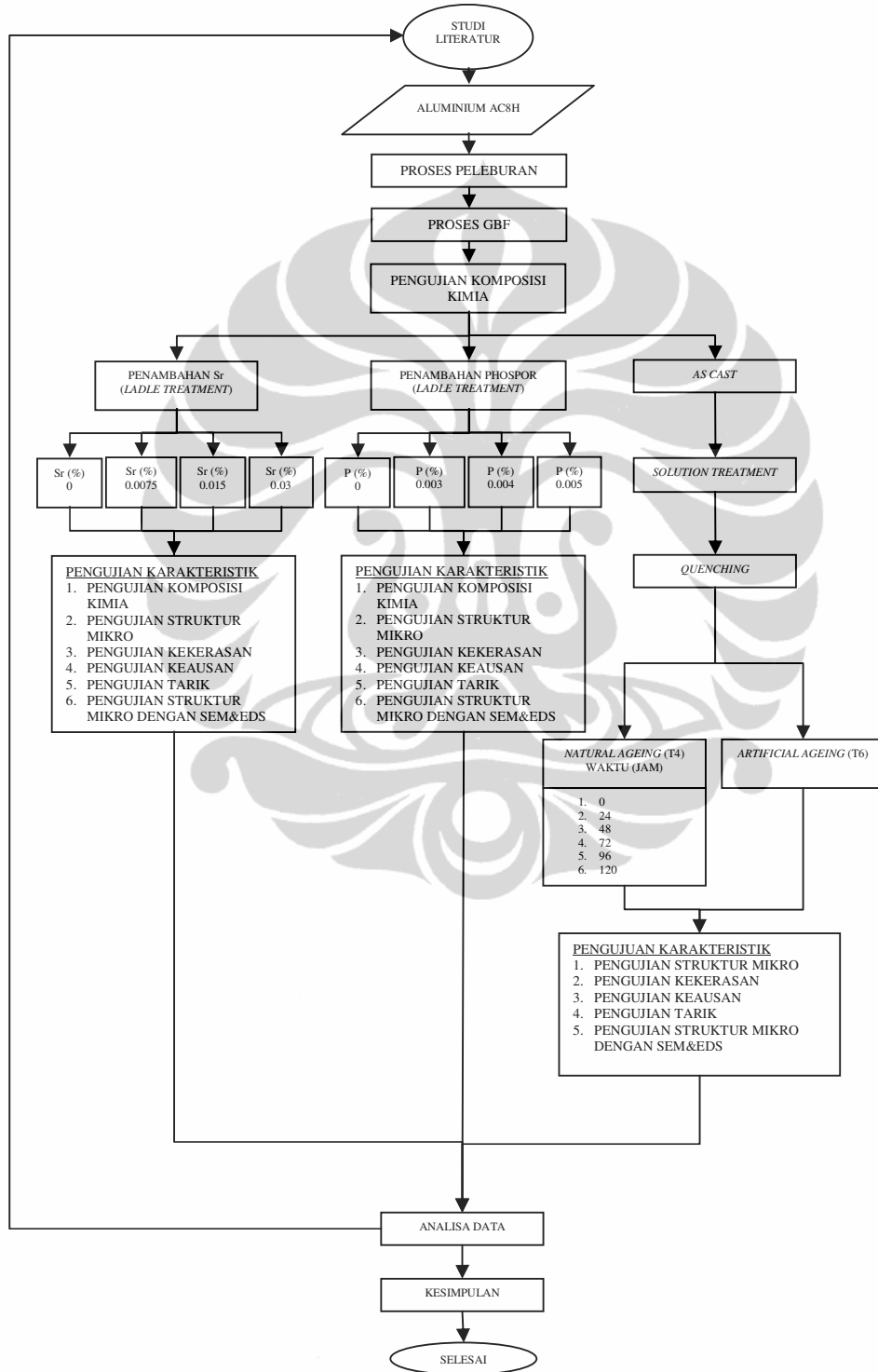


BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 DIAGRAM ALIR



Penelitian ini dimulai dengan melakukan studi literatur terhadap topik yang akan diteliti. Setelah itu dilakukan persiapan material yaitu dimulai dengan melebur aluminium AC8H sampai pada temperatur $680^{\circ} \pm 10^{\circ} \text{C}$, setelah aluminium mencair dilakukan proses GBF (*Gas Bubble Flotation*) untuk mengurangi kelarutan kadar gas dan mengangkat kotoran. Proses berikutnya dilanjutkan dengan pengujian spektrometer untuk mengetahui komposisi kimia dari molten metal aluminium AC8H.

