

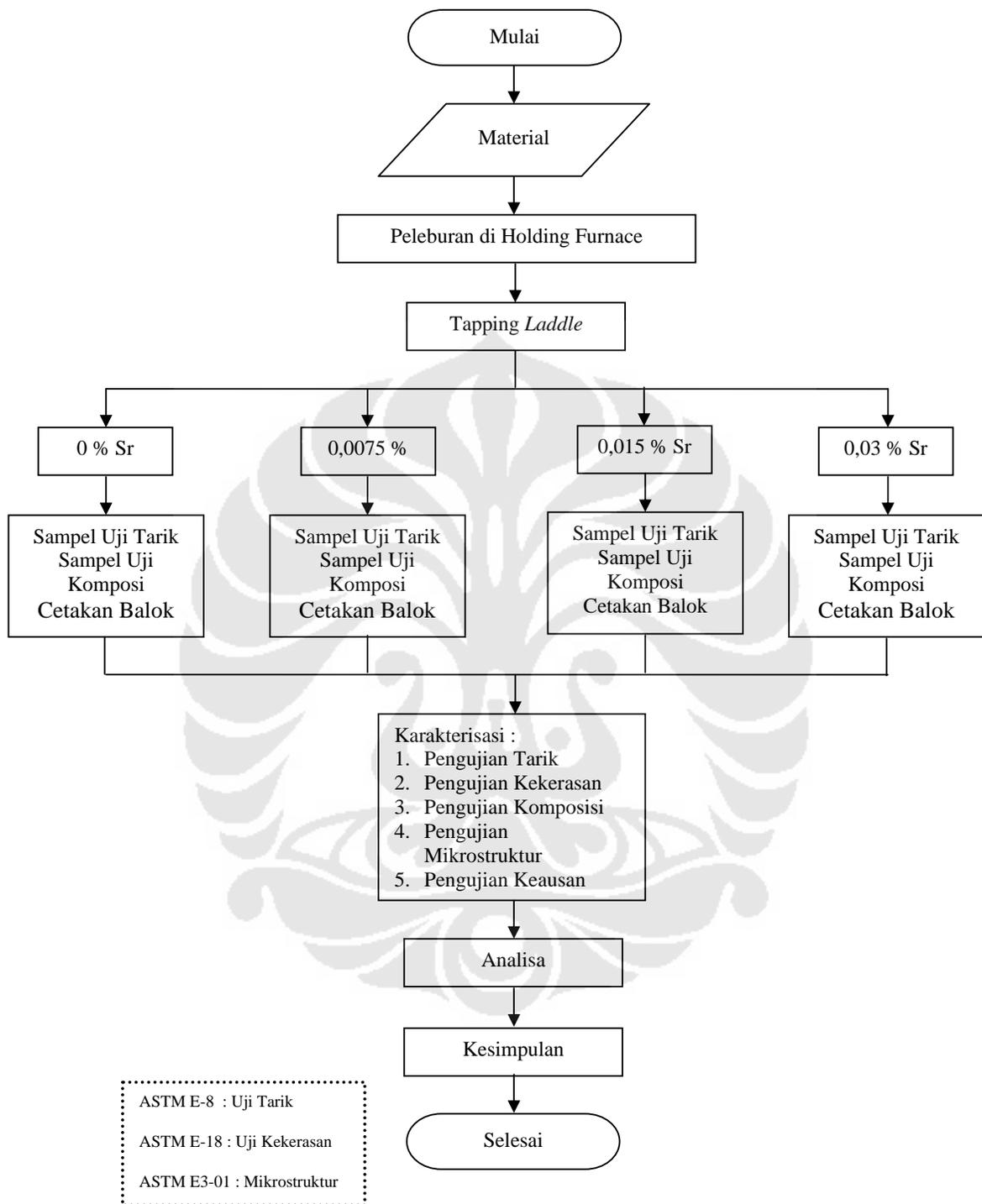
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di dua tempat yang berbeda, yaitu : P.T X dan Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia. Penelitian dimulai dengan penyiapan material AC8H. Material ini kemudian dilebur di dalam *holding furnace*. Setelah dilebur pada temperatur $660^{\circ}\text{C} - 720^{\circ}\text{C}$, *molten* cair aluminium yang berada di dalam *holding furnace* kemudian diciduk dengan menggunakan *ladle* yang telah disiapkan sebelumnya. *Molten* logam cair yang telah berada di dalam *ladle*, kemudian dituang ke dalam berbagai jenis cetakan (0 % Sr). Untuk variabel 0,0075 % Sr, 0,015 % Sr dan 0,03 % Sr, *molten* aluminium di dalam *ladle*, terlebih dahulu ditambahkan stronsium, kemudian dituang ke dalam berbagai jenis cetakan sesuai dengan pengujian yang ingin dilakukan. Material yang telah membeku kemudian dikarakterisasikan dengan berbagai pengujian. Semua hal ini dilakukan di P.T X

