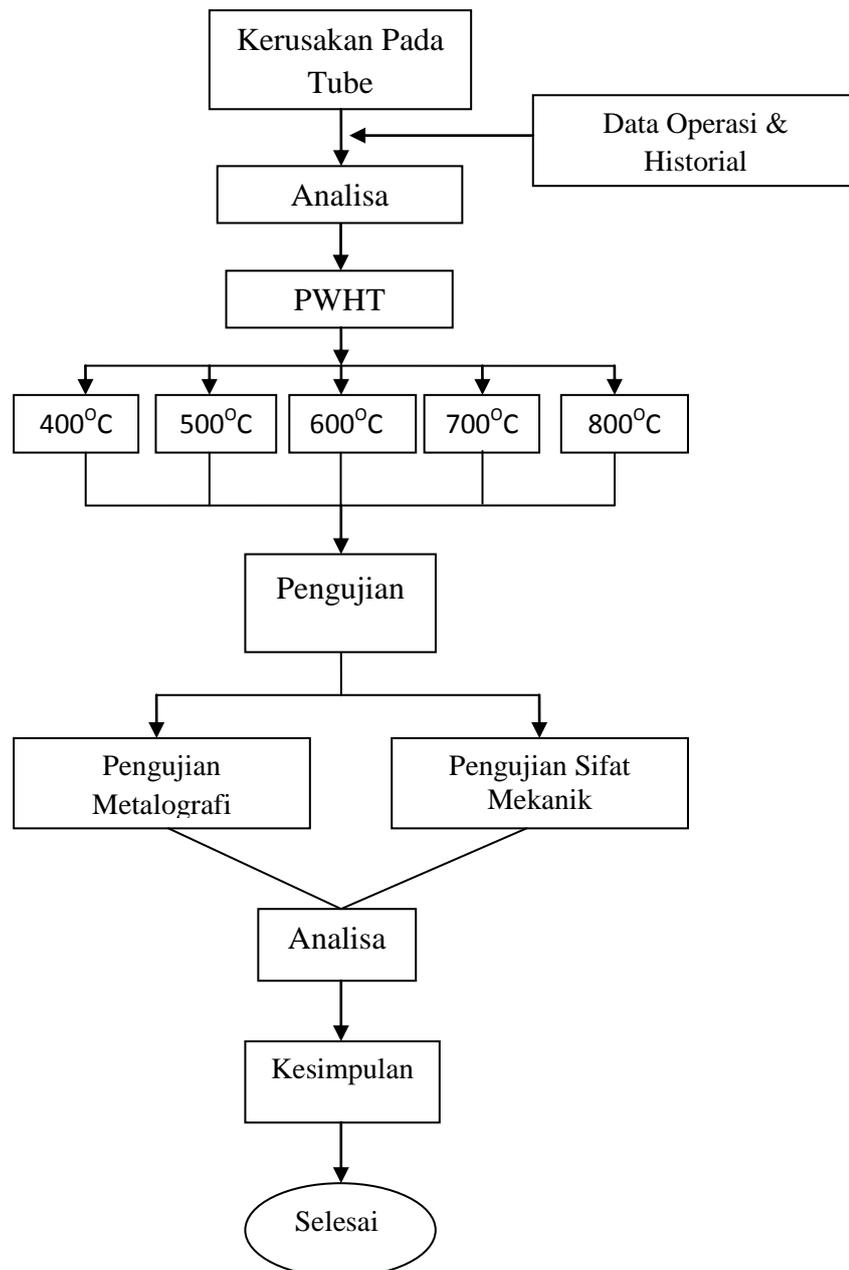


### BAB III

## METODE PENELITIAN

Dalam bab ini akan dijelaskan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan beberapa pengujian dengan tujuan mengetahui hasil pengelasan setelah PWHT, pengujian yang dilakukan adalah pengujian struktur mikro, dan nilai kekerasan.

### 3.1 Diagram Alir Proses Penelitian



**Gambar 3.1** Diagram alir proses penelitian

Keterangan:

1. Kerusakan Pada Tube :

Fenomena yang terjadi pada DMW antara baja karbon dan baja tahan karat saat ini adalah ditemukannya *disbonding* antara *weld metal* dengan baja karbon. Hal ini di prediksi akibat terjadi kesalahan *filler metal*.

