

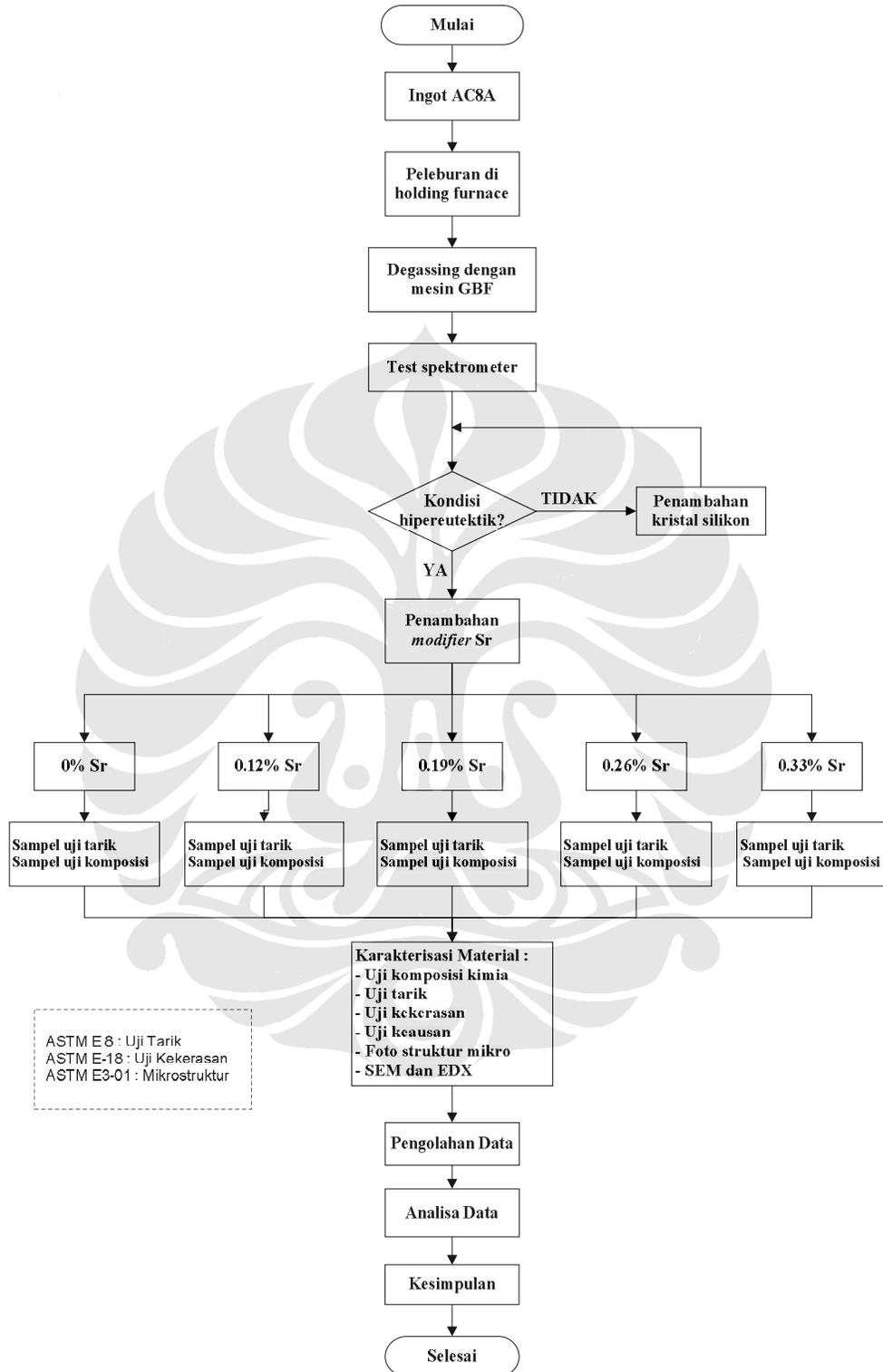
BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Proses penelitian ini sebagian besar dilakukan di PT.X, mulai dari peleburan, pengecoran, pembuatan sampel dan pengujian-pengujian. Sebagian kecil pengujian ada yang dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material FT UI, yaitu uji keausan. Langkah awal adalah persiapan material yaitu ingot AC8A dan *modifier* Sr dalam bentuk *master alloy* Al-10Sr. Ingot AC8H dilebur dalam *holding furnace* pada temperatur $660\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Setelah itu dilakukan uji spektrometer untuk mengetahui komposisi ingot. Karena pada uji spektrometer, komposisi aluminium belum dalam kondisi hipereutektik, maka ditambahkan kristal silikon murni 99.99%Si dan kembali dilakukan uji spektrometer sampai didapat kondisi hipereutektik. Sebelumnya telah dipersiapkan *modifier Sr* dari *master alloy* yang telah dipotong-potong sesuai dengan berat yang diinginkan untuk variabel penambahan Sr 0.12%, 0.19%Sr, 0.26%Sr dan 0.33%Sr. Dilakukan *degassing* dengan mesin GBF untuk menghilangkan gas-gas yang terdapat dalam logam cair setelah ingot seluruhnya melebur. Setelah itu ditambahkan *modifier Sr* dalam *ladle* sesuai dengan variabel penambahan dan diaduk secara merata. Kemudian dituang pada cetakan uji tarik dan uji spektrometer yang sebelumnya telah dilakukan *preheating* dan *coating*. *Preheating* ini penting untuk dilakukan agar cetakan tidak terjadi *thermal shock*, sedangkan *coating* dilakukan untuk memperpanjang umur cetakan.

