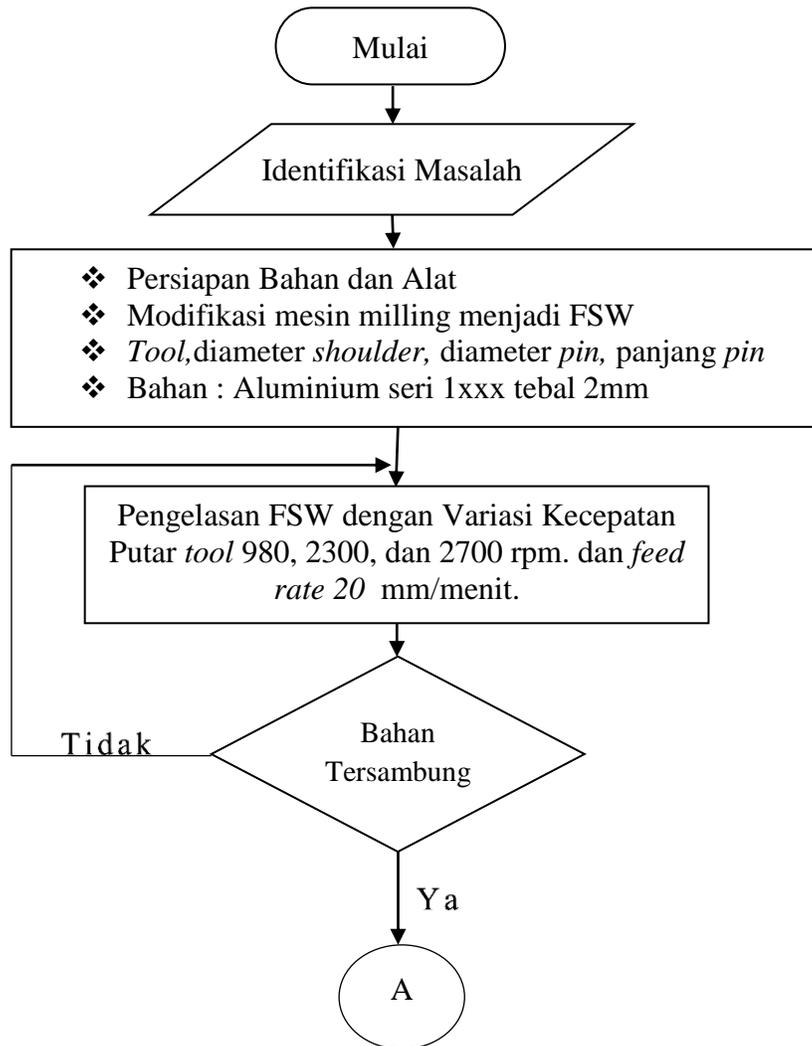


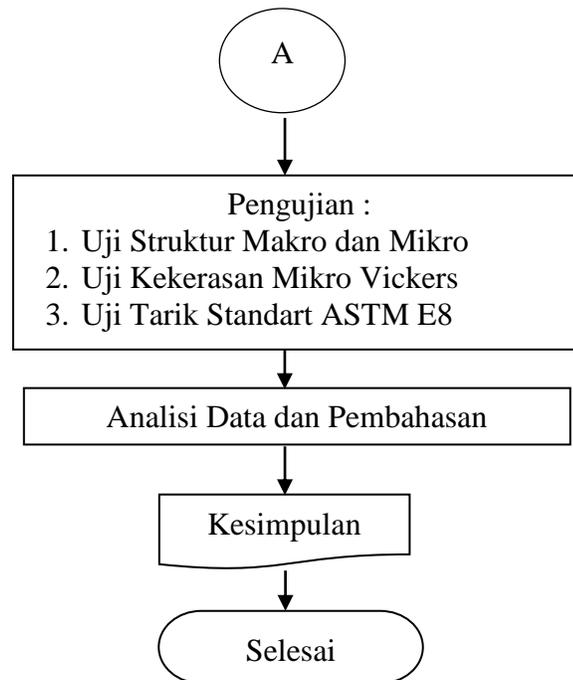
BAB III

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 Plat Aluminium

3.2. Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di beberapa tempat adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan specimen dan proses pengelasan FSW dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin D3 Universitas Gadjah Mada.
3. Pengujian tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Sebelas Maret.
4. Pengujian struktur mikro dan makro dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin D3 Universitas Gadjah Mada.

