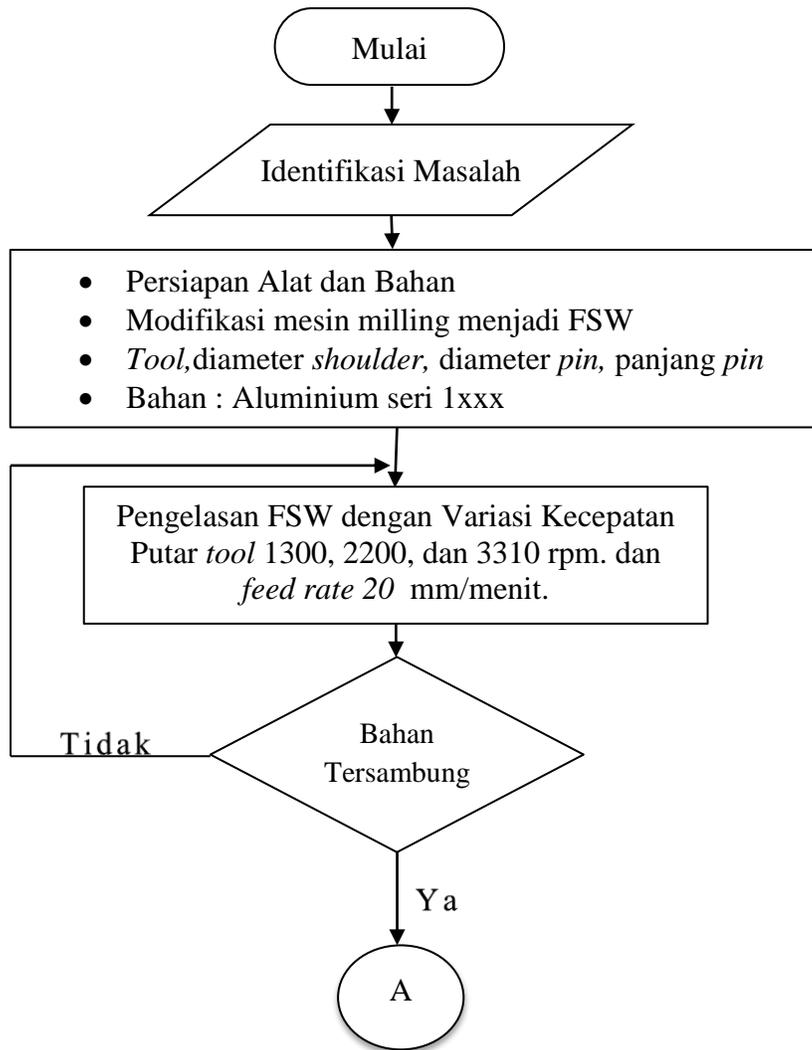


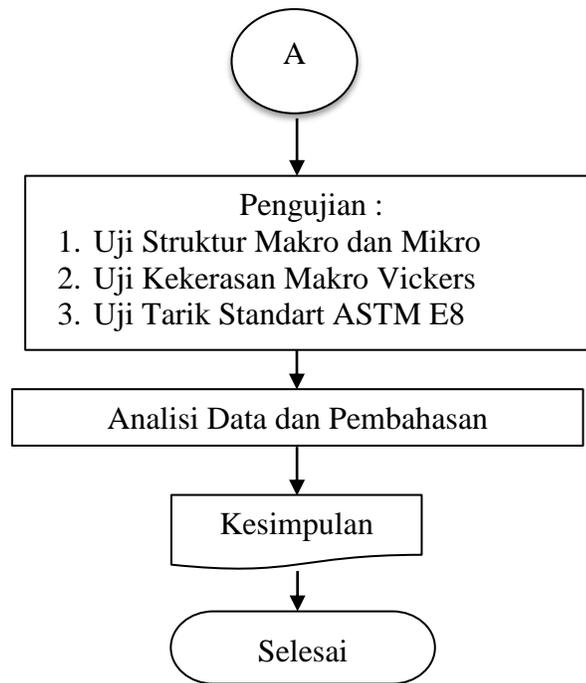
BAB III

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 1xxx

3.2. Alat dan Bahan

3.2.1. Alat yang digunakan dalam penelitian

1. Mesin Milling

Prinsip kerja dari mesin milling 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 panas yang dapat digunakan untuk pengelasan pada bagian benda kerja.



Gambar 3.2. Mesin Milling Vertikal

Mesin milling yang digunakan pada percobaan FSW adalah mesin milling merk CHEVALIER 3-PHASE (Gambar 3.2) yang ada di Laboratorium Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

2. Mesin Bubut

Mesin bubut dalam penelitian ini digunakan untuk pembuatan *tool*, adapun mesin bubut yang digunakan adalah mesin MICROWELLY TY-1630S Gambar 3.3. yang ada di Laboratorium Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.3. Mesin Bubut

3. Termometer

Fungsi dari termometer yaitu untuk mengukur suhu yang terjadi pada saat proses pengelasan. Adapun jenis *thermometer* yang digunakan yaitu merk FLUKE 572-2 Gambar 3.4. di Laboratorium Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.