Pengujian yang dilakukan antara lain adalah : Pengujian mikrostruktur, pengujian spektrometer, pengujian kekerasan dan pengujian kekuatan tarik. Semua Pengujian ini dilakukan di P.T X. Sedangkan satu pengujian lain, yaitu pengujian keausan tidak dilakukan di P.T X melainkan dilakukan di Lab *Destructive Test* (DT) Departemen Metalurgi dan Material Universitas Indonesia. Data yang didapatkan dari pengujian, kemudian digunakan untuk penganalisaan. Penganalisaan data diakhiri dengan penyimpulan hasil penelitian.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 ALAT DAN BAHAN

Alat :

- *Holding furnace*
- *Ladle*
- *Mesin Gas Bubble Floatation (GBF)*
- Timbangan digital
- *Mesin bubut*
- *Cetakan (balok, tarik, spektrometer)*
- *Spidol*
- *Penggaris*
- *Sarung Tangan*
- *Masker*
- *Termokopel*
- *Mesin Gerinda/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*

Bahan :

- *Paduan aluminium AC8H*
- *Al-Sr 10 master alloy*
- *Silikon*

3.3. PERHITUNGAN MATERIAL BALANCE

Molten logam di *holding furnace* = 50 Kg

Molten Logam di *Ladle* = 2.3 Kg

➤ Spesifikasi Berat Masing-Masing Sampel Pengujian

1. Sampel uji tarik = 0.5 Kg

2. Sampel uji spektro = 0.075 Kg

3. Sampel Balok = $\frac{1.725 \text{ Kg}}{\quad} +$

Total *Molten* logam yang dibutuhkan = 2.3 Kg

Molten logam yang dibutuhkan sama dengan sama dengan jumlah *molten* logam yang ada di dalam ladle.

➤ Material balance 0 % Sr

Molten logam yang dibutuhkan :

1. Sampel spektro : 1 x 0.075 = 0.075 Kg

2. Sampel uji tarik : 1 x 0.5 = 0.5 Kg

3. Sampel Balok : 1 x 1.725 = 1.725 Kg

Total = 2.3 Kg

➤ Material balance 0,0075 % Sr

Banyak Sr yang ditambahkan = $\frac{0.0075}{100} \times 2300 \text{ g} = 0.1725$

Stronsium yang digunakan memiliki komposisi Al-10 % Sr.

Maka, banyak Sr yang ditambahkan sebesar = 0.1725 gr x 10

= 1,725 gram

Jadi, untuk *molten* logam AC8H sebanyak 2,3 Kg (ladle) ditambahkan *modifier* stronsium sebanyak 1,725 gram

➤ **Material balance 0,015 % Sr**

$$\text{Banyak Sr yang ditambahkan} = \frac{0.015}{100} \times 2300 \text{ g} = 0.345 \text{ gram}$$

Stronsium yang digunakan memiliki komposisi Al-10 % Sr.

Maka, banyak Sr yang ditambahkan sebesar = 0.345 gr x 10

$$= 3,45 \text{ gram (Gambar 3.2)}$$

Jadi, untuk *molten* logam AC8H sebanyak 2,3 Kg (ladle) ditambahkan *modifier* stronsium sebanyak 3,45 gram

➤ **Material balance 0,03 % Sr**

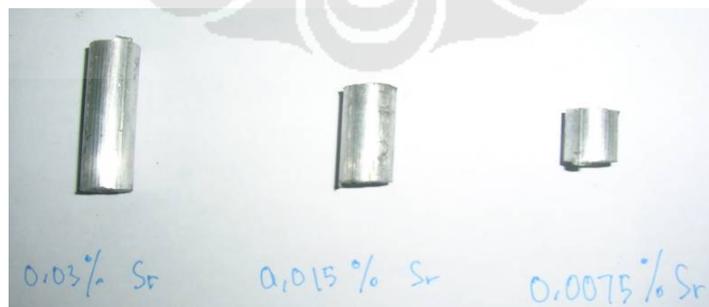
$$\text{Banyak Sr yang ditambahkan} = \frac{0.03}{100} \times 2300 \text{ g} = 0.69$$

Stronsium yang digunakan memiliki komposisi Al-10 % Sr.