Setelah logam cair dalam cetakan membeku, kemudian dilakukan preparasi sampel dan serangkaian pengujian untuk mengkarakterisasi hasil material yang diperoleh. Pengujian yang dilakukan antara lain uji spektrometer, uji tarik, uji kekerasan Rockwell, uji aus, foto mikrostruktur dan SEM. Untuk uji spektrometer, uji tarik, uji kekerasan Rockwell dan foto mikrostruktur, pengujian dilakukan di laboratorium PT.X. Sedangkan pengujian aus dan pengamatan dengan SEM dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Setelah didapatkan semua data pengujian, maka dilakukan pengolahan data dan analisis. Sampai didapatkan kesimpulan dari hasil penelitian dan yang terakhir adalah saran.

Diagram alir penelitian ditunjukkan pada gambar 3.1 berikut :



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 ALAT DAN BAHAN

Alat :

- § *Holding furnace*
- § *Ladle* 3 kg
- § *Mesin Gas Bubble Flootation* (GBF)
- § Sarung Tangan
- § Masker
- § Timbangan digital
- § Spidol
- § Penggaris
- § Cetakan uji tarik
- § Cetakan uji komposisi
- § *Mesin Gerinda/Cutting*
- § *Mesin Bubut*
- § *Mesin Uji Tarik Shimadzu AG-1 100 KN*
- § *Mesin Uji Spektrometer Shimadzu OES-5500 II*
- § *Mikroskop Optik Digital “Keyence”*
- § *Hardness Rockwell Tester*
- § *Mesin Grinding and Polishing*
- § *Machine Press Mounting*
- § *Ogoshi Wear Machine*
- § *SEM/EDAX “LEO”*

Bahan :

- Paduan aluminium AC8A
- Al-Sr 10 *master alloy*
- Kristal silikon
- Resin dan *Hardener*
- Etsa HF 0.5%
- Alumina
- Kertas amplas
- Kain beludru

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1 Persiapan Penelitian

3.3.1.1. Perhitungan Material Balance

Sebelum melakukan proses peleburan, terlebih dahulu dilakukan perhitungan terhadap jumlah silikon dan stronsium yang akan ditambahkan.

