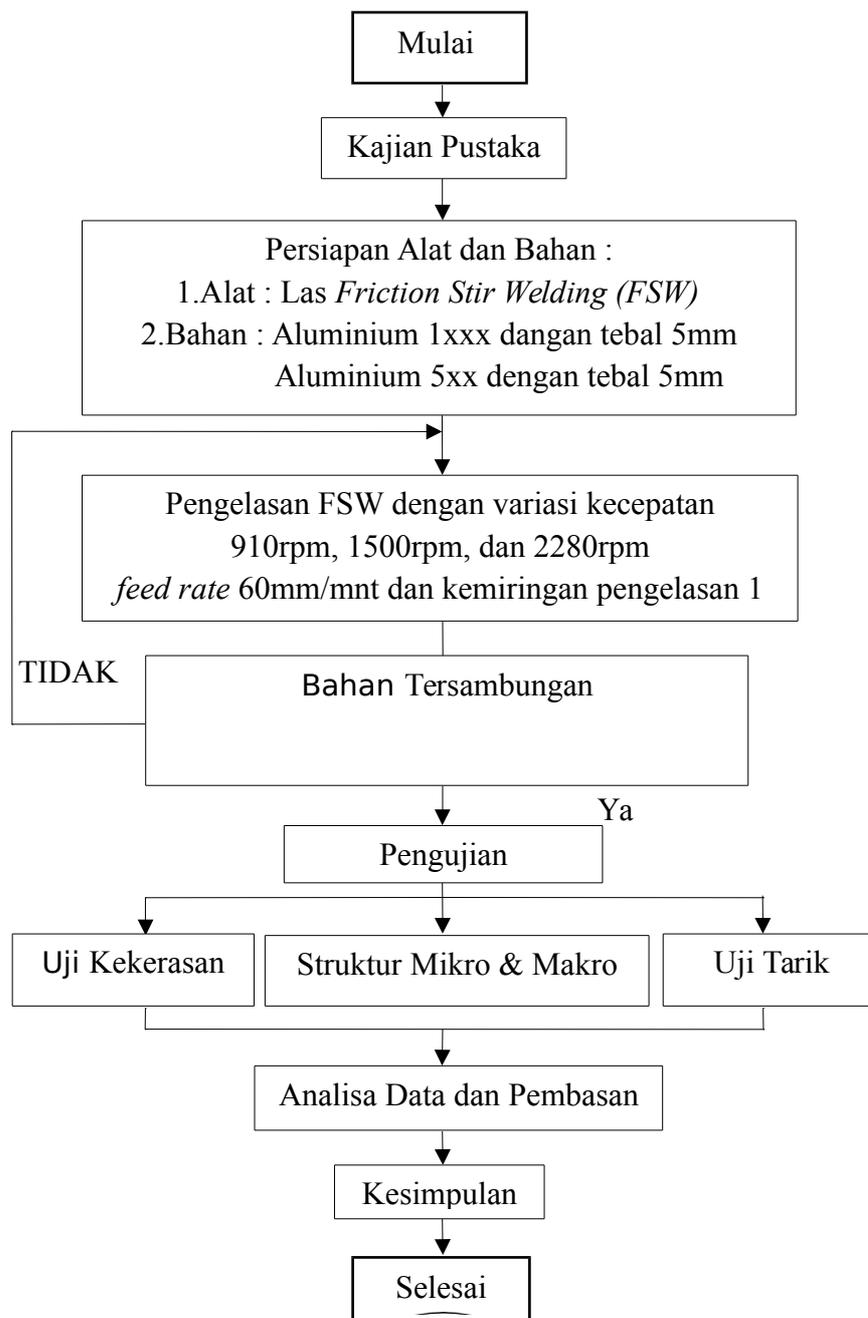


BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Langkah – langkah utama dalam proses pengelasan dengan metode FSW dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram Alir Percobaan FSW Pada Aluminium

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen dilakukan di Laboratorium Manufaktur Teknik Mesin Universitas Muhammdiyah Yogyakarta.
2. Proses pengelasan FSW dilakukan di Laboraturium Proses Poduksi Institute Of Science And Tecnology Akprinrd Yogyakarta.
3. Pungujian tarik dilakukan di Laboraturium Manufaktur Balai Latihan Kerja Surakarta.
4. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada.
5. Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat yang digunakan dalam penelitian

