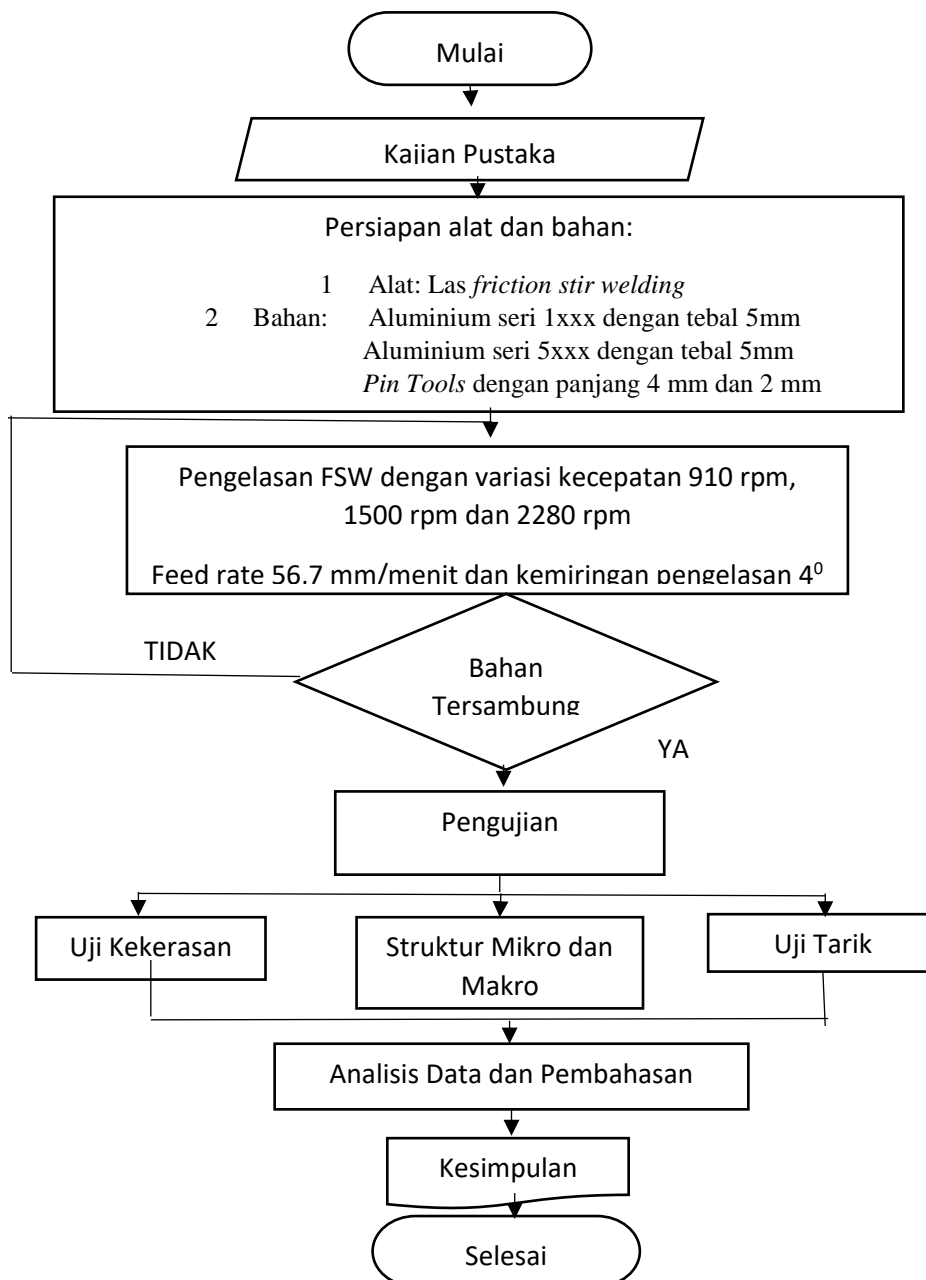


**BAB III**  
**METODE PENELITIAN**

**3.1 Diagram Alir Penelitian**

Langkah-langkah dalam pengelasan dengan metode FSW dapat dilihat pada Gambar 3.1



**Gambar 3.1** Diagram alir percobaan FSW pada plat aluminium

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat yang digunakan dalam penelitian