Maka, banyak Sr yang ditambahkan sebesar = 0,69 gr x 10

$$= 6,9 \text{ gram (Gambar 3.2)}$$

Jadi, untuk *molten* logam AC8H sebanyak 2,3 Kg (ladle) ditambahkan *modifier* stronsium sebanyak 6,9 gram



Gambar 3.2 Modifier Stronsium Yang Ditambahkan

Terdapat tiga variabel untuk penelitian ini, dimana setiap variabel memiliki tiga sampel uji tarik, uji spektrometer, uji kekerasan dan uji keausan. Sehingga *molten* logam cair total yang dibutuhkan

$$= 2.3 \text{ Kg} \times 3 \times 3$$
$$= 20,7 \text{ Kg (Gambar 3.2)}$$

3.4. PROSES PELEBURAN

Logam-logam yang telah dicetak pada cetakan uji tarik, uji balok dan uji spektrometer dilebur kembali di dalam *holding furnace* (Gambar 3.3). Logam-logam ini merupakan hasil dari penelitian sebelumnya, dimana stronsium dan phosphor sudah terdapat pada aluminium tersebut. Peleburan dilakukan cukup lama di dalam *holding furnace* yaitu 24 jam, dengan harapan stronsium dan phosphor sudah mengalami penguapan (*fading*). Stronsium biasanya mengalami *fading* ketika dipanaskan sampai 90 menit. Material tersebut juga diasumsikan hipereutektik karena sebelumnya sudah ditambahkan silikon. Silikon yang ditambahkan diawal menjadikan material tersebut memiliki kadar silikon sebesar 14-20%.



(a) (b)
Gambar 3.3 (a) Mesin GBF (b) Holding furnace

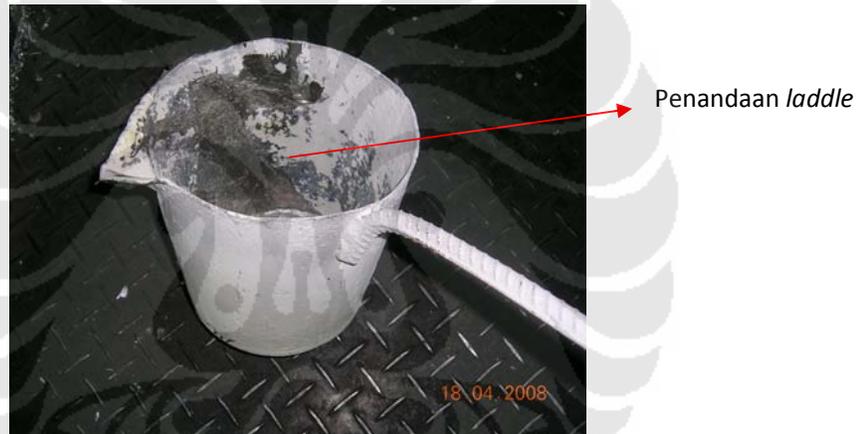
Pengaturan kadar silikon diupayakan agar mencapai 14 % sehingga ditambahkan pula *scrap-scrap* AC8H ke dalam *molten* AC8H yang telah dilebur sebelumnya.

Proses pengurangan gas *hydrogen* dalam *molten* aluminium cair dengan alat GBF (Gambar 3.3) tidak dilakukan pada penelitian ini, karena *molten* logam cair yang terdapat pada *holding furnace* sangat sedikit yakni 50 kg. Sedangkan

kapasitas *holding furnace* dapat memuat *molten* cair sebanyak 500 Kg. Sehingga mesin GBF (*Gas Bubling Furnace*) tidak dapat menjangkau *molten* cair AC8H yang terlalu dangkal.

