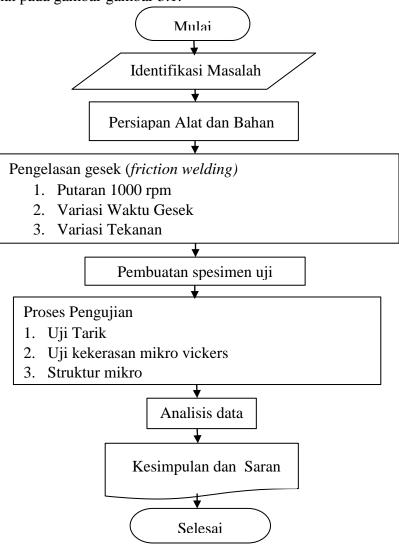
#### **BAB III**

# **METODE PENELITIAN**

# 3.1. Diagram Alir Penelitian

Sebelum melakukan proses penelitian tentang pengelasan gesek dibuatlah diagram alir untuk menggambarkan proses-proses operasionalnya sehingga mudah dipahami dan dilihat berdasarkan urutan langkah dari proses penelitian. Diagram alir dapat dilihat pada gambar gambar 3.1.



Gambar 3.1. Diagram Alir Pengujian

#### 3.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian adalah pada parameter proses pengelasan gesek terutama pemberian gaya pada saat pengelasan gesek dan penempaan setelah gesekan pada material aluminium 2024 T4 dan stainless steel 420. Perlu adanya penelitian untuk memperoleh parameter-parameter tersebut dalam pengelasan gesek sehingga dapat dijadikan sebagai acuan pada pengelasan selanjutnya.

#### 3.3. Perencanaan Percobaan

#### 3.3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian. Untuk pembuatan spesimen dan pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Permesinan, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Waktu penelitian 1 Febuari 2016 – Mei 2016.

Tempat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- a. Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin UMY.
- b. Laboratorium Material Teknik Teknik Mesin UMY
- c. Laboratorium Testing Material D-3 Teknik Mesin UGM

Pada rencana peneliatian terdapat beberapa variabel yaitu:

1. Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian.

Vaiabel bebas pada penelitian ini adalah:

- Tekanan tempa 40 MPa dan 60 MPa.
- 2. Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas.

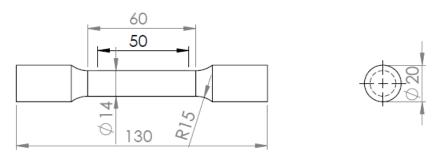
Variabel terikat ini adalah:

- Kekuatan tarik
- Strutur mikro
- Kekerasan

3. Variabel kontrol yang besarnya dikendalikan selama penelitian.

Variabel kontrol pada penelitian ini adalah:

- Putaran spindel 1000 Rpm
- Bahan yang digunakan adalah aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420.
- Diameter bahan yang digunakan untuk las gesek adalah 14 mm
- Bentuk spesimen uji tarik sesuai standar JIZ ( Japan Industrial Standards) Z 2201 .



Gambar 3.2. Spesimen Uji Tarik Standar JIS Z 2201

Sumber: Japanese Industrial Standards Association, 1980, Standard Book of JIS: JIS Z 2201. Japanese Industrial Standard Association. Tokyo.

Dari beberapa variabel dapat dibuat tabel sebagai acuan pelaksanaan penelitian pengelasan gesek variasi pengaruh waktu gesek 5 sampai 10 detik terhadap kekuatan tarik bahan aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420. Tabel penelitian ditunjukan pada tabel 3.1.