1. Mesin Milling

Prinsip kerja dari mesin milling menggunakan energi listrik yang diubah menjadi energi gerak oleh motor listrik, selanjutnya energi gerak tersebut akan dituskan melalui suatu trasmisi untuk menghasilkan gerakan putar pada spindel mesin milling. Spindel mesin milling adalah bagian utama dari mesin milling yang berfungsi untuk memegang dan memutar *tool*. Gerakan putar pada *tool* jika dikenakan pada benda kerja yang telah dicekam maka akan tergesek sehingga menghasilkan panas yang melukan plat dalam proses FSW.



Gambar 3.2 Mesin Milling Vertikal

Mesin milling yang dipakai pada percobaan FSW adalah mesin milling merk ACIERA 3-PHASE (Gambar 3.2) yang ada di Laboratorium Proses Produksi Institute Of Science And Technology Akprind Yogyakarta.

2. Alat Uji Tarik

Mesin uji tarik merupakan alat mekanis yang digunakan untuk mengetahui nilai kekuatan material terhadap gaya tarik. Cengkaman pada alat uji tarik ini harus kuat dan memiliki kekuatan yang tinggi (*highly stiff*). Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Manufaktur Balai Latihan Kerja Surakarta. Dengan mesin UTM (*Universal Testing Machine*) pembacaan 2 ton dengan beban 10mm/mnt. Gambar 3.3



Gambar 3.3 Mesin Uji Tarik UTM

3. Alat Uji Kekerasan

Mesin uji kekerasan vickers merupakan alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekerasan pada suatu material atau bahan. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboraturium Bahan D3- Universitas Gadjah Mada. Gambar 3.4 dengan mesin BUEHLER Higt Quality Micro Hardness Tester model MM0054.



Gambar 3.4 Mesin Uji Kekerasan Vickers

4. Alat Uji Strukur Mikro

Pengujian sturuktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada dengan mesin OLYMPUS model PME3-111B/321B Gambar 3.5 Fungsi alat ini untuk melihat struktur mikro pasa spesimen hasil pengelasan.



Gambar 3.5 Mesin Uji Strukur Mikro

5. Amplas

Amplas digunakan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan benda uji sebelum penelitian dimulai (khususnya pengujian struktur mikro). Adapun nomer amplas yang digunakan yaitu grid 450, 800, 1500, 2000, 5000 dan ditambah autosol setelah proses pengamplasan selesai.



Gambar 3.6 Amplas

6. Tachometer

Tachometer adalah sebuah alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan rotasi atau putaran per menit (Rpm) pada benda yang berputar. Penggunaan tachometer ini diharapkan sebagai pembaca putaran spindel pada mesin milling pada saat pengelasan. Dimana spindel tersebut diberi tanda sehingga tachometer tersebut dapat mendeteksi berapa rpmnya (Gambar 3.7).



Gambar 3.7 Tachometer

7. Termometer

Termometer digunakan untuk mengukur suhu yang terjadi pada saat proses pengelasan. Adapun jenis thermometer yang digunakan yaitu merk FLUKE 5722 (Gambar 3.8) di Laboratorium Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.8 Termometer

8. Stopwatch

Stopwatch adalah alat yang digunakan untuk mengukur berapa lamanya waktu yang dibutuhkan pada saat kegiatan penelitian di Laboratorium. Pada penelitian ini menggunakan aplikasi stopwatch dari handphone (Gambar 3.9).



