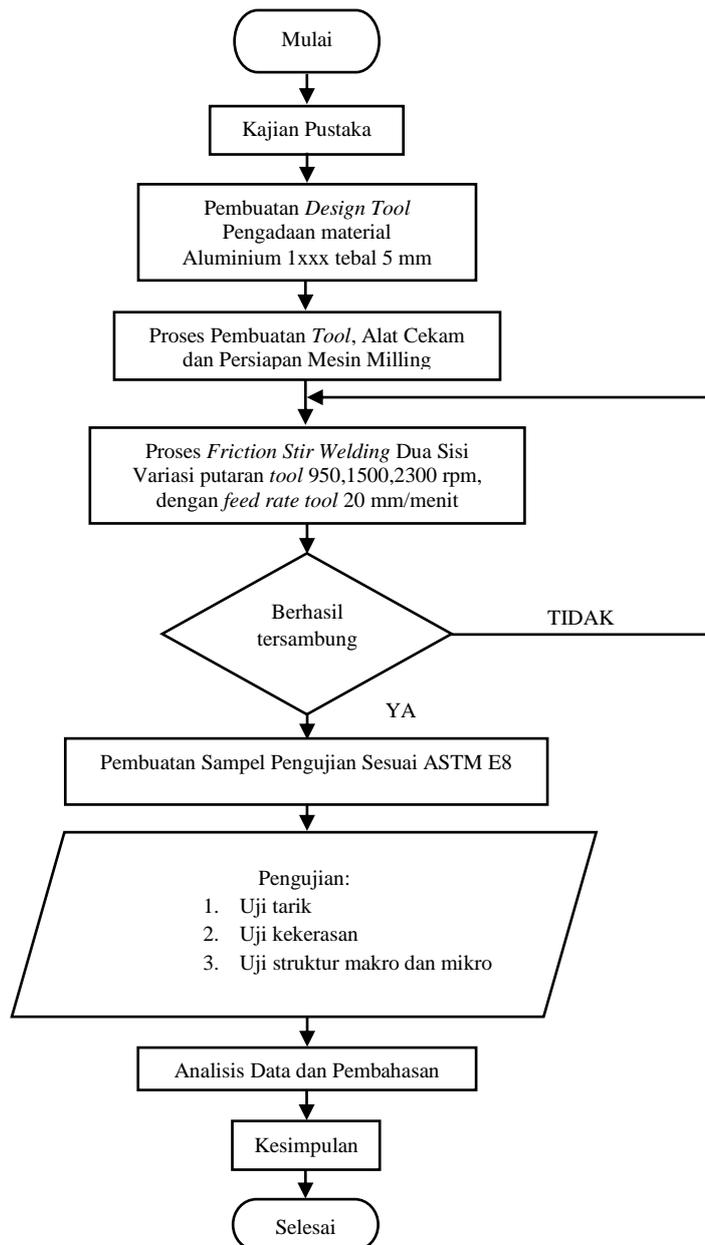


BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Sebelum melakukan proses penelitian pengelasan FSW dua sisi dibuatlah diagram alir untuk menggambarkan proses dari awal hingga akhir agar dapat mudah dipahami. Diagram alir dapat dilihat pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian FSW Pada Plat Aluminium

3.2 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat adalah sebagai berikut :

1. Pembuatan spesimen dan proses pengelasan FSW dilakukan di laboratorium proses produksi teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Pengujian tarik dilakukan di laboratorium material teknik mesin Universitas Negeri Sebelas Maret.
3. Pengujian kekerasan dilakukan di laboratorium bahan teknik, teknik mesin D3 Universitas Gadjah Mada.
4. Pengujian struktur makro dan mikro dilakukan di laboratorium bahan teknik, teknik mesin D3 Universitas Gadjah Mada.

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Yang Digunakan Dalam Penelitian

1. *Milling Machine*

Milling Machine (Gambar 3.2) merupakan mesin perkakas yang digunakan untuk mengerjakan/menyelesaikan suatu benda kerja dengan mempergunakan pisau frais (*cutter*) dengan cara menyayat atau memakan benda kerja. Dalam penelitian ini pisau frais diganti dengan *tool* pengelasan.