Pada percobaan penambahan *modifier* baik untuk unsur stronsium maupun fosfor, proses penambahan dilakukan di dalam ladle (*ladle treatment*). Jumlah stronsium yang ditambahkan adalah : 0,0075 % Sr, 0,015 % Sr , 0,03 % Sr, sementara fosfor yang ditambahkan : 0,003 % P, 0,004 % P dan 0,005 % P. Proses penambahan tersebut dilakukan dengan kondisi operasi yang seragam, untuk kemudian dituang ke dalam berbagai jenis cetakan sesuai dengan pengujian yang ingin dilakukan. Material yang telah membeku kemudian dikarakterisasikan dengan berbagai pengujian.

Dalam percobaan perlakuan panas setelah melalui proses pengujian komposisi kimia dilanjutkan dengan proses penuangan yang akan menghasilkan produk *as-cast* dengan berbagai bentuk sampel sesuai dengan pengujian yang ingin dilakukan. Selanjutnya dilakukan proses *solution treatment* dengan temperatur $505 \pm 5^{\circ} \text{C}$ selama 2 jam \pm 5 menit dan proses *quenching* dengan media air (pendinginan cepat) selama 3 ± 1 menit pada temperatur air $70 \pm 5^{\circ} \text{C}$. Selesai proses *quenching*, produk *as-cast* diambil untuk kemudian dikarakterisasikan melalui berbagai pengujian dengan variabel waktu *ageing* mulai dari 0 jam sampai 120 jam dan dilakukan pengujian setiap 24 jam. Sampel ini menjadi sample T4 (*natural ageing*) , sementara sampel lain setelah *quenching* dilakukan proses T6 (*artificial ageing*) dengan cara dimasukkan kembali didalam oven dengan temperatur proses $230 \pm 5^{\circ} \text{C}$ selama 5 jam \pm 5 menit dan sampel inilah yang menjadi sampel T6 (*artificial ageing*) untuk kemudian dikarakteristik melalui beberapa pengujian. Semua proses ini dilakukan di PT. X, Jakarta.

Pengujian yang dilakukan antara lain adalah : Pengujian komposisi kimia, pengujian kekerasan, pengujian struktur mikro, pengujian tarik dilakukan di PT. X, sedangkan pengujian struktur mikro melalui pengamatan SEM dan

pengujian keausan dilakukan dilaboratorium *Desdructive test* Departemen Metalurgi dan Material Fakultas Teknik Universitas Indonesia. Setelah itu dilakukan analisa data terhadap hasil percobaan yang dilakukan dengan studi literatur dan disimpulkan apakah proses percobaan penambahan *modifier* maupun percobaan perlakuan panas T4 dapat menggantikan proses perlakuan panas T6 yang merupakan proses perlakuan panas standar pada proses pembuatan piston di PT. X dalam rangka efisiensi proses produksi.

3.2 ALAT DAN BAHAN

3.2.1 Alat

Alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Dapur peleburan berkapasitas 300 kg
2. *Hand Thermocouple*
3. Alat GBF (*Gas Buble Floatation*)
4. *Ladle* tuang 3 kg
5. Cetakan Balok
6. Cetakan Uji Tarik
7. Cetakan Uji Komposisi Kimia
8. Oven untuk proses *heat treatment*
9. Mesin potong dengan *coolant*
10. Mesin bubut untuk pengujian spektrometer
11. Mesin Uji spektrometer Shimadzu OES-5500 II
12. Alat uji kekerasan *Rockwell Hardness Tester*
13. Mesin Uji Tarik Shimadzu AG-1 100KN
14. Mikroskop optik Digital “Keyence”
15. *Measuring* mikroskop
16. Alat uji keausan (Ogoshi Wear Machine)
17. Mesin *mounting*
18. Mesin amplas & poles
19. *Scanning Electron Microscope (SEM)*

