg, kadar Ti yang terdapat dalam *holding furnace* adalah :

$$(290 \text{ kg} / 450 \text{ kg}) \times 0.05 \% = 0.032 \% \text{ Ti}$$

$$\begin{aligned} \text{Ti yang harus dimasukkan} &= (\text{kadar yang diinginkan} - \text{kadar dalam } \textit{holding furnace}) \\ &\times \text{kapasitas } \textit{holding furnace} \end{aligned}$$

$$= (0.08 \% - 0.032 \%) \times 450 \text{ kg}$$

$$= 0.216 \text{ kg}$$

AlTiB yang dimasukkan = kadar Ti pada AlTiB x Ti yang harus dimasukkan

$$= 5 \% \times 0.216 \text{ kg}$$

$$= 4.32 \text{ kg}$$

c) Perhitungan penambahan Ti untuk 0.1 wt.% Ti

Ti yang harus dimasukkan = kadar yang diinginkan x kapasitas *holding furnace*

$$= 0.1 \% \times 450 \text{ kg}$$

$$= 0.45 \text{ kg}$$

AlTiB yang dimasukkan = kadar Ti pada AlTiB x Ti yang harus dimasukkan

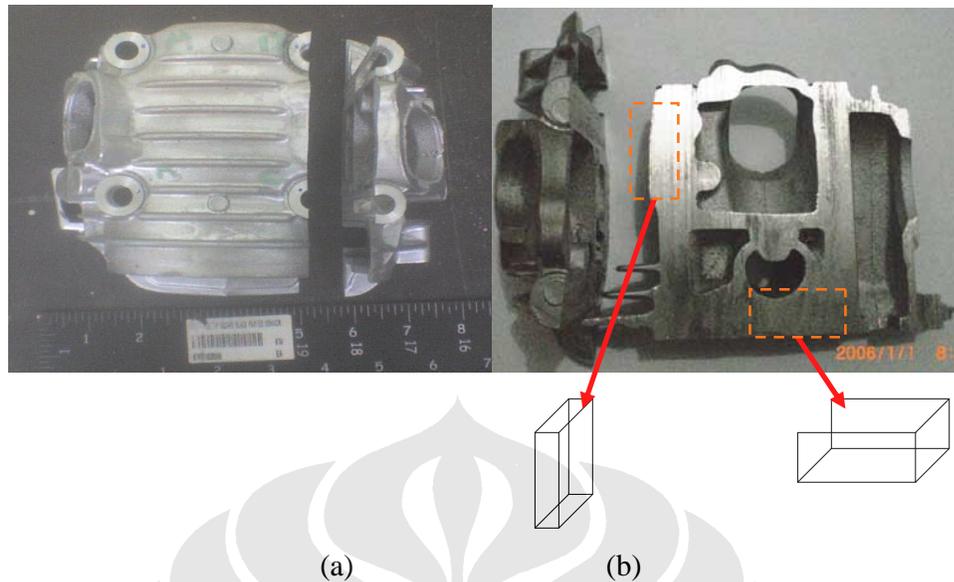
$$= 5\% \times 0.45 \text{ kg}$$

$$= 9 \text{ kg}$$

3.3.2 Proses Preparasi Sampel

Komponen dan sampel hasil pengecoran dengan menggunakan mesin LPDC selanjutnya akan melalui serangkaian proses lainnya yaitu *machining*, T4, *trimming*, dan *shot blasting*. Setelah dilakukan ketiga tahapan berikut, maka sampel dan komponen *cylinder head* akan siap untuk dilakukan pengujian bocor. Khusus untuk sampel kekerasan dan pengambilan mikrostruktur tidak dilakukan proses *machining*, T4, dan *shot blasting*. Sampel tarik selanjutnya akan di-*machining* untuk mendapatkan bentuk *dog bone* yang sesuai standar sedangkan untuk sampel porositas akan dipotong pada bagian tengahnya agar diperoleh bagian yang simetris dimana disana dapat terlihat berapa persen porositas yang terjadi. Pun sama halnya dengan sampel K-Mold dimana perpatahan akan dilakukan pada daerah takik untuk melihat adanya inklusi pada aluminium yang digunakan.

Untuk pengamatan struktur mikro, pengamatan dan pengujian akan dilakukan pada dua bagian yaitu pada bagian tebal dan bagian tipis, sebagaimana yang ditunjukkan oleh Gambar 3.3.



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

Preparasi sampel untuk pengujian dan pengamatan struktur mikro dilakukan sesuai dengan standar yang digunakan, merujuk pada dasar-dasar metalografi, dimana sampel yang dimaksud akan dipotong kotak dan dilanjutkan dengan proses pengamplasan dimulai dari grit yang paling rendah hingga grit yang paling tinggi. Kemudian dilanjutkan dengan proses pemolesan untuk mendapatkan hasil yang lebih halus dan diakhiri dengan pemberian zat etsa untuk memunculkan struktur mikro dari sampel yang akan diuji.