a) Perhitungan Jumlah Silikon yang Ditambahkan

Ingot paduan aluminium AC8A yang dilebur pada penelitian ini berjumlah 144 kg. Berdasarkan hasil uji komposisi kimia, kadar silikon pada ingot AC8A berkisar $\pm 11,6\%$. Sedangkan target kandungan silikon pada paduan diharapkan sebesar 14,7%. Maka perhitungan penambahan silikon murni padat 99,99% untuk mendapatkan kondisi hipereutektik berdasarkan data tersebut adalah sebagai berikut :

$$\text{Penambahan Si} = \left[\left(\frac{14.7}{100} \right) \times 144 \text{kg} \right] - \left[\left(\frac{11.6}{100} \right) \times 144 \text{kg} \right] = 4.46 \text{kg} \approx 4.4 \text{kg} \dots (3.1)$$

b) Perhitungan Berat Modifier Stronsium

Pada penelitian ini, stronsium yang ditambahkan berupa Al-Sr10 *master alloy* yang berbentuk batangan. Dipakai 5 variabel penambahan stronsium yaitu 0%, 0.12%, 0.19%, 0.26% dan 0.33%. *Modifier* stronsium ini ditambahkan dalam *ladle* dengan kapasitas 3 kg (*ladle treatment*). *Master alloy* Al-Sr 10 mengandung kadar Sr sebesar 10%, berarti bahwa dalam setiap 100 gram Al-Sr 10 jumlah Sr yang terkandung didalamnya sebanyak 10 gram. Kemudian dilakukan perhitungan berat Sr yang harus ditambahkan untuk setiap variabel. Berikut perhitungan berat Sr sebagai *modifier* :

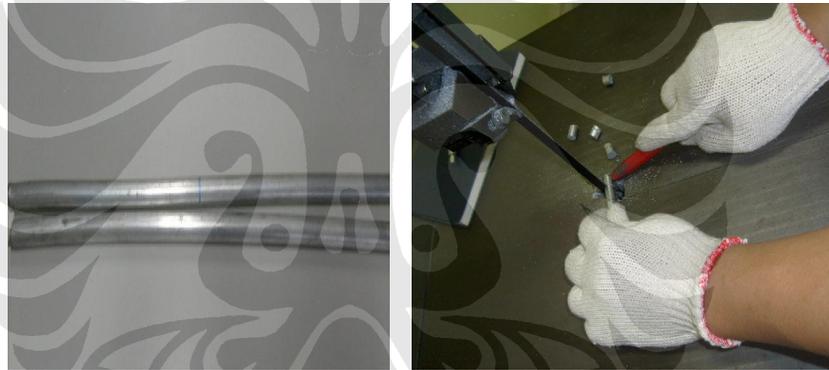
Tabel 3.1 Perhitungan *Material Balance* Penambahan Stronsium

No	Kadar Sr	Perhitungan	Berat Sr
1	0%	-	-
2	0.12%	$(0,12/100) \times 3000 \times (100/10)$	36 gram
3	0.19%	$(0,19/100) \times 3000 \times (100/10)$	57 gram
4	0.26%	$(0,26/100) \times 3000 \times (100/10)$	78 gram
5	0.33%	$(0,33/100) \times 3000 \times (100/10)$	99 gram

3.3.1.2 Persiapan Peralatan dan Bahan

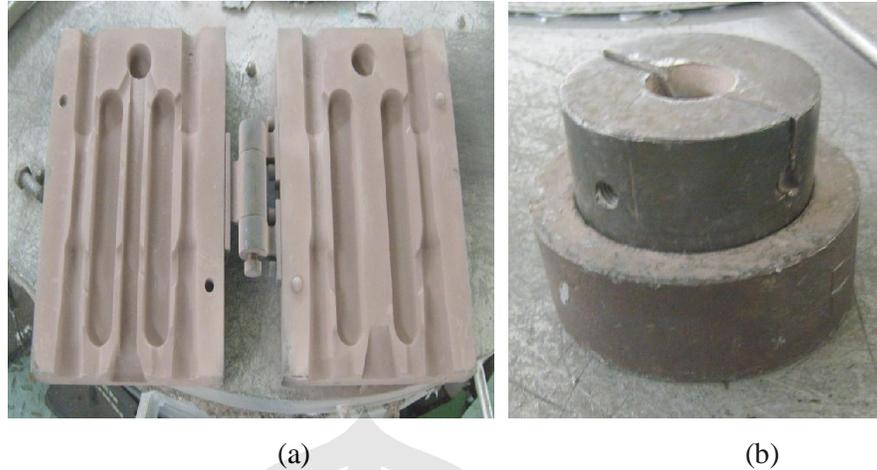
Sebelum proses peleburan dan pengecoran, dipersiapkan terlebih dahulu alat-alat dan bahan yang akan digunakan. Material aluminium yang digunakan berupa ingot AC8A. Ingot ditimbang dengan timbangan digital khusus ingot sebanyak 144 kg. Kristal silikon dengan kadar 99.99% yang akan ditambahkan ditimbang sebanyak 4.4 kg.