Gambar 3.2 *Milling Machine*

Tool untuk pengelasan FSW dipasang pada spindel. Spindel yang terdapat pada *miling machine* dapat berputar serah jarum jam (*clock wise*) atau berlawanan arah jarum jam (*counter clock wise*) disesuaikan dengan arah pergeseran meja untuk melakukan pengelasan FSW, sedang putarannya dapat diatur sesuai dengan kebutuhan.

2. Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan suatu mesin perkakas yang difungsikan untuk memotong/mengurangi benda kerja yang diputar. Proses pemesinan menggunakan pahat dengan satu mata potong untuk membuang material dari permukaan benda kerja yang berputar (Gambar 3.3). Pahat bergerak pada arah linier sejajar dengan sumbu putar benda kerja. Dalam penelitian ini mesin bubut digunakan untuk membuat *tool* pengelasan.



Gambar 3.3 Mesin Bubut

3. Gerinda

Gerinda (Gambar 3.4) merupakan salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah/memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Gerinda yang digunakan pada penelitian ini adalah gerinda tangan yang difungsikan untuk memotong plat aluminium. Prinsip kerja gerinda adalah ketika batu gerinda berputar dan bersentuhan dengan benda kerja maka akan terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan.



Gambar 3.4 Gerinda Tangan

4. *Tachometer*

Tachometer (Gambar 3.5) berfungsi untuk mengukur putaran *Spindle* pada mesin *milling* yang akan digunakan pada FSW.



Gambar 3.5 *Tachometer*

5. *Thermometer*

Termometer digunakan untuk mengukur suhu yang terjadi pada saat proses pengelasan. Adapun jenis *thermometer* yang digunakan yaitu merk FLUKE 572-2 (Gambar 3.6) di laboratorium proses produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



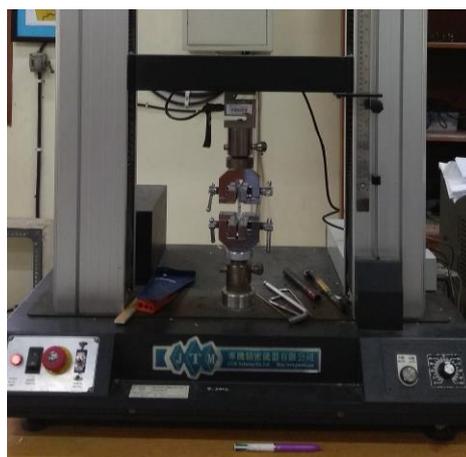
Gambar 3.6 *Infrared Thermometer*

6. Amplas

Amplas digunakan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan benda uji sebelum penelitian (khususnya untuk pengujian struktur mikro). Adapun nomor amplas yang digunakan yaitu grid 100, 400, 1000, 3000, 5000 dan ditambah autosol.

7. Alat Uji Tarik

Pengujian Tarik dilakukan di laboratorium material teknik mesin Universitas Negeri Sebelas Maret. Dengan mesin UTM (*Universal Tensile Machine*) dengan *Load Force* sebesar 2 ton (Gambar 3.8).



Gambar 3.8 Mesin Uji Tarik UTM

8. Alat Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan (*Hardness Tester*) dilakukan di laboratorium bahan teknik, teknik mesin D3 Universitas Gadjah Mada. Dengan mesin SHIMADZU HMV-M3 *Hardness Tester* (Gambar 3.9).



Gambar 3.9 *Hardness Tester*

9. Alat Uji Struktur Makro

Pengujian struktur makro dilakukan di laboratorium bahan teknik, teknik mesin D3 Universitas Gadjah Mada, dengan mesin OLYMPUS SZ STEREO ZOOM MICROSCOPE (Gambar 3.10). Fungsi alat ini untuk melihat struktur makro pada spesimen hasil pengelasan.



Gambar 3.10 Mesin Uji Struktur Makro

10. Alat Uji Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di laboratorium bahan teknik, teknik mesin D3 Universitas Gadjah Mada, dengan mesin OLYMPUS PME3 (*metallurgical microscope inverted type*) (Gambar 3.11). Fungsi alat ini untuk melihat struktur mikro pada spesimen hasil pengelasan.