2. Data operasi :

Pipa ini digunakan pada sebuah instalasi pada temperature 600-800°C dan tekanan 30bar. Proses pengelasan menggunakan mesin las GTAW, menggunakan *filler metal Inconel 82*.

3. Analisa Kerusakan :

Karena proses pengelasan ini maka logam disekitar *weld zone* mengalami siklus termal cepat yang menyebabkan terjadinya perubahan – perubahan metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan – tegangan. Hal ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, retak dan lain sebagainya yang umumnya mempunyai pengaruh yang fatal terhadap keamanan dan konstruksi las.

4. PWHT :

Unsur karbon pada suatu material logam mempunyai pengaruh terhadap kemampuan dari material logam. Sesuai standar *ASME QW-461.4, 2001, "Welding General Requirements"* baja karbon ini PWHT dan kontrol temperatur interpas pada pengelasannya.

PWHT ini diharapkan *stress relieving* (pelepasan tegangan internal) kekuatan material turun, creep akan terjadi pada suhu tinggi dan regangan akan terbentuk oleh mekanisme difusi dan menurunkan tegangan sisa.

Prinsip dasar PWHT adalah :

- a. *Heating* merupakan proses pemanasan sampai temperature diatas atau dibawah temperature kritis material
- b. *Holding* adalah menahan material pada temperature pemanasan untuk memberikan kesempatan adanya perubahan struktur mikro

- c. *Cooling* adalah mendinginkan dengan kecepatan tertentu tergantung pada sifat akhir material yang diinginkan

## 5. Pengujian

### a. Pengujian Metalografi

Pengujian ini dilakukan sebelum dan sesudah PWHT, dan membandingkan struktur mikro sebelum dan sesudah PWHT.

### b. Pengujian Sifat Mekanik

Pengujian kekerasan, pengujian ini menggunakan metode *mikro hardness Vickers* yang bertujuan mengetahui nilai kekerasan pada spesimen dan membandingkannya antara sebelum PWHT dan sesudah PWHT.

## 6. Analisa Data

Data hasil pengujian dari pengujian metalografi dan pengujian kekerasan, diolah dan dianalisis berdasarkan fenomena yang ada pada dasar teori.

## 7. Kesimpulan dan saran

Menyimpulkan hasil dari analisis tentang terjadinya *disbonding*, dan memberikan saran untuk menaggulangi terjadinya *disbonding*.

### 3.2 Pengujian Perlakuan panas (PWHT)

Pengujian Perlakuan panas ini dilakukan untuk mengetahui perbebedaan pada stuktur mikro dan sifat mekaniknya dengan adanya variasi temperatur.

Tahap-tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian Perlakuan panas, yaitu:

#### 1. *Sectioning* / Pemotongan

Tahap pemotongan ini yang dilakukan dengan menggunakan gergaji mesin dan spesimen di potong menjadi 6 bagian yang berdimensi 5 x 1 cm. Proses pemotongan ini dilakukan di Laboratorium Metalurgy Fisik Teknik Mesin Undip.



**Gambar 3.2** Gergaji mesin



**Gambar 3.3** Hasil pemotongan spesimen

## 2. Proses Pengefraisan

Tahap pengefraisan ini bertujuan untuk mempresisikan kerataan pada spesimen, karena setelah proses pemotongan pada pipa spesimen tersebut tidak sejajar. Proses pengefraisan ini dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Undip.



**Gambar 3.4** Mesin Frais

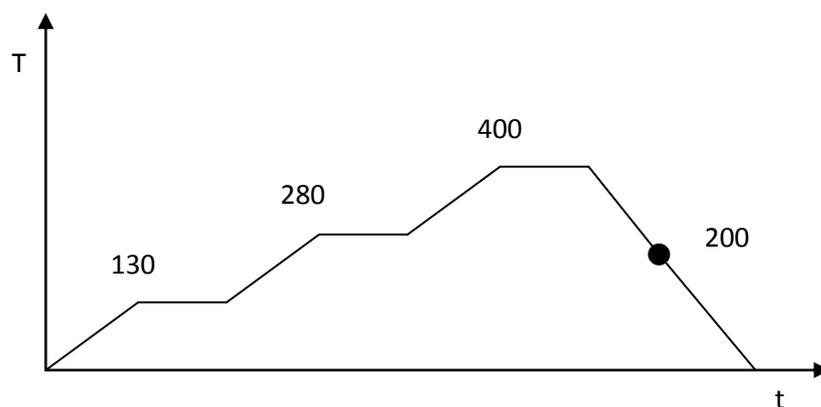
### 3. Proses Perlakuan panas

Proses Perlakuan panas ini dilakukan di Laboratorium Metalurgy Fisik Teknik Mesin Undip. Dilakukan Proses Perlakuan panas dengan variasi suhu yaitu dari suhu 400, 500, 600, 700, 800°C dan dilakukan secara bertahap. Alat yang digunakan adalah tungku Hofmann dengan kapasitas temperatur maksimum 900°C