3.3.3 Prosedur Pengujian

3.3.3.1 Pengujian Komposisi

Pengujian komposisi dilakukan dengan menggunakan sampel yang berbentuk seperti paku payung dengan menggunakan cetakan yang khusus seperti gambar dibawah ini :



Gambar 3.4 Cetakan Uji Komposisi

Sampel tersebut kemudian dimasukkan ke dalam sebuah mesin untuk kemudian dilakukan penembakan untuk mengetahui komposisi kimia dari paduan yang diuji, dalam hal ini ialah sampel AC4B dengan penambahan sejumlah AlTiB, apakah telah sesuai standar dan berapa kandungan AlTiB yang terdapat didalamnya. Pengujian ini menggunakan mesin yang bernama spektrometer.

3.3.3.2 Pengujian Porositas

Pengujian untuk mengetahui persentase porositas yang terdapat pada paduan AC4B dengan penambahan sejumlah AlTiB dilakukan dengan metode vakum. Sampel yang diuji berjumlah dua buah untuk setiap variabel yaitu sampel yang diambil pada saat proses *Gas Bubbling Flootation* (GBF) selesai dan yang satunya adalah pada saat selesai dilakukannya proses *tapping* ke dalam *holding furnace* mesin LPDC.

Cairan aluminium yang diuji dimasukkan ke dalam cetakan khusus uji porositas untuk kemudian divakum dengan alat khusus selama ± 15 menit.

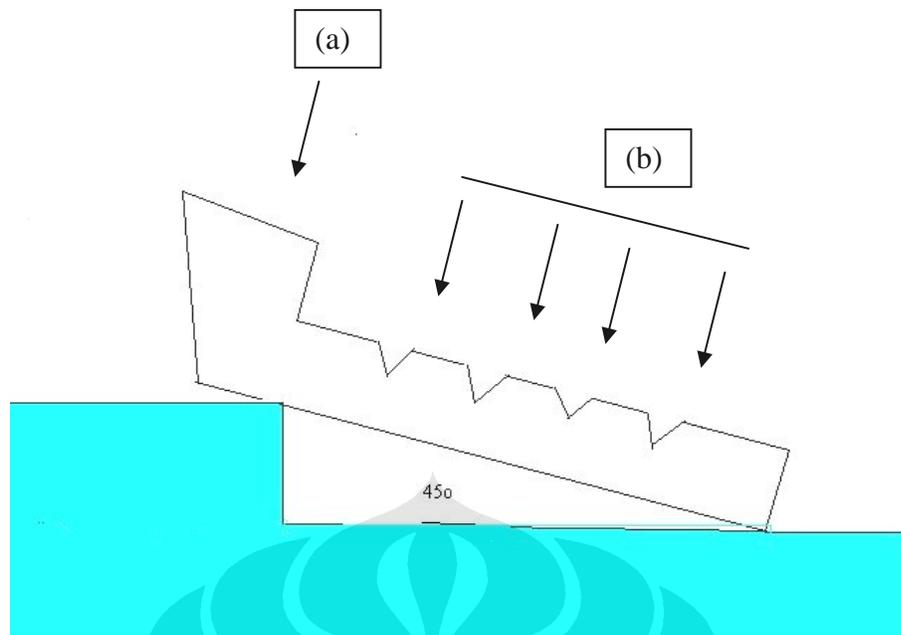


Gambar 3.5 Alat Uji Porositas

Selanjutnya, sampel akan dipotong secara vertikal pada bagian tengahnya untuk kemudian diampas agar diperoleh gambaran porositas yang ada melalui pengambilan foto makro dengan menggunakan kamera digital. Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui jumlah dan distribusi dari porositas maupun *shrinkage* yang terjadi.

3.3.3.3 Pengujian K-Mold

Pengujian K-Mold bertujuan untuk mengetahui kualitas dari paduan AC4B dengan penambahan sejumlah AlTiB yang berkaitan dengan kehadiran inklusi. Prinsip dasar pengujian ini adalah dengan mengalirkan logam cair pada cetakan K-Mold dimana pada bagian cetakan tersebut terdapat bagian yang menyempit. Cetakan diletakkan pada posisi 45° pada sumbu horizontal



Gambar 3.6 Alat Pengujian K-Mold; (a) menunjukkan area penuangan logam dan (b) menunjukkan area takik.

Selanjutnya, setelah logam cair membeku, bagian yang mengalami penyempitan (area takik) akan dipatahkan dan difoto secara makro untuk melihat apakah ada inklusi yang tersangkut pada bagian tersebut atau tidak.