3.5 PROSES PENAMBAHAN Sr

Ketika *molten* logam cair sudah sepenuhnya mencair, maka selanjutnya dilakukan proses penambahan *modifier* stronsium pada logam cair (gambar 3.5). Penambahan *modifier* tidak dilakukan pada *holding furnace* namun dilakukan penambahan *modifier* di dalam *ladle*. *Ladle* terlebih dahulu ditandai dengan spidol agar volume *molten* cair yang akan dituang nantinya sama. Penandaan *ladle* dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



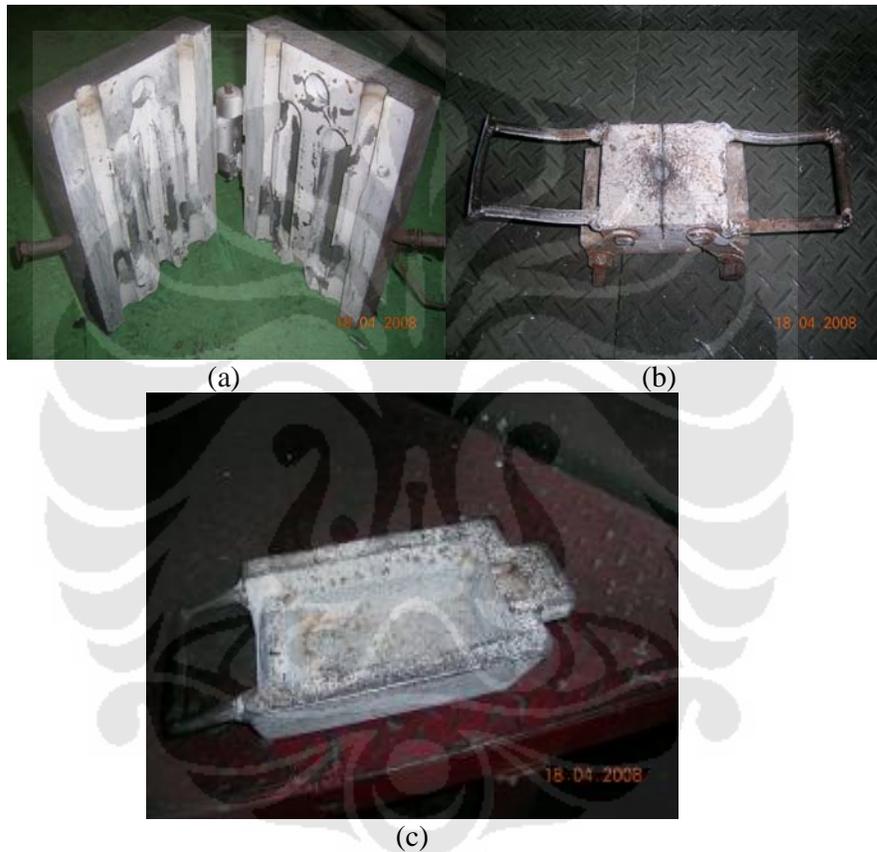
Gambar 3.4 *Ladle*



Gambar 3.5 Proses penambahan Sr dalam aluminium cair

3.6 PROSES PENUANGAN

Proses penuangan logam cair dilakukan 3 kali untuk setiap variabel. Penuangan logam dilakukan sesaat setelah dilakukan penambahan stronsium. Logam dituangkan ke dalam tiga cetakan yang sudah terlebih dahulu dilakukan proses *coating*. Ketiga cetakan yang digunakan adalah cetakan uji tarik, cetakan spektrometer dan cetakan balok (Gambar 3.6).



Gambar 3.6 (a) Cetakan Uji tarik (b) Spektrometer dan (c) Balok

Parameter-parameter dari dua proses terakhir, yaitu proses penambahan *modifier* stronsium dan penuangan logam cair ke dalam cetakan dibuat sama. Parameter-parameter yang dimaksud dapat dilihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 3.1 Paramater Proses dalam Penelitian

PERCOBAAN	VARIABEL 1			VARIABEL 2			VARIABEL 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Temperatur Penambahan (°C)	708	708	708	708	708	708	708	708	708
Waktu Tahan (menit)	1:30	1:30	1:30	1:30	7	2	2	1:30	1:30
Temperatur Tuang (°C)	796	706	706	706	706	709	710	711	711
Waktu Solidifikasi (menit)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Waktu Tuang (detik)	40	32	60	28	50	35	35	40	30

Terdapat empat parameter proses yang penting untuk diperhatikan dan dibuat sama, yaitu :