**Tabel 3.1.** Tabel rancangan penelitian awal pada bahan aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420.

No	Urutan Las Gesek	Tekanan Gesek (Mpa)	Waktu Gesek (Detik)	Tekanan Up set (Mpa)	Waktu Tempa (Detik)	Hasil Kekuatan Tarik
1	1	30	5	40	50	
2	4	30	7.5	40	50	
3	6	30	10	40	50	
4	5	30	12.5	40	50	
5	8	30	15	40	50	
6	7	30	5	60	50	
7	10	30	7.5	60	50	
8	3	30	10	60	50	
9	2	30	12.5	60	50	
10	9	30	15	60	50	

# 3.3.2. Pengadaan Alat dan Bahan

# 1. Alat penelitian

# a. Alat utama



Gambar 3.3. Mesin las gesek

Alat pada gambar 3.3 sebagai las gesek silinder pejal aluminium 2024 T4 dan stainless steel 420. Kolet digunakan untuk memasukan stainless di dalamnya. Di beri penahan stainless di dalam kolet tersebut supaya tidak ikut berbutar.

# 2. Mesin Bubut



Gambar 3.4. Mesin Bubut

Mesin bubut digunakan untuk membuat atau mempersiapkan benda kerja sebelum dan sesudah proses penyambungan.

# 3. Mesin Uji Tarik

Universal Testing Machine (UTM), adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian tarik sambungan las gesek.



Gambar 3.5. Alat Uji Tarik.

# 4. Alat Uji Kekerasan Viekers

Alat Uji Kekerasan *Vickers*, adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian kekerasan sambungan las gesek material aluminium 2024 T4 dengan stainless steel AISI 420.



Gambar 3.6. Alat Uji kekerasan Vickers.

Sumber: (<a href="http://mesin.ub.ac.id/sarjana/?p=182">http://mesin.ub.ac.id/sarjana/?p=182</a>). 8 Maret 2016

# 5. Alat Uji Foto Mikro

Alat ini digunakan untuk melakukan pengujian struktur mikro sambungan las gesek material *aluminium* 2024 t4 dengan *stainless steel* 420.



Gambar 3.7. Alat Uji Foto Micro.

(http://www.plastic-plating.com/id/page/lab.html).

#### 2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah:

a. Aluminium Seri 2024 T4 silindar pejal.

Alloy	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti
2024	0.5	0.5	3.8 - 4.9	0.40 - 0.9	1.2 - 1.8	0.1	0.25	0.15

Tabel 3.2. paduan aluminium

Sumber: PT. Cahaya Dewantara Sejati

b. Stainless Steel AISI 420 silinder pejal.

С	Si	Mn	Р	S	Cr	Ni	
0.36	0.46	0.47	0.019	0.008	12.87	0.10	

**Tabel 3.3.** paduan stainless steel

Sumber: PT. Cahaya Dewantara Sejati

#### 3.4. Persiapan Penelitian

Persiapan sebelum melakukan penelitian atau percobaan alat harus dalam kondisi baik agar hasil dan data yang diperoleh lebih akurat dan teliti, adapun langkah-langkah pemeriksaan meliputi :

#### **3.4.1.** Alat ukur

Alat ukur seperti *pressure gauge, stop watch*, jangka sorong, dan mistar sebelum digunakan harus diperiksa dan dipastikan dalam kondisi normal dan standar, atau disebut dengan kalibrasi alat.

#### 3.4.2. Kalibrasi Mesin Friction Welding

Kalibrasi Mesin *Friction Welding* bertujun untuk mendapatkan hasil pengujian yang sesuai parameter yang diinginkan. Sehingga variasi yang diberikan untuk pengujian dapat ditentukan. Variasi dalam pengujian yang diberikan adalah variasi tekanan. Kalibrasi Mesin *Friction Welding* dilakukan dengan cara penekanan pegas untuk mengukur seberapa besar tekanan yang dapat diberikan dengan

penyetelan katup *pressure gauge*. Penyetelan ini dimaksudkan untuk mengetahui seberapa besar tekanan setiap dilakukan pembukaan katup secara bervariasi.

