

## BAB III

### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan metode penelitian eksperimental sejati (*true experimental research*), yaitu mencari data sebab-akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat diketahui pengaruh variasi medan magnet eksternal terhadap perubahan mikrostruktur daerah HAZ pada spesimen pengelasan adalah *hypoeutectoid steel 0,15 C* menggunakan las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*).

#### 3.2 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Adalah variabel yang tidak dipengaruhi oleh variabel yang lain. Besarnya variabel ini ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah kuat medan magnet solenoida dengan 150 lilitan yang dibangkitkan oleh arus sebesar 3, 6, 9, 12 dan 15 A.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Adalah variabel yang dipengaruhi oleh variabel bebas yang telah ditentukan. Nilai dari variabel terikat diketahui setelah melakukan penelitian. Adapun variabel terikat yang diamati dalam penelitian ini adalah perubahan fase mikrostruktur yang terjadi di daerah HAZ dan *Unmixed zone*.

3. Variabel Terkontrol (*Controlled Variable*)

Adalah variabel yang nilainya dijaga konstan selama penelitian. Variabel terkontrol dalam penelitian ini antara lain:

1. Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah *hypoeutectoid steel 0,15 C*.
2. Tebal material yang digunakan masing-masing 5 mm.
3. Jenis mesin las yang digunakan adalah mesin las GMAW (*Gas Metal Arc Welding*).
4. Kuat arus pengelasan yang digunakan adalah 120 A dengan tegangan 30 V untuk 1 *layer*.
5. Kecepatan pengelasan dijaga konstan yaitu 10 cm/menit.

6. Pengelasan menggunakan arus DC dengan polaritas lurus.
7. Kawat elektroda yang digunakan berdiameter 0,8 mm.
8. Kecepatan pengumpanan kawat adalah 2,5 m/menit.
9. Posisi pengelasan adalah *flat position*.
10. Jenis sambungan las yang digunakan adalah *butt join*.
11. Gas pelindung yang digunakan adalah CO<sub>2</sub> dengan laju aliran 17 L/menit.
12. Temperatur lingkungan dianggap konstan selama pengelasan berlangsung.

### 3.3 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada Mei 2015 – selesai. Tempat pelaksanaan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Laboratorium Proses Produksi 1 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, tempat dilakukannya proses pembuatan spesimen pengelasan.
2. Laboratorium Fisika Gelombang FMIPA Universitas Negeri Malang tempat dilakukannya pengukuran besar induksi magnet eksternal.
3. Laboratorium Teknologi Pengerjaan Logam PPPPTK BOE/VEDC Malang, tempat dilakukannya proses pengelasan spesimen.
4. Laboratorium Metalurgi Fisik Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya tempat dilakukannya pengambilan data foto Makro Mikro dan pengujian kekerasan.

### 3.4 Alat dan Bahan yang Digunakan

#### 3.4.1 Alat yang Digunakan

Adapun alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin *Power Hack Saw*

Power hack saw digunakan untuk memotong spesimen sesuai dengan dimensi yang ditentukan.





Gambar 3.1 *Power hack saw*  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

## 2. Mesin *Milling* Vertikal

Mesin *milling* vertikal digunakan untuk membuat kampuh las.



Gambar 3.2 Mesin *milling* vertikal  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

## 3. Mesin Las GMAW(*Gas Metal Arc Welding*)

Mesin las GMAW(*Gas Metal Arc Welding*) digunakan untuk pengelasan benda kerja. Gas pelindung yang digunakan adalah CO<sub>2</sub>. Spesifikasi mesin las MIG yang digunakan yaitu:

Merk	: Krisbow
No. Seri	: KW14-143
Model	: NBC-350 R
Tegangan input/ <i>phase</i>	: AC 380 V/ 3 <i>phase</i>
Frekuensi	: 50~60 Hz
Kapasitas input	: 18,1 KVA

Arus input	: 27,6 A
Arus input efektif maksimal	: 19,6 A
Arus output	: DC 50~350 A
Tegangan output	: DC 15~36 V
Dimensi luar	: 740 x 410 x 770 mm
Berat	: 132 kg