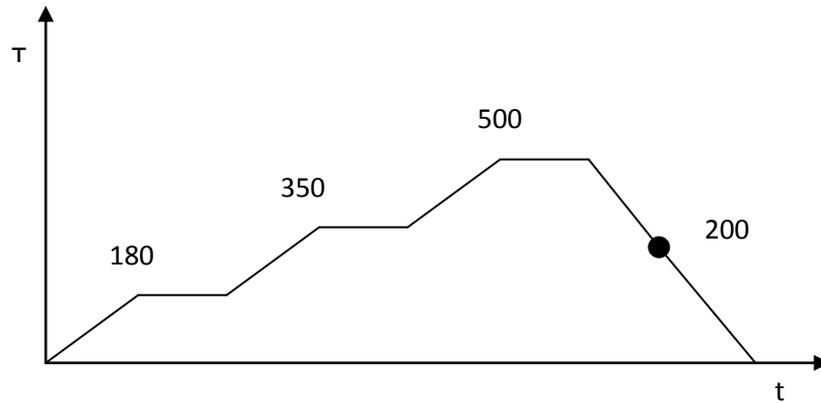


**Gambar 3.5** Tungku Pemanas Hofmann

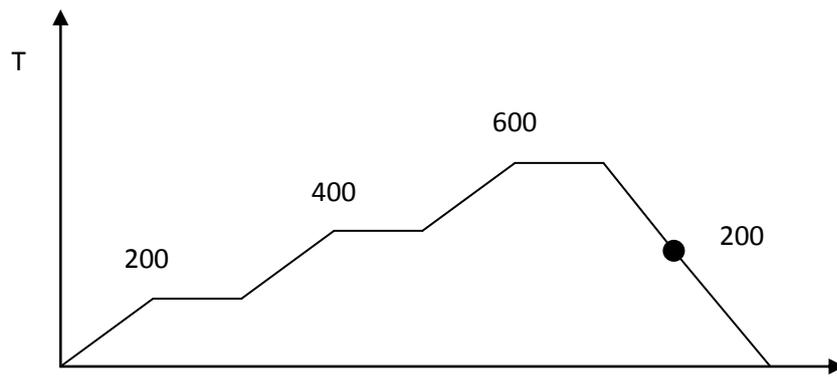
Pada saat Proses Perlakuan panas didapatkan grafik laju pemanasan, laju pendinginan, dan holding time. Grafik Proses Perlakuan panas dapat dilihat pada gambar berikut.



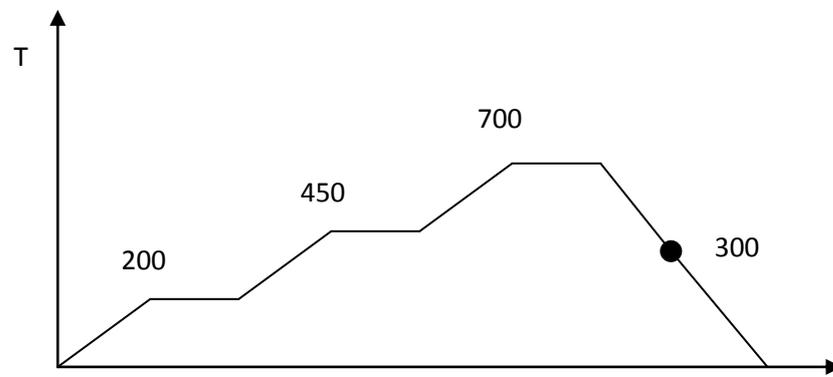
**Gambar 3.6** Grafik 1 Proses perlakuan panas temperature 400°C dengan laju pemanasan 150°C/jam