3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Material AC8H
2. Stronsium dalam bentuk batangan aluminium stronsium (Al-Sr 10%)
3. Phospor dalam bentuk *Flux* (2% Phospor)
4. Kertas amplas, kain poles, dan alumina
5. *Phenolic hot mounting* resin (Thermoset)

3.3 PROSEDUR PENELITIAN

3.3.1 Pembuatan Sampel

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah paduan aluminium silikon AC8H dengan komposisi kimia sebagai berikut:

Tabel 3.1 Komposisi Kimia AC8H^[2]

Unsur	% berat
Cu	2,50 – 3,50
Si	10,50 – 11,50
Mg	0,70 – 1,30
Zn	0 – 0,10
Fe	0,05 – 0,40
Mn	0 – 0,10
Ni	0 – 0,10
Ti	0,20 – 0,30
Pb	0 – 0,05
Sn	0 – 0,05
Cr	0 – 0,05
Al	<i>Balanced</i>

Proses peleburan dilakukan dalam dapur peleburan (*furnace*) yang mempunyai kapasitas 300 kg dan kecepatan peleburan 60 kg/jam (Gambar 3.1). Pada penelitian ini material aluminium yang dimasukkan kedalam dapur

peleburan sekitar 200 kg, dengan perbandingan 60 % *ingot* dan 40% *scrap* (ex. *gating system* dan *part reject*)



Gambar 3.1 *Furnace* yang digunakan untuk Peleburan

Setelah aluminium mencair dan temperatur mencapai $720 \pm 5^{\circ}\text{C}$ dilakukan proses *degassing* dengan menggunakan mesin *Gas Buble Flootation* (Gambar 3.2), proses ini bertujuan untuk mengurangi gas hidrogen (*degassing*) dan kotoran (*Fluxing*) yang terjebak di dalam logam cair. Gas yang digunakan pada proses ini adalah gas argon, dimana gas dialirkan dengan tekanan 16 Kg/cm^2 dengan jumlah 18-20 liter / menit dan dalam waktu 10 menit. Sementara gas dialirkan, rotor pada mesin *Gas Buble Flootation* akan berputar dengan kecepatan 400 – 500 rpm.

Sesudah proses *degassing* dan *fluxing* selesai proses dilanjutkan dengan mendinginkan aluminium cair selama 5 menit dikenal dengan istilah "*killing time*" yaitu memberi kesempatan kotoran dan gas terangkat keatas menjadi *layer slug* untuk kemudian kita bersihkan dengan cara mengambil *layer* tersebut.



Gambar 3.2 Mesin *Gas Buble Floatation*

3.3.2 Penambahan Stronsium

Stronsium yang digunakan pada penelitian ini adalah stronsium yang berbentuk *rod* (batangan) dengan komposisi kimia stronsium 10 % .



Gambar 3.3 Stronsium yang Ditambahkan (Al-Sr : 10%)

Pada penelitian ini, jumlah *modifier* stronsium yang ditambahkan sebanyak 4 variabel, yaitu : 0 % Sr, 0,0075 % Sr, 0,015 % Sr dan 0,03 % Sr. Jumlah kandungan Sr dalam modifier adalah 10%, yang artinya jumlah stronsium dalam setiap 100 gram adalah 10 gram. Dari nilai-nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan *material balance* untuk mendapatkan masa stronsium yang harus ditambahkan.

Penambahan *modifier* dilakukan di dalam *ladle* (*ladle treatment*) dengan kapasitas aluminium cair 3 kg. Sedangkan kapasitas dari aluminium cair yang akan digunakan untuk pembuatan sampel telah ditentukan, yaitu sebesar 2 kg. Penentuan kapasitas lelehan logam dilakukan dengan menghitung volume dari *ladle* dan kemudian ditandai dengan *cara ladle dilubangi*.