Gambar 3.4 Mesin las MIG  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

#### 4. Kawat las GMAW

Kawat las GMAW digunakan sebagai *filler* dalam pengelasan. Spesifikasi kawat las yang digunakan adalah:

Merk	: Hyundai SM70
Buatan	: Hyundai Welding & Metal Ltd
Diameter	: 0,8 mm
Klasifikasi	: AWS AE18

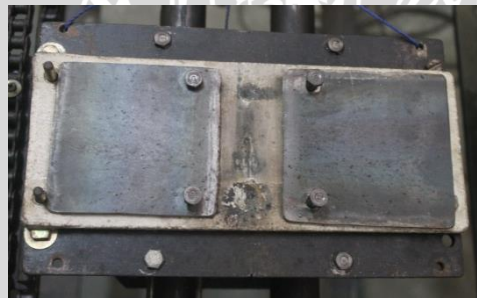




Gambar 3.5 Kawat las GMAW  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

#### 5. Landasan

Landasan digunakan sebagai penahan benda kerja dan solenoida saat pengelasan agar tidak bergeser dan mengalami distorsi.



Gambar 3.6 Landasan  
Sumber: Dokumentasi Pribadi

#### 6. Mikroskop Logam

Alat ini digunakan untuk membesarkan peanmpakan struktur mikro spesimen pada titik tertentu. Seberkas cahaya horizontal dipantulkan oleh plane glass reflektor ke permukaan spesimen. Spesimen akan memantulkan cahaya dengan karakteristik yang sesuai dengan struktur mikronya. Cahaya ini dibiaskan oleh lensa obyektif, lalu oleh lensa okuler sehingga diperoleh bayangan dengan pembesaran tertentu.

#### 7. *Digital Micro Vickers Hardness Tester TH712*

Alat ini digunakan untuk mengukur kekerasan suatu material dan dilengkapi dengan mikroskop mikro, sehingga alat ini juga dapat digunakan untuk melakukan foto mikro dengan perbesaran 100x dan 400x

8. *Centrifugal Sand Paper Machine*

Digunakan untuk menghaluskan permukaan spesimen yang akan difoto makro.

## 9. Adaptor/ Stavolt

Digunakan untuk mengubah arus AC menjadi DC. Untuk penelitian ini voltase yang dihasilkan 35 Volt.

## 10. Resistor

Digunakan untuk mengatur arus yang dikehendaki. Pada penelitian ini dengan  $V = 35$  Volt maka :

- a. Untuk arus 3A, resistor dengan hambatan  $11,67 \Omega$
- b. Untuk arus 6A, resistor dengan hambatan  $5,83 \Omega$
- c. Untuk arus 9A, resistor dengan hambatan  $3,89 \Omega$
- d. Untuk arus 12A, resistor dengan hambatan  $2,92 \Omega$
- e. Untuk arus 15A, resistor dengan hambatan  $2,33 \Omega$

## 11. Solenoida

Digunakan untuk membangkitkan medan magnet. Solenoida yang digunakan adalah yang mempunyai 150 lilitan kawat tembaga dengan diameter sebesar 0.5 mm. Bahan yang digunakan sebagai inti adalah ST 37 dengan dimensi  $100 \text{ mm} \times 93,5 \text{ mm} \times 8 \text{ mm}$ .

12. Rangkaian *Flip Flop*

Digunakan untuk membangkitkan medan magnet secara bergantian.

## 13. Teslameter

Digunakan untuk mengukur besar induksi magnet pada daerah kampuh las untuk tiap-tiap arus yang dialirkan pada solenoida.

## 14. Amperemeter

Digunakan untuk mengukur arus listrik yang mengalir ke solenoida.

## 15. Indikator Tegangan

Digunakan untuk mengetahui arus yang mengalir ke solenoida.