#### 1. Mesin Milling

Mengubah energi listrik menjadi gerak utama untuk motor listrik yang dijadikan sebagai sumber tenaga. Lalu, gerakan tersebut akan ditransmisikan untuk menghasilkan gerakan putar pada spindel mesin milling. Spindel mesin milling adalah bagian sistem utama mesin milling yang mempunyai tugas untuk memegang dan memutar *tool* sampai memberikan putaran. Putaran pada *tool* jika dikenai benda kerja yang sudah dicekam maka akan terjadi gesekan yang menghasilkan panas yang dapat melunakan plat yang akan disambung pada 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. Amplas

Amplas dipakai untuk meratakan dan menghaluskan permukaan benda uji sebelum melakukan pengujian, Amplas yang dipakai adalah amplas grid 800, 1500, 2000, 5000 dan ditambah autosol setelah proses pengamplasan selesai.

## 3. Alat Uji Struktur Makro

Pengujian struktur makro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada dengan mesin OLYMPUS model SZ1145TRPT Gambar 3.3



**Gambar 3.3** Alat uji struktur makro

## 4. Alat Uji struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada dengan mesin OLYMPUS model PME3-111B/312B yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Fungsi alat ini adalah melihat struktur mikro pada spesimen hasil pengelasan.



**Gambar 3.4** Alat uji struktur mikro

5. Alat Uji Kekerasan Mikro Vickers

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada. Dengan mesin BUEHLER *High Quality Micro Hardness Tester model MM0054* yang ditunjukkan pada Gambar 3.5.



**Gambar 3.5** Alat Uji Kekerasan Vickers

6. Alat Uji Tarik

Pengujian Tarik dilakukan di Balai Latihan Kerja Surakarta. Dengan mesin Intron tipe 3367 menggunakan pembacaan 2 ton dengan beban 10 mm/menit, Gambar 3.6 menunjukkan gambar alat uji tarik yang dipakai.



**Gambar 3.6** Alat Uji Tarik

#### 7. Jangka Sorong

Jangka sorong adalah alat yang digunakan untuk mengukur ketebalan diameter dalam atau luar dan kedalaman. Pada penelitian kali ini jangka sorong digunakan mengukur tebal, lebar atas dan lebar bawah pada hasil uji tarik. Gambar 3.7 adalah gambar jangka sorong yang dipakai saat penelitian.



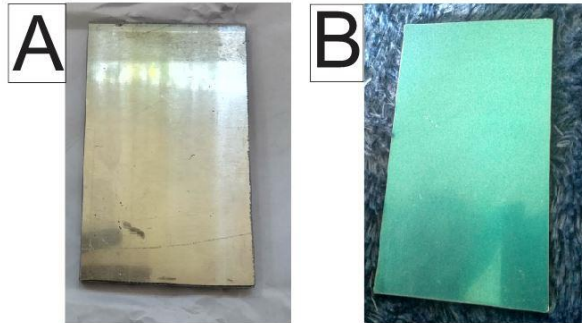
**Gambar 3.7** Jangka sorong

### 3.2.2 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian

#### 1. Aluminium

Aluminium (Gambar 3.8) yang dipakai adalah aluminium 1xxx dan 5xxx yang memiliki ketebalan 5 mm, panjang 10 cm, dan lebar 6 cm. Seri 1xxx adalah aluminium 99%. Aluminium seri ini memiliki kekuatan yang rendah tapi memiliki sifat tahan korosi, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik. Biasanya seri ini paling banyak digunakan pada bagian dunia kelistrikan dan

kimia. Aluminium seri 5xxx ini punya sifat tidak dapat diperlakukan panas sehingga pengaplikasiannya terbatas hanya pada temperatur rendah.



**Gambar 3.8** Aluminium 1xxx dan Aluminium 5xxx

## 2. Baja

Baja yang digunakan adalah AS baja ST90 dengan diameter 22 mm dan panjang 1 m. Fungsinya untuk bahan baku pembuatan *tool* untuk pengelasan FSW. Pembuatan *tool* dilakukan di Jasatec. Gambar 3.9 adalah *pin tool* yang digunakan.