Gambar 3.4 *Ladle*

Jumlah penambahan stronsium dapat dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 3.2 Jumlah Penambahan Stronsium

% Berat	Berat Al-Sr (gram)	Berat Aluminium
0,0075	1,5	2 kg
0,015	3	2 kg
0,03	6	2 kg

Jumlah penambahan *modifier* stronsium tersebut dihitung dengan cara :

Pada % Berat stronsium = 0,0075

$$\text{Banyak stronsium yang ditambahkan} = \frac{0,0075}{100} \times 2000 \text{ g} = 0,15 \text{ gram}$$

Stronsium yang digunakan memiliki komposisi Al-10 % Sr

Maka, banyak Al-Sr yang ditambahkan sebesar $= 0,15 \text{ gr} \times 10 = 1,5 \text{ gram}$.

Jumlah penambahan *modifier* stronsium lainnya dihitung dengan cara yang sama.

3.3.3 Penambahan Phospor

Phospor yang digunakan pada penelitian ini adalah phospor yang berbentuk *flux* (serbuk) dengan kandungan 2 % phospor, yang artinya jumlah phospor dalam setiap 100 gram adalah 2 gram. Standar komposisi kimia *flux* tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.3 Standar komposisi kimia *flux* ^[29]

Unsur	Na	Cl	F	O	C	S	P	Si
% berat	20-40	30-50	5-15	5-15	1-3	1-3	1-3	1-3



Gambar 3.5 Phospor yang Ditambahkan

Pada penelitian ini, jumlah phospor yang ditambahkan sebanyak 4 variabel, yaitu: 0% P, 0,003% P, 0,004% P dan 0,005% P.

Jumlah penambahan phospor dapat dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 3.4 Jumlah Penambahan Phospor

% Berat	Berat Phospor (gram)	Berat Aluminium
0,003	3	2 kg
0,004	4	2 kg
0,005	5	2 kg

Jumlah penambahan *modifier* phospor tersebut dihitung dengan cara :

Pada % Berat phospor = 0,003

$$\text{Banyak phospor yang ditambahkan} = \frac{0,003}{100} \times 2000 \text{ g} = 0,06 \text{ gram}$$

Phospor yang digunakan memiliki komposisi Al - 2 % P

Maka, banyak Al-P yang ditambahkan sebesar = $0,06 \text{ gr} \times 50 = 3 \text{ gram}$.

Jumlah penambahan *modifier* phosphor lainnya dihitung dengan cara yang sama

Proses penambahan *modifier* stronsium & phospor dilakukan dengan kondisi operasi yang sama untuk setiap variabelnya. Kondisi operasi ini meliputi :

1. Temperatur penambahan *modifier*, yaitu temperatur yang dicatat ketika penambahan *modifier* dilakukan. Proses pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan alat *thermocouple*.
2. Waktu tahan, yaitu waktu yang dicatat ketika *modifier* dimasukkan dan kemudian didiamkan selama beberapa saat.
3. Temperatur tuang, yaitu temperatur yang dicatat ketika dilakukan penuangan ke cetakan.
4. Waktu tuang, yaitu waktu yang dicatat ketika proses penuangan dilakukan hingga logam cair memenuhi seluruh cetakan.
5. Waktu solidifikasi, yakni lama waktu perubahan dari *liquid* ke *solid*.

Tabel 3.5 Paramater Proses penambahan Stronsium

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

Variabel 1 : 0,0075% Sr; Variabel 2 : 0,015% Sr; Variabel 3 : 0,03% Sr.

Tabel 3.6 Paramater Proses penambahan Phospor

PERCOBAAN	VARIABEL 1			VARIABEL 2			VARIABEL 3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Temperatur Penambahan (°C)	708	708	706	708	708	708	708	708	708
Waktu Tahan (menit)	1	1	1	1	1	2	1	1:10	1:30
Temperatur Tuang (°C)	705	705	705	706	706	709	706	708	706
Waktu Solidifikasi (menit)	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Waktu Tuang (detik)	37	32	40	28	24	27	35	27	28

Variabel 1 : 0,003% P; Variabel 2 : 0,004% P; Variabel 3 : 0,005% P.