Gambar 3.11 Mesin Uji Struktur Mikro

3.3.2 Bahan Yang Digunakan Dalam Penelitian

1. Plat aluminium

Plat aluminium 1xxx (Gambar 3.12) yang digunakan adalah yang memiliki ketebalan 5 mm, lebar 60 mm, dan panjangnya 100 mm.



Gambar 3.12 Plat Aluminium

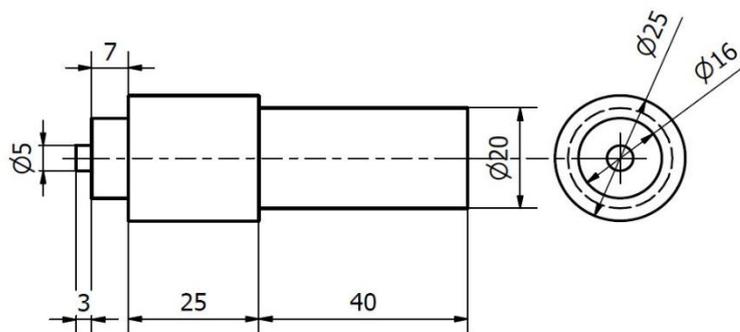
2. Baja Pejal

Baja yang digunakan yaitu baja pejal dengan diameter 35 mm dan panjang 82 mm. Fungsinya sebagai bahan baku pembuatan *tool* untuk pengelasan FSW. Pembuatan *tool* ini dilakukan di laboratorium proses produksi teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.4 Proses Penelitian

3.4.1 Proses Pembuatan *Tool* Pengelasan

Tool dibuat dari besi pejal dan pembuatan dilakukan di laboratorium proses produksi teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menggunakan mesin bubut manual yang pengerjaannya dilakukan sendiri. Proses pembuatan *tool* dikerjakan dari pengurangan diameter *tool* dari 35 mm menjadi 25 mm, kemudian dilakukan pengurangan lagi dari 25 mm menjadi 20 mm, setelah itu dilakukan pengerjaan membentuk *shoulder* dengan cara memperkecil diameter *tool* dari 20 mm menjadi 16 mm dan membentuk pin dengan memperkecil diameter *shoulder* dari 16 mm menjadi 5 mm dengan panjang 3 mm, dengan panjang keseluruhan *tool* 82 mm. Desain *tool* dapat dilihat pada Gambar 3.13.



Gambar 3.13 Desain *tool* pengelasan

3.4.2 Proses Pengelasan

Pengelasan FSW dilakukan pada sisi beda, yaitu bila pada sisi permukaan las mengalami perlakuan sebagai *advancing* maka pada sisi akar las mengalami perlakuan sebagai *retreating*. Proses pengelasan pada penelitian ini dilakukan dengan metode FSW, dengan menggunakan parameter-parameter yang telah ditentukan.

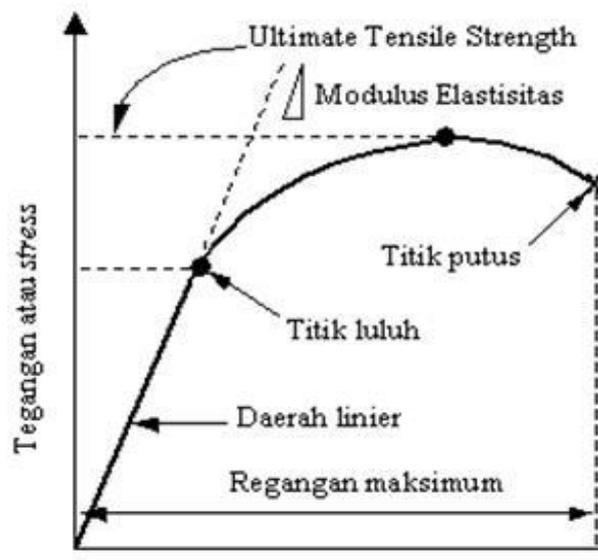
1. Bahan menggunakan aluminium dengan ketebalan 5 mm.
2. Mempersiapkan mesin pengelasan dengan menggunakan mesin *milling*.
3. Mempersiapkan benda kerja dan alat cekam.
4. Menghidupkan mesin, sehingga pin berputar dan masuk kedalam material untuk mengaduk material yang panas karena gesekan. Kemudian *shoulder* menekan material yang teraduk pin. *feed rate* yang digunakan 20 mm/menit dan menggunakan kecepatan putar *tool* 950 rpm, 1500 rpm dan 2300 rpm.
5. *Tool* bergerak ke samping dengan *feed rate* 20 mm/menit dan terjadi proses penyatuan material aluminium (*joining process*).
6. Setelah pengelasan sepanjang plat selesai, tool diangkat, matikan mesin dan specimen dipindahkan dari mesin *milling*.
7. Proses 1-6 diulang pada sisi sebaliknya.

