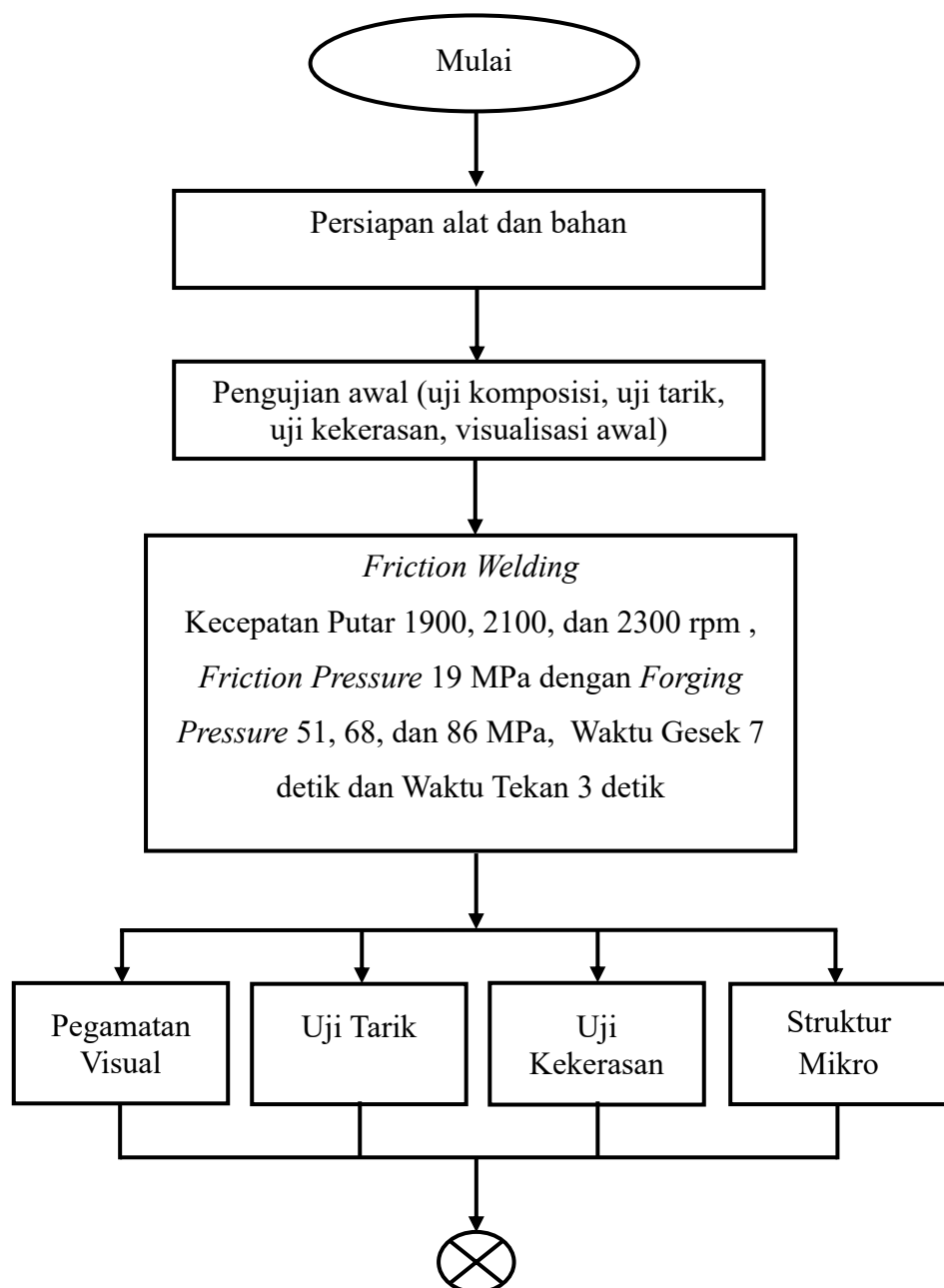


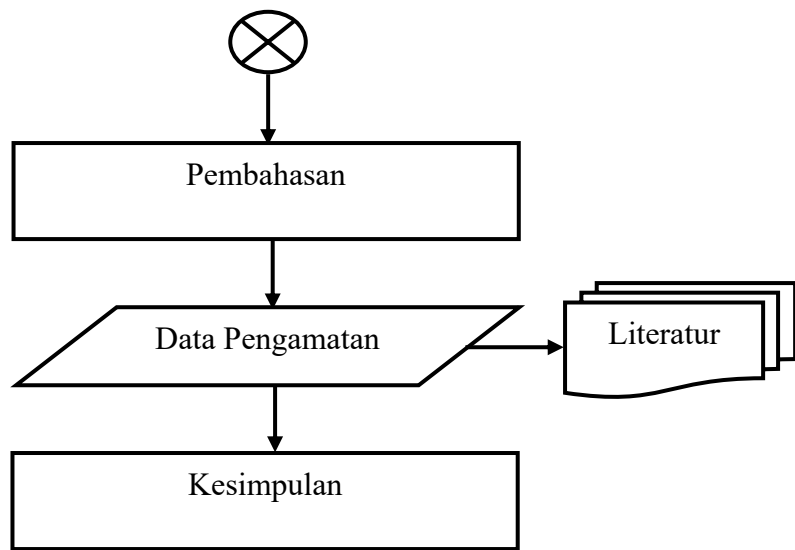
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram alir

Berikut ini adalah diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada gambar 3.1 dibawah ini





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Alat dan bahan

3.2.1 Alat-alat

Berikut adalah alat-alat yang digunakan dalam proses penelitian berlangsung yaitu

- 1) Mesin Bubut *Celtic*
- 2) *Drill Chuck*
- 3) *Load cell*
- 4) Gerinda tangan
- 5) Gerinda duduk
- 6) Ragum
- 7) *Thermometer gun*
- 8) Jangka Sorong
- 9) Mesin Uji Tarik
- 10) Mesin Uji Kekerasan
- 11) Mesin uji *bending*

- 12) Tachometer Digital
- 13) Alat uji *Optical microscop*
- 14) Cetakan resin

3.2.2 Bahan-bahan

- 1) Aluminium