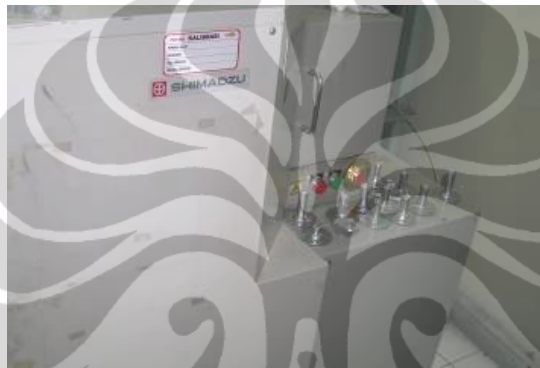
3.4 PENGUJIAN

3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia

Sebelum proses pengujian komposisi kimia dilakukan, sampel uji dibubut terlebih dahulu sampai permukaannya rata agar proses pengujian dapat berjalan dengan baik. Proses pengujian dilakukan sebanyak 2 kali penembakan pada setiap sampe; pengujian komposisi kimia (Gambar 3.6), hal ini agar diperoleh data yang dapat mewakili komposisi kimia dari sampel pengujian tersebut. Proses pengujian ini dilakukan untuk melihat apakah komposisi kimia paduan sudah sesuai dengan literatur atau target yang ditentukan. Pengujian komposisi kimia dilakukan dengan menggunakan mesin spectrometer (Gambar 3.7).



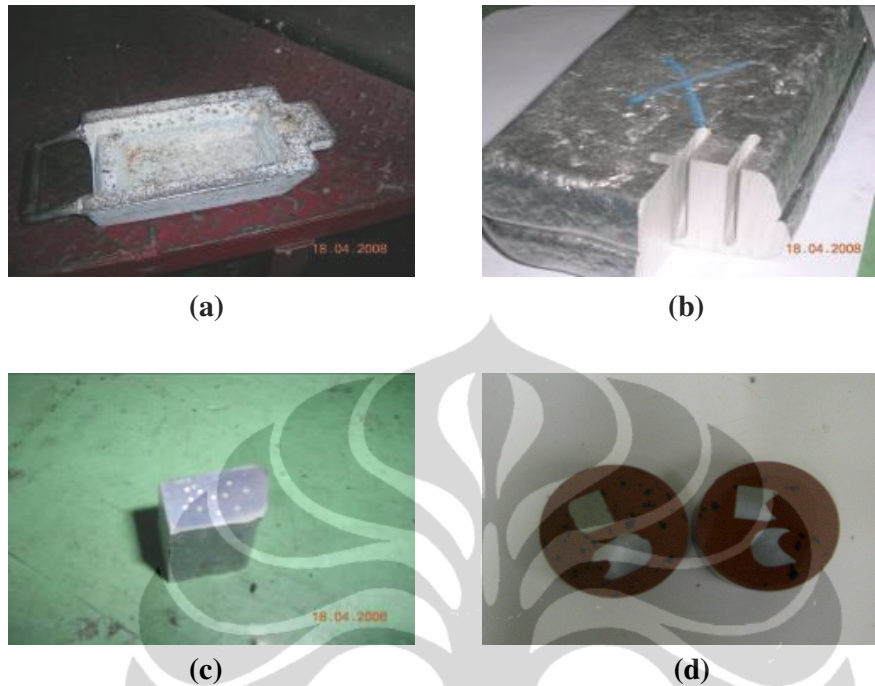
Gambar 3.6 Sampel uji komposisi kimia



Gambar 3.7 Mesin Spektrometer

3.4.2 Pengujian Struktur Mikro dengan Mikroskop Optik

Sampel pengujian Struktur mikro dengan mikroskop optik & SEM diambil dari logam yang terdapat pada cetakan balok (Gambar 3.8c & 3.8d). Sebagaimana yang telah ditetapkan di ASTM E3-01^[25], bahwa sampel yang diperuntukkan dalam pengujian mikrostruktur, diambil tegak lurus permukaan benda cor^[25].