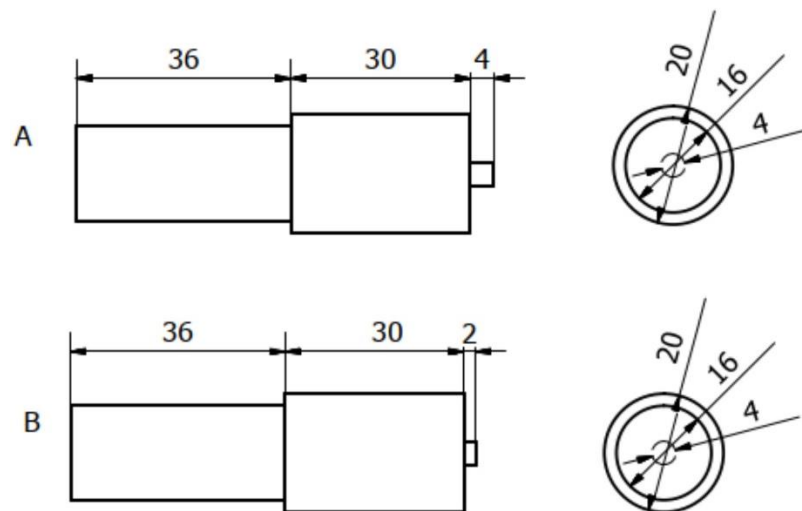


**Gambar 3.9** Pin Tool yang sudah jadi dengan ujung diameter 4 mm dan *pin tool* yang sudah jadi dengan ujung diameter 2 mm

### 3.3 Proses Penelitian

#### 3.3.1 Proses Pembuatan Tool Pengelasan

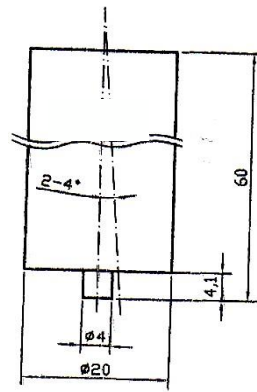
- 1 Tool ini dibuat dari AS baja ST90 dan pembuatan dilakukan di JasaTec dengan ukuran *tool* diameter 22 mm, diameter *shoulder* 16mm, panjang *shoulder* 30mm, terdapat dua *tool*. Tool nya memiliki data sebagai berikut:  
1.diameter *pin* 4 mm panjang *pin* 4 mm  
2.diameter *pin* 4 mm panjang *pin* 2mm  
Gambar 3.10 menunjukkan desain *pin tools*.



**Gambar 3.10** *Design pin tools* pengelasan sisi atas *design pin tool* pengelasan sisi bawah

#### 3.3.2 Posisi Pin Tools

Material yang dipilih adalah lembaran pelat aluminium ukuran  $100 \times 65 \times 5$  mm serta dengan komposisi kimia Al 1xxx dan Al 5xxx. Peralatan pengelasan menggunakan mesin milling/frais dan *shoulder* dari bahan AS baja ST90 dengan diameter  $\varnothing 22$  mm, diameter *pin*  $\varnothing 4$  mm panjang 4 mm dan 2 mm. Untuk melakukan proses pengelasan FSW dua pelat tak sejenis antara Al 1xxx dan Al 5xxx ditempatkan berimpit diatas landasan bahan dari baja lunak yang terletak di meja mesin frais dan dijepit cukup kuat agar tidak terpisah atau terbang. Lalu lakukan pengelasan dengan sudut *pin tool*  $4^\circ$  seperti pada gambar 3.11.