3.3. Alat dan Bahan

3.3.1. Alat yang digunakan dalam penelitian

1. Mesin Milling

Prinsip kerja dari mesin millin`g berasal dari energi listrik yang diubah menjadi energi gerak oleh motor listrik, selanjutnya energi gerak tersebut akan diteruskan melalui suatu transmisi 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 terjadi gesekan/tabrakan sehingga akan menghasilkan pengelasan pada bagian benda kerja.



Gambar 3.2. Mesin Milling Vertikal

Mesin Milling yang digunakan pada percobaan FSW adalah mesin milling jenis 3-phase induction motor (Gambar 3.2), dengan spesifikasi dibawah ini:

- 1). Berat motor 26 kg
- 2). Tegangan minimum 220 volt dan tegangan maksimum 380 volt
- 3). Arus minimum 3,64 Ampere dan arus maksimum 6,3 Ampere
- 4). Putaran minimum 980 rpm dan putaran maksimum 3600 rpm

2. Mesin Bubut

adalah salah satu proses pemesinan yang menggunakan pahat dengan satu mata potong untuk membuang material dari permukaan benda kerja yang berputar. Pahat bergerak pada arah linier sejajar dengan sumbu putar benda kerja.



Gambar 3.3 Mesin Bubut

3. Gerinda

adalah salah satu mesin perkakas yang digunakan untuk memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan.

4. Tachometer

Tachometer berfungsi untuk mengukur putaran *tool* pada mesin milling yang akan digunakan pada FSW.



Gambar 3.4 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 3.5. di Laboratorium Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.5 Infrared termometer

6. Amplas

Amplas digunakan untuk menghaluskan dan meratakan permukaan benda uji sebelum penelitian (khususnya untuk pengujian struktur mikro). Adapun nomor amplas yang digunakan yaitu 1000.

7. Gergaji

Gergaji digunakan untuk memotong plat (benda kerja) sesuai dengan ukuran yang diinginkan.

8. Alat uji tarik

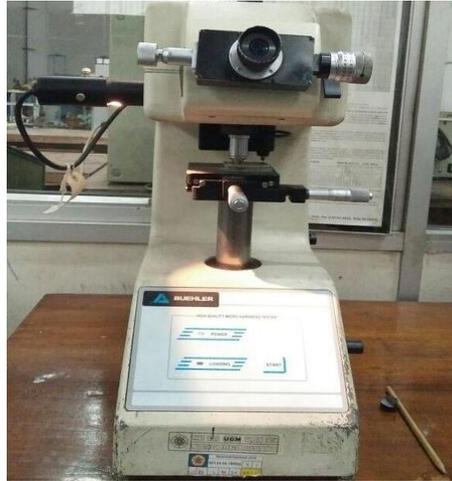
Pengujian Tarik dilakukan di Laboratorium Material Teknik Mesin Universitas Negeri Sebelas Maret. Dengan mesin UTM (*Universal Tensile Machine*) pembacaan 2 ton dengan beban 5mm/menit, Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Mesin Uji Tarik UTM

9. Alat uji kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan D- Universitas Gadjah Mada. Dengan mesin BUEHLER Higt Quality Micro Hardness Tester model MM0054 Gambar 3.7



Gambar 3.7 Mesin Uji Kekerasan Vickers

10. Alat uji struktur mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada dengan mesin OLYMPUS model PME3-111B/-312B Gambar 3.8. Fungsi alat ini untuk melihat struktur mikro pada specimen hasil pengelasan.