3.3.3.4 Pengujian Tarik

Sampel uji tarik yang dibuat dilakukan dengan mengambil sebagian dari aluminium cair yang telah dilakukan dengan mengambil sebagian dari aluminium cair yang telah ditambahkan AlTiB sesuai kadarnya masing-masing. Cetakan yang digunakan dibuat khusus sesuai standar uji tarik (ASTM E8) yang dinamakan *dog bone*. Cetakan ini terdiri dari *gating system* dan 2 buah *dog bone*. Sebelum digunakan, maka cetakan uji tarik di-*coating* dan di-*pre heat* terlebih dahulu.



Gambar 3.7 Cetakan Uji Tarik.

Pengambilan sampel uji tarik dilakukan 2 kali penuangan aluminium cair pada setiap variabel. Artinya, akan didapat 4 buah batang uji tarik untuk setiap variabel komposisi. Preparasi sampel dilakukan di *workshop* Departemen Metalurgi Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia dengan memisahkan gating sistem dan *dog bone*-nya kemudian *dog bone* tersebut dibubut sesuai standar. Hasil preparasi tersebut kemudian siap untuk diuji tarik dengan menggunakan mesin uji tarik Shimadzu.

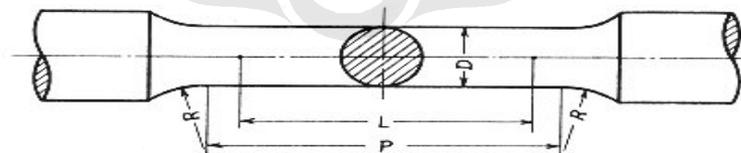
Kurva yang didapat dari pengujian tarik yang dilakukan merupakan grafik P vs dL dimana nantinya akan dikonversi menjadi grafik *stress* vs *strain*. Untuk pengujian tarik yang dilakukan di Laboratorium *Destructive Test* (DT) DMM FT UI, beban yang digunakan adalah sebesar 500 kg.



Gambar 3.8 Mesin Uji Tarik Shimadzu.

Dari kurva *stress vs strain* yang didapat dari konversi grafik P vs dL maka akan didapat sifat-sifat mekanik dari AC4B yang telah ditambahkan AlTiB sesuai kadarnya masing-masing antara lain *yield strength*, UTS, *ductility*, dan modulus Elastisitas (E).

Pengujian ini dilakukan berdasarkan standar ASTM E-8 yang diperlihatkan dimensinya sebagai berikut :



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 3.9 Standar sampel Uji Tarik ASTM E-8 ^[8].

3.3.3.5 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan yang dilakukan dimaksudkan untuk mengetahui hubungan antara nilai kekerasan dengan ukuran butir yang mengalami pengecilan akibat penghalus butir dalam kadar yang berbeda-beda. Pengujian dilakukan pada sampel *cylinder head* pada tiap komposisi kadar penghalus butir yang ditambahkan kedalam paduan aluminium tuang. Penempatan titik pengujiannya dibagi atas daerah tebal yaitu daerah yang mengalami pembekuan yang lebih lama daripada daerah tipis yang mengalami pembekuan cepat, seperti yang ditunjukkan oleh gambar 3.3.

Pengujian ini dilakukan sesuai standar ASTM E 10 (*Standar Test Method for Brinell Hardness of Metallic Materials*) dengan menggunakan indentor bola baja yang dikeraskan berdiameter 2.5 mm dan beban seberat 31.25 kg dengan waktu pemberian beban (indentasi) selama 15 detik pada 7 titik. Jejak indentor berupa lingkaran kemudian diukur dengan menggunakan mikroskop pengukur dan kemudian dihitung nilai kekerasannya per titik untuk kemudian dirata-ratakan per sampelnya. Perhitungan nilai kekerasan menggunakan persamaan kekerasan Brinnell (persamaan 3.1) yaitu :

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

Keterangan :

P = beban (kg)

d = lebar indentasi (mm)

D = diameter indentor (mm)



Gambar 3.10. Alat pengujian kekerasan: (a) mesin uji kekerasan metode Brinell Hoytom; (b) mikroskop pengukur.

3.3.3.6 Pengujian Kebocoran

Pengujian kebocoran dilakukan untuk mengetahui apakah terdapat kebocoran pada *part cylinder head* hasil penambahan penghalus butir pada berbagai kadar. Pengujian ini dilakukan di *plant* HPDC PT. Astra Honda Motor. Sebelum melakukan pengujian kebocoran ini, maka *part cylinder head* hasil pengecoran dilakukan proses machining terlebih dahulu, meliputi *chipping*, *trimming*, *cutting*, *repair welding*, T4, dan *shot blasting* pada *plant* LPDC PT. Astra Honda Motor. *Chipping* adalah proses penghancuran inti pasir pada *part cylinder head* yang dilanjutkan dengan proses *cutting* dan *trimming* dimana *gating system* dipotong dan kemudian dibersihkan. Kemudian dilanjutkan dengan proses *repair welding* dimana cacat-cacat kecil yang terdapat pada permukaan *part cylinder head* yang masih dalam skala tidak begitu membahayakan dilas. Proses T4 adalah proses pengerjaan panas (*solution heat treatment*) dengan waktu *aging* natural yang kemudian diikuti oleh proses *shot blasting*.

