

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Identifikasi Masalah

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

3.2. Perencanaan Percobaan

3.2.1. 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 Februari 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 penelitian terdapat beberapa variabel yaitu :

1. Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian.

Vaiabel bebas pada penelitian ini adalah :

- Tekanan tempa 40 dan 60 Mpa.

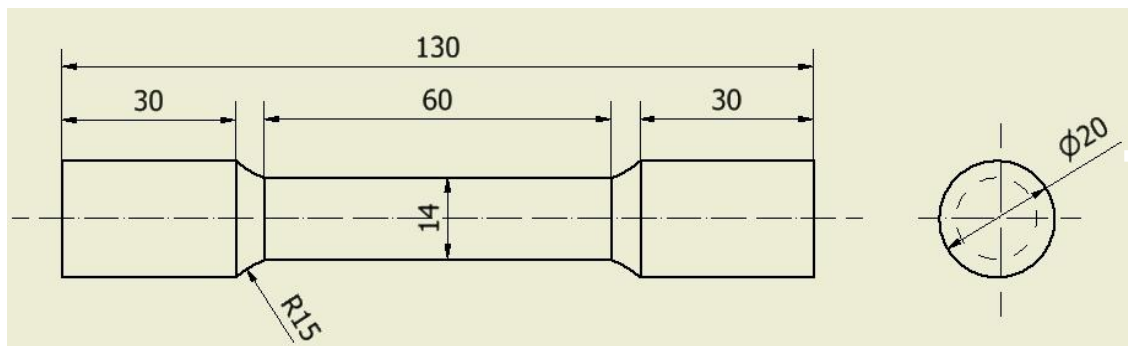
2. Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat ini adalah:

- Kekuatan tarik
- Struktur 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 3.1. Spesimen Uji Tarik Standar JIS Z 2201. (Satuan mm)

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 ditunjukkan 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 (MPa)
1	2	35	7.5	40	20	
2	6	35	7.5	40	30	
3	3	35	7.5	40	40	
4	9	35	7.5	40	50	
5	1	35	7.5	40	60	
6	4	35	7.5	60	20	
7	8	35	7.5	60	30	
8	5	35	7.5	60	40	
9	7	35	7.5	60	50	
10	10	35	7.5	60	60	

3.2.2. Pengadaan Alat dan Bahan

1. Alat penelitian

a. Alat utama



Gambar 3.2. Mesin Las Gesek

Alat ini yang digunakan sebagai las gesek silinder pejal aluminium 2024 T4 dan stainless steel AISI 420. Kolet digunakan untuk memasukan stainless di dalamnya. Di kasih penahan baud stainless didalam kolet tersebut supaya tidak ikut berbutar.

2. Mesin Bubut



Gambar 3.3. Mesin Bubut

Mesin Bubut (*lathe*), adalah alat untuk 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 material *aluminium* dengan *stainless steel*.



Gambar 3.4. Mesin Uji Tarik.

4. Alat Uji Kekerasan Vickers

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 3.5. Alat uji metode vickers dan Skematis prinsip indentasi dengan metode vickers

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

5. Alat Uji Foto Mikro

Alat Uji Foto Mikro, adalah alat yang digunakan untuk melakukan pengujian struktur mikro sambungan las gesek material aluminium 2024 T4 dengan stainless steel AISI 420.



Gambar 3.6. Mesin Uji Foto Mikro.

Sumber : (<http://www.plastic-plating.com/id/page/lab.html>). 8 Maret 2016

2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

a. *Aluminium Alloy* 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

Gambar 3.7. Paduan Aluminium 2024 T4

Sumber : PT. Dewantara Cahaya Sejati

b. *Stainless Steel* AISI 420 silinder pejal.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
0.36	0.46	0.47	0.019	0.008	12.87	0.10

Gambar 3.8. Paduan Stainless Steel AISI 420

Sumber : PT. Dewantara Cahaya Sejati

3.3. Persiapan Penelitian

Persiapan awal yang dilakukan sebelum melakukan penelitian atau percobaan ini adalah keadaan alat dalam kondisi baik supaya hasil dan data yang diperoleh lebih akurat dan teliti, adapun langkah-langkah pemeriksaan meliputi :

3.3.1. 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.

3.3.2. Kalibrasi Mesin *Friction Welding*

Kalibrasi Mesin *Friction Welding* bertujuan 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.

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Parameter yang Digunakan dalam Perhitungan

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

1. Menghitung konstanta pegas (k)

Perhitungan konstanta pegas bertujuan untuk

Konstanta pegas dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$k = \frac{F}{\Delta x} \dots\dots\dots \text{persamaan (3.1.)}$$

keterangan:

k : konstanta pegas (N/mm)

F : gaya (N)

Δx : perbedaan panjang (mm)

2. Menghitung tekanan (P)

Tekanan dapat diperoleh dari persamaan sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A} \dots\dots\dots \text{persamaan (3.2.)}$$

keterangan:

P : tekanan (MPa)

F : gaya (N)

A : luas penampang (mm²)

3. Menghitung tegangan tarik maksimal

Tegangan tarik maksimal dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$\sigma_u = \frac{F}{A_0} \dots\dots\dots \text{persamaan (3.3.)}$$