Gambar 3.9 Stopwatch

9. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur ketebalan diameter dalam atau luar dan kedalaman. Pada penelitian ini jangka sorong digunakan untuk mengukur diameter pin tool saat proses pemesinan dan digunkalan untuk mengukur ketebalah dan lebar spesimen uji tarik yang dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10 Jangka Sorong

3.3.2 Bahan yang digunakan dalam penelitian

1. Aluminium

Aluminium yang digunakan adalah aluminium 1xxx dan 5xxx yang memiliki ketebakan 5 mm, panjang 100 mm dan lebar 60 mm. Pada (Gambar 3.6) seri 1xxx mempunyai kandungan aluminium 99% aluminium seri ini memiliki kekuatan yang rendah tetapi memiliki sifat tahan korosi, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik. Sedangkan pada aluminium (Gambar 3.7) seri 5052 termasuk dalam golongan paduan aluminium 5xxx, yaitu paduan aluminium dengan magnesium (Mg). Paduan ini memiliki sifat tidak diperlakukan panas sehingga pengaplikasiannya terbatas hanya pada temperatur rendah.



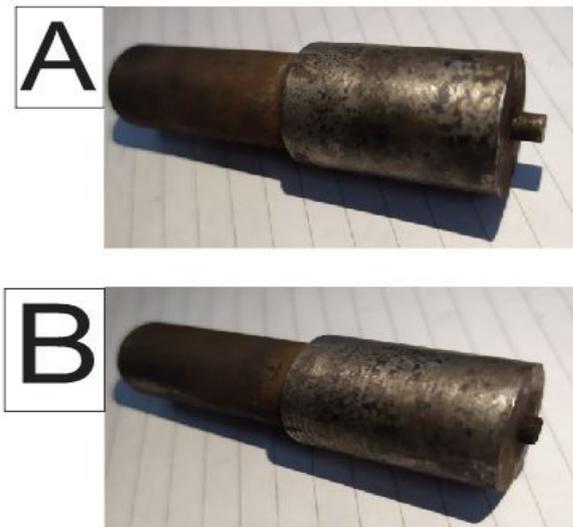
Gambar 3.11 Aluminium 1xxx



Gambar 3.12 Aluminium 5xxx

2. Baja

Baja yang digunakan adalah baja karbon tinggi As ST90 dengan diameter 22mm dan panjang 100mm. Fungsinya sebagai bahan baku pembuatan *tool* untuk pengelasan *friction stir welding* (FSW). Pembuatan *tool* ini dilakukan di Jasa Tec.

