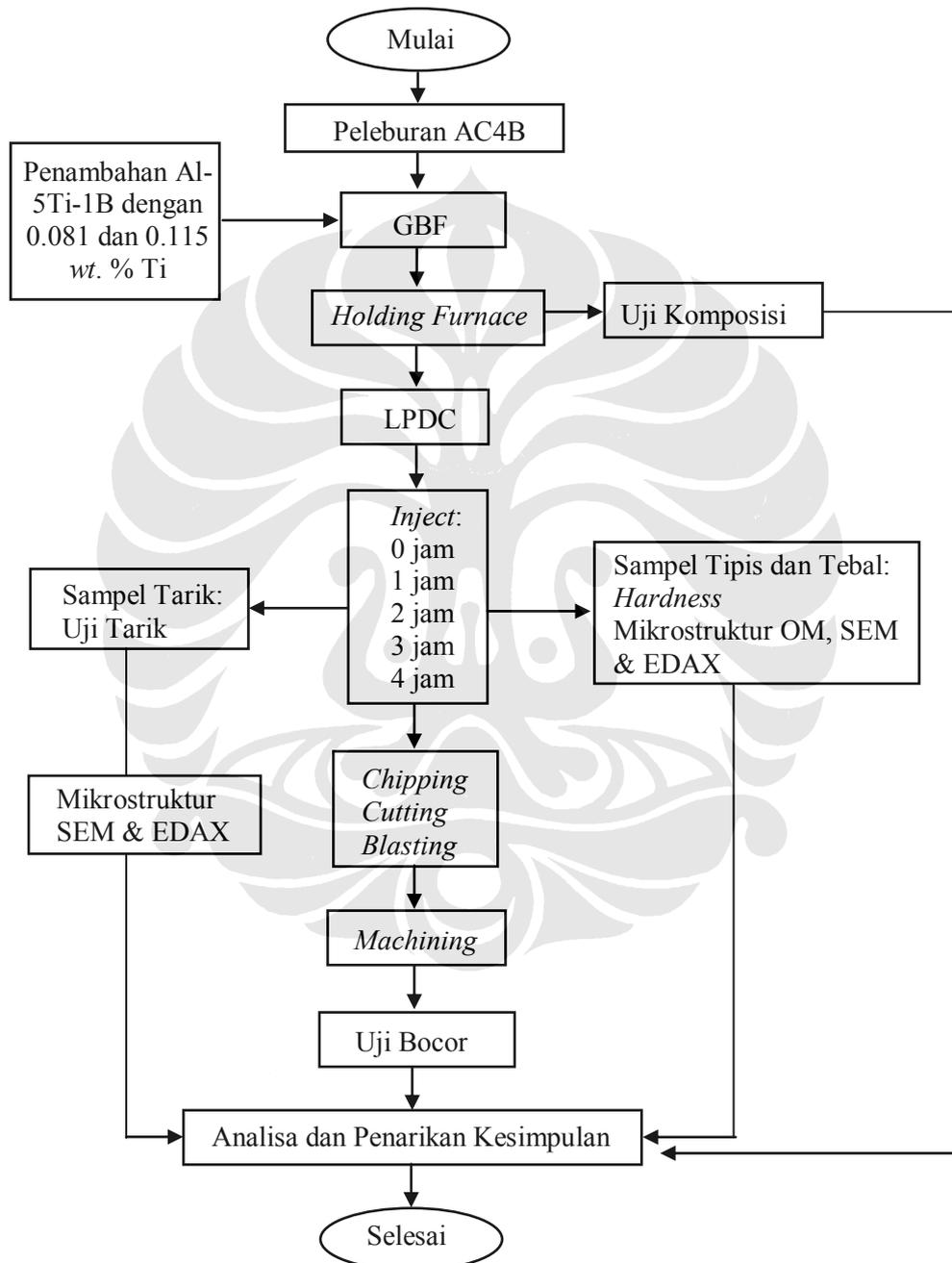


## BAB 3

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN



## 3.2 BAHAN DAN PERALATAN

### 3.2.1 Bahan

Penelitian ini menggunakan bahan-bahan:

1. *Ingot* paduan aluminium AC4B,
2. *Scrap* paduan aluminium AC4B,
3. Penghalus butir Al-5Ti-1B merek HOESCH dalam bentuk batangan (*rod*),
4. Kertas amplas dengan ukuran *mesh* 120 – 1500,
5. Kain poles,
6. Zat poles alumina, dan
7. Zat etsa (HF 5 %) dan Reagen Tucker (15 ml HNO<sub>3</sub> + 45 ml HCl + 15 ml HF (45 %) + 25 ml H<sub>2</sub>O).