- 2) Tembaga
- 3) Ampelas
- 4) Resin
- 5) Katalis
- 6) Kain *polish*
- 7) Larutan etsa
- 8) *Cutton bud*

3.3 Prosedur percobaan

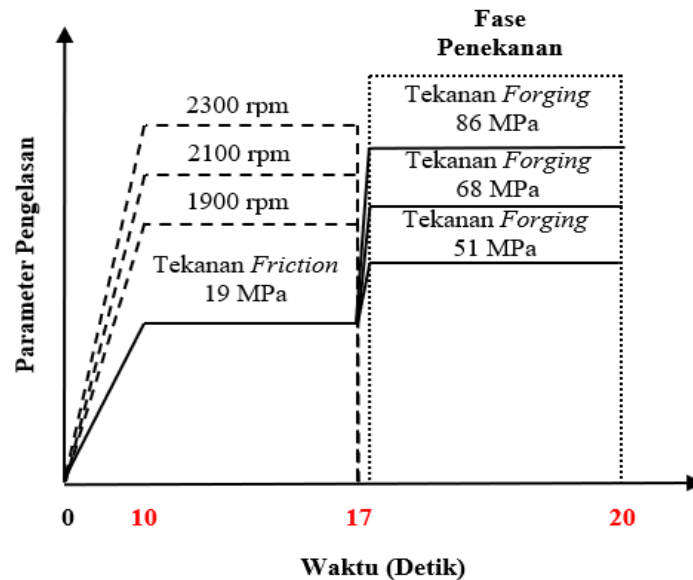
3.3.1 Preparasi sampel

- 1) Dilakukan pemotongan tembaga dan aluminium masing-masing dengan diameter 1,2 cm dan panjang sebesar 7 cm
- 2) Dilakukan perataan di permukaan kontak pada sampel
- 3) Sampel dilakukan pengujian awal yaitu pengujian komposisi, pengujian kekerasan, dan pengujian tarik

3.3.2 Proses *friction welding*

- 1) Sampel dilakukan proses *friction welding* dengan kecepatan putaran 1900, 2100, dan 2300 rpm dengan *friction pressure* 19

MPa selama 7 detik selanjutnya mesin diberhentikan lalu diberikan *forging pressure* 51, 68, dan 86 MPa selama 3 detik.