Karena berbentuk batangan (*rod*), *modifier* Sr dalam bentuk *master alloy* Al-Sr 10 yang akan digunakan dipotong-potong kecil-kecil. Pemotongan batang *master alloy* ini setelah dilakukan perhitungan panjang batang Al-Sr 10 untuk berat yang diinginkan dengan menggunakan rumus volume tabung dengan diketahui massa jenisnya. Nilai ini hanya pendekatan saja, setelah itu dilakukan penimbangan dengan neraca digital untuk mengetahui berat aktualnya.



(a) (b)
Gambar 3.2 (a) *Master Alloy* Al-Sr 10
(b) Proses Pemotongan *Master Alloy* Al-Sr 10

Untuk persiapan alat-alat, dilakukan proses *preheating* terlebih dahulu baik *ladle* maupun cetakan logam (cetakan uji tarik dan uji spektrometer). Proses *preheating* ini bertujuan untuk menghindari adanya *thermal shock* ketika logam cair dituang ke dalam cetakan. Sebelum di-*preheating*, cetakan logam atau *dies* juga dilakukan proses *coating*. Proses ini bertujuan untuk memperpanjang umur pakai cetakan. *Coating* dilakukan dengan proses *spray coating* dan setelah itu di masukkan ke dalam oven (*dies oven*).



Gambar 3.3 (a) Cetakan Uji Tarik (b) Cetakan Uji Spektrometer

3.3.2 Proses Peleburan

Proses peleburan dilakukan di PT.X plant Cibitung dengan menggunakan *holding furnace*. Material umpan berupa paduan AC8A dengan komposisi sebagai berikut :

Tabel 3.2 Komposisi Material AC8A

Unsur Paduan	% Kandungan
Si	10,5 – 13,5
Fe	0,7 max
Cu	0,8 – 1,5
Mn	0,35 max
Mg	0,8 – 1,5
Ni	0,7 – 1,3
Zn	0,35 max
Ti	0,25 max

Temperatur *holding furnace* di-setting sebesar $660^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$. Ingot AC8A yang dilebur sebanyak 144 kg dan kristal silikon sekitar 4.4 kg. Setelah semua ingot aluminium mencair, baru ditambahkan kristal silikon dengan kadar 99.99%. Uji spektrometer dilakukan kembali untuk memastikan bahwa aluminium cair sudah berada dalam kondisi hipereutektik.



(a)



(b)



(c)



(d)

Gambar 3.4 (a) *Holding Furnace* (b) Ingot AC8A
(c) Kristal Silikon (d) Proses *Charging* Ingot AC8A

Selanjutnya proses *degassing* dengan menggunakan mesin GBF (*Gas Bubbling Floatation*) selama kurang lebih 10 menit. Proses *degassing* ini dilakukan untuk mengurangi kadar gas-gas yang terjebak dalam leburan aluminium terutama gas hidrogen. Adanya gas hidrogen dalam aluminium cair nantinya akan menyebabkan *gas defect* berupa porositas dalam produk cor. Gas yang digunakan pada mesin GBF berupa gas argon yang bersifat inert.



Gambar 3.5 Proses *Degassing* dengan Mesin GBF

3.3.3 Penambahan *Modifier* Stronsium

Pada penelitian kali ini, unsur stronsium sebagai *modifier* ditambahkan dalam bentuk *master alloy* aluminium stronsium 10% berbentuk batangan yang telah dipotong-potong seperti yang telah disebutkan di atas. Untuk penelitian ini dipakai 5 variabel penambahan stronsium yaitu sebesar 0%, 0.12%, 0.19%, 0.26% dan 0.33%.