### 3.2.2 Peralatan

Penelitian ini menggunakan peralatan:

1. Dapur peleburan FCECO dengan spesifikasi:
  - Model HM - 150T buatan Furnace Kakoki Co.Ltd
  - Kapasitas 1500 kg
  - *Melting rate* 750 kg/jam
2. Mesin GBF(*Gas Bubble Flotation*) dengan spesifikasi:
  - Model *Smart Clean* buatan PT. Ostenko Promitra Jaya
  - Kapasitas 350 kg/6 menit
3. Mesin *Low Pressure Die Casting* dengan spesifikasi:
  - Model OG - LFR - 500P buatan Osaka Giken Co.Ltd
  - Kapasitas 500 kg
4. *Ladle* dengan kapasitas 250 kg
5. *Louder*
6. Alat uji porositas Ostek
7. Neraca
8. *Forklift*
9. *Sludging rod*
10. *Skimmer*
11. *Cleaning Rod*

### 3.3 PROSES PENGECORAN

#### 3.3.1 Perhitungan *Material Balance*

Kandungan Ti yang ingin dicapai pada penelitian ini adalah 0.08 wt. % dan 0.1 wt. %. Untuk mendapatkan kandungan Ti yang tepat maka dilakukan perhitungan *material balance*. Data-data yang terkait dengan perhitungan *material balance* adalah sebagai berikut:

Kapasitas <i>holding furnace</i>	= 450 kg
Berat <i>ladle</i>	= 571 kg
Berat 1 <i>shot</i> (2 part)	= 3.6 kg
Berat Sampel:	
Uji Vacuum	= 0.15 kg
Uji Komposisi	= 0.075 kg
Uji K-Mold	= 0.26 kg
Uji tarik	= @ 0.5 kg × 4 = 2 kg

Dengan mengabaikan berat aluminium cair yang terbawa *dross* dan yang terdapat pada Al-5Ti-1B, maka jumlah yang harus ditambahkan adalah:

- **Variable kadar 0.08 wt. % Ti**

Sisa Al cair yang terdapat dalam *holding furnace* setelah 40 *shots* + pengambilan sample-sample uji adalah

$$\begin{aligned}
 &= \text{Kapasitas } holding\ furnace - (40\ shots + \text{sample uji}) \\
 &= 450\ kg - ((40\ shots \times 3.6\ kg) + 2.485\ kg) \\
 &= 450\ kg - (144\ kg + 2.485\ kg) \\
 &= 303.515\ kg
 \end{aligned}$$

Karena kadar Ti yang terdapat pada *holding furnace* dianggap 0,05 % maka kadar Ti aktual jika *holding furnace* dipenuhi hingga 450 kg adalah

$$= 303.515\ kg / 450\ kg \times 0.05\ \% = 0.0337239\ \% \sim 0.034\ \%$$

Sedangkan Ti yang harus ditambahkan adalah agar mencapai 0,08 % adalah

$$= 450 \text{ kg} (0.08 \% - 0.034 \%)$$

$$= 450 \text{ kg} \times 0.046 \%$$

$$= 0.207 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} \text{Al-5Ti-1B yang ditambahkan adalah} &= 100 \% / 5 \% \times 0.207 \text{ kg} \\ &= \mathbf{4.14 \text{ kg}} \end{aligned}$$

- **Variable kadar 0.1 wt. % Ti**

Dengan menganggap penghalus butir sudah habis pada *hoding furnace* maka:

$$\begin{aligned} \text{Ti yang ditambahkan adalah} &= 0.1 \% \times 450 \text{ kg} \\ &= 0.45 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Al-5Ti-1B yang ditambahkan adalah} &= 100 \% / 5 \% \times 0.45 \text{ kg} \\ &= \mathbf{9 \text{ kg}} \end{aligned}$$

### 3.3.2 Peleburan



**Gambar 3.1** Dapur peleburan FCECO

Proses pengecoran diawali dengan melebur paduan aluminium AC4B menggunakan dapur peleburan FCECO seperti yang tampak pada Gambar 3.1.