Gambar 3.2 Parameter Penelitian

3.4 Pengujian material

Adapun pengujian material yang dilakukan pada pengujian kali ini adalah melakukan proses karakterisasi mekanik menggunakan spectro analyse PMI-master pro, dan karakterisasi yang dilakukan pada penelitian kali ini, seperti uji tarik, uji kekerasan, dan uji struktur mikro

3.4.1 Pengamatan hasil visual

Hasil setelah proses *friction welding*, dilakukan pengamatan visual tujuan dari pengamatan visual ini ialah untuk melihat langsung terbentuknya *burn off length* dan *flash* dengan parameter *friction welding* yang telah ditentukan. Selain itu, diharapkan terjadi penempelan sempurna antara aluminium dan tembaga, sehingga terciptanya sambungan yang kuat dan

merata di seluruh area kontak. *Burn off length* merupakan hasil dari panjang spesimen yang berkurang pada saat proses *friction welding* berlangsung sedangkan *flash* adalah lelehan atau deformasi plastis yang terbentuk pada saat proses *friction welding*. Persamaan yang digunakan untuk mengetahui hasil *burn off length* dapat dilihat sebagai berikut.

$$L_0 - L_1 = \Delta L \dots \dots \dots (3.1)$$

Ket :

L_0 : Panjang awal

L_1 : Panjang akhir

ΔL : *Burn off length*

Sedangkan dikarenakan deformasi *flash* pada material aluminium 6063 yang tidak terartur maka pada penelitian ini untuk mendapatkan hasil perhitungan *flash* menggunakan vormula volume tabung yang dimana persamaan yang digunakan sebagai berikut.

$$V = \pi r^2 \times \Delta L \dots \dots \dots (3.2)$$

Ket:

V : Volume tabung

π : Nilai 3,14

r : Jari jari lingkaran

ΔL : *Burn off length*

Hasil perhitungan *burn off length* dan *flash* dapat dilihat pada lampiran perhitungan A no 1 dan no 2.

3.4.2 Pengujian tarik

Pengujian Tarik adalah metode pengujian mekanik yang digunakan untuk menentukan kekuatan tarik atau kekuatan luluh suatu material. Standar ASTM D638-14 merupakan standar yang ditetapkan oleh *American Society for Testing and Materials* (ASTM) untuk pengujian tarik material logam dengan menggunakan mesin uji tarik. Untuk mendapatkan data pengujian tarik yang diinginkan pada penelitian ini ditunjukan menggunakan persamaan 2.1. Setelah mendapatkan data dari kekuatan tarik maka diperlukan data untuk mencari efisiensi (%) dari hasil pengujian tarik, menentukan efisiensi sambungan yang merupakan rasio kekuatan sambungan las terhadap kekuatan logam dasar yang digunakan, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$e (\%): \left(\frac{\sigma_1}{\sigma_0} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.3)$$

Ket :

σ_1 : Data hasil uji tarik

σ_0 : Data base metal uji tarik

Adapun langkah langkah dalam melakukan pengujian tarik adalah sebagai berikut :

- 1) Persiapan alat dan bahan meliputi mesin uji tarik dan sampel uji Tarik.
- 2) Pengukuran diameter sampel.
- 3) Sampel diletakkan pada pencekam.
- 4) Operasikan mesin uji tarik yang dilakukan oleh operator

- 5) Catat beban yang diterima sampel yang mengalami pengecilan diameter (*necking*)
- 6) Keluarkan sampel uji tarik dari mesin uji tarik.

3.4.3 Pengujian kekerasan

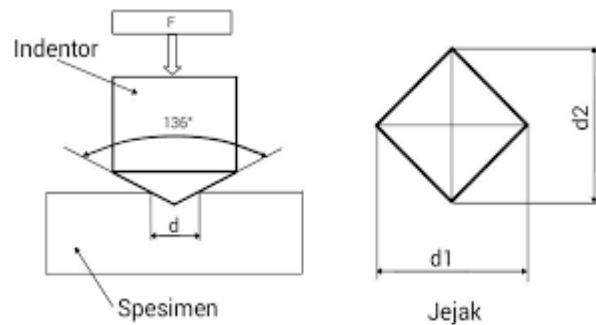
Pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu bahan uji yang telah dilakukan pengelasan. Pengujian kekerasan ini menggunakan metode kekerasan mikro *Vickers*, yang mana metode pengujian kekerasan mikro *Vickers* ini mempergunakan indenter berbentuk piramida intan. Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* ini dilakukan sebanyak 9 titik setiap bahan uji. 9 titik uji ini adalah 2 titik pada *base metal*, 4 titik pada daerah dekat sambungan dan 1 titik pada daerah las. Nilai yang didapat pada pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* mempunyai satuan yaitu HVN (*Hardness Vickers Number*). Standar yang digunakan pada pengujian kekerasan *micro Vickers* yaitu ASTM E92-17. Lalu untuk hasil kekerasan didapat dengan menggunakan persamaan 2.4, Setelah mendapatkan data dari kekuatan tarik maka diperlukan data untuk mencari efisiensi (%) dari hasil pengujian tarik, menentukan efisiensi sambungan yang merupakan rasio kekuatan sambungan las terhadap kekuatan logam dasar yang digunakan, dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$e (\%): \left(\frac{HVN_1}{HVN_0} \right) \times 100\% \dots \dots \dots (3.4)$$