Gambar 3.8. Mesin Uji Struktur Mikro

3.3.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

1. Aluminium

Aluminium (Gambar 3.9) yang digunakan adalah aluminium 1xxx yang memiliki ketebalan 2 mm, panjang 170 mm, dan lebar 100 mm. Jenis paduan ini mempunyai kandungan aluminium 99%. aluminium seri ini memiliki kekuatan yang rendah tapi memiliki sifat tahan korosi, konduksi panas dan konduksi listrik yang baik. Biasanya aluminium seri ini paling banyak digunakan pada bagian dunia kelistrikan, kimia, kapal dan sebagainya, karena aluminium 1xxx ini memiliki komposisi dan kekuatan mekanik yang cocok untuk dijadikan komponen-komponen bagian kapal laut dan kedirgantaraan.



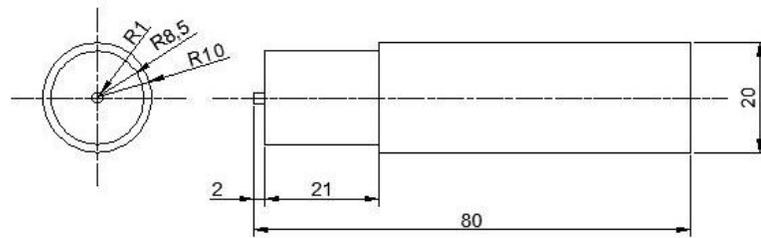
Gambar 3.9. Plat Aluminium

2. Baja

Baja yang digunakan ialah baja pejal dengan diameter 24 mm dan panjang 85 mm. Fungsinya sebagai bahan baku pembuatan *tool* pada pengelasan FSW. Pembuatan *tool* ini dilakukan di laboratorium Teknim Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.4. Proses Penelitian

3.4.1. Proses Pembuatan *Tool*



Gambar 3.10 Desain *Tool*



Gambar 3.11 Bentuk *Tool*

Tool ini dibuat dari besi pejal dan pembuatan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menggunakan mesin bubut manual yang pengerjaannya dilakukan sendiri, kecuali *Elektroplating* (penyepuhan) yang dilakukan oleh pandai besi. Proses pembuatan *tool* mulai dari pengurangan diameter *tool* dari 24 mm ke 20 mm, pembuatan shoulder diameter 17 mm dan panjang 21 mm kemudian membuat pin dengan cara memperkecil diameter 17 mm menjadi 2 mm dan panjang 2 mm, dengan panjang keseluruhan *tool* 80 mm (Gambar 3.11)

Setelah pembentukan *tool* tersebut selesai, maka *tool* tersebut di *Elektroplating* (penyepuhan) pada pandai besi. Apa bila melakukan *Elektroplating* (penyepuhan) sendiri di khawatirkan tidak mendapat kan hasil yang maksimal karena panas yang diinginkan tidak tercapai.

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 dengan tebal 2 mm.
2. Mempersiapkan mesin las dengan menggunakan mesin milling.
3. Mempersiapkan benda kerja.
4. Menghidupkan mesin, sehingga pin memutar dan menekan material lalu *shoulder* terkena benda kerja dengan *feed rate* 20 mm/menit dan menggunakan kecepatan putar *tool* 2700 rpm.
5. Tool bergerak ke samping dengan *feed rate* 20 mm/menit dan terjadi proses penyatuan material aluminium 1xxx (*joining process*).
6. Proses selesai, tool diangkat dan specimen dipindahkan dari mesin.
7. Proses 1-6 diulang dengan variasi kecepatan putar *tool* 2700 rpm, 2300 rpm, dan 980 rpm dengan *feed rate* yang sama 20 mm/menit.