Suhu peleburan berkisar sekitar 800 °C. Proses peleburan melibatkan proses pemberian *flux* dimana kotoran pada aluminium terangkat dan kemudian dibuang dari *molten*. Selanjutnya, penuangan (*tapping*) dilakukan ketika stok aluminium pada mesin LPDC sudah hampir habis.

Sebelum aluminium cair dituang ke dalam *ladle* terlebih dahulu *ladle* dipanaskan dengan *burner* pada suhu minimal 100 °C, baru setelah itu proses GBF dilakukan untuk menghilangkan hidrogen yang larut pada *molten*. Proses ini menggunakan gas argon dengan debit 20 liter/menit selama 8 menit dan dengan kecepatan rotor 300–400 rpm. Sebelum proses, dilakukan pembuangan lapisan oksida aluminium yang terbentuk pada permukaan *molten*, begitu juga setelah proses GBF selesai. Pada awal proses GBF, penghalus butir dimasukkan ke dalam *molten*.

### 3.3.3 LPDC



Gambar 3.2 Mesin LPDC

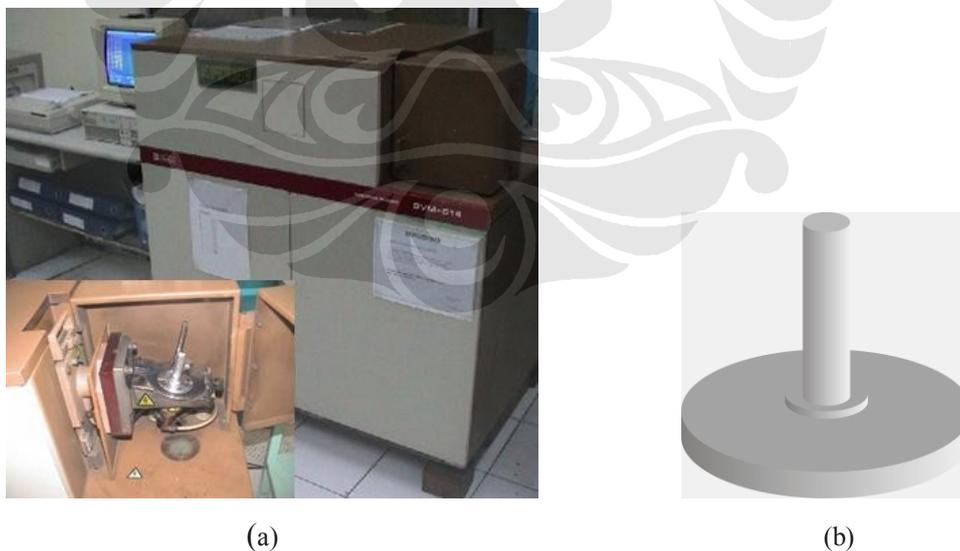
Setelah proses GBF, *molten* diangkut dengan menggunakan *forklift* ke mesin LPDC seperti terlihat pada Gambar 3.2. Penuangan aluminium cair ke

dalam *holding furnace* dilakukan dengan bantuan *lounder* yang terlebih dahulu dilakukan *preheat*. *Molten* yang sudah dituang ke dalam *holding furnace* kemudian dibersihkan dari oksida aluminium yang berada di permukaan dengan menggunakan *skimmer*.

*Dies* yang digunakan dalam LPDC kali ini adalah *dies* 39 dan 40 yang persentase *reject* bocor dan keroposnya cukup tinggi dalam beberapa bulan terakhir. Proses LPDC dimulai ketika temperatur *molten* minimal ( $700\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) terpenuhi. Dua atau tiga *shot* pertama adalah *trial* sedangkan produk selanjutnya dihitung sebagai produk jadi. *Marking* terhadap produk *cylinder head* dilakukan dengan memberikan cap logam pada *cylinder head* yang masih panas. Pencatatan tekanan LPDC dilakukan ketika panel penunjuk tekanan menunjukkan angka yang konstan. Sedangkan daerah waktu pencatatan suhu *dies* dilakukan ketika *dies* mulai tertutup hingga tekanan LPDC konstan. Proses LPDC ini dilakukan selama kurang lebih 4 jam sebanyak 45 *shot*.

