

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

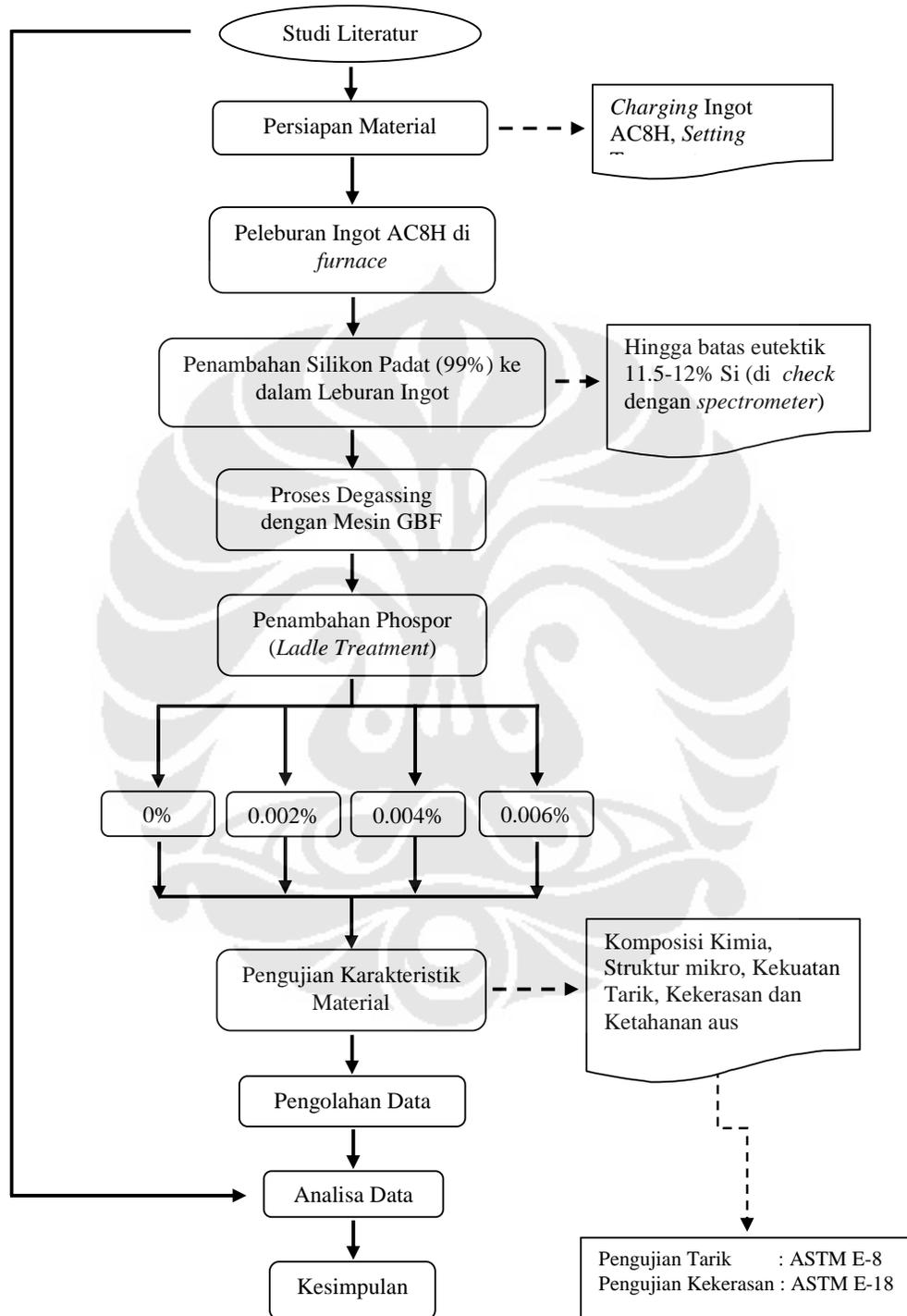
#### **3.1 DIAGRAM ALIR PENELITIAN**

Penelitian ini hampir secara keseluruhan dilakukan di PT.A. Namun, ada sebagian pengujian yang dilakukan di departemen metalurgi dan material FTUI. Penelitian ini diawali dengan studi literatur terhadap topik yang akan diteliti agar tidak terjadi kekeliruan pada saat proses penelitian. Setelah segala sesuatunya siap, pembuatan sampel penelitian dimulai dengan persiapan material berupa ingot AC8H. Sejumlah ingot AC8H kemudian dimasukkan ke dalam *furnace* yang di-*setting* temperatur prosesnya sebesar 720°C. Setelah seluruh ingot melebur, sejumlah silikon padat dengan kemurnian hingga 99% ditambahkan ke dalam leburan ingot hingga kandungan silikonnya mencapai 11.5-12% Si, dan kemudian ditunggu hingga *mixing* satu sama lainnya.