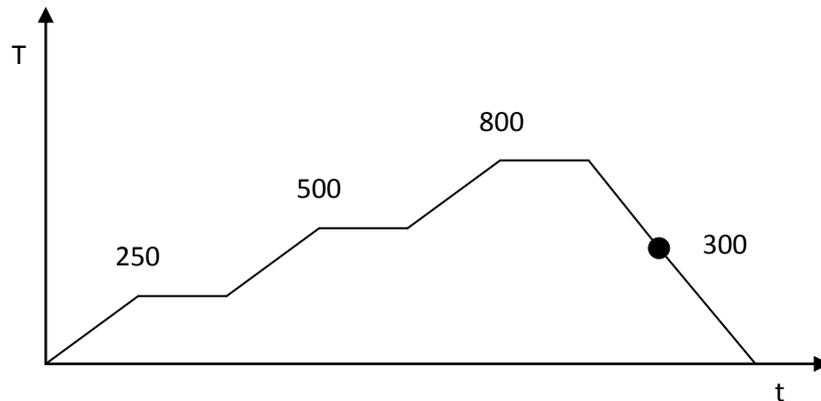
**Gambar 3.7** Grafik 2 Proses perlakuan panas temperature  $500^{\circ}\text{C}$  dengan laju pemanasan  $175^{\circ}\text{C}/\text{jam}$



**Gambar 3.8** Grafik 3 Proses perlakuan panas temperature  $600^{\circ}\text{C}$  dengan laju pemanasan  $200^{\circ}\text{C}/\text{jam}$



**Gambar 3.9** Grafik 4 Proses perlakuan panas temperature  $700^{\circ}\text{C}$  dengan laju pemanasan  $300^{\circ}\text{C}/\text{jam}$



**Gambar 3.10** Grafik 5 Proses perlakuan panas temperature  $800^{\circ}\text{C}$  dengan laju pemanasan  $300^{\circ}\text{C}/\text{jam}$

Pada saat Proses perlakuan panas mengalami kendala yang disebabkan keterbatasan mesin yang berumur tua, jadi pada saat laju pendinginan tidak sesuai program yang dimasukan dan cenderung lebih lama yang memakan waktu 12 jam untuk kembali ke temperature ruang.

### 3.3 Pengujian Mikrografi

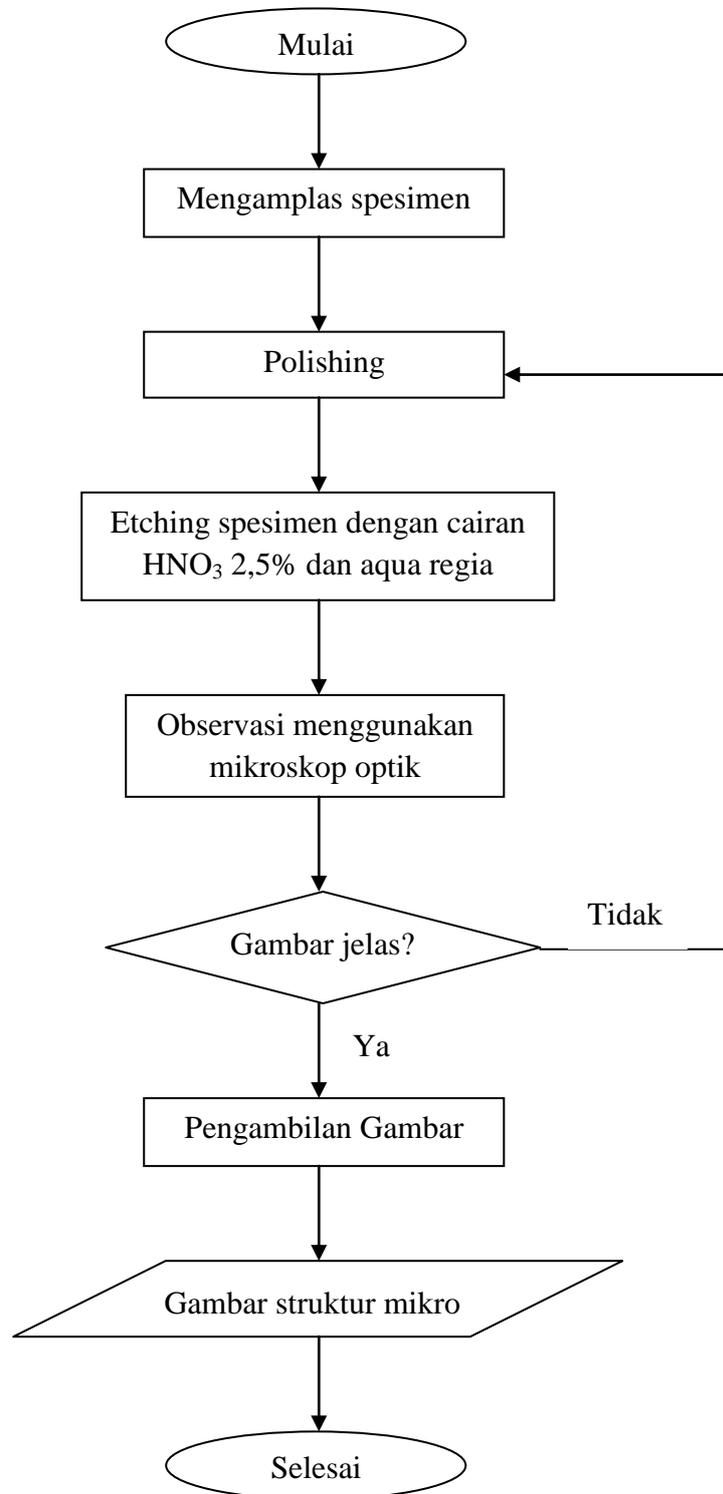
Pengujian mikrografi ini dilakukan dengan tujuan mengetahui struktur mikro pada hasil pengelasan DMW yang telah di PWHT dan sebelum di PWHT, dan membandingkan hasil struktur mikronya. Pengujian mikrografi ini dilakukan di Laboratorium Bahan Universitas Gajah Mada.