### 3.4 KARAKTERISASI SAMPEL

#### 3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia



**Gambar 3.3** (a) Mesin uji spektrometri, (b) Sampel uji spektrometri

Pengujian komposisi kimia dilakukan setelah *supply* dengan mengambil *molten* pada *holding furnace* dan mencetaknya pada cetakan uji komposisi seperti

yang nampak pada Gambar 3.3b. Sampel berbentuk lingkaran dengan sebuah pegangan silinder kecil yang memiliki berat kurang lebih 75 gram. Sampel uji komposisi tersebut kemudian dilakukan uji komposisi dengan mesin uji spektrometri seperti terlihat pada Gambar 3.3a. Hasil dari uji komposisi ini adalah berupa unsur-unsur paduan yang terdapat pada sampel tadi beserta persentasenya.

### 3.4.2 Pengujian Kebocoran

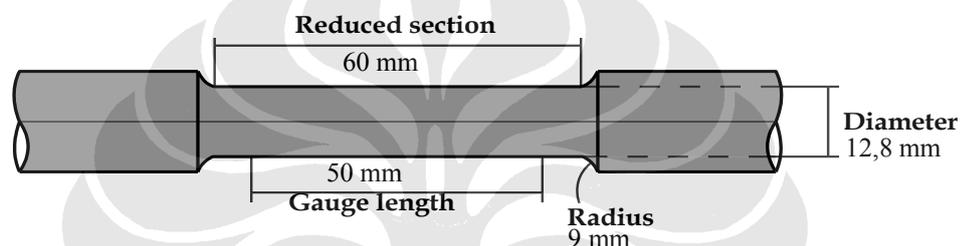
Pengujian kebocoran dilakukan setelah *cylinder head* dilakukan proses *chipping*, *cutting*, *blasting* dan *machining*. Mesin pengujian kebocoran yang digunakan terlihat pada Gambar 3.4. Pengujian yang bertujuan untuk melihat adanya kebocoran fluida karena keropos ini dilakukan dengan menutup semua lubang yang ada pada *cylinder head* lalu dimasukan udara dengan tekanan tertentu. Tekanan yang drop mengindikasikan bahwa *cylinder head* memiliki tingkat keropos yang buruk. Pada variabel 0.081 wt. % Ti, jumlah *cylinder head* yang dilakukan uji bocor adalah sebanyak 59 buah sedangkan untuk variabel 0.115 wt. % Ti, jumlah *cylinder head* yang diuji bocor adalah sebanyak 51 buah.



Gambar 3.4 Mesin uji bocor

### 3.4.3 Pengujian Tarik

Setelah 45 *shot* LPDC, *holding furnace* dibuka dan sampel uji tarik dibuat dengan menuangkan *molten* ke cetakan *uji tarik* yang sebelumnya sudah *dicoating* dan *dipreheat*. Sampel uji tarik hasil pencetakan belum standar untuk dilakukan pengujian tarik. Untuk itu sampel dilakukan pemotongan dan *machining* terlebih dahulu untuk memenuhi standar ASTM E8. Menurut standar tersebut, besarnya diameter penampang batang uji tarik yaitu sekitar 12.8 mm, *reduced section* sekitar 60 mm, *gauge length* sekitar 50 mm, dan radius penyusutan penampang sekitar 9 mm seperti yang terlihat pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Bentuk dan ukuran sampel uji tarik yang disesuaikan dengan standar ASTM E8

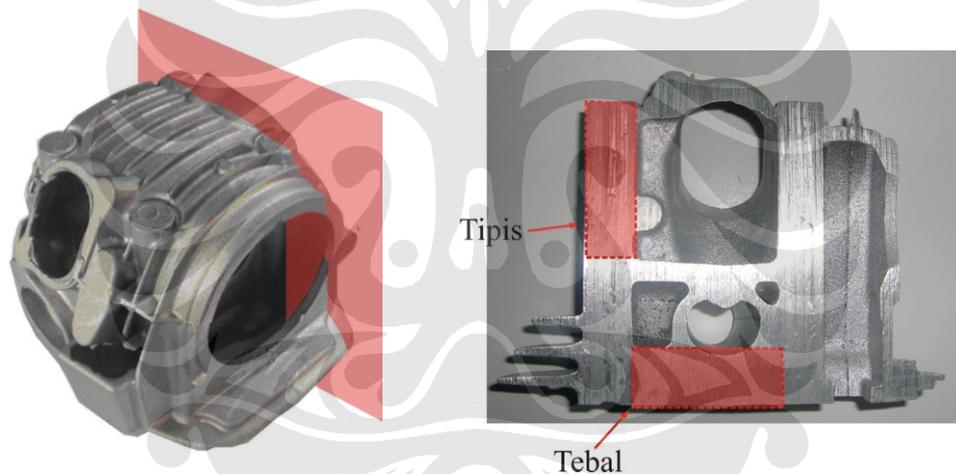
Jumlah sampel yang dilakukan uji tarik adalah sebanyak empat buah, masing-masing untuk variabel 0.08 dan 0.1 % Ti. Pengujian tarik dilakukan dengan mesin Shimadzu dengan cara menjepit kedua ujung sampel agar sampel tidak terlepas dari mesin ketika dilakukan penarikan. Salah satu ujung dihubungkan dengan pengukur beban dari mesin uji dan ujung lainnya dihubungkan dengan perangkat peregang. Kemudian sampel diberi beban tarik *uniaxial* atau searah yang bertambah besar secara terus-menerus sesuai deformasi yang terjadi. Mesin secara otomatis mencatat besar beban yang diberikan pada sampel dan disisi lain mesin juga mencatat perpanjangan yang dialami benda uji. Sehingga, data yang didapat dari pengujian ini berupa grafik beban versus perubahan panjang.