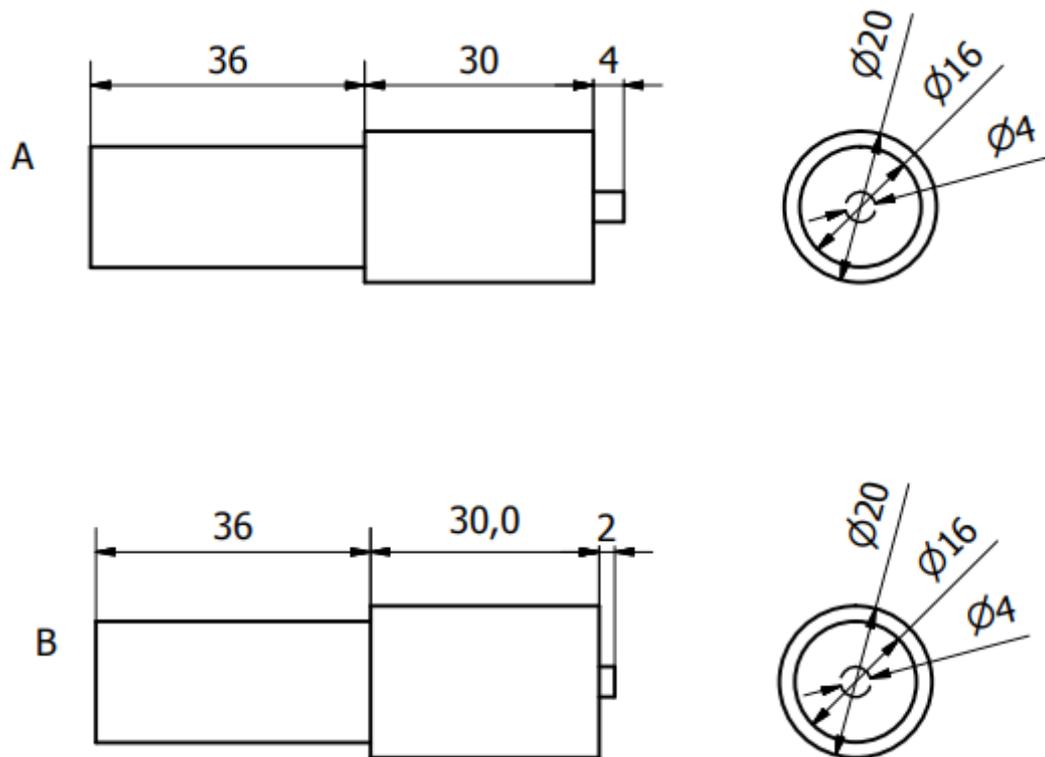


Gambar 3.13 Pin *tool* (A) Pin *tool* dengan panjang ujung 4mm dan (B) Pin *tool* dengan panjang ujung 2mm.

3.4 Proses Penelitian

3.4.1 Proses pembuatan pintool

Tool ini dibuat dari baja tahan karbon tinggi As st90 dan pembuatannya dilakukan di *Jasa Tec* dengan ukuran *tool* diameter 20mm, diameter *shoulder* 16mm, panjang *shoulder* 70mm, terdapat dua *tool* pada percobaan ini yaitu : (1.) Diameter pin 4mm dan panjang pin 4mm. (2.) Diameter pin 4mm dan panjang pin 2mm. Contoh desain tool (Gambar 3.9) karena aluminium yang akan dilas memiliki tebal 5mm, maka dari itu pada penelitian kali ini menggunakan panjang pintool yang berbeda agar bisa saling menutupi celah dibagian atas dan bawah dan hasil yang maksimal.



Gambar 3.14 Desain pin tool (A) Pin tool pengelasan sisi atas dan (B) Pin tool pengelasan sisi bawah

3.4.2 Proses pengelasan

Proses pengelasan pada penelitian ini dilakukan dengan metode FSW, dengan menggunakan parameter- parameter yang telah ditentukan.

1. Bahan menggunakan aluminium 1xxx dan 5xxx dengan tebal 5mm.
2. Mempersiapkan mesin pengelasan dengan menggunakan mesin milling.
3. Mempersiapkan benda kerja dan alat cekam.
4. Menghidupkan mesin, sehingga pin berputar dan masuk kedalam material untuk menyambungkan material yang panas karena gesekan lalu shoulder menekan material yang teraduk pin. Feed rate yang yang

digunakan 60 mm/menit dan menggunakan kecepatan putar tool 910 rpm. Gunakanlah tool 4mm terlebih dahulu.

5. Tool digerakan sepanjang jalur pengelasan antara ujung material dengan feed rate 60 mm/menit dan terjadi penyatuan material aluminium *dissimilar* (joining process).
6. Setelah pengelasan sepanjang plat selesai, tool diangkat, matikan mesin. Lalu, rapikan bagian tersebut.
7. Setelah itu dibalik dengan arah pengelasan yang sama pada bagian atas pengelasan didaerah arah *advancing* dan *retreating* dan pasang kembali atur dengan kecepatan putar 910 rpm tetapi gunakan tool 2mm. Hidupkan mesin dan lakukan pengelasan.
8. Proses 1-6 diulang dengan variasi pengelasan FSW kecepatan putar too 1500 rpm dan 2800 rpm.

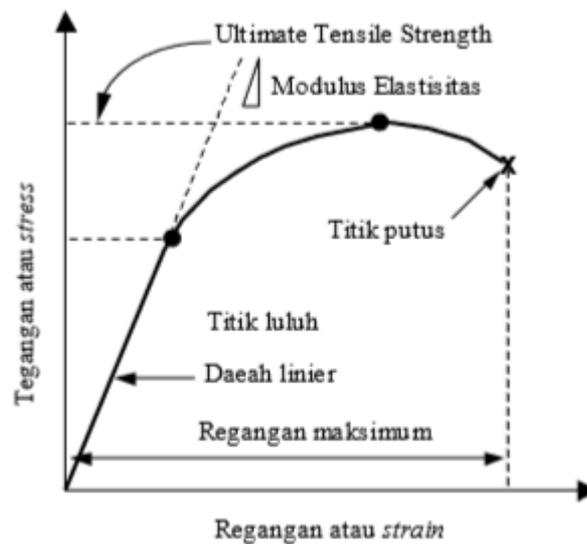
3.5 Pelaksanaan Pengujian

3.5.1. Pengujian Tarik

Pengujian tarik hasil sambungan dilakukan menggunakan mesin UTM (*Universal Tasting Machine*). Adapun prosedur dari pengujian ini adalah sebagai berikut :