# 3.5. Pelaksanaan Penelitian

# 3.5.1. Parameter yang Digunakan dalam Perhitungan

Pada pengujian ini dilakukan beberapa parameter untuk perhitungan konstanta, tekanan dan tegangan tarik maksimal diantaranya adalah sebagai berikut:

# 1. Menghitung konstanta pegas (k)

Konstanta pegas dapat diperoleh dengan persamaan 3.1, 3.2, dan 3.3 berikut :

$$k = \frac{\mathbf{F}}{\Delta \mathbf{x}}.$$
 (3.1.)

#### keterangan:

k : konstanta pegas (N/mm)

F : gaya(N)

 $\Delta x$ : perbedaan panjang (mm)

#### 2. Menghitung tekanan (P)

Tekanan dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$\mathbf{P} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{A}}.$$
 (3.2)

keterangan:

P: tekanan (MPa)

F : gaya(N)

A : luas penampang (mm<sup>2</sup>)

# 3. Menghitung tegangan tarik maksimal

Tegangan tarik maksimal dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_{\mathbf{u}} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{A}\mathbf{o}}.$$
 (3.3)

# keterangan:

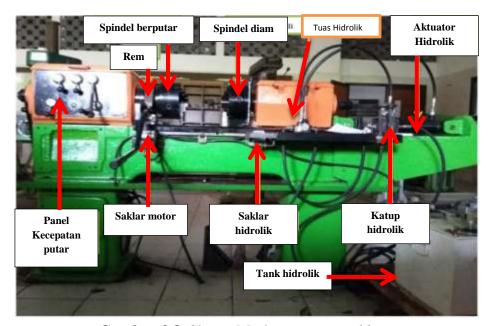
 $\sigma_{\rm u}$  : tegangan tarik maksimal (MPa)

F : gaya(N)

A<sub>0</sub>: luas penampang sebelum dibebani (mm<sup>2</sup>)

# 3.5.2. Mesin Friction Welding

Mesin *friction welding* ini adalah alat utama untuk penelitian. Alat ini untuk proses pengelasan atau proses penyambungan dua logam. Seperti pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. Skema Mesin Friction Welding.

# 3.5.3. Pembuatan Bentuk Spesimen

- a. Persiapkan alat dan raw material pengelasan gesek.
- b. Potong menggunakan gergaji aluminium (panjang 80 mm) dan stainless steel (panjang 70 mm).
- c. Atur kecepatan mesin bubut.
- d. Bubutlah spesimen uji tersebut dengan Standar JIS 2241.
- e. Setelah spesimen uji telah dibuat, selanjutnya memulai pelaksanaan pengelasan gesek.

# 3.5.4. Proses pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

 a. Pemotongan bahan aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420 lalu dibuat standar dari JIS Z 2201





**Gambar 3.9.** Hasil pemotongan bahan aluminium dan stainless yang sudah dibuat standar JIS Z 2201

b. Meratakan ujung bahan aluminium dengan mesin bubut bertujuan agar saat terjadinya las gesek kedua permukaan rata, sehingga dapat mengurangi getaran antara kedua bahan yang tidak rata.





Gambar 3.10. Meratakan ujung bahan aluminium dan stainless steel.

c. Memasang bahan di chuke mesin dan di toolspot dengan posisi *center* agar tidak terlalu banyak goncangan.



Gambar 3.11. Pemasangan bahan diposisikan center.

- d. Menyetel putaran yang ada di *headstock* mesin bubut tepatnya di *spindle* speed slector dengan mengatur handle di posisi putaran 1000 rpm.
- e. Menyalakan mesin bubut.
- f. Melakukan tekanan secara perlahan-lahan yaitu mecapai beban 30 N sehingga terjadi gesekan antara kedua bahan sampai timbul panas akibat gesekan.
- g. Atur posisi tekanan upset sebesar 40 N dan 60 N.
- h. Setel waktu penggesekan yaitu 5 detik sampai 15 detik, dengan kelipatan 2,5 detik.
- i. Menghentikan mesin setelah penggesekan selesai dan waktu gesek sudah di tentukan lakukan pengaturan waktu tempa sebesar 50 detik.