Gambar 3.8 (a) Cetakan Balok (b) Sampel Cetakan (c) Sampel struktur mikro (d) Sampel uji SEM

Pada pengujian struktur mikro dengan mikroskop optik sampel yang telah didapatkan rata-rata berukuran kurang lebih sekitar 4 cm x 2 cm x 4 cm (Gambar 3.8c). Ukuran yang cukup besar ini membuat proses *mounting* tidak perlu dilakukan, sementara karena keterbatasan area *chamber* SEM maka sampel untuk pengujian struktur mikro dengan SEM perlu dilakukan *mounting* terlebih dahulu (Gambar 3.8d)

Selanjutnya dilakukan proses persiapan sampel untuk melihat mikrostruktur paduan. Proses persiapan sampel dimulai dengan proses *grinding* (Gambar 3.9a), 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 3.9a), yakni proses pemolesan pada kain kasa dengan penambahan alumina yang bertujuan untuk mengkilapkan material sehingga proses pengujian mikrostruktur ini mudah untuk dilakukan.

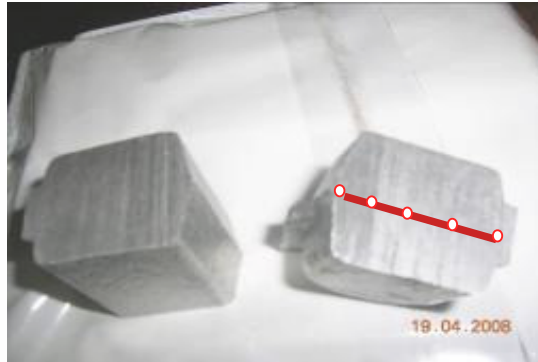
Proses terakhir sebelum pengamatan adalah proses pengetsaan, yakni proses yang bertujuan untuk mengamati dan mengidentifikasi detil struktur logam dengan cara penyerangan larutan etsa ke batas batas butir. Larutan etsa yang digunakan dalam penelitian ini adalah HF (*Hydrofluoric acid*). Pengamatan mikrostruktur dengan mikroskop optik dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik *keyence* (Gambar 3.9b) dengan perbesaran 450x dan 1000x.



Gambar 3.9 (a) Mesin *Polishing* dan *Grinding* (b) Mikroskop Optik Digital

3.4.3 Pengujian Kekerasan

Proses pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan metode HRB sesuai dengan standar pengujian E-18^[27]. Metode pengujian kekerasan ini menggunakan indenter bola baja yang berdiameter 1/16 inch dengan beban yang dipakai sebesar 100 Kg (Gambar 3.11) . Sebelum pengujian dilakukan kalibrasi alat, proses pengujian kekerasan dilakukan pada sampel yang diperoleh dari cetakan uji tarik (Gambar 3.10).



Gambar 3.10 Sampel Uji kekerasan



Gambar 3.11 *Rockwell Hardness Tester*

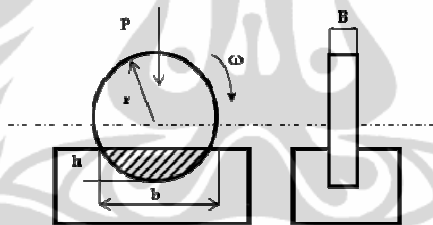
3.4.4 Pengujian Keausan

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 3.12) , dimana benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*) sesuai dengan parameter tertentu seperti kecepatan, jarak luncur dan pembebanan. Pembebanan ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada

akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji (Gambar 3.13). Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material.



Gambar 3.12 Mesin Ogoshi



Gambar 3.13 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 :

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

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 3.15). Setelah dipotong sesuai dengan ukuran yang telah diinginkan, Proses *mounting* selanjutnya dilakukan terhadap sampel dengan menggunakan alat *press mounting* (Gambar 3.14). *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 3.14 *Mounting Press Machine*



Gambar 3.15 (a) Sampel Uji Aus (b) Tempat Pengambilan Sampel Uji Aus

Selanjutnya agar permukaan rata dilakukan proses pengampelasan. Setelah pengampelasan tersebut selesai, maka sampel telah siap untuk dilakukan pengujian keausan.