1. Memasang spesimen uji pada kedua cekam mesin uji tarik.
2. Menyalakan mesin uji tarik UTM (*Universal Tasting Machine*) berseta komputer pengendalinya.
3. Menjalankan progam untuk pengujian pada komputer pengendali.
4. Pada "*Method Window*" isi data material seperti: *Width, Thickness, Gauge length, Grip length* dan *Wight*.
5. Menentukan metode pengujian dengan melakukan *prepare test*.
6. Mengatur kecepatan pembebanan.
7. Menampilkan *Test no, Test date, Area, Yield point, Yield strenght, Elongation, Max, Load* dan *Break* dengan membuka layar "*Report*".
8. Memulai pengujian dengan menekan tombol "*TEST*" pada tool box untuk memulai. Pengujian barakhir saat benda uji patah dan mesin akan berhenti secara otomatis.

Kekuatan tarik dapat bervariasi mulai dari 50 MPa (7000 psi) untuk aluminium hingga setinggi 3000 MPa (450.000 psi) untuk baja berkekuatan tinggi. Biasanya, ketika kekuatan logam yang digunakan untuk tujuan desain, kekuatan luluh digunakan. Hal ini karena pada saat tegangan yang sesuai dengan kekuatan tarik telah diterapkan, seringkali struktur telah mengalami begitu banyak deformasi plastik sehingga tidak dapat digunakan. Selanjutnya, pada gambar 3.12 merupakan kurva standar ketika melakukan pengujian tarik.



Gambar 3.15 Kurva Tegangan-Regangan (Purnomo, 2010)

Dalam pengujian tarik, specimen uji dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga specimen tersebut patah, kemudian sifat-sifat tarikannya dapat dihitung dengan persamaan:

Engineering strain (regangan) :

$$\epsilon = \frac{l_i - l_o}{l_o} = \frac{\Delta l}{l_o} \times 100 \dots\dots\dots(3.1)$$

Dimana : l_o = panjang mula - mula

l_i = panjang akhir

Δl = pertambahan panjang

ε = %

Engineering stress (tegangan teknik) :

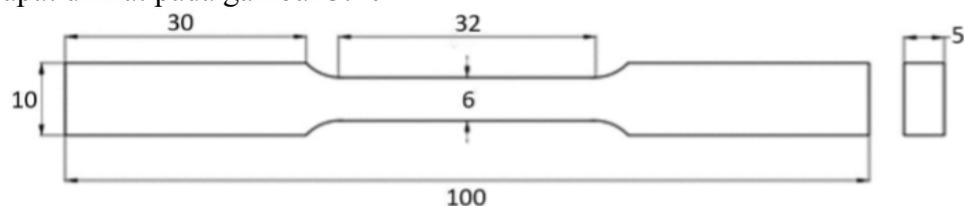
$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dimana F = beban yang diberikan (lb atau N)

A_0 = luas penampang bahan sebelum dibebani (in² atau m²)

σ = psi, MPa.

Spesimen yang digunakan untuk uji tarik dibuat menurut standaed ASTM E8/E8M- 09 (Standard Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminium- and Magnesium- Alloy Products Matric). Skema spesimen tarik dapat dilihat pada gambar 3.10

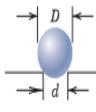
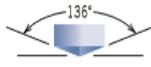
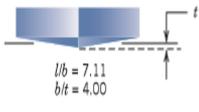
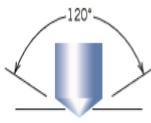


Gambar 3.16 Skema spesimen uji tarik menurut ASTM E8

3.5.2. Pegujian Kekerasan

Penelitian ini menggunakan pengujian kekerasan metode *vickers*. Beban penekanan yang digunakan untuk pengujian kedua material sebesar 200 gf dengan waktu penekanan selama 5 detik. Hasil penekanan akan terbentuk sesuai indenter dari metode *vickers* dan panjang dari diagonal-diagonalnya digunakan untuk menentukan nilai kekerasan *micro vickers*.