#### 16. Kertas Gosok

Digunakan untuk meratakan permukaan spesimen. Kertas gosok yang digunakan secara berturut-turut adalah *grade* 100, 300, 500, 1000, dan 1200

#### 17. Autosol

Digunakan untuk menghaluskan dan mengkilatkan permukaan spesimen.

#### 18. Kain Flanel

Digunakan pada langkah akhir penghalusan permukaan spesimen

#### 19. Etsa

Digunakan untuk memperjelas penampakan struktur mikro spesimen.

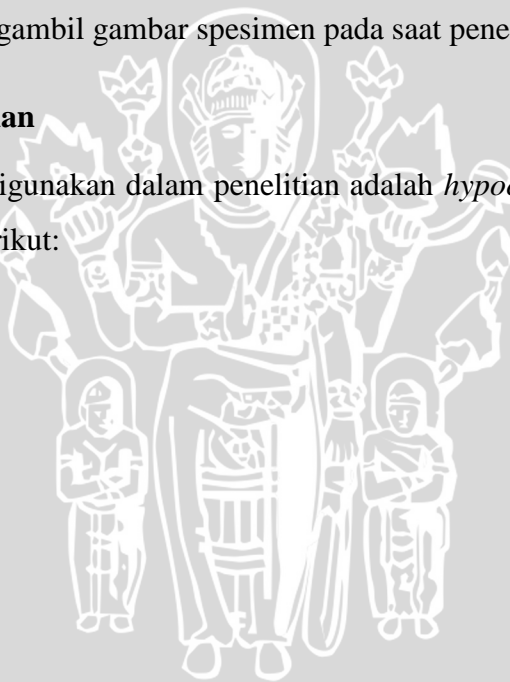
#### 20. Kamera Digital

Digunakan untuk mengambil gambar spesimen pada saat penelitian.

### 3.4.2 Bahan yang Digunakan

Adapun bahan yang digunakan dalam penelitian adalah *hypoeutectoid steel 0,15 C* dengan komposisi sebagai berikut:

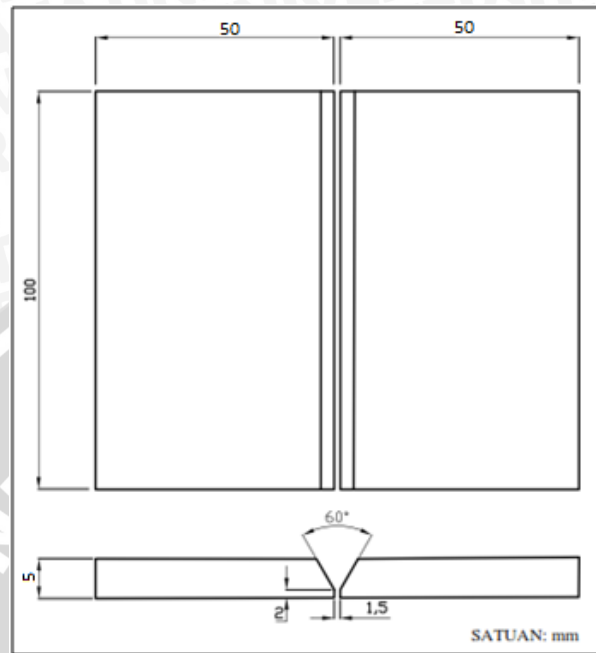
1. C = 0,15 %
2. Si = 0,242 %
3. Mn = 0,73 %
4. P = 0,012 %
5. S = 0,0069 %
6. Nb = 0,00 %
7. Cu = 0,01 %
8. Cr = 0,02 %
9. Ni = 0,00 %
10. Mo = 0,001 %
11. V = 0,00 %
12. Al = 0,040 %
13. Ti = 0,001 %
14. N = 0,00027 %
15. CE = 0,28 %
16. Fe = 98,50683 %