Gambar 3.6 *Modifier* Stronsium yang Ditambahkan

Penambahan unsur stronsium dilakukan pada *ladle* dengan kapasitas 3 kg, bukan pada *holding furnace*. Stronsium ditambahkan pada aluminium cair dan kemudian diaduk secara merata dalam kondisi *ladle* masih berada di atas *holding furnace*. Hal ini dilakukan agar temperatur logam cair tidak turun secara drastis

ketika proses penambahan stronsium dan pengadukan. Selain itu pengadukan dalam kondisi *ladle* masih di atas *holding furnace* ini dilakukan agar stronsium yang ditambahkan dapat larut seluruhnya dan merata.

Jumlah stronsium aktual yang ditambahkan dalam bentuk *master alloy* Al-Sr10 ini terdapat sedikit selisih perbedaan dengan perhitungan sebelumnya. Hal ini dikarenakan agak susahnya menyiapkan berat *master alloy* Al-Sr 10 yang diinginkan secara tepat karena bentuknya yang batangan.

Berat aktual stronsium yang ditambahkan dapat dilihat pada tabel berikut ini :

Tabel 3.3 Berat Sr Target dan Sr Aktual

Kadar Sr Target	Berat Sr Target Sesuai Perhitungan	Berat Sr yang Ditambahkan
0%	0 gram	0 gram
0.12%	36 gram	36.10 gram
0.19%	57 gram	56.70 gram
0.26%	78 gram	78.38 gram
0.33%	99 gram	99 gram

3.3.4 Proses Penuangan

Setelah penambahan *modifier* stronsium, proses selanjutnya adalah penuangan aluminium cair ke dalam cetakan. Di sini dipakai cetakan logam (*dies*) berupa cetakan uji tarik dan cetakan spektrometer (uji komposisi) yang sebelumnya telah di-*coating* dan *preheating* untuk menghindari *thermal shock*. Aluminium cair harus dituang ke dalam cetakan sesegera mungkin agar tidak terlalu lama kontak dengan udara dan temperaturnya tidak turun secara drastis. Temperatur maupun waktu penuangan di sini di anggap sebagai variabel yang tetap. Lama penuangan berkisar antara 6-10 detik dengan waktu solidifikasi kurang lebih 1 menit. Logam cair dalam *ladle* 3 kg untuk setiap penambahan Sr dapat dituang ke dalam 2 cetakan uji tarik dan dua cetakan uji spektrometer.



Gambar 3.7 Proses Penuangan ke dalam Cetakan Uji Tarik

Setelah membeku, benda cor kemudian dikeluarkan dari cetakan. Berikut benda cor yang didapatkan :



Gambar 3.8 Hasil Coran dari Cetakan Uji Tarik

Baik proses penambahan stronsium maupun penuangan dilakukan dengan kondisi operasi yang hampir sama untuk setiap variabelnya. Kondisi operasi tersebut meliputi :

1. Waktu pengadukan, yaitu waktu yang dicatat ketika stronsium dimasukkan dalam aluminium cair kemudian diaduk selama beberapa saat.
2. Waktu tuang, yaitu waktu yang dicatat ketika proses penuangan dilakukan hingga lelehan logam memenuhi seluruh cetakan.
3. Waktu solidifikasi, yaitu waktu yang dicatat setelah proses penuangan selesai hingga proses pengambilan sampel dari cetakan.

Parameter-parameter proses tersebut dapat mempengaruhi mikrostruktur yang terbentuk pada paduan AC8A hasil pengecoran. Oleh karena itu parameter-parameter proses ini dibuat hampir tetap, agar pengaruhnya pada sifat mekanis hampir sama. Diharapkan parameter-parameter proses ini dapat saling menghilangkan ketika dibandingkan antara setiap variabel stronsium yang ditambahkan.

3.3.5 Preparasi Sampel

3.3.5.1 Preparasi Sampel Uji Tarik

Untuk sampel uji tarik, hasil coran dari cetakan uji tarik tinggal dipotong dari bagian gate-gatenya. Sampel uji tarik dari cetakan ini telah sesuai ukurannya dengan standar ASTM E-8 baik diameter, gauge length maupun jari-jari kelengkungannya. Oleh karena itu tidak perlu dilakukan proses pembubutan, tinggal dipotong bagian bawah dan atasnya. Sampel ini telah sesuai ukurannya dengan standar ASTM E-8.