#### 3.6. Pengujian Tarik

Uji tarik adalah salah satu uji *stress-strain* mekanik yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Dalam pengujiannya, bahan uji ditarik sampai putus. Uji tarik rekayasa banyak dilakukan untuk melengkapi informasi rancangan dasar kekuatan suatu bahan dan sebagai data pendukung bagi spesifikasi bahan (Dieter, 1987). Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955). Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.

- Batas elastis σE (*elastic limit*) dinyatakan dengan titik A. Bila sebuah bahan diberi beban sampai pada titik A, kemudian bebannya dihilangkan, maka bahan tersebut akan kembali ke kondisi semula (tepatnya hampir kembali ke kondisi semula) yaitu regangan "nol" pada titik O.
- Batas proporsional σp (*proportional limit*) Titik sampai di mana penerapan hukum
  Hook masih bisa ditolerir. Biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.
- Deformasi plastis (plastic deformation) Yaitu perubahan bentuk yang tidak kembali ke keadaan semula. Pada gambar yaitu bila bahan ditarik sampai melewati batas proporsional dan mencapai daerah landing.
- Tegangan luluh atas σuy (*upper yield stress*) Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
- Tegangan luluh bawah σly (*lower yield stress*) Tegangan rata-rata daerah landing sebelum benar-benar memasuki fase deformasi plastis. Bila hanya disebutkan tegangan luluh (*yield stress*), maka yang dimaksud adalah tegangan ini.
- Regangan luluh εy (*yield strain*) Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- Regangan elastis εe (*elastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- Regangan plastis εp (*plastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.
- Regangan total (*total strain*) Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, εT = εe+εp. Perhatikan beban dengan arah OABE. Pada titik B, regangan yang ada adalah regangan total. Ketika beban dilepaskan, posisi regangan ada pada titik E dan besar regangan yang tinggal (OE) adalah regangan plastis.

- Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, *ultimate tensile strength*) ditunjukkan dengan titik C ( $\sigma\beta$ ), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.
- Kekuatan patah (*breaking strength*) ditunjukkan dengan titik D, merupakan besar tegangan di mana bahan yang diuji putus atau patah.

Hukum Hooke (*Hooke's Law*) Untuk hampir semua logam, pada tahap sangat awal dari uji tarik, hubungan antara beban atau gaya yang diberikan berbanding lurus dengan perubahan panjang bahan tersebut. Ini disebut daerah *linie*r atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut : rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan seperti persamaan 3.4 dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan seperti persamaan 3.5.

Stress: 
$$\sigma = F/A$$
 .....(3.4)

F: gaya tarikan,

A: luas penampang

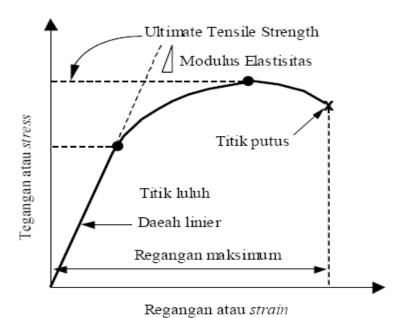
Strain: 
$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$
 (3.5.)

 $\Delta L$ : pertambahan panjang,

L: panjang awal

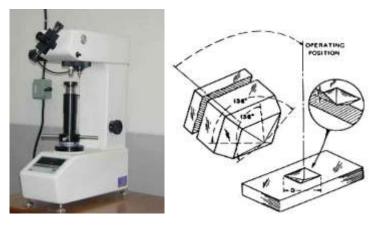
Hubungan antara *stress* dan *strain* dirumuskan dengan hukum Hooke:  $E = \sigma / \epsilon$ 

Untuk memudahkan pembahasan, kita modifikasi sedikit dari hubungan antara gaya tarikan dan pertambahan panjang menjadi hubungan antara tegangan dan regangan (*stress vs strain*). Selanjutnya kita dapatkan, yang merupakan kurva standar ketika melakukan eksperimen uji tarik. E adalah gradien kurva dalam daerah linier, di mana perbandingan tegangan (σ) dan regangan (ε) selalu tetap. E diberi nama "*Modulus Elastisitas*" atau "*Young Modulus*". Kurva yang menyatakan hubungan antara *strain* dan *stress* seperti ini sering disingkat kurva SS (SS *curve*).