### 3.5 Bentuk dan Dimensi Spesimen Pengelasan

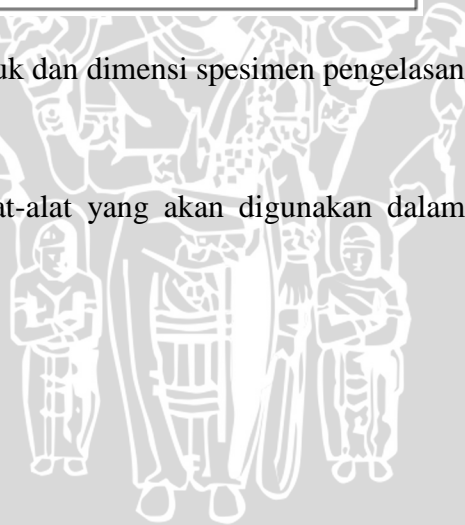
Adapun bentuk dan dimensi spesimen yang akan digunakan dalam pengelasan adalah sebagai berikut:



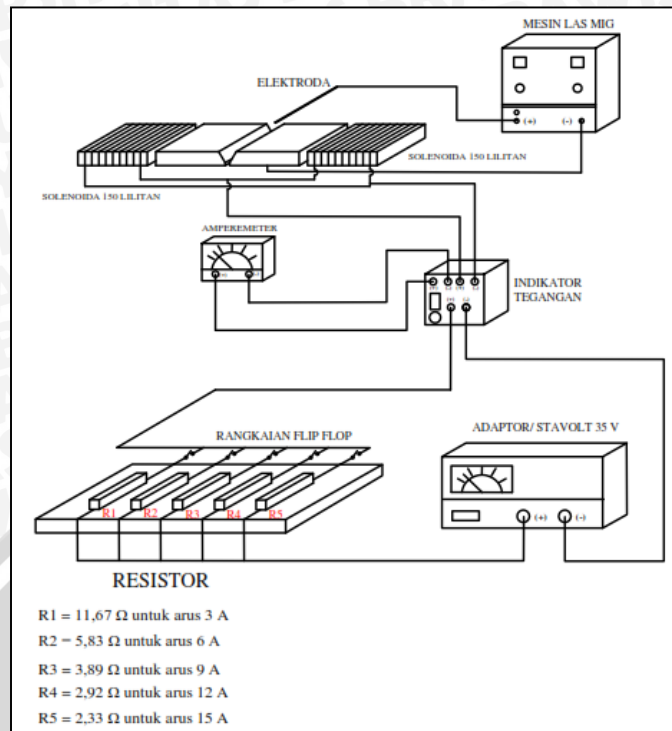
Gambar 3.5 Bentuk dan dimensi spesimen pengelasan

### 3.6 Instalasi Alat Penelitian

Skema susunan instalasi alat-alat yang akan digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:







Gambar 3.6 Instalasi alat penelitian

### 3.7 Prosedur Penelitian

#### 3.7.1 Prosedur Pengambilan Data Besar Induksi Magnet Eksternal

1. Spesimen dibuat sesuai dengan bentuk dan dimensi yang direncanakan.
2. Spesimen dibersihkan dari terak dan kotoran.
3. Solenoida dengan jumlah 150 lilitan dipasang pada instalasi penelitian.
4. Benda kerja dipasang pada landasan yang tersedia pada instalasi penelitian, dan kedudukannya disejajarkan dengan posisi solenoida.
5. Mengatur besar arus listrik yang akan dialirkan ke solenoida, variasi arus yang diberikan yaitu 3A, 6A, 9A, 12A dan 15A
6. Sumber tegangan dihidupkan.
7. Dilakukan pengukuran besar induksi magnet pada daerah kampuh las dengan menggunakan teslameter
8. Benda kerja dilepaskan dari instalasi penelitian