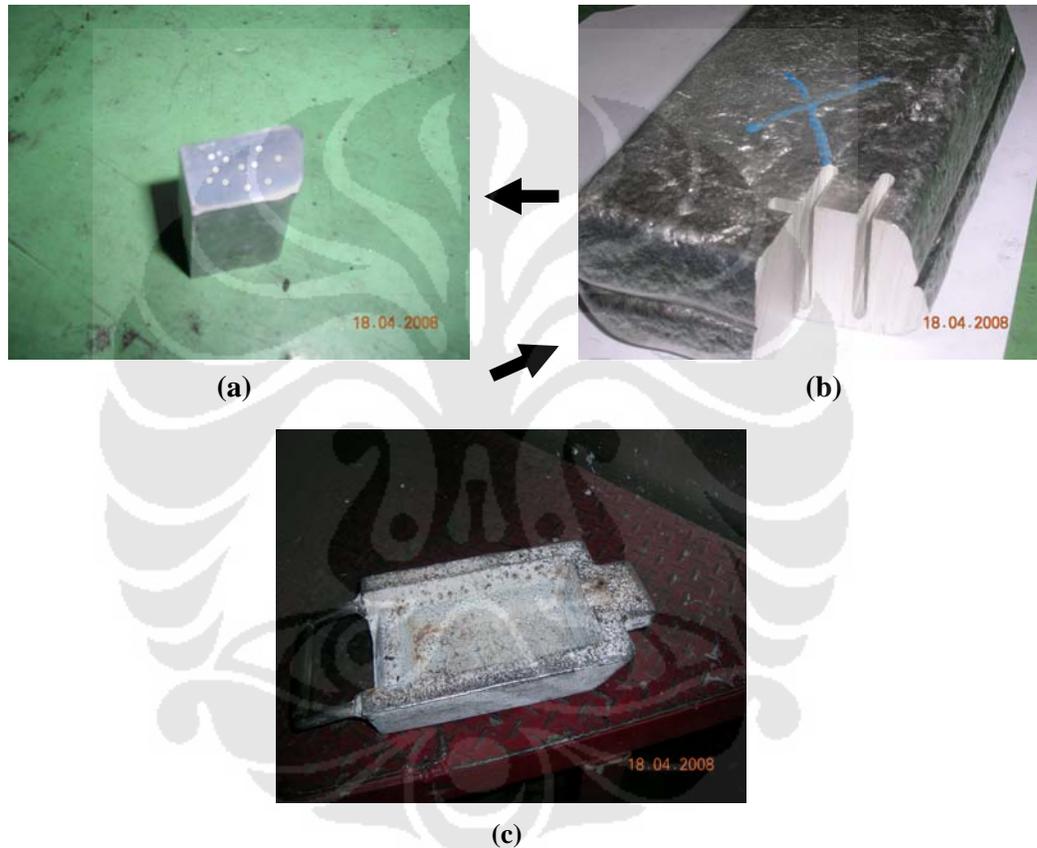
1. Temperatur penambahan, yakni temperatur yang dicatat sesaat setelah penambahan *modifier*..
2. Waktu tahan, yakni lama waktu antara penambahan stronsium sampai penguangan.
3. Temperatur tuang, yakni temperatur yang dicatat sesaat sebelum proses penguangan.
4. Waktu tuang, yakni lamanya proses penguangan sampai semua cetakan telah terisi.
5. Waktu solidifikasi, yakni lama waktu perubahan dari *liquid* ke *solid*

Parameter-parameter proses diatas dapat mempengaruhi mikrostruktur yang terbentuk pada pada paduan AC8H tersebut, oleh sebab itulah semua proses ini dibuat tetap, agar pengaruh setiap parameter proses ini pada sifat mekanis logam adalah sama. Sehingga parameter proses ini dapat saling menghilangkan ketika diperbandingkan antara setiap variabel stronsium yang ditambahkan.

3.7 PROSES PENGUJIAN DAN PENGAMATAN SAMPEL

3.7.1. Pengamatan Mikrostruktur AC8H

Sampel pengamatan mikrostruktur diambil dari logam yang terdapat pada cetakan balok (Gambar 3.7c). Sebagaimana yang telah ditetapkan di ASTM^[24], bahwa sampel yang diperuntukkan dalam pengujian mikrostruktur, diambil tegak lurus permukaan benda cor^[24].