Proses *mixing* akan berlangsung selama  $\pm 1$  jam, hingga seluruh silikon benar-benar larut. Langkah selanjutnya adalah proses *degassing* dengan menggunakan mesin GBF dan gas inert argon. Proses *degassing* ini penting untuk mengurangi gas hidrogen yang terdapat pada leburan aluminium. Kemudian setelah proses *degassing*, tahapan penting dari proses pembuatan sampel ini adalah proses penambahan fosfor. Proses penambahan fosfor dilakukan di dalam ladle (*ladle treatment*). Jumlah fosfor yang ditambahkan adalah: 0%, 0.002%, 0.004% dan 0.006%. Proses penambahan fosfor dilakukan dengan kondisi operasi yang seragam.

Setelah proses pembuatan sampel selesai, selanjutnya adalah proses pengujian karakterisasi material yang terdiri atas pengujian komposisi kimia, pengamatan struktur mikro, pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengujian ketahanan aus. Hasil dari pengujian-pengujian tersebut kemudian dianalisa dan diambil kesimpulan dari hasil penelitian ini.

Secara umum, proses penelitian ini dapat dirangkum ke dalam diagram alir gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

## **3.2 ALAT DAN BAHAN**

### **3.2.1 Alat**

1. Dapur peleburan tipe krusibel
2. Mesin potong gerinda
3. Gergaji mesin
4. Ladle
5. Mesin mounting
6. Kertas amplas grid 120 – 4000
7. Mesin amplas & poles
8. *Thermocouple*
9. Stopwatch
10. Cetakan ingot
11. Cetakan sampel uji tarik
12. Cetakan sampel *spectro*
13. Timbangan digital
14. Plunger, tang penjepit, dan sendok besi
15. Penggaris dan spidol permanen
16. Kardus dan label nama
17. Peralatan keselamatan (masker dan sarung tangan)
18. Mesin uji tarik
19. Mesin uji kekerasan (*rockwell*)
20. Mesin uji ketahanan aus (mesin ogoshi)

### **3.2.2 Bahan**

1. Ingot AC8H
2. Silikon padat murni
3. Morland Injectoflux 611 (phospor)
4. Resin padat

### 3.3 PROSEDUR PENELITIAN

#### 3.3.1 Pembuatan Sampel

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

Tabel 3.1 Komposisi Kimia AC8H

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	Balanced

Selanjutnya untuk membuat master alloy, material AC8H tersebut kemudian ditambahkan silikon murni (99%) yang berbentuk padat dalam jumlah tertentu hingga didapatkan kondisi eutektik dengan kadar silikon sekitar 11.5 hingga 12 %.

Proses peleburan dilakukan dalam refraktori furnace yang berkapasitas 300 kg. Pada penelitian ini material AC8H yang digunakan untuk peleburan sekitar 250 kg. Silikon ditambahkan ke dalam furnace setelah ingot melebur semuanya, dan untuk mempercepat proses *mixing* antara ingot dan silikon, terlebih dahulu silikon diperhalus ukurannya dengan cara ditumbuk.



Gambar 3.2 *Furnace* yang Digunakan untuk Peleburan

Kemudian setelah ingot dan silikon sudah *mixing*, selanjutnya dilakukan proses degassing dengan menggunakan mesin *Gas Buble Floatation* (GBF) untuk mengurangi gas hidrogen yang terjebak di dalam leburan tersebut. Gas yang digunakan pada proses GBF ini adalah gas inert argon. Mesin GBF yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mesin GBF

### 3.3.2 Penambahan Phospor

Phospor yang digunakan pada penelitian ini adalah phospor yang berbentuk *flux* (serbuk) dengan merk dagang Morland Injectoflux 611. Komposisi kimia *flux* tersebut dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3.2 Komposisi Kimia Flux

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 3.4 Phospor yang Ditambahkan

Pada penelitian ini, jumlah phospor yang ditambahkan sebanyak 4 variabel, yaitu: 0% atau yang kemudian disebut sebagai sampel X; 0.002% atau sampel D; 0.004% atau sampel E; dan 0.006% atau sampel F. Penambahan phospor dilakukan di dalam *ladle* (*ladle treatment*) dengan kapasitas lelehan aluminium 5 kg. Sedangkan kapasitas dari lelehan aluminium yang akan digunakan untuk pembuatan sampel telah ditentukan, yaitu sebesar 3 kg. Penentuan kapasitas lelehan logam dilakukan dengan menghitung volume dari *ladle* dan kemudian ditandai dengan *marker*.