3.4.3 Proses Pengujian

1. Pengujian Tarik

Kekuatan tarik (*tensile strength*) adalah tegangan maksimum yang dapat ditahan oleh sebuah bahan ketika ditarik atau diregangkan, sebelum bahan tersebut patah. Kebalikan dari kekuatan tarik adalah kekuatan tekan, dan nilainya bisa berbeda. Bahan yang meregang dan mengalami proses deformasi sebelum patah disebut benda elastis (*ductile*). Beberapa bahan bisa patah begitu saja tanpa mengalami deformasi, hal tersebut menandakan benda bersifat rapuh atau getas (*brittle*).

Nilai kekuatan tarik pada umumnya dapat dicari dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*) adalah titik tertinggi dari kurva tegangan-regangan. Jenis bahan adalah faktor yang mempengaruhi nilai kekuatan tarik, bukan bergantung pada ukuran bahannya. Terdapat juga faktor lain yang dapat mempengaruhi nilai kekuatan tarik seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen.



Gambar 3.15 Kurva Tegangan Tarik (Endartyana, 2013)

Tegangan tarik adalah gaya persatuan luas, pascal (Pa) dan kelipatannya seperti megapascal (MPa) adalah satuan yang digunakan dalam SI. Newton per meter persegi (N/m^2) ekuivalen dengan pascal. Satuan imperial diantaranya pound-gaya per inci persegi (lbf/in^2 atau psi), atau kilo-pound per inci persegi (ksi, kpsi).

Pada umumnya kekuatan tarik digunakan dalam mendesain bagian dari suatu struktur yang bersifat *ductile* dan *brittle* yang sifatnya tidak statis, artinya selalu menerima gaya dalam jumlah besar, namun benda tersebut tidak bergerak. Untuk mengetahui jenis bahan missal dalam forensik dan paleontology digunakan juga kekuatan tarik. Kekuatan tarik memiliki hubungan dengan kekerasan bahan. Metode *rockwell* adalah salah satu pengujian kekerasan bahan yang bersifat non-destruktif, yang dapat digunakan ketika uji kekuatan tarik tidak dapat dilakukan karena sifat pengujian tarik adalah destruktif.

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

$$\text{Tegangan: } \sigma = \frac{F}{A} \text{ (N/mm}^2\text{)} \dots \dots \dots (3.1)$$

Dimana: F = beban (kgf)

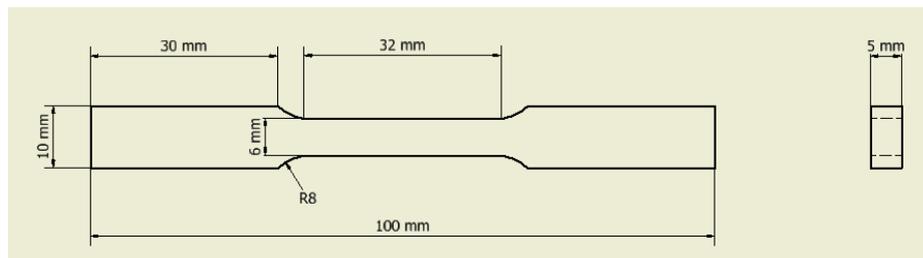
A = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

Regangan: $\epsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\%$(3.2)

Dimana: ΔL = panjang *specimen* setelah uji tarik (mm)

L_0 = panjang mula dari batang uji (mm)

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 Laboratorium Material Teknik Universitas Negeri Surakarta. Dengan kecepatan pembebanan yang digunakan adalah 10 mm/menit. Skema pengujian tarik diperlihatkan pada Gambar 3.16 Sedangkan rancangan perhitungan uji tarik dapat dilihat pada Tabel 3.5