Gambar 3.9 Sampel Uji Tarik

3.3.5.2 Preparasi Sampel Uji Komposisi Kimia (Spektrometer)

Sampel uji komposisi kimia atau uji spektrometer di ambil dari cetakan uji spektrometer. Preparasi selanjutnya dipotong sedikit pada bagian atasnya kemudian dibubut bagain dasarnya. Proses pembubutan ini dilakukan agar diperoleh permukaan uji yang rata dan bersih dari kotoran atau lemak yang dapat mempengaruhi hasil pengujian. Setelah dibubut, sampel uji komposisi ini tidak boleh dipegang pada bagian bawahnya agar tidak terkena kontaminasi dari tangan.



Gambar 3.10 Sampel Uji Komposisi Kimia

3.3.5.3 Preparasi Sampel Uji Kekerasan

Sampel uji kekerasan diambil dari cetakan uji tarik dari bagian gate sebelah atas. Bagian ini berarti yang terakhir membeku sehingga diharapkan lebih lunak. Sampel yang telah dipotong kemudian diratakan bagian permukaannya.

3.3.5.4 Preparasi Sampel Uji Keausan

Sama seperti sampel uji kekerasan, sampel uji aus juga diambil dari bagian gate hasil coran dari cetakan uji tarik. Sampel dipotong dengan ketebalan 1.5 cm dan diratakan permukaannya.

3.3.5.5 Preparasi Sampel Pengamatan Struktur Mikro dan SEM

Untuk preparasi sampel pengamatan struktur mikro dan SEM dilakukan dengan berbagai tahap preparasi antara lain pemotongan, *mounting*, pengamplasan, pemolesan dan etsa.

1. Pemotongan (*Cutting*)

Pemilihan sampel yang tepat dari suatu uji studi mikroskopik merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan sampel didasarkan atas tujuan pengamatan

yang akan dilakukan. Pengambilan sampel dari suatu bahan harus dilakukan secara teliti, sehingga sampel yang diambil tersebut mewakili kondisi rata-rata bahan atau kondisi ditempat-tempat yang kritis. Sampel yang akan di-cutting adalah bagian atau daerah sampel yang dianggap *representative* dan mewakili semua sifat dari sampel. Pada penelitian kali ini, pemotongan sampel dilakukan dengan metode penggergajian menggunakan mesin pemotong *band saw* (untuk sampel dengan kekerasan sedang > 350 Brinell). Pemilihan metode pemotongan atau alat potong yang tepat sangat penting dalam proses *cutting*. Hal ini dimaksudkan agar dapat mengurangi tingkat deformasi di permukaan sampel. Sampel pengamatan struktur mikro di sini di ambil dari benda cor sebelah atas yang terakhir membeku.



Gambar 3.11 Pengambilan Sampel untuk Pengamatan Foto Mikro

2. *Mounting*

Proses *mounting* bertujuan untuk menempatkan sampel pada suatu media, untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel. Jenis *mounting* yang digunakan untuk pengamatan struktur mikro dengan mikroskop optik adalah *compression mounting* dengan menggunakan resin sebagai media. Dalam *compression mounting* diberikan tekanan dan panas untuk memperkeras resin. Pemilihan bahan *mounting* dan teknik *mounting* itu sendiri harus dipertimbangkan agar tidak merusak benda uji. Jika jumlah panas akan mengubah struktur mikro benda kerja maka *mounting* yang digunakan harus memiliki sifat eksoterm terendah. Faktor lain yang harus diperhatikan adalah ketahanan bahan *mounting* terhadap larutan dan zat pengetsa yang akan digunakan.

Sampel dimasukkan ke dalam cetakan mesin *compression mounting*, kemudian ditambahkan resin dan dipanaskan serta diberi tekanan selama kurang lebih 8 menit. Setelah itu di dinginkan selama kurang lebih 6 menit dengan media air. Hasil *mounting* yang telah mengeras di keluarkan dari mesin *compression mounting*.