Gambar 3.4. Termometer

4. Tachometer

Tachometer yang digunakan pada penelitian ini yaitu merk TECLOCK TYPE-H Gambar 3.5. di Laboratorium Proses Produksi Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Dimana berfungsi untuk mengukur putaran *tool* pada mesin milling pada saat proses FSW berjalan.



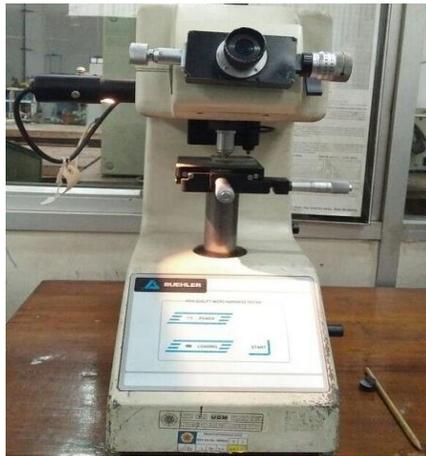
Gambar 3.5. Tachometer

5. Amplas

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

6. Alat Uji Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada, dengan mesin BUEHLER *Higt Quality Micro Hardness Tester* model MM 0054 Gambar 3.6.



Gambar 3.6. Mesin Uji Kekerasan Vickers

7. Alat uji struktur mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Universitas Gadjah Mada dengan mesin OLYMPUS model PME3-111B/-312B Gambar 3.7. Fungsi alat ini untuk melihat struktur mikro pada specimen hasil pengelasan.



Gambar 3.7. Mesin Uji Struktur Mikro

3.2.2. Bahan yang digunakan dalam penelitian

1. Aluminium

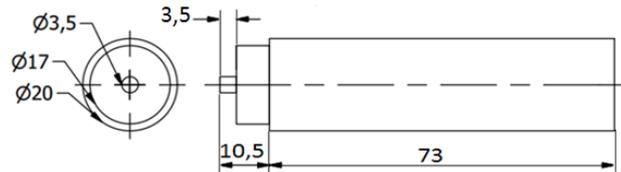
Aluminium yang digunakan adalah aluminium Seri 1xxx yang memiliki ketebalan 3.5 mm, lebar 100 mm, dan panjangnya 170 mm. Aluminium seri 1xxx adalah jenis alluminium yang memiliki kandungan Al paling tinggi dibandingkan dengan seri yang lainnya, dimana kandungan Alnya minimal sebesar 99%, selain itu alluminium seri 1xxx ini juga termasuk jenis alluminium yang tidak mampu diperlakukan panas, banyak digunakan pada bagian-bagian kelistrikan, kimia, kapal dan lain-lain, karena aluminium 1xxx ini memiliki komposisi dan kekuatan mekanik yang cocok untuk dijadikan komponen-komponen bagian kapal laut dan kelistrikan.

2. Baja

Baja yang digunakan adalah baja pejal dengan diameter 25 mm dan panjang 400 mm. Fungsinya sebagai bahan baku pembuatan *tool* pada pengelasan FSW. Pembuatan *tool* ini dilakukan di laboratorium Teknim Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

3.3. Proses Penelitian

3.3.1. Proses Pembuatan *Tool*



Gambar 3.8. Desain *Tool* Modifikasi dari (Khaled, T., 1995).



Gambar 3.9. *Tool* yang Digunakan

Tool ini dibuat dari baja pejal dan pembuatan dilakukan di Laboratorium Proses Produksi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta menggunakan mesin bubut manual yang pengerjaannya dilakukan sendiri, kecuali *carburizing* (penyepuhan) yang dilakukan oleh pandai besi. Proses pembuatan *tool* mulai dari pengurangan diameter baja dari 25 mm ke 20 mm, pembuatan pin dengan cara memperkecil diameter baja dari 20 mm menjadi 3.5 mm dan panjang 3.5 mm, kemudian membuat shoulder diameter 17 mm dan panjang 7 mm, dengan panjang keseluruhan *tool* 83.5 mm Gambar 3.8.

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

3.3.2. 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 3.5 mm.
2. Mempersiapkan mesin las beserta penyesuaian parameter yang digunakan untuk proses pengelasan.
3. Mempersiapkan benda kerja pada mesin las.
4. Menghidupkan mesin, sehingga pin berputar dan menekan material hingga *shoulder* menyentuh benda kerja, *feed rate* 20 mm/menit dan kecepatan putar *tool* 3300 rpm.
5. *Tool* bergerak ke samping 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 *kecepatan putar tool* 1300, 2200 rpm dengan *feed rate* yang sama.