Gambar 3.12. Kurva Tegangan-Regangan (Sastranegara, 2012)

# 3.7. Pengujian Kekerasan



**Gambar 3.13.** alat uji metode vikers dan Skematis prinsip indentasi dengan metode Vickers

Sumber: http://docplayer.info/104521-Bab-4-sifat-material-50.html 22 Maret 2016

Pada metode ini digunakan indentor intan berbentuk piramida dengan sudut 136°. Prinsip pengujian adalah sama dengan metode Brinell, walaupun jejak yang

dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengujur jejak. Rumus nilai kekerasan diberikan pada persamaan (3.6).

Rumus untuk mencari nilai kekerasan:

$$VHN = \frac{2P\sin(\frac{\theta}{2})}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2}$$
 (3.6.)

### 3.6. Pengujian Metallografi

Ilmu logam dibagi menjadi dua yaitu metalurgi dan *metallografi*. Metalurgi adalah ilmu yang menguraikan tantang cara pemisahan logam dari ikatan unsur-unsur lain. Atau cara pengolahan logam secara teknis untuk memperoleh jenis logam atau logam paduan yang memenuhi kebutuhan tertentu. Sedangkan *metallografi* adalah ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, temperatur dan prosentase campuran logam tersebut. *Metallografi* merupakan suatu pengetahuan yang khusus mempelajari struktur logam dan mekanisnya. Dalam metallografi dikenal pengujian makro (*macroscope test*) dan pengujian mikro (*microscope test*).

Pengujian makro (*macroscope test*) ialah proses pengujian bahan yang menggunakan mata terbuka dengan tujuan dapat memeriksa celah dan lubang dalam permukaan bahan. Angka kevalidan pengujian makro berkisar antara 0,5 sampai 50 kali. Pengujian cara demikian biasanya digunakan untuk bahan-bahan yang memiliki struktur kristal yang tergolong besar atau kasar. Misalnya, logam hasil coran (tuangan) dan bahan yang termasuk *non-metal* (bukan logam).

Pengujian mikro (*microscope test*) ialah proses pengujian terhadap bahan logam yang bentuk kristal logamnya tergolong sangat halus. Mengingat demikian halusnya, sehingga pengujiannya menggunakan suatu alat yaitu mikroskop optis bahkan mikroskop elektron yang memiliki kualitas pembesaran antara 50 hingga 3000 kali.

Pengujian *metallografi* dapat memberikan gambar-gambar dari struktur logam yang diuji sehingga dapat diteliti lebih lanjut mengenai hubungan struktur pembentuk logam dengan sifat-sifat logam tersebut. Bahan-bahan dan perlengkapan untuk percobaan *metallografi* yaitu:

- 1. Grinding belt
- Kertas amplas dan pemegangnya
  Amplas menggunakan seri : 100, 180, 400, 600, 1000, dan 1000 pasta (autosol)
- 3. Metallographic polishing table
- 4. Bejana untuk etching reagents
- 5. Etching reagent

Bahan yang digunakan untuk aluminium yaitu NaOH 50% + Air dan bahan untuk stainless steel yaitu aquaregia (HCL + HNO3) 3:1

Sumber: D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta

- 6. Mikroskop metalurgi
- 7. Camera
- 8. Film
- 9. Printing paper
- 10. Specimen atau benda uji
- 11. Mounting

Menggunakan resin seri 108