#### 3.7.2 Prosedur Pengelasan Spesimen

1. Spesimen pengelasan dibersihkan dari terak dan kotoran.

2. Kawat las dibersihkan dari kotoran dan debu yang menempel.
3. Instalasi penelitian disiapkan.
4. Benda kerja dipasang pada landasan yang tersedia pada instalasi penelitian, dan kedudukannya disejajarkan dengan posisi solenoida.
5. Menghidupkan mesin las GMAW
6. Menentukan tegangan, arus, kecepatan pengumpanan kawat las dan kecepatan aliran gas pelindung sesuai dengan perencanaan.
7. Mengatur besar arus listrik yang akan dialirkan ke solenoida, dengan besar arus 3A.
8. Menghidupkan sumber tegangan.
9. Dilakukan pengelasan pada daerah kampuh las dengan jumlah 1 *layer* dan kecepatan pengelasan 10 cm/menit.
10. Setelah proses pengelasan selesai, spesimen dilepaskan dari landasan.
11. Mengulang langkah 4 sampai dengan 10 dengan mengatur variasi besar arus listrik yang dialirkan ke solenoida (langkah 7) sebesar 6, 9, 12 dan 15 A untuk proses pengelasan selanjutnya.

### 3.7.3 Prosedur Foto Mikro

Sebelum pengambilan Foto Mikro maka perlu dilakukan Preparasi Sampel yaitu sebagai berikut:

1. Preparasi Sampel

- a. *Cutting*

Memotong sampel dari spesimen hasil pengelasan

- b. *Mounting*

Proses *mounting* bertujuan menempatkan sampel pada suatu media, untuk memudahkan penanganan sampel yang berukuran kecil dan tidak beraturan tanpa merusak sampel. *Mounting* dilakukan dengan menambahkan *resin* dan *hardener* di cetakan yang terlebih dahulu diletakkan sampel

c. *Grinding (Pengamplasan)*

Pengamplasan dilakukan dengan menggunakan kertas amplas. Proses pengamplasan ini bertujuan untuk mendapatkan kehalusan permukaan dan menghilangkan goresan-goresan kasar pada permukaan sampel.

d. *Polishing (pemolesan)*

Sampel yang permukannya telah halus dan rata kemudian akan dipoles menggunakan zat poles alumina. Proses ini dilakukan setelah pengamplasan dengan tujuan untuk menghilangkan goresan-goresan akibat pengamplasan, sehingga didapatkan permukaan yang lebih halus dan mengkilap.

e. *Pengamatan struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik*

Setelah sampel dilakukan pemolesan sampai didapatkan hasil permukaan yang halus dan mengkilap, pengamatan struktur mikro perlu dilakukan untuk memastikan bahwa struktur mikro pada sampel sudah dapat terlihat.

f. *Etching (Etsa)*

Untuk mengamati mikrostruktur perlu dilakukan proses etsa, yaitu proses korosi terkontrol yang bertujuan untuk mengikis batas butir, sehingga nantinya struktur mikro akan terlihat lebih jelas. Untuk pengamatan struktur aluminium zat etsa yang diberikan adalah HF 0.5% pada bagian permukaan sampel ( $\pm$  30detik). Setelah dilakukan etsa kemudian sampel akan dibersihkan dengan air dan alcohol 70% dan dikeringkan. Setelah melalui tahapan proses ini, sampel siap dilakukan pengujian pengamatan struktur mikro.

## 2. Pengamatan Struktur Mikro

Setelah dilakukan preparasi sampel, selanjutnya dilakukan pengamatan struktur mikro.



### 3.7.4 Prosedur Uji Kekerasan

Berikut adalah langkah-langkah dalam pengujian kekerasan :

1. Permukaan spesimen dibersihkan terlebih dahulu dari kerak dan kotoran dengan *centrifugal sand paper machine* sampai rata, halus, dan siap uji.
2. Pemasangan benda kerja pada alat uji kekerasan *Vickers*.
3. Dilakukan uji kekerasan dan pengambilan data.

### 3.8 Rancangan Penelitian

Penelitian yang dilakukan menggunakan variabel bebas yaitu besar induksi magnet eksternal untuk mengetahui pengaruhnya terhadap prosentase struktur dan kekerasan *HAZ* dan *unmixed zone*.