**Gambar 3.11** Posisi shoulder (Khaled, 2005)

### 3.3.3 Proses Pengelasan

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

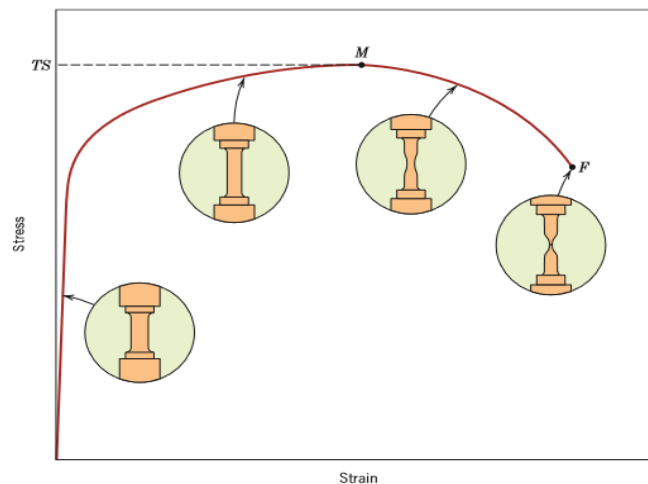
1. Bahan menggunakan aluminium 1xxx dan 5xxx dengan tebal 5 mm.
2. Menyiapkan mesin pengelasan dengan menggunakan mesin milling.
3. Menyiapkan benda kerja dan alat cekam.
4. Menghidupkan mesin, sehingga *tool* berputar dan masuk ke dalam material untuk mengaduk material yang panas karena gesekan lalu *shoulder* menekan material yang teraduk pin. *Feed rate* yang digunakan 56,7 mm/menit dan menggunakan kecepatan putar *tool* 910 rpm. Gunakanlah terlebih dahulu *tool* dengan panjang *tool* 4 mm.
5. Lakukan pengelasan hingga terjadi penyatuan material aluminium *dissimilar (joining process)*.
6. Setelah pengelasan sepanjang plat selesai, matikan mesin, *tool* diangkat. Lalu, benda kerja diampas pada bagian yang sudah dilas.
7. Setelah itu benda kerja dibalik dengan arah pengelasan yang sama pada bagian atas pengelasan di daerah arah *advancing* dan *retreating* dan pasang kembali atur dengan kecepatan putar 910 rpm tetapi gunakan *tool* 2 mm. Hidupkan mesin dan lakukan pengelasan.
8. Proses 3-7 diulang dengan menggunakan variasi kecepatan putar *tool* yang berbeda yaitu 1500 rpm dan 2280 rpm.



### 3.3.4 Proses Pengujian

#### 1. Proses Pengujian Tarik

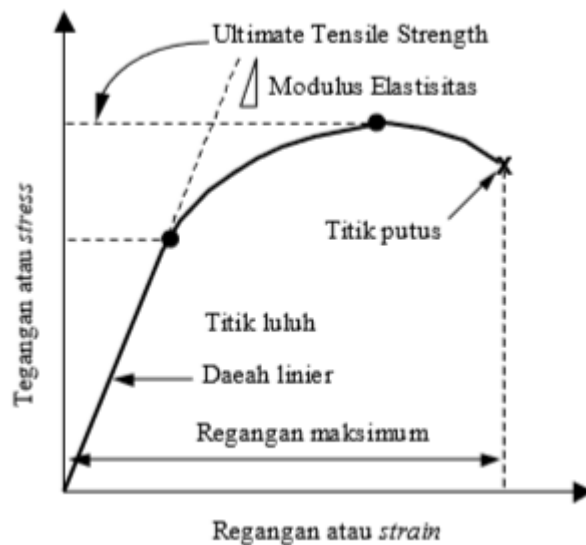
Kekuatan tarik atau kekuatan tarik maksimum (UTM, *universal testing machine*) adalah uji yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Terdapat empat jenis uji coba yang dilakukan, salah satunya uji tarik (*tensile test*). Saat pengujian, bahan uji ditarik sampai putus. Dalam sebuah spesimen yang cacat, biasanya memiliki retak.



**Gambar 3.12** Proses perilaku tegangan-regangan ke patahan (William dan David, 2007)

Setelah pengujian tarik selesai, hasil berupa grafik tegangan yang diperlukan untuk melanjutkan deformasi plastik dalam logam meningkat menjadi maksimum, titik M pada Gambar 3.12, kemudian menurun ke fraktur akhir, titik F. Kekuatan tarik TS (MPa atau psi) adalah tegangan maksimum pada kurva tegangan-regangan (Gambar 3.13). Jika *stress* ini diterapkan dan dipertahankan patahan akan terjadi. Semua deformasi hingga titik ini seragam di seluruh wilayah penyempitan dari spesimen tarik. Namun, pada tekanan maksimum ini, penyempitan kecil atau leher mulai terbentuk di beberapa titik, dan semua deformasi berikutnya terbatas pada leher, seperti yang ditunjukkan oleh insets skematik pada Gambar 3.13. Fenomena ini disebut "*necking*" dan patahan terjadi di leher. Kekuatan patahan berhubungan dengan *stress* pada patahan.

Kekuatan tarik bisa bervariasi mulai dari 50 MPa (7000 psi) untuk aluminium hingga setinggi 3000 MPa (450.000 psi) untuk baja berkekuatan tinggi (William dan David, 2007). 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.