**Gambar 3.11** Mikroskop optik

Tahap – tahap yang dilakukan pada pengujian mikrografi yaitu:

1. Mengamplas spesimen uji
2. Melakukan *polishing*
3. Melakukan *etching* menggunakan
  - a. Larutan HNO<sub>3</sub> 2,5% + alkohol vol 75%
  - b. Larutan aqua regia
4. Melakukan observasi menggunakan mikroskop optik
5. Melakukan pengambilan gambar
6. Mendapatkan gambar struktur mikro



**Gambar 3.12** Diagram alir pengujian mikrografi

Keterangan :

1. Pengamplasan spesimen

Hal ini dilakukan untuk dapat menghaluskan permukaan pada spesimen uji, agar kerak pada spesimen menghilang dan mendapatkan kehalusan pada permukaannya. Pengamplasan spesimen menggunakan amplas ukuran 500, 800, 1000, 1200, 1500.

2. *Polishing* spesimen

Proses *polishing* ini bertujuan untuk mendapatkan permukaan yang mengkilap, supaya pada saat pengambilan gambar tidak terjadi gangguan pada gambar hasil struktur mikronya. Pada tahap ini dilakukan menggunakan kain bludru serta bahan *polishnya* menggunakan autosol supaya permukaannya mengkilap, setelah itu dibersihkan menggunakan pepsoden supaya bebas dari bahan *polishnya* bersih dan tidak menghalangi hasil gambar struktur mikronya.

3. *Etching*

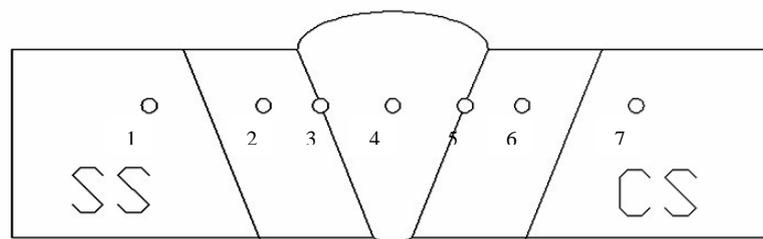
*Etching* pada spesimen ini menggunakan 2 larutan etsa yang berbeda, pada *base metal* baja karbon dan HAZ baja karbon menggunakan larutan  $\text{HNO}_3$  2.5% yang dicampur dengan alkohol vol 100% dengan perbandingan 0,5 %  $\text{HNO}_3$  dan sisanya alkohol. Sedangkan pada base metal, HAZ stainless steel, dan *weld metal* menggunakan etsa aqua regia yang merupakan paduan dari  $\text{HNO}_3$  dan HCl dengan perbandingan 1:3. Proses *etching* ini bertujuan untuk menampilkan struktur mikro dan menampilkan batas – batas butirnya.