Sebelum dilakukan pengambilan data prosentase struktur dan kekerasan, dilakukan pengukuran besar induksi magnet pada daerah kampuh las untuk tiap – tiap arus yang dialirkan ke solenoida dengan menggunakan teslameter. Data yang didapatkan dimasukkan dalam tabel 3.1 berikut :

Tabel 3.1 Rancangan Data Hasil Pengujian Besar Induksi Magnet Rata-rata

Arus (A)	Besar Induksi Magnet (mT)
Tanpa induksi magnet	$X_0$
3	$X_1$
6	$X_2$
9	$X_3$
12	$X_4$
15	$X_5$

Secara umum cara perhitungan prosentase struktur dapat dilakukan dengan menentukan dan membedakan setiap fase berbeda. Menggunakan komputer untuk mengukur luas masing-masing fase (warna). Rata-rata dari area pengukuran fraksi adalah sama dengan prosentase struktur fase.

Untuk mengetahui nilai ferrit digunakan metode prosentase struktur fase dari material yang diuji. Prosentase struktur adalah nilai konsentrasi, khususnya untuk

komponen dalam material komposit; yaitu adalah fraksi dari total volume yang ditempati oleh komponen, misalnya serat. Nilai prosentase struktur suatu fase pada suatu area  $L^2$  dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P = \frac{A}{L^2} = A_A$$

Dimana A adalah jumlah area yang ditempati fase yang diuji, dan  $A_A$  adalah prosentase struktur dari fase tersebut. Hubungan ini adalah dasar dari metode perhitungan titik yang digunakan untuk memperkirakan prosentase struktur partikel dalam sebuah struktur mikro. Hal ini dimungkinkan karena prosentase struktur sama dengan fraksi daerah.

Data perhitungan yang diperoleh dimasukkan ke dalam tabel 3.2 berikut :

Tabel 3.2 Rancangan Data Hasil Pengolahan Gambar Struktur Mikro Menggunakan *ImageJ*

Besar induksi magnet (mT)	Prosentase Ferrit (%)
$X_0$	$\hat{Y}_0$
$X_1$	$\hat{Y}_1$
$X_2$	$\hat{Y}_2$
$X_3$	$\hat{Y}_3$
$X_4$	$\hat{Y}_4$
$X_5$	$\hat{Y}_5$

Data yang didapatkan kemudian digambarkan dalam bentuk grafik untuk mendapatkan grafik prosentase ferrit.

Data kekerasan diambil langsung dari hasil pengujian. Data-data tersebut akan ditampilkan dalam tabel berikut :