### 3.4.4 Proses Preparasi Sampel Tebal dan Tipis

Sampel untuk pengamatan struktur mikro dibuat dengan memotong *cylinder head* pada bagian yang paling tebal dan tipis dan dibentuk balok dengan ukuran sekitar 0,7×1,5×4 cm. Daerah pemotongan *cylinder head* diperlihatkan

pada Gambar 3.6. Pemotongan *cylinder head* dilakukan dengan mesin potong abrasif di PT AHM, gergaji besi biasa serta mesin bor Pris hingga mendapatkan sampel yang berbentuk balok.

Sampel yang telah dipotong diampelas dengan menggunakan kertas ampelas nomor 120, 400, 600, 800, 1000, 1200 dan 1500, yang terbuat dari silikon karbida. Pengamplasan ini dilakukan dengan menggunakan mesin ampelas putar otomatis dan mesin ampelas tangan Metaserv seperti yang terlihat pada Gambar 3.6a dan Gambar 3.6b. Setelah pengamplasan nomor 1500 sampel dipoles dengan menggunakan mesin poles putar otomatis dan kain beludru yang diberikan serbuk alumina. Sesudah permukaan sampel tampak mengkilap seperti kaca, pengetsaan terhadap seluruh sampel dilakukan dengan menggunakan larutan HF 5 % yang dilanjutkan dengan Reagen Tucker (15 ml  $\text{HNO}_3$  + 45 ml  $\text{HCl}$  + 15 ml  $\text{HF}$  (45 %) + 25 ml  $\text{H}_2\text{O}$ ) untuk mendapatkan struktur mikro dendrit yang jelas.



**Gambar 3.6** Daerah pemotongan sampel pada *cylinder head*



(a)



(b)

**Gambar 3.7** (a) Mesin ampelas tangan, (b) mesin poles

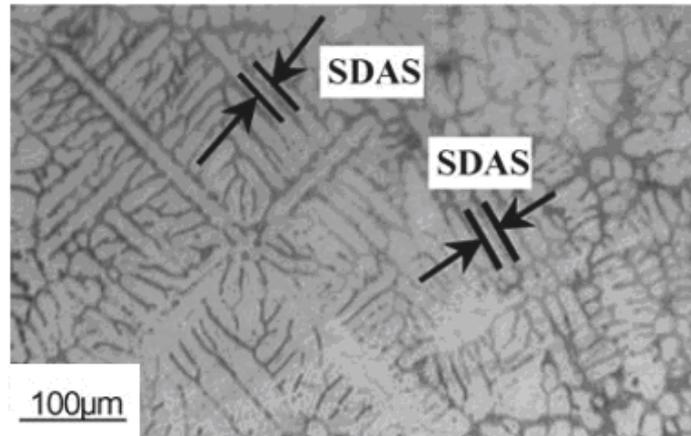
### 3.4.5 Pengamatan Struktur Mikro dengan Mikroskop Optik

Pengamatan foto mikro untuk melihat struktur dendrit sampel tipis dan tebal dilakukan dengan mikroskop optik Olympus. Gambar 3.8 menunjukkan mikroskop optik Olympus yang digunakan. Sebelum diamati dan difoto, sampel dilekatkan dengan menggunakan lilin dan dilakukan *clamping* agar permukaan yang diamati benar-benar tegak lurus dengan arah cahaya. Sampel yang telah rata kemudian diletakan dibawah lensa objektif dari mikroskop dan tingkat intensitas cahaya yang masuk diatur agar mendapatkan gambar yang jelas. Pengamatan dimulai dengan menggunakan perbesaran yang paling kecil terlebih dahulu yaitu  $50\times$ , baru kemudian setelah mendapatkan daerah yang bagus dan bersih dari goreasan, perbesaran dilanjutkan ke tingkat perbesaran  $100\times$ ,  $200\times$  dan seterusnya. Foto diambil dengan perbesaran  $50\times$  dan  $200\times$  untuk setiap sampel.