Jumlah kandungan phospor pada flux adalah 1-3% (dengan asumsi sebesar 2%) yang artinya jumlah phospor dalam setiap 100 gram adalah 2 gram. Dari nilai-nilai tersebut kemudian dilakukan perhitungan *material balance* untuk mendapatkan massa phospor yang harus ditambahkan.



Gambar 3.5 Ladle

Perhitungan *material balance* dapat diuraikan sebagai berikut:

- $\text{Massa P} = \frac{0.002}{100} \times 50 \times 3000\text{gr} = 3\text{gr}$
- $\text{Massa P} = \frac{0.004}{100} \times 50 \times 3000\text{gr} = 6\text{gr}$
- $\text{Massa P} = \frac{0.006}{100} \times 50 \times 3000\text{gr} = 9\text{gr}$

Jumlah penambahan fosfor dapat dirangkum dalam tabel berikut:

Tabel 3.3 Jumlah Penambahan Fosfor

% Berat	Massa Fosfor	Massa Aluminium
<b>0.002</b>	3 gr	3 kg
<b>0.004</b>	6 gr	3 kg
<b>0.006</b>	9 gr	3 kg

Jumlah sampel yang dibuat untuk proses pengujian karakteristik adalah 3 buah untuk setiap variabel.

Proses penambahan fosfor dilakukan dengan kondisi operasi yang sama untuk setiap variabelnya. Kondisi operasi ini meliputi :

1. Temperatur penambahan fosfor, yaitu temperatur yang dicatat ketika penambahan fosfor dilakukan. Proses pengukuran temperatur dilakukan dengan menggunakan alat *thermocouple*.
2. Waktu tahan, yaitu waktu yang dicatat ketika fosfor dimasukkan dan kemudian dibiarkan 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 lelehan logam memenuhi seluruh cetakan.
5. Waktu solidifikasi, yaitu waktu yang dicatat setelah proses penuangan selesai hingga proses pelepasan sampel dari cetakan.

Kondisi operasi pada saat penambahan fosfor dapat dilihat pada tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kondisi Operasi Proses Pembuatan Sampel

Percobaan	Variabel 1			Variabel 2			Variabel 3			Variabel 4		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Temperatur Penambahan Fosfor (°C)	-	-	-	70 8	70 8	70 6	70 8	70 8	70 8	70 8	70 8	70 8
Temperatur Tuang (°C)	705	70 5	70 5	70 5	70 7	70 5	70 6	70 6	70 5	70 5	70 6	70 5
Waktu Tahan (detik)	-	-	-	60	60	60	60	60	12 0	60	70	90
Waktu solidifikasi (menit)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Waktu tuang (detik)	45	40	43	37	30	40	24	27	27	34	27	28

### 3.4 PENGUJIAN

Pengujian-pengujian yang dilakukan pada penelitian ini meliputi pengujian komposisi kimia, pengamatan struktur mikro, pengujian tarik, pengujian kekerasan dan pengujian ketahanan aus.

### 3.4.1 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan mesin *spectrometer Shimadzu*.



Gambar 3.6 Mesin *Spectrometer Shimadzu*

Sebelum dilakukan pengujian, terlebih dahulu dibuat sampel dengan bentuk seperti pada gambar 3.7.



(a)



(b)

Gambar 3.6 Pengujian Komposisi Kimia. (a) Cetakan *Spectro*, (b) Sampel *Spectro*

### 3.4.2 Pengamatan Struktur Mikro

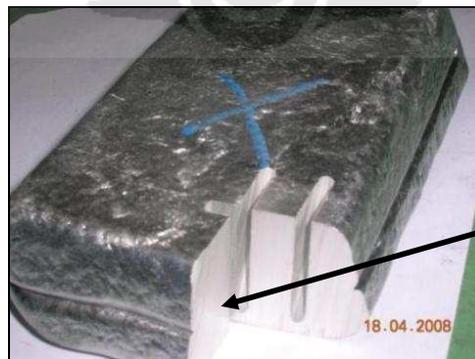
Pada penelitian ini, pengamatan struktur mikro dilakukan dengan beberapa tahapan sebagai berikut:

#### 1. Pemotongan (*Cutting*)

Pemilihan sampel yang tepat dari suatu benda uji studi mikroskopik merupakan hal yang sangat penting. Pemilihan sampel tersebut didasarkan pada tujuan pengamatan yang hendak dilakukan. Pada umumnya bahan komersil tidak homogen, sehingga satu sampel yang diambil dari suatu volume besar tidak dapat dianggap representatif. Pengambilan sampel harus direncanakan sedemikian sehingga menghasilkan sampel yang sesuai dengan kondisi rata-rata bahan atau kondisi di tempat-tempat tertentu (kritis), dengan memperhatikan kemudahan pemotongan pula. Secara garis besar, pengambilan sampel dilakukan pada daerah yang akan diamati struktur mikro maupun struktur makro-nya.



Gambar 3.8 Cetakan Ingot



Sisi yang  
Diamati

Gambar 3.9 Sampel Ingot yang Telah Dipotong

## 2. Pengamplasan (*Grinding*)

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). Proses pengamplasan dilakukan dengan dialiri air yang bertujuan untuk menghindari panas akibat gesekan permukaan sampel dengan amplas dan untuk membuang geram hasil pengamplasan agar tidak menggores permukaan sampel. Proses pengamplasan ini bertujuan untuk mendapatkan kehalusan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan kasar pada permukaan sampel.



Gambar 3.10 Mesin Poles (kiri) dan *Grinding* (kanan)

## 3. Pemolesan (*Polishing*)

Sampel yang permukannya telah halus dan rata kemudian akan dipoles dengan menggunakan mesin pemoles dan zat poles  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Proses ini dilakukan setelah pengamplasan dengan tujuan untuk menghilangkan goresan-goresan akibat pengamplasan, sehingga didapatkan permukaan yang lebih halus dan mengkilap.

## 4. Etsa (*Etching*)

Untuk mengamati struktur mikro perlu dilakukan etsa, yaitu proses korosi terkontrol yang bertujuan untuk mengikis batas butir. Untuk pengamatan struktur mikro aluminium dengan menggunakan mikroskop optik, etsa yang diberikan adalah HF 0.5% pada bagian permukaan sampel selama 15 detik.

## 5. Pengamatan Struktur Mikro

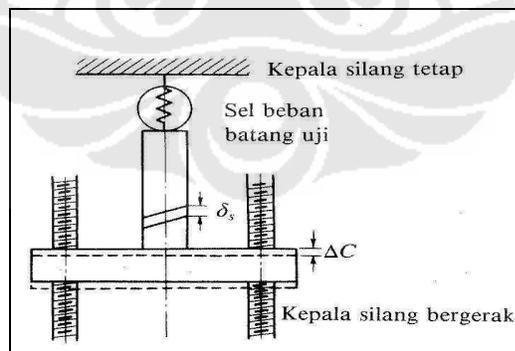
Pengamatan struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop optik *keyence* yang terintegrasi dengan komputer. Foto struktur mikro diambil dalam perbesaran 450X dan 1000X.



Gambar 3.11 Mikroskop Optik Digital *Keyence*

### 3.4.3 Pengujian Tarik

Prinsip dari pengujian ini adalah sampel atau benda uji dengan ukuran dan bentuk tertentu ditarik dengan beban kontinyu sambil diukur pertambahan panjangnya.

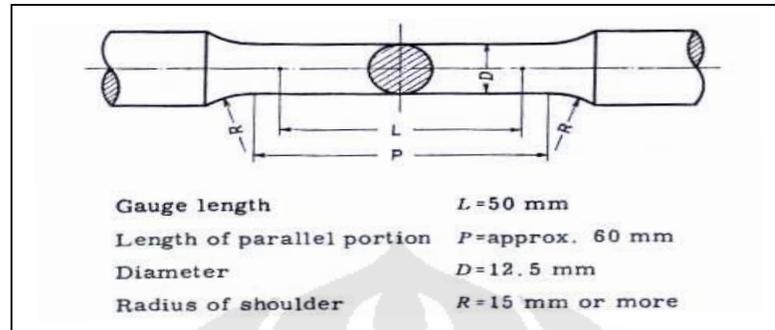


Gambar 3.12 Penampang Mesin Uji Tarik

Data yang didapat berupa perubahan panjang dan perubahan beban yang selanjutnya ditampilkan dalam bentuk grafik tegangan-regangan. Data-data

penting yang diharapkan didapat dari pengujian tarik ini diantaranya adalah nilai kekuatan tarik (UTS).