Gambar 3.7 (a) Sampel Uji mikrostruktur (b) Sampel Cetakan Balok (c) Cetakan Balok

Sampel yang telah didapatkan rata-rata berukuran kurang lebih sekitar 4 cm x 2 cm x 4 cm (Gambar 3.7a). Ukuran yang cukup besar ini membuat proses *mounting* tidak perlu dilakukan.

Selanjutnya dilakukan proses persiapan sampel untuk melihat mikrostruktur paduan. Proses persiapan sampel dimulai dengan proses *grinding* (Gambar 3.8a), yakni proses pengamplasan agar permukaan material menjadi rata.

Proses pengamplasan dimulai dari grit yang paling kasar, yaitu 120 sampai grit yang terhalus yaitu 4000. Setelah permukaan sudah benar-benar rata maka selanjutnya dilakukan proses *polishing* (Gambar 3.8a), yakni proses pemolesan pada kain kasa dengan penambahan alumina yang bertujuan untuk mengkilapkan material sehingga proses pengujian mikrostruktur ini mudah untuk dilakukan.

Proses terakhir sebelum pengamatan adalah proses pengetsaan, yakni proses yang bertujuan untuk mengamati dan mengidentifikasi detail struktur logam dengan cara penyerangan larutan etsa ke batas batas butir. Larutan etsa yang digunakan dalam penelitian ini adalah HF (*Hydrofluoric acid*). Pengamatan mikrostruktur dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik *keyence* (Gambar 3.8b) dengan perbesaran 450x dan 1000x.



Gambar 3.8 (a) Mesin Polishing dan Grinding (b) Mikroskop Optik Digital

3.7.2. Pengujian Komposisi

Sebelum proses pengujian komposisi dilakukan, sampel uji spektro dibubut terlebih dahulu sampai permukaannya rata agar proses pengujian dapat berjalan dengan baik. Proses pengujian dilakukan sebanyak 2 kali penembakan pada 3 lokasi yang berbeda. Hal ini agar diperoleh data yang dapat mewakili komposisi dari sampel pengujian tersebut. Sampel pengujian komposisi ditampilkan pada gambar 3.9. Proses pengujian dilakukan untuk melihat apakah komposisi paduan sesuai dengan literatur dan penambahan Sr sudah mencapai target seperti dalam *material balance*. Pengujian komposisi ini dilakukan dengan menggunakan mesin uji spektrometer.



Gambar 3.9 Sampel uji komposisi



Gambar 3.10 Mesin Uji Spektrometer

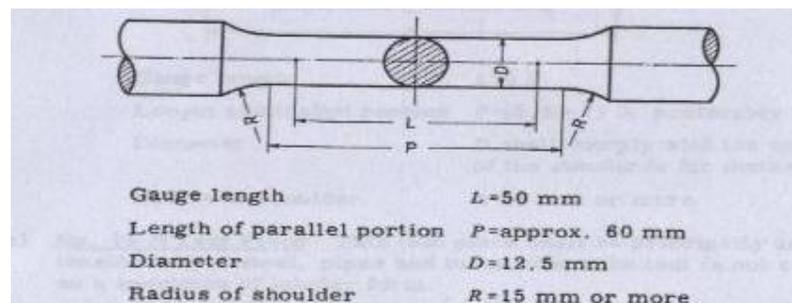
3.7.3. Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin tarik shimadzu (Gambar 3.11) dengan beban yang dipakai pada pengujian adalah sebesar 200 Kg.



Gambar 3.11 Mesin Uji Tarik Shimadzu

Sebelum dilakukan proses pengujian, sampel dibubut lalu diberikan *gauge length* sepanjang 50 mm sesuai dengan standar ASTM E-8^[25]. Pada gambar 3.12a diperlihatkan standar sampel uji tarik ASTM E-8. Sedangkan sampel uji tarik setelah dikeluarkan dari cetakan dapat dilihat pada gambar 3.12b



(a)



(b)

Gambar 3.12 (a) Standar sampel tarik ASTM E-8^[25] (b) Sampel Uji Tarik

3.7.4 Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode HRB sesuai dengan standar pengujian E-18^[26]. Metode pengujian kekerasan ini menggunakan indenter bola baja yang berdiameter 1/16 inch dengan beban yang dipakai sebesar 100 Kg (Gambar 3.14). Sebelum pengujian dilakukan kalibrasi alat, bila alat uji kekerasan memberikan nilai kekerasan 94 ± 0.1 HRB berarti alat dalam kondisi baik dan siap dipakai. Proses pengujian kekerasan dilakukan pada sampel yang diperoleh dari cetakan uji tarik (Gambar 3.13). Sampel yang diambil dari cetakan uji tarik diambil dari lokasi yang sama.