Apabila *part cylinder head* tersebut telah sesuai standar untuk dilakukan proses kebocoran, maka dilakukan proses *machining* lanjutan pada seksi HPDC PT. Astra

Honda Motor Motor. Pengujian kebocoran yang dilakukan terdiri dari dua tahap yaitu pengujian kebocoran dan pengujian kebocoran emisi. Prinsipnya adalah part *cylinder head* pada bagian *stud bolt* ditutup dengan batangan yang memberikan tekanan udara tertentu. Apabila terjadi kebocoran, maka mesin secara otomatis akan memberikan tandanya (dalam hal ini lampu merah pada bagian atas mesin akan menyala). Mesin pengujian kebocoran ini dapat dilihat pada Gambar 3.10.

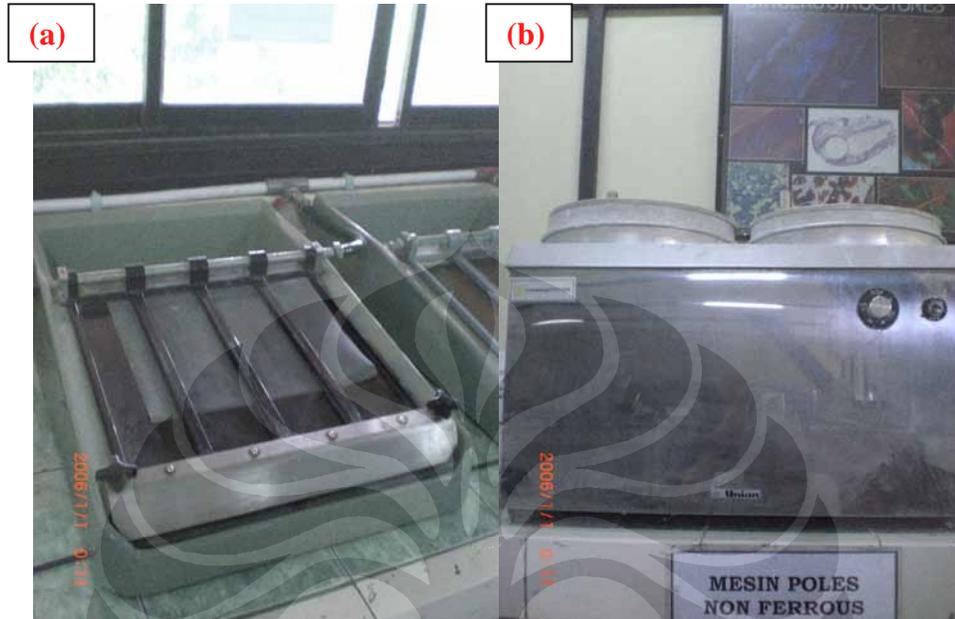


Gambar 3.11. Pengujian kebocoran pada *cylinder head*.

3.3.3.7 Pengamatan Mikrostruktur

Pengamatan mikrostruktur dilakukan pada Laboratorium Metalografi dan HST Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia, dimana sampel tebal dan tipis akan dilihat mikrostrukturnya, terutama bentuk dan ukuran DAS-nya. Sebelum dilakukannya pengamatan dengan menggunakan mikroskop optik dan kamera Olympus, maka sampel-sampel tersebut haruslah melewati serangkaian tahapan sesuai prosedur pengamatan metalografi. Tahapan-tahapan tersebut yaitu pengamplasan dengan menggunakan amplas dari grit 400 sampai dengan grit 1500 yang dilanjutkan dengan pemolesan pada mesin poles *Non-Ferrous* dengan kain beludru dan alumina cair. Selanjutnya setelah sampel dipoles, maka dilanjutkan dengan pencelupan zat etsa yang ditujukan untuk memunculkan struktur mikronya. Pada penelitian ini digunakan zat etsa *Reagent Tucker* yang berfungsi untuk

memunculkan bentuk dendrit dengan waktu etsa selama 30 detik per celup. Struktur mikro tersebut kemudian difoto dengan mikroskop dan kamera Olympus dengan perbesaran 50 X dan 200 X .



Gambar 3.12 (a) Mesin Amplas dan (b) Mesin Poles Non Ferrous.

Selain itu, pengamatan mikrostruktur juga dilakukan dengan menggunakan mesin *Scanning Electron Micrograph* (SEM) 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.



Gambar 3.14 Mesin SEM dan EDAX

BAB 4