**Gambar 3.13** Kurva tegangan-regangan (Purnomo, 2017)

Saat pengujian tarik, spesimen dibebani dengan kenaikan beban sedikit demi sedikit hingga specimen tersebut patah, kemudian sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan:

*Strain* (regangan):

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

Dengan:  $l_o$  = Panjang mula – mula (mm)

$l_i$  = Panjang akhir (mm)

$\Delta l$  = Pertambahan panjang (mm)

$\epsilon$  = Regangan (%)

*Stress* (tegangan):

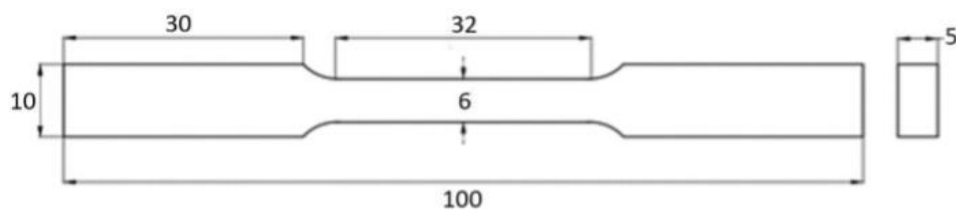
$$\sigma = \frac{F}{A_o} \dots\dots\dots (3.2)$$

Dengan:  $F$  = Beban yang diberikan (N)

$A_0$  = Luas penampang bahan sebelum dibebani (m<sup>2</sup>)

$\sigma$  = Tegangan (MPa)

Pengujian tarik dilakukan pada spesimen hasil pengelasan. Spesimen yang digunakan untuk uji tarik dibuat menurut standard ASTM E8/E8M-09 (*Standard Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products (Metric)*). Pengujian tarik dilakukan di Balai Latihan Kerja Surakarta. Skema spesimen uji tarik dapat dilihat pada Gambar 3.14



**Gambar 3.14** Skema uji tarik menurut ASTM E8/E8M-09

## 2. Proses Pengujian Kekerasan

Ada 2 Jenis Micro hardness test yaitu *vickers micro hardness* dan *knoop micro hardness*. Pada penelitian kali pegujian kekerasan yang dipakai adalah *vickers micro hardness*. Angka kekerasan *vickers* (HV) adalah hasil bagi (koefisien) dari beban ( $F$ ) dengan luas permukaan bekas tekan dari indenter ( $A$ ) yang dikalikan  $\sin (136^\circ/2)$ . Rumus menentukan besaran kekerasan Vickers, yaitu:

$$\text{VHN} = \frac{2F \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{(1,854)F}{d^2} \dots\dots\dots (3.3)$$

Dengan: VHN = Angka kekerasan Vickers (kgf/mm<sup>2</sup>)

$F$  = Beban tekan (kgf)

$d$  = Diagonal (mm)

### 3. Proses Pengujian struktur mikro dan makro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh FSW terhadap struktur mikro di daerah lasan. Struktur mikro dalam logam di lihat dengan besar, bentuk dan orientasi butirannya, proporsi dan kelakuan dimana mereka tersusun atau terdistribusi. Struktur mikro dari paduan tergantung dari beberapa faktor seperti, elemen paduan, konsentrasi dan perlakuan panas yang diberikan. Sifat-sifat fisis dan mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material yang diuji. Pengujian Struktur mikro atau mikrografi dilakukan menggunakan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi. Berikut tahapan yang dilakukan untuk melakukan pengujian :

- Pemotongan
- Pengamplasan
- Pemolesan
- Etsa
- Melakukan pemotretan ke spesimen

### 4. Analisis Data

Setelah melakukan pengujian kekerasan, tarik, struktur mikro dan makro maka akan mendapatkan hasil untuk setiap pengujian. Nilai  $F_{max}$  yang didapat dari uji tarik digunakan sebagai data perhitungan untuk mengetahui nilai tegangan tarik (*tensile strenght*). Dari hasil pengujian tarik 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 diuji pada setiap spesimen kekerasan yang sudah dibuat, dari hasil pengujian kekerasan akan didapat data berupa nilai angka kekerasan *vickers* (HV) lalu data tersebut dianalisis memakai 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 analisis untuk mengetahui daerah HAZ, TMAZ, WN, dan butiran struktur hasil pengelasan FSW.