Gambar 3.17 Teknik Pengujian Kekerasan (Calister, 2007)

Test	Indenter	Shape of Indentation		Load	Formula for Hardness Number ^a
		Side View	Top View		
Brinell	10-mm sphere of steel or tungsten carbide			P	$HB = \frac{2P}{\pi D [D - \sqrt{D^2 - d^2}]}$
Vickers microhardness	Diamond pyramid			P	$HV = 1.854P/d_1^2$
Knoop microhardness	Diamond pyramid			P	$HK = 14.2P/l^2$
Rockwell and Superficial Rockwell	{ Diamond cone; $\frac{1}{16}, \frac{1}{8}, \frac{1}{4}, \frac{1}{2}$ in. diameter steel spheres			60 kg } Rockwell 100 kg } 150 kg } 15 kg } Superficial Rockwell 30 kg } 45 kg }	

Keterangan : Untuk rumus kekerasan yang diberikan, P (beban yang diterapkan) adalah dalam kg, sedangkan D,d, dan l semuanya dalam mm

3.5.3. Pengujian Metalografi

Pengujian metalografi ini dilakukan untuk mengenalisa sifat mekanik dari suatu material, yang dilihat pada pengujian ini adalah struktur mikro yang didapat menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran tertentu berdasarkan dari standar pengujian ASTM E8/E8M- 09. Langkah dari proses pengujian metalografi ini adalah sebagai berikut :

1. Spesimen uji dipotong menjadi dua bagian menggunakan gerinda. Pemotongan dilakukan secara pelan dan hati-hati supaya tidak merusak struktur mikro material tersebut karena panas yang timbul akibat gesekan pada saat pemotongan.
2. Melakukan proses *mounting* menggunakan resin yang dicampur katalis dengan cara meletakkan pada cetakan.
3. Mengamplas bagian permukaan spesimen yang akan diuji secara bertahap dimulai dari amplas yang kasar hingga halus. Seri amplas yang digunakan 450, 800, 1500, 2000, 5000.
4. Memoles spesimen uji menggunakan autosol supaya permukaan spesimen yang mengkilat dan terlihat terang.

5. Melakukan pengetesan pada spesimen uji. Etsa yang digunakan untuk pengamatan ini ada 4 cairan yaitu methanol 25ml, hydrochloric acid 25ml, nitric acid 25ml, hydrofluotic acid 1 tetes dengan waktu 10-60 seconds.
6. Spesimen yang sudah dietsa kemudian dibilas dengan air, lalu dikeringkan.
7. Mengamati struktur mikro dengan alat mikroskop optik kemudian diambil foto.

3.5.4 Analisa Data

Setelah melakukan pengujian sifat mekanik, struktur mikro dan makro maka akan mendapatkan hasil untuk setiap pengujian. Nilai F_{max} yang didapat dari hasil uji tarik akan digunakan sebagai data perhitungan untuk mengetahui nilai tegangan tarik (*tensile strenght*). Dilanjutkan dengan pengujian tarik di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negri Sebelas Maret. Dari hasil pengujian tarik akan didapat data berupa nilai kekuatan tarik kemudian data tersebut dianalisis menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan grafik. Analisa grafik dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik tertinggi dan akan dibandingkan dengan peneliti sebelumnya.

Pengujian kekerasan dilakukan pada tiap spesimen hasil pengelasan, dari hasil pengujian kekerasan akan didapat data berupa nilai angka kekerasan *Vickers* (HV) yang kemudian data tersebut dianalisis menggunakan aplikasi Microsoft Excel dan grafik kemudian dibandingkan dengan penelitian sebelumnya.

Pengujian struktur mikro dan makro dimana hasil yang akan didapatkan berupa foto struktur yang kemudian dilakukan anilisis untuk mengetahui daerah HAZ, TMAZ, WN, dan butiran struktur hasil pengesalan FSW.