Tabel 3.3 Rancangan Data Hasil Pengujian Kekerasan

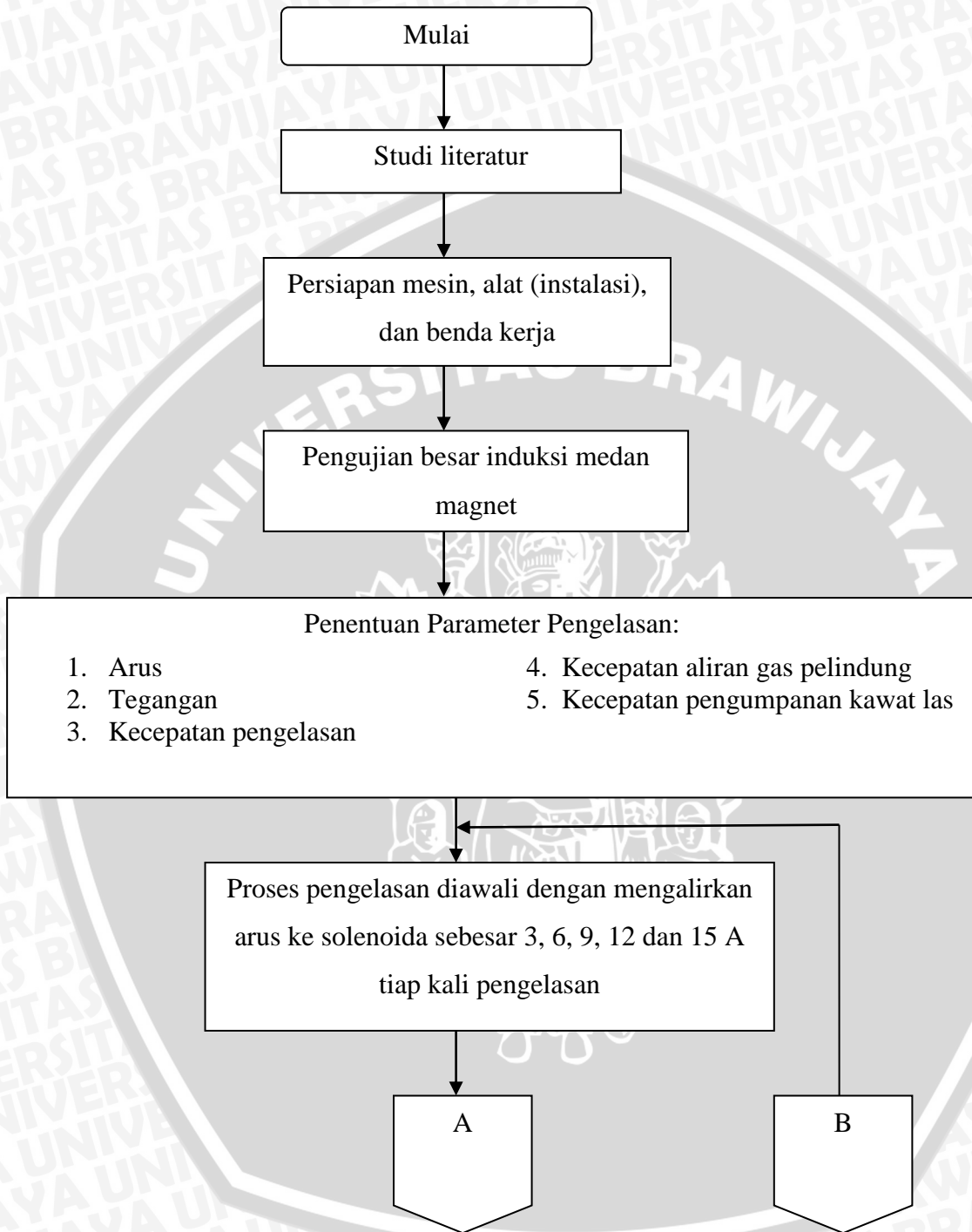
No.	Induksi Magnet (mT)	Titik (HV) (0.981 N)						
		1	2	3	4	5	6	7
1	X <sub>0</sub>	Z <sub>10</sub>	Z <sub>20</sub>	Z <sub>30</sub>	Z <sub>40</sub>	Z <sub>50</sub>	Z <sub>60</sub>	Z <sub>70</sub>
2	X <sub>1</sub>	Z <sub>11</sub>	Z <sub>21</sub>	Z <sub>31</sub>	Z <sub>41</sub>	Z <sub>51</sub>	Z <sub>61</sub>	Z <sub>71</sub>
3	X <sub>2</sub>	Z <sub>12</sub>	Z <sub>22</sub>	Z <sub>32</sub>	Z <sub>42</sub>	Z <sub>52</sub>	Z <sub>62</sub>	Z <sub>72</sub>
4	X <sub>3</sub>	Z <sub>13</sub>	Z <sub>23</sub>	Z <sub>33</sub>	Z <sub>43</sub>	Z <sub>53</sub>	Z <sub>63</sub>	Z <sub>73</sub>
5	X <sub>4</sub>	Z <sub>14</sub>	Z <sub>24</sub>	Z <sub>34</sub>	Z <sub>44</sub>	Z <sub>54</sub>	Z <sub>64</sub>	Z <sub>74</sub>
6	X <sub>5</sub>	Z <sub>15</sub>	Z <sub>25</sub>	Z <sub>35</sub>	Z <sub>45</sub>	Z <sub>55</sub>	Z <sub>65</sub>	Z <sub>75</sub>

Data yang didapatkan kemudian digambarkan dalam bentuk grafik untuk mendapatkan grafik kekerasan.





3.9 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.7 Diagram alir penelitian