Gambar 3.12 Sampel Hasil *Mounting*

Sedangkan untuk sampel SEM, di-*mounting* dengan castable resin dengan ukuran cetakan yang lebih kecil. Karena jika menggunakan sampel dari mesin *compression mounting* terlalu besar ukurannya sehingga tidak masuk ke dalam chamber SEM.

3. Pengamplasan (*Grinding*)

Pengamplasan adalah tahapan penting dalam persiapan sampel metalografi. Proses pengamplasan ini bertujuan untuk mendapatkan kehalusan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan kasar pada permukaan sampel. Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas dengan amplas nomor grid #120, #400, #600, #800, #1200, #2500 dan #4000 yang dilakukan secara bertahap dimulai dari amplas dengan nomor grid paling kecil (kasar) ke nomor grid yang besar (halus).

Pada pengamplasan diperlukan pendinginan, selain untuk menghindari efek pemanasan terhadap struktur mikro, tapi juga untuk mengalirkan geram logam yang terkikis, hal ini dilakukan dengan pemberian air. Air berfungsi sebagai pemindah geram, memperkecil kerusakan akibat panas yang timbul yang dapat merubah struktur mikro sampel dan memperpanjang masa pemakaian kertas amplas. Hal lain yang harus diperhatikan adalah ketika melakukan perubahan arah pengamplasan, maka arah yang baru adalah 45° atau 90° terhadap arah sebelumnya, kemudian tekanan yang diberikan pada sampel harus dikontrol.

Tekanan yang kecil tidak menimbulkan efek pengikisan, sedangkan penekanan yang terlalu besar akan menimbulkan goresan.



Gambar 3.13 Proses Pengamplasan

4. Pemolesan (*Polishing*)

Setelah sampel diampelas sampai halus (hingga grid 4000#), selanjutnya sampel dilakukan proses pemolesan dengan menggunakan serbuk alumina yang telah di campur air. Pemolesan bertujuan untuk memperoleh permukaan sampel yang halus, bebas goresan dan mengkilap seperti cermin serta menghilangkan ketidakteraturan sampel hingga orde $0.01 \mu\text{m}$. Permukaan sampel yang akan diamati di bawah mikroskop harus benar-benar rata. Apabila permukaan sampel kasar atau bergelombang, maka pengamatan struktur mikro akan sulit untuk dilakukan karena cahaya yang datang dari mikroskop dipantulkan secara acak oleh permukaan sampel.



Gambar 3.14 Proses Pemolesan

5. Etsa (*Etching*)

Etsa merupakan suatu proses penyerangan atau pengikisan batas butir secara selektif dan terkendali dengan pencelupan ke dalam larutan pengetsa baik menggunakan listrik maupun tidak ke permukaan sampel sehingga detil struktur yang akan diamati akan terlihat dengan jelas dan tajam. Untuk beberapa material, mikrostruktur baru muncul jika diberikan zat etsa. Sehingga perlu pengetahuan yang tepat untuk memilih zat etsa yang sesuai.

Dalam penelitian kali ini, digunakan zat etsa HF 0.5 %. Sampel yang telah di poles dan dicuci bersih, dicelupkan ke dalam larutan HF 0.5% selama kurang lebih 15 detik kemudian dicuci dengan air mengalir dan dikeringkan.

3.3.6 Pengujian Sampel

3.3.6.1 Uji Komposisi Kimia

Uji komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan Spektrometer. Sampel uji spektrometer ditembak sebanyak 3 kali, kemudian diambil nilai rata-ratanya. Uji komposisi kimia ini bertujuan untuk mengetahui kadar unsur-unsur yang terkandung dalam aluminium, terutama dalam hal ini kadar silikon dan *modifier Sr*.



Gambar 3.15 (a) Mesin Spektrometer (b) *Chamber* Sampel Spektrometer

3.3.6.2 Uji Kekerasan

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui ketahanan material terhadap deformasi plastis. Ada beberapa metode yang dapat dilakukan untuk pengukuran kekerasan. Dalam penelitian kali ini, digunakan metode Rockwell tipe B. Dengan

metode pengujian nilai kekerasan dapat langsung dibaca pada display dalam skala HRB. Sampel diindentasi dengan menggunakan bola baja dengan diameter 1/16 inchi. Beban yang diberikan sebesar 100 kg sesuai dengan standar uji kekerasan ASTM E-18. Sampel diindentasi sebanyak 5 kali kemudian diambil nilai rata-ratanya.