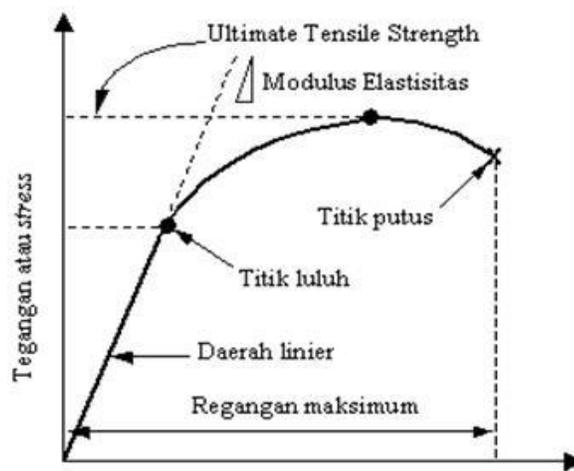
3.3.3. Proses Pengujian

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 3.10. 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 persiapan spesimen.



Gambar 3.10. Kurva Tegangan Tarik (www.infometrik.com)

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 specimen uji tersebut patah, kemudian sifat-sifat tariknya dapat dihitung dengan persamaan:

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots (3.1.)$$

Dimana σ = Tegangan (kgf/mm²)

F = beban (kgf)

A₀ = luas mula dari penampang batang uji (mm²)

Besarnya regangan dihitung dengan rumus :

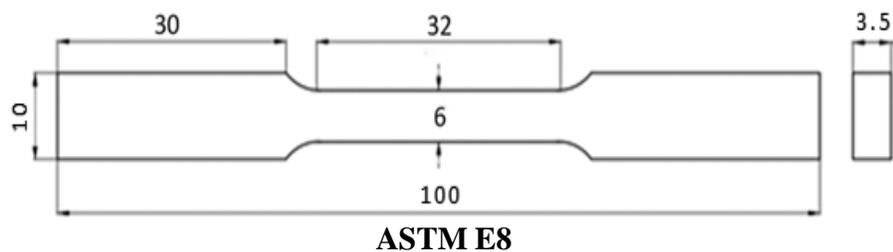
$$\varepsilon = \frac{L-L_0}{L_0} \times 100\% \dots\dots\dots (3.2.)$$

Dimana ε = Regangan

L₀ = 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 Teknik Mesin Universitas Sebelas Maret. Skema spesimen tarik diperlihatkan pada Gambar 3.11.



Gambar 3.11. Skema Uji Tarik Menurut ASTM E8

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 indentor intan yang cukup kecil dan mempunyai bentuk geometri berbentuk piramid seperti ditunjukkan pada Gambar 3.12. 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 indentor (diagonalnya) (A) yang dikalikan dengan $\sin(136^\circ/2)$. Rumus untuk menentukan besarnya nilai kekerasan dengan metode vickers yaitu :

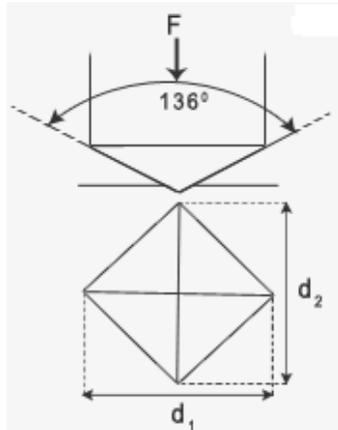
$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \dots\dots\dots (3.3.)$$

Dimana :

HVN = Angka kekerasan Vickers (kgf/mm^2)

F = Beban (kgf)

d = diagonal (mm)



Gambar 3.12. Pengujian Vickers (easycalculation.com)

3. Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan di Laboratorium Bahan D-3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh FSW terhadap struktur mikro daerah las. Sifat-sifat fisis dan mekanik dari material tergantung dari struktur mikro material yang diuji. 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. Pengujian Struktur mikro atau mikrografi dilakukan dengan bantuan mikroskop dengan koefisien pembesaran dan metode kerja yang bervariasi.

Adapun beberapa tahap yang perlu dilakukan sebelum melakukan pengujian struktur mikro adalah:

- a. Pemotongan : Plat di potong menggunakan mesin milling.
- b. Pengamplasan : Amplas yang digunakan nomor amplas 5000.
- c. Pemolesan : dilakukan pemolesan dengan autosol dan kain halus.
- d. Etsa : 5 – 10 % Sodium Hidroksida (NaOH), 75% volume Asam Nitrat (HNO₃), 25% Volume HF. Waktu pencelupan 10 detik.
- e. Pemotretan : pengambilan foto dengan mikroskop optic.