Gambar 3.16 Skema uji tarik menurut ASTM E8

Tabel 3.5 Rancangan Perhitungan Data Uji Tarik

L ₀	A	ΔL	F yeild	F max	σ _y =Fyeild/A	σ _s =Fmax/A	ε=ΔL/L ₀
(mm)	(mm ²)	(mm)	(N)	(N)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(%)
			-		-		
			-		-		
			-		-		

Keterangan : L₀ : panjang daerah uji (mm)

ΔL : panjang spesimen setelah uji tarik (mm)

A : luas daerah uji tarik (mm²)

ε : regangan (tanpa satuan)

σ : tegangan (N/mm²)

2. Pengujian Kekerasan

Kekerasan (*Hardness*) adalah salah satu sifat mekanik (*Mechanical properties*) dari suatu material. Kekerasan suatu material harus diketahui khususnya untuk material yang dalam penggunaannya akan mengalami gesekan (*frictional force*) dan deformasi plastis. Deformasi plastis sendiri suatu keadaan dari suatu material ketika material tersebut diberikan gaya maka struktur mikro dari material tersebut sudah tidak bisa kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Metode pengujian kekerasan *vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam, yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri piramid seperti ditunjukkan pada Gambar 3.17 (a) & (b) Beban yang dikenakan yaitu antara 1 sampai 1000 gram, jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian *rockwell* dan *brinell*.

Angka kekerasan *vickers* (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dengan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) dari indenter (diagonalnya) (A) yang kemudian dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode *vickers* yaitu :

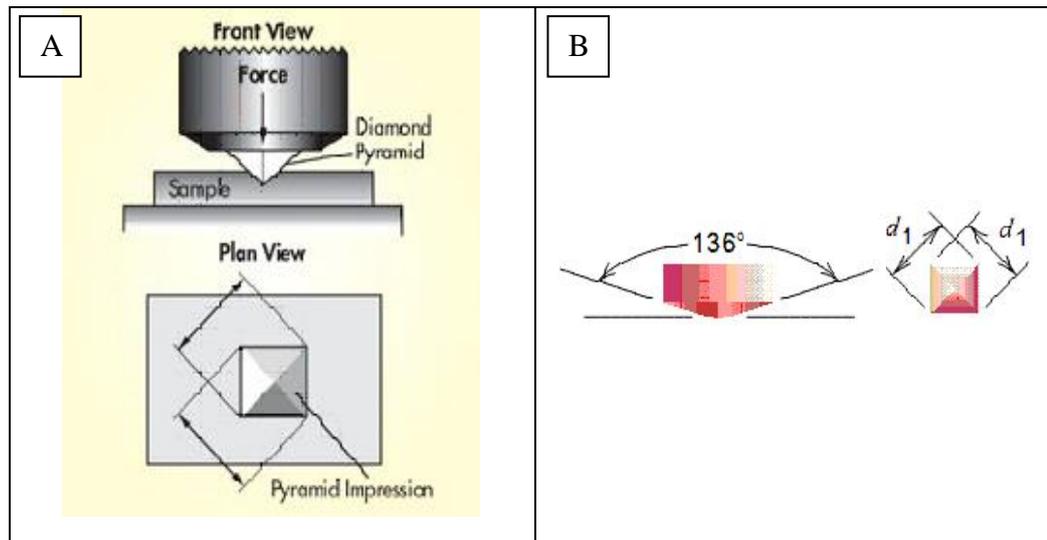
$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

HV = Angka kekerasan *vickers*

F = Beban (kgf)

d = diagonal (mm)



Gambar 3.17 (a) Pengujian *Vickers*, (b) Bentuk Indentor (William & Callister, 1985)

3. Pengujian Struktur Mikro dan Makro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan teknik, teknik mesin D3 Universitas Gadjah Mada. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh FSW terhadap struktur mikro daerah las. Struktur mikro dalam logam ditunjukkan 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 dengan bantuan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi.

Adapun beberapa tahapan yang perlu dilakukan terlebih dahulu sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah:

1. Pemotongan (*Sectioning*)
2. Pengamplasan (*Grinding*).
3. Pemolesan (*Polishing*).
4. Etsa (*Etching*), menggunakan standar ASTM E407-07
5. Pemotretan.