Terdapat beberapa jenis pilihan untuk setiap variabel yang digunakan. Dalam pengujian ini, variabel yang digunakan adalah sama untuk semua kondisi material yang ingin diuji ketahanan ausnya. Variabel pengujian keausan dapat dilihat pada Tabel 3.7.

Tabel 3.7 Variabel yang digunakan dalam pengujian keausan

Jarak Luncur (m)	200
Kecepatan Putar (m/s)	2,38
Beban (kg)	6,32

Setelah pengujian keausan dilakukan, maka besar celah terabrasif dapat dihitung besarnya dengan menggunakan alat mikroskop optik (Gambar 3.16).



Gambar 3.16 Mikroskop Optik

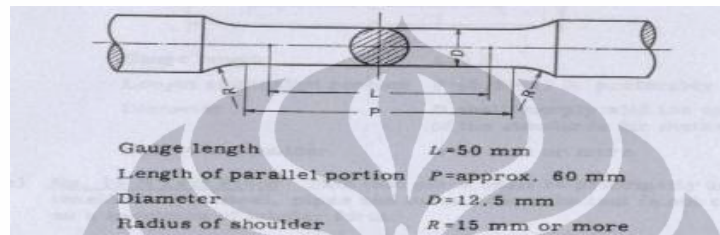
3.4.5 Pengujian Tarik

Proses pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin tarik shimadzu (Gambar 3.17) , beban yang dipakai pada pengujian sebesar 200 kg.



Gambar 3.17 Mesin Uji Tarik Shimadzu

Sebelum dilakukan proses pengujian, sampel dibubut lalu diberikan *gauge length* sepanjang 50 mm sesuai dengan standar ASTM E-8^[26]. Pada gambar 3.19a diperlihatkan standar sampel uji tarik ASTM E-8. Sedangkan sampel uji tarik setelah dikeluarkan dari cetakan dapat dilihat pada gambar 3.18b. Dari pengujian ini akan didapat nilai kekuatan tarik dan *elongation*, sementara nilai ketangguhan didapat dengan cara menghitung luas area dibawah kurva hasil pengujian tarik.



(a)



(b)

Gambar 3.18 (a) Standar sampel tarik ASTM E-8^[26] (b) Sampel Uji Tarik

3.4.6 Pengujian Struktur Mikro dengan SEM dan EDS

Pengujian ini dilakukan di Departemen Metalurgi dan Material FTUI dengan menggunakan SEM/EDAX LEO (Gambar 3.19). Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui bentuk dan komposisi fasa yang ada. 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 monitor.

Pada pengujian SEM karena keterbatasan area *chamber* SEM maka sampel yang telah didapatkan rata-rata berukuran kurang lebih sekitar 1 cm x 1 cm x 1 cm (Gambar 3.8d). Ukuran yang cukup kecil ini membuat proses *mounting* perlu dilakukan, proses persiapan sampel yang dilakukan pada pengujian SEM

sama dengan langkah langkah yang dilakukan pada proses pengujian struktur mikro.

Sebelum pengamatan SEM dimulai, sample di-*coating* terlebih dahulu dengan Au-Pd, hal ini bertujuan agar sample dapat menghantarkan elektron dengan baik, mencegah terjadinya *charging* berlebih ketika ditembakkan elektron serta untuk meningkatkan kontras warna pada gambar. Selanjutnya sampel dimasukkan ke dalam alat pengujian SEM dan di vakum selama lebih kurang 15 menit, dan kemudian sample ditembakkan dengan *probe level* tertentu.

Pengujian struktur mikro dengan SEM dilakukan pada tahap akhir dari rangkaian pengujian dengan tujuan melakukan pengamatan yang lebih dalam terhadap sifat mekanik yang dihasilkan terkait dengan bentuk serta fasa yang ada.



Gambar 3.19 Mesin SEM/EDAX LEO