3.4.3. Proses Pengujian

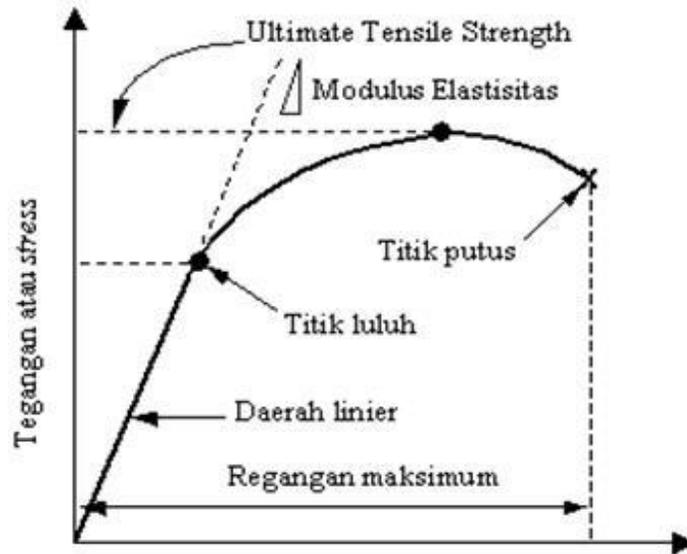
Setelah specimen, tool dan pengelasan dan mesin milling siap maka langkah selanjutnya adalah persiapan proses pengujian. Persiapan proses pengujian meliputi:

1. Pengujian Tarik

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

Kekuatan tarik umumnya dapat dicari dengan melakukan uji tarik dan mencatat perubahan regangan dan tegangan. Titik tertinggi dari kurva tegangan-regangan (Gambar 3.12) disebut dengan kekuatan tarik maksimum (*ultimate tensile strength*). Nilainya tidak bergantung pada ukuran bahan, melainkan karena faktor

jenis bahan. Faktor lainnya yang dapat mempengaruhi seperti keberadaan zat pengotor dalam bahan, temperatur dan kelembaban lingkungan pengujian, dan penyiapan spesimen.



Gambar 3.12 Kurva Tegangan Tarik (Endartyana, 2013)

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

Kekuatan tarik umumnya digunakan dalam mendesain bagian dari suatu struktur yang bersifat ductile dan brittle yang bersifat tidak statis, dalam arti selalu menerima gaya dalam jumlah besar, meski benda tersebut tidak bergerak. Kekuatan tarik juga digunakan dalam mengetahui jenis bahan yang belum diketahui, misal dalam forensik dan paleontologi. Kekerasan bahan memiliki hubungan dengan kekuatan tarik. Pengujian kekerasan bahan salah satunya adalah metode Rockwell yang bersifat non-destruktif, yang dapat digunakan ketika uji kekuatan tarik tidak dapat dilakukan karena bersifat destruktif.

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

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

Dimana: F = beban (kgf)

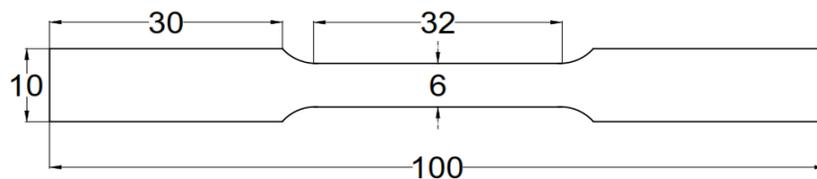
Ao = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

$$\text{Regangan: } \epsilon = \frac{L-L_o}{L_o} \times 100\% \dots\dots\dots(3.2)$$

Dimana: Lo = panjang mula dari batang uji (mm)

L = panjang batang uji yang dibebani (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. Skema pengujian tarik diperlihatkan pada Gambar 3.13. Sedangkan rancangan perhitungan uji tarik dapat dilihat pada Tabel 3.1.