4. Observasi

Mengamati gambar struktur mikro dengan menggunakan mikroskop optik, sehingga dapat melakukan pengambilan gambar struktur mikro, jika gambar belum sesuai atau masih ada gangguan, dapat dilakukan lagi proses *polishing* dan *etching* sampai gambar terlihat jelas.

#### 5. Pengambilan gambar struktur mikro

Setelah diamati gambar struktur mikro pada mikroskop sudah terlihat jelas, dapat dilakukan pengambilan gambar dengan metode *capture* di komputer yang dihubungkan pada mikroskop optik. Pengambilan gambar dilakukan sesuai pemetaan yang telah direncanakan.



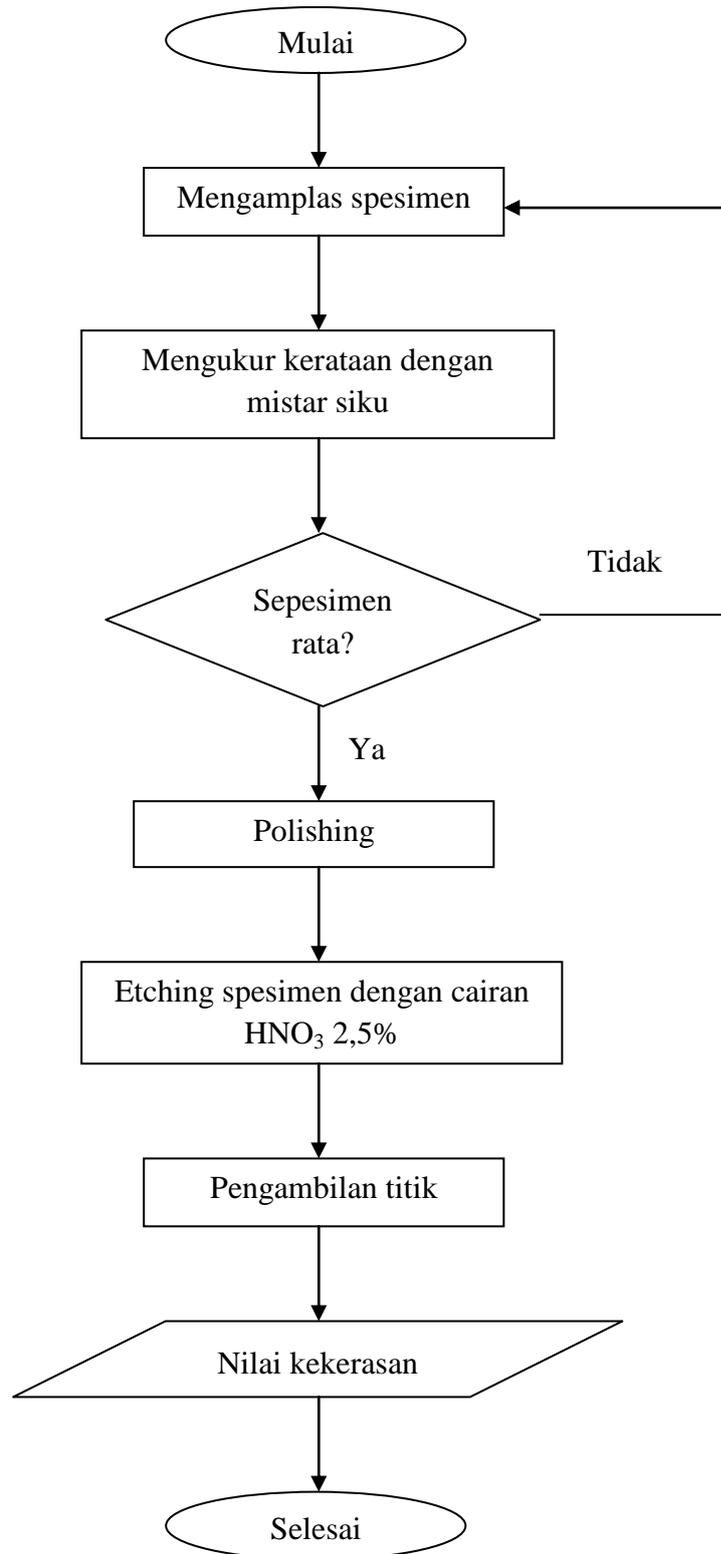
**Gambar 3.13** Skema pengujian mikrografi

#### 3.4 Pengujian Kekerasan

Spesimen yang telah di mikrografi selanjutnya digunakan untuk pengujian kekerasan, pada saat diuji spesimen di polis kembali setelah itu di etsa menggunakan etsa  $\text{NH}_3$  2,5%. Pengujian kekerasan menggunakan metode *mikro hardness vikers*, pengujian dilakukan di Laboratorium Universitas Gajah Mada.