Ket :

HVN₁ : Data hasil uji kekerasan

HVN₀ : Data base metal uji kekerasan



Gambar 3.3 Skema Sampel Uji Kekerasan

Adapun langkah-langkah pada pengujian kekerasan adalah sebagai berikut

- 1) Persiapan alat dan bahan yang meliputi alat uji keras, dan sampel uji kekerasan.
- 2) Letakan sampel di *bed*.
- 3) Sampel di tekan indenter berbentuk piramida intan terbalik yang memiliki sudut puncak 136°. Indenter tersebut di tekan kan terhadap bahan uji yang diberikan beban sebesar 2 kgf
- 4) Keluarkan sampel uji kekerasan.
- 5) Ukur kedalaman yang terbentuk pada sampel.

3.4.4 Analisa struktur mikro

Setelah dilakukan percobaan *friction welding* untuk mengetahui sturktur mikro maka dilakukan analisa sturktur mikro dengan menggunakan *optical microscope* dan menggunakan standar uji ASTM E407 dengan tahapan sebagai berikut

- 1) Menyiapkan sampel
- 2) Mengamplas sampel hingga tidak terlihat goresan
- 3) Melakukan *polish* pada sampel hingga mengkilap

- 4) Melakukan etsa terhadap sampel dengan menggunakan larutan
 1. 3 ml HF
 2. 100 ml aquades,
 3. 1 gr FeCl_3 dan 50 ml HCl
- 5) Menyiapkan alat uji foto mikro
- 6) Merekam data yang tampil pada alat foto mikro

Adapun data hasil pengujian struktur mikro yang diinginkan merupakan data perubahan struktur mikro, dan foto struktur mikro perbesaran 100x yang selanjutnya dilakukan analisa pada hasil foto struktur mikro.

3.5 Karakterisasi awal material

Pada penelitian ini sebelum melakukan percobaan dilakukan terlebih dahulu karakterisasi material, material yang digunakan pada penelitian ini ialah aluminium 6063 dan tembaga murni. Berikut tabel komposisi dari aluminium 6063 dan tembaga murni dapat dilihat pada Tabel 3.1 dan 3.2.

Tabel 3.1 Komposisi Awal Material Aluminium 6063(wt%)

Material	Al	Si	Mg	Fe	Zn	Bi	Sn	Ti
Aluminium 6063	98,5	0,53	0,52	0,18	0,03	0,03	0,02	0,01

Tabel 3.2 Komposisi Awal Material Tembaga Murni (wt%)

Material	Cu	Pb	Zn	As	Sn	Ni	Fe	Bi
Tembaga	99,7	0,2	0,04	0,03	0,02	0,01	0,009	0,009

Sebelum proses *friction welding* berlangsung konversi gaya diperlukan dikarenakan gaya yang diterima oleh sampel tidak bisa terbaca langsung pada alat *friction welding*. Alat ukur yang tersedia pada peralatan *friction welding* adalah *pressure gauge* yang mengukur tekanan hidrolik silinder aktuator (bar) yang mendorong sampel yang tidak berputar ke sampel yang berputar. Nilai gaya dorong sampel aluminium ke sampel tembaga dapat diketahui dengan melakukan proses kalibrasi dengan pengukuran gaya menggunakan *load cell*. Hasil kalibrasi tekanan hidrolik silinder aktuator (bar) ke gaya dorong antara dua sampel (N) dan kemudian dikonversi kesatuan tekanan tekan (MPa) dengan menggunakan rumus interpolasi pada tekanan 80 bar dan 100 bar didapatkan gaya tekan pada sampel, untuk perhitungan interpolasi dapat dilihat pada lampiran A no 4. Berikut tabel konversi gaya yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data konversi Gaya Yang Digunakan Pada Alat *Friction Welding*

Tekanan Silinder Hidrolik (Bar)	Gaya Tekan Pada Sampel (N)	Tekanan Pada Sampel (Mpa)
30	2116	19
60	5749	51
80	7730	68
100	9710	86

Berikut untuk karakterisasi awal pengujian tarik pada material Al 6063 dan tembaga murni yang dapat dilihat pada Tabel 3.4.

Tabel 3.4 Kekuatan Tarik Dasar Material

Material	Maks <i>Stress</i> (Mpa)
Aluminium 6063	227
Cu	279