**Gambar 3.8** Mikroskop optik

Sampel foto mikro dengan perbesaran  $200\times$  digunakan untuk mengukur lebar SDAS. Jumlah SDAS yang diukur pada penelitian ini adalah sebanyak 7 buah. Pengukuran SDAS dilakukan dengan menghitung jarak dari garis tengah lengan dendrit ke lengan dendrit disebelahnya seperti terlihat pada Gambar 3.9.



Gambar 3.9 Pengukuran *secondary dendrite arm spacing* (SDAS)

### 3.4.6 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan setelah pengamatan mikrostruktur dilakukan. Sampel yang masih berbentuk balok dengan ukuran  $0.8 \times 1.5 \times 4$  cm diampelas kembali dengan amplas nomor 400 untuk bagian bawah dan amplas 1500 untuk bagian permukaan yang akan dijejak. Tujuan dari pengamplasan ini adalah untuk meyakinkan bahwa permukaan sampel benar-benar sudah rata dan sejajar antara permukaan dan bagian bawahnya.



(a)



(b)

Gambar 3.10 (a) Alat uji kekerasan, (b) Mikroskop pengukur jejak

Apabila sampel telah rata dan sejajar, sampel diberikan penjejakan sebanyak 7 penjejakan dengan jarak tiap penjejakan minimal 5 mm. Mesin uji kekerasan yang digunakan adalah mesin Hoytom seperti terlihat pada Gambar 3.10a. Sebelumnya mesin uji kekerasan dikalibrasi dengan sampel standar terlebih dahulu untuk melihat derajat penyimpangannya. Penjejakan dilakukan dengan memberikan beban sebesar 31.25 kg sesuai standar diameter bola indentor yang digunakan pada mesin Hoytom.

Sampel yang telah dijejak kemudian dilakukan pengukuran diameter lubang hasil penjejakan dengan menggunakan mikroskop ukur Nikon seperti terlihat pada Gambar 3.10b. Hasil penjejakan sebelumnya dibubuhi dengan warna merah agar mudah dibedakan dengan daerah di sekitarnya pada pengamatan mikroskop. Pengukuran dilakukan dengan mengukur jarak tempuh garis bantu pada lensa sepanjang diameter jejak.



**Gambar 3.11** *Scanning Electron Microscope (SEM)*

#### **3.4.7 Pengujian *Scanning Electron Microscopy (SEM)* dan *Energy Dispersive X-Ray Analysis (EDAX)***

Pengujian SEM dilakukan terhadap 16 sampel tebal dan tipis dengan menggunakan mesin SEM LEO 420i seperti terlihat pada Gambar 3.11. Pengujian ini dilakuakn dengan *collector bias* sebesar 400 kV, kontras 40 %, *brightness* 30 %, dan EHT (M) sebesar 12 kV . Tujuan dari dilakukannya SEM adalah untuk mengamati perubahan struktur mikro selama proses LPDC. Selain itu juga untuk mencari fasa  $Al_3Ti$  dan  $TiB_2$  sebagai partikel pembentuk inti. Pengamatan SEM dimulai dari sampel yang memiliki komposisi Ti yang paling tinggi yaitu pada

variabel 0,1 % berat pada jam pertama. Pencarian fasa  $\text{Al}_3\text{Ti}$  dan  $\text{TiB}_2$  dimulai dengan perbesaran yang rendah lalu ke perbesaran yang lebih tinggi. Bentuk fasa yang diduga sebagai  $\text{Al}_3\text{Ti}$  dan  $\text{TiB}_2$  ditembak untuk dilakukan EDX. Jika nilai komposisinya menunjukkan komposisi  $\text{Al}_3\text{Ti}$  dan  $\text{TiB}_2$  maka fasa tersebut diambil gambarnya.