Sampel uji tarik dibuat sesuai dengan standard ASTM, yaitu ASTM E-8.



Gambar 3.13 Standar ASTM untuk Sampel Pengujian Tarik<sup>[23]</sup>

Sampel uji tarik pada penelitian ini dibuat dengan menggunakan cetakan logam. Cetakan tersebut terlebih dahulu di-coating agar sampel mudah dilepas dari cetakan.



Gambar 3.14 Cetakan Sampel Pengujian Tarik

Sampel yang telah dikeluarkan dari cetakan kemudian dikeluarkan dan dipotong dan dibubut untuk mendapatkan sampel berbentuk batang yang sesuai dengan ASTM E-8.



Gambar 3.15 Sampel Pengujian Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan dengan menggunakan mesin uji tarik Shimadzu dan dengan beban 200 kg.



Gambar 3.16 Mesin Uji Tarik *Shimadzu*

#### **3.4.4 Pengujian Kekerasan**

Prinsip pengujian kekerasan ini yaitu pada permukaan material dilakukan penekanan dengan indentor sesuai dengan parameter (diameter, beban dan waktu). Metode pengujian kekerasan pada penelitian ini adalah dengan metode pengujian *rockwell*.

Pada metode *rockwell*, indentor yang digunakan adalah kerucut intan dengan sudut yang dibentuk muka intan  $120^\circ$  atau bola baja. Pembebanan dilakukan dengan dua tahap; tahap pertama adalah pembebanan minor kemudian pembebanan mayor. Nilai kekerasan ditentukan dengan perbandingan kedalaman kedua tahap pembebanan. Berbeda dengan metode *brinell* dan *vickers* dimana kekerasan suatu bahan dinilai dari diameter atau diagonal jejak yang dihasilkan, maka metode *rockwell* merupakan uji kekerasan dengan pembacaan langsung (*direct reading*). Metode ini banyak dipakai dalam industri karena pertimbangan praktis. Variasi dalam beban dan indentor yang digunakan membuat metode ini memiliki banyak macamnya. Metode yang paling umum dipakai adalah *Rockwell B* (dengan indentor bola baja berdiameter 1/6 inci dan beban 100 kg) dan *Rockwell C* (dengan indentor intan dan beban 150 kg).

Tabel 3.5 Skala Pembebanan dan Jenis Identor yang Digunakan

skala	identor	pembebanan ( Kg )
15N	DIAMOND	15
30N	DIAMOND	30
45N	DIAMOND	45
15T	1/16 BALL	15
30T	1/16 BALL	03
45T	1/16 BALL	45
15W	1/8 BALL	15
30W	1/8 BALL	30
45W	1/8 BALL	45

Sampel untuk uji kekerasan ini diambil dari sampel uji tarik seperti yang terlihat pada gambar 3.17. Sampel diambil pada lokasi yang sama untuk semua variabel penelitian. Sampel yang telah dipotong kemudian di amplas agar permukaannya rata dan dapat dijejak.



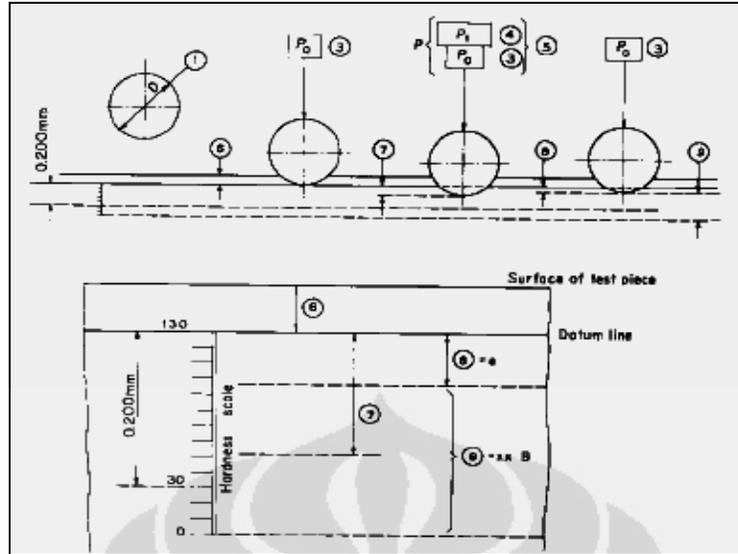
Gambar 3.17 Sampel Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan dengan alat uji kekerasan digital, sehingga nilai kekerasan dapat diketahui secara langsung dengan melihat angka yang tertera pada alat tersebut. Indentor bola baja yang digunakan berdiameter 1/16 inch dengan beban yang dipakai sebesar 100 kg.