**Gambar 3.14** Mikro Hardness Vickers



**Gambar 3.15** Diagram alir pengujian kekerasan

Keterangan:

1. Pengamplasan spesimen

Hal ini dilakukan untuk dapat menghaluskan dan meratakan permukaan pada spesimen uji, agar kerak sisa hasil *etching* sebelumnya pada spesimen menghilang dan mendapatkan kehalusan pada permukaannya. Pengamplasan spesimen menggunakan amplas ukuran 500, 800, 1000, 1200, 1500.

2. Pengukuran kerataan

Pengukuran kerataan ini bertujuan untuk mendapatkan spesimen yang rata dan sejajar, supaya pada saat di uji tidak menimbulkan hasil yang berbeda karena efek dari benjolan permukaan. Proses pengukuran menggunakan mistar siku, jika spesimen blum sejajar maka spesimen kembali di amplas sampe permukaan sejajar atau rata.

3. *Polishing* spesimen

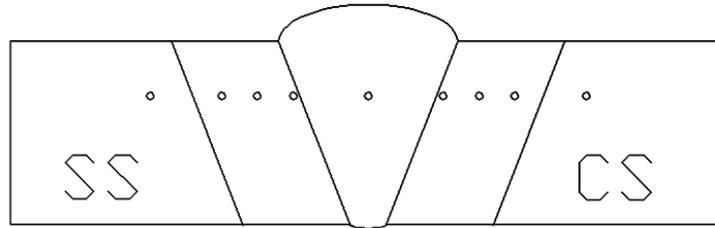
Spesimen yang sudah rata dapat langsung di *polish* supaya mengkilap, pada tahap ini dilakukan menggunakan kain bludru serta bahan *polishnya* menggunakan autosol supaya permukaanya mengkilap, tetelah itu dibersihkan menggunakan pepsoden supaya bebas dari bahan *polishnya* bersih.

4. *Etching*

Setelah selesai dipolish spesimen dapat di etsa menggunakan etsa jenis  $\text{HNO}_3$  supaya batas pada base metal, HAZ, dan weld metal dapat terlihat pada mikroskop untuk diuji kekerasanya.

5. Pengambilan titik

Sebelum proses pengambilan titik kekerasan, terlebih dahulu mnentukan pemetaan pengambilan titiknya, setelah itu menentukan berat pembebanan dan lama pembebanan. Pada pengujian kekerasan ini menggunakan pembebanan sebesar 200gf dan lama pembebanan 5 detik, serta sudut permukaan intan  $136^\circ$ .



**Gambar 3.16** Skema pengujian kekerasan

6. Nilai kekerasan

Hasil nilai kekerasan yang didapat berupa diagonal bekas pembebanan, dalam satuan ukuran  $\mu\text{m}$ . Setelah itu dihitung diagonal rata - rata yang di dapat dari bekaindentasinya, baru dikonversi pada rumus VHN.

**Tabel 3.1** Nilai kekerasan *mikro vickers*

No	Lokasi	$D_1$ $\mu\text{m}$	$D_2$ $\mu\text{m}$	$D_{\text{rata-rata}}$ $\mu\text{m}$
1	Base Metal SS	50.0	50.0	50.00
2	HAZ SS	44.0	51.0	47.75
3		51.0	50.5	50.75
4		50.0	53.5	51.75
5	Weld Metal	51.0	48.5	49.75
6	HAZ CS	44.00	44.00	44.00
7		50.00	54.00	51.00
8		53.0	54.5	53.75
9		51.5	54.0	52.75
10	Base Metal CS	45.5	47.5	46.50

$$D_{rata-rata} = \frac{D_1 + D_2}{2} \quad (3.1)$$

$$HV = \frac{2P \sin(\theta/2)}{D^2} = 1.854 \frac{P}{D^2} \quad (3.2)$$

Dengan:

HV = Nilai kekerasan *vickers*

P = Berat pembebanan

D = Diagonal bekas pembebanan ( $\mu\text{m}$ )

$\Theta$  = Sudut permukaan intan  $136^\circ$