Gambar 3.13 Sampel Uji kekerasan



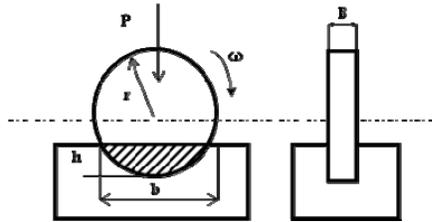
Gambar 3.14 Rockwell Hardness Tester

3.7.5 Pengujian Keausan

Keausan didefinisikan sebagai kehilangan material secara progresif atau pemindahan sejumlah material dari suatu permukaan sebagai suatu hasil pergerakan relatif antara permukaan tersebut dan permukaan lainnya. Pengujian keausan dilakukan pada mesin ogoshi (Gambar 3.15) , dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*) sesuai dengan parameter tertentu (kecepatan, jarak luncur, pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji (Gambar 3.16). Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material.



Gambar 3.15 Mesin Ogoshi



Gambar 3.16 Skema Pengujian Keausan

- B = Tebal revolving disc (mm)
- r = Jari-jari disc (mm)
- b = Lebar celah material yang terabrasi (mm)
- W = Volume material terabrasi (mm³)

$$W = \frac{B \cdot b^3}{12 r} \dots\dots\dots(3.1)$$

Nilai W kemudian digunakan untuk menghitung nilai V (Laju keausan material) dengan menggunakan rumus :

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

- V = Laju Keausan
- X = Jarak luncur

Sampel untuk uji aus merupakan sampel yang diambil dari cetakan balok yang telah dipotong dengan ukuran ± 3 cm x 2 cm x 1 cm (Gambar 3.18). Setelah dipotong sesuai dengan ukuran yang telah diinginkan, Proses mounting selanjutnya dilakukan terhadap sampel dengan menggunakan alat *press mounting* (Gambar 3.17). *Mounting* dilakukan agar permukaan sampel menjadi rata sehingga proses pengujian keausan dapat dilakukan dengan lebih mudah. Setelah di *mounting*, bentuk sampel menjadi bulat dengan ukuran diameter 4 cm. Ukuran

diameter ini terlalu besar, karena ukuran standar sampel berbentuk persegi dengan lebar 3 cm. Oleh sebab itu, resin yang mengeras hasil proses *mounting* diampelas terlebih dahulu, agar dihasilkan ukuran 3 cm.



Gambar 3.17 Mounting Press Machine

Bagian material yang dipotong



(a)

(b)

Gambar 3.18 (a) Sampel Uji Aus (b) Tempat Pengambilan Sampel Uji Aus

Selanjutnya agar permukaan rata, proses pengamplasan selanjutnya dilakukan. Setelah pengamplasan tersebut selesai, maka sampel telah siap untuk dilakukan pengujian keausan. Jumlah sampel yang dilakukan pengujian keausan adalah dua. Sampel uji aus adalah sampel yang memiliki kekerasan yang terendah dan tertinggi dari 4 variabel yang dikarakterisasikan. Sampel O dan C adalah sampel yang dipilih untuk pengujian keausan

Terdapat beberapa jenis pilihan untuk setiap variabel yang digunakan. Dalam pengujian ini, variabel yang digunakan adalah sama untuk kedua material yang ingin diuji ketahanan ausnya karena pengujian ini dilakukan hanya untuk membandingkan kedua jenis material yang berbeda. Pengujian keausan dilakukan pada dua sampel yang berbeda, dengan variabel yang sama untuk kedua sampel tersebut (Tabel 3.2)

Tabel 3.2 Variabel yang digunakan dalam pengujian keausan

Variabel	SAMPEL O		SAMPEL C	
	a	b	a	b
Jarak Luncur (m)	200	100	200	100
Kecepatan Putar (m/s)	2,38	2,38	2,38	2,38
Beban (Kg)	6,32	2,38	6,32	2,38

Setelah pengujian keausan dilakukan, maka besar celah terabrasif dapat dihitung besarnya dengan menggunakan alat mikroskop optik (Gambar 3.19).



Gambar 3.19. Mikroskop Optik