Gambar 3.16 Mesin Uji Kekerasan Rockwell

3.3.6.3 Uji Tarik

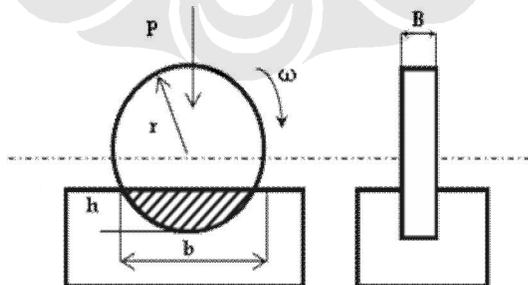
Uji tarik dilakukan dengan mesin tarik Shimadzu yang telah dihubungkan dengan komputer. Prinsip dari uji tarik ini yaitu sampel atau benda uji dengan ukuran tertentu ditarik dengan beban kontinyu sambil diukur pertambahan panjangnya. Sampel diberikan beban sebesar 200 kg kemudian ditarik sampai putus.



Gambar 3.17 Mesin Uji Tarik Shimadzu

3.3.6.4 Uji Keausan

Uji keausan dilakukan dengan metode Ogoshi dimana sampel memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan secara berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan sampel. Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka makin tinggi volume material yang terlepas dari benda uji. Skema uji keausan dengan metode Ogoshi dapat di lihat pada gambar berikut:



Gambar 3.18 Skema Uji Keausan Ogoshi

Jejak keausan kemudian diukur dengan mikroskop ukur dan dimasukkan ke dalam persamaan berikut untuk mengukur besarnya volume material yang terabrasi (W) :

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 \cdot r} \dots\dots\dots(3.2)$$

)
Dengan B adalah tebal *revolving disk* (mm), r jari-jari disc, b lebar celah yang terabrasi (mm). Sedangkan laju keausan ditentukan (V) ditentukan sebagai perbandingan volume terabrasi (W) dengan jarak luncur x (*setting* pada mesin uji):

$$V = \frac{W}{x} = \frac{B \cdot b^3}{12r \cdot x} \dots\dots\dots(3.3)$$

dimana :

- B (Tebal cincin putar) = 3 mm
- r (Jari-jari cincin putar) = 15 mm
- X (Jarak luncur) = 100 m

3.3.6.5 Pengamatan Struktur Mikro

Sampel struktur mikro yang telah dipreparasi diamati di bawah mikroskop optik digital *Keyence*. Mikroskop optik ini telah terintegrasi dengan komputer sehingga lebih mudah dalam penggunaannya. Sumber energi mikroskop optik untuk pengamatan sampel berupa cahaya yang dapat diatur intensitasnya. Dalam pengamatan kali ini, digunakan perbesaran 450X dan 1000X, kemudian sampel di ambil foto mikronya. Pengamatan dengan dua perbesaran ini dimaksudkan untuk lebih memperjelas perubahan mikrostruktur yang terjadi dan fasa-fasa yang ada pada foto mikro. Pada saat pengambilan gambar digunakan teknik monokrom sehingga tampak berwarna hitam putih.



Gambar 3.19 Mikroskop Optik Digital

3.3.6.6 Pengamatan Mikrostruktur dengan SEM dan EDX

Sebelum dimasukkan ke dalam *chamber* SEM, sampel di-*coating* terlebih dahulu menggunakan campuran Au-Pd. *Coating* ini bertujuan agar sampel dapat menghantarkan elektron dengan baik, untuk mencegah terjadinya charging ketika elektron ditembakkan dan untuk menghasilkan kontras yang baik. Prinsip pengujian ini adalah dengan menggunakan elektron yang ditembakkan pada sampel. Hamburan elektron dari hasil tumbukan dengan sampel akan ditangkap oleh detektor – detektor pada SEM yang kemudian dapat menghasilkan gambar mikrostruktur pada layar.



Gambar 3.20 Scanning Electron Microscope (SEM)