Gambar 3.18 Alat Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini didasari pada standar pengujian kekerasan dengan metode rockwell, yaitu ASTM E-18.



Gambar 3.19 Pengujian Kekerasan Metode Rockwell dengan Indenter Bola (Rockwell B)<sup>[24]</sup>

Sebelum dilakukan penjejakan, alat uji kekerasan tersebut terlebih dahulu dikalibrasi dengan sampel kalibrasi yang telah disediakan, bila alat uji kekerasan memberikan nilai kekerasan  $94 \pm 0.1$  HRB berarti alat dalam kondisi baik dan siap dipakai. Penjejakan dilakukan sebanyak 5 kali untuk mendapatkan nilai kekerasan yang representatif.

### 3.4.5 Pengujian Ketahanan Aus

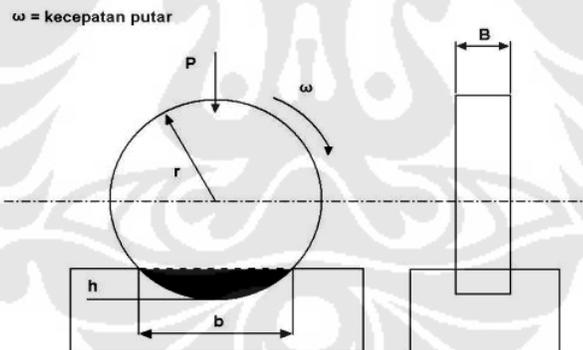
Pengujian ketahanan aus dapat dilakukan dengan berbagai macam metode dan teknik, yang semuanya bertujuan untuk mensimulasikan kondisi keausan aktual. Metode pengujian ketahanan aus yang dilakukan pada penelitian ini adalah metode Ogoshi.

Pada metode ini, benda uji memperoleh beban gesek dari cincin yang berputar (*revolving disc*). Pembebanan gesek ini akan menghasilkan kontak antar permukaan yang berulang-ulang yang pada akhirnya akan mengambil sebagian material pada permukaan benda uji.



Gambar 3.20 Mesin Ogoshi

Besarnya jejak permukaan dari material tergesek itulah yang dijadikan dasar penentuan tingkat keausan pada material. Semakin besar dan dalam jejak keausan maka semakin tinggi volume material yang terkelupas dari benda uji. Ilustrasi skematis dari kontak permukaan antara *revolving disc* dan benda uji diberikan oleh gambar 3.21.



Gambar 3.21 Skema Pengujian Ketahanan Aus dengan Metode Ogoshi

Dengan B adalah tebal revolving disc (mm), r jari-jari disc (mm), b lebar celah material yang terabrasi (mm), maka dapat diturunkan besarnya volume material yang terabrasi (W) :

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

Laju keausan (V) dapat ditentukan sebagai perbandingan volume terabrasi (W) dengan jarak luncur x (setting pada mesin uji):

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

Sampel yang digunakan untuk pengujian ini adalah sampel yang diambil dari sampel ingot yang kemudian di-mounting untuk mendapatkan ketebalan yang sesuai yaitu ±1 cm. Pengujian ketahanan aus hanya dilakukan pada sampel yang memiliki kekerasan yang terendah dan tertinggi dari 4 variabel yang dikarakterisasikan.



Gambar 3.22 Sampel Uji Aus

Kemudian pada penelitian ini juga dilakukan dua kondisi operasi yang berbeda untuk mendapatkan nilai laju keausan yang akurat. Kondisi operasi dari pengujian keausan ini dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 3.6 Variabel Pengujian Ketahanan Aus

Variabel	I	II
Jarak Luncur (m)	200	100
Kecepatan Putar (m/s)	2.38	2.38
Beban (Kg)	6.32	3.16

Data penting dari pengujian ketahanan aus ini adalah lebar celah yang terbentuk akibat gesekan cincin putar. Lebar celah tersebut diukur dengan menggunakan mikroskop optik seperti pada gambar 3.23. Kemudian nilai laju aus dihitung dari lebar celah yang telah diukur, yaitu dengan memasukkan nilai lebar celah ke persamaan 3.2.



Gambar 3.23 Mikroskop Optik Ukur