Gambar 3.13 Skema uji tarik menurut ASTM E8

Tabel 3.1 Rancangan Perhitungan Data Uji Tarik

ΔL (mm)	P_i (kg)	D_i (mm)	A_i (mm ²)	$\sigma = P_i/A_o$ (kg/mm ²)	$e = \Delta L/L_0$ (mm)	$E = \sigma/e$ (kg/mm ²)	$\sigma_s = P_i/A_i$ (kg/mm ²)	$\epsilon_s = \ln(A_0/A_i)$ (%)

Keterangan :

L : panjang mula-mula (mm)

ΔL : panjang spesimen setelah uji tarik (mm)

P : gaya tarik (kg)

E : modulus elastisitas (kg/mm²)

ϵ : regangan (tanpa satuan)

σ : tegangan (N/m)

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 bentuk asal artinya material tersebut tidak dapat kembali ke bentuknya semula. Lebih ringkasnya kekerasan didefinisikan sebagai kemampuan suatu material untuk menahan beban indentasi atau penetrasi (penekanan).

Pengujian kekerasan dengan metode Vickers bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam yaitu daya tahan material terhadap indenter intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada Gambar 3.14. Beban yang dikenakan juga jauh lebih kecil dibanding dengan pengujian rockwell dan brinell yaitu antara 1 sampai 1000 gram.

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 dikalikan dengan $\sin (136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers yaitu :

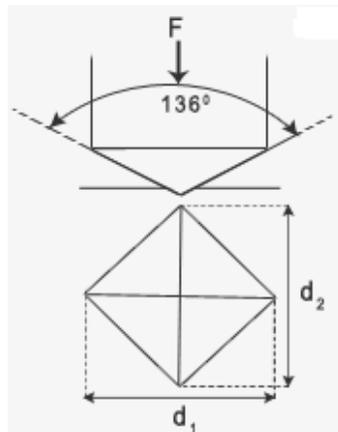
$$HV = 1,854 \frac{F}{d^2} \dots\dots\dots(3.3)$$

Dimana :

HV = Angka kekerasan Vickers

F = Beban (kgf)

d = diagonal (mm)



Gambar 3.14. Pengujian Vickers (easycalculation.com)

3. Pengujian Setruktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh FSW terhadap

struktur mikro daerah las. Struktur mikro dalam logam di tunjukkan 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*)

Pemotongan spesimen dilakukan dengan gergaji tangan secara hati-hati supaya tidak terjadi perubahan struktur akibat panas yang timbul saat pemotongan dan tidak terjadi perubahan bentuk spesimen akibat beban alat potong.

2. Pengamplasan (*Grinding*)

Melakukan pengamplasan kering, gunakan air untuk mendinginkan benda uji sampai didapat alur goresan segaris dan alur hasil gergaji sebelumnya hilang. Kemudian melakukan pengamplasan basah mulai dari no. 120 sampai 1200 dengan dilakukan berurutan dari kasar ke halus.

3. Pemolesan (*Polishing*)

Melakukan polishing untuk benda uji sampai didapatkan permukaan benda uji yang rata mengkilap, tidak ada bekas amplas. Polishing dilakukan tanpa air mengalir pada media poles yang digunakan Alumina/ Autosol secukupnya, setelah permukaan benda uji halus dan mengkilap tanpa goresan, bersihkan permukaan benda uji dengan alkohol atau air. Mengeringkan permukaan benda uji dengan pengering, jangan disentuh dengan tangan karena lemak dari tangan dapat menempel/ mengotori permukaan benda uji

4. Etsa (*Etching*)

Pembuatan bahan etsa yang dipakai yaitu Nital, Membersihkan spesimen dengan tissue setelah spesimen dipoles celupkan spesimen ke dalam larutan Nital dengan konsentrasi tertentu selama 5 -10 detik. Mencuci specimen dengan air bersih kemudian membersihkan spesimen dengan mengusap spesimen dengan kapas yang telah dibasahi dengan alcohol dan kemudian dikeringkan.

5. Pemotretan.

Menyiapkan terlebih dahulu mikroskop untuk pengujian lalu letakkan benda uji dibawah lensa obyektif dari mikroskop, hidupkan lampu mirkroskop dan arahkan pandangan mikroskop pada bagian benda uji yang akan diamati dengan cara memutar posisi maju-mundur dan kanan kiri. Lakukan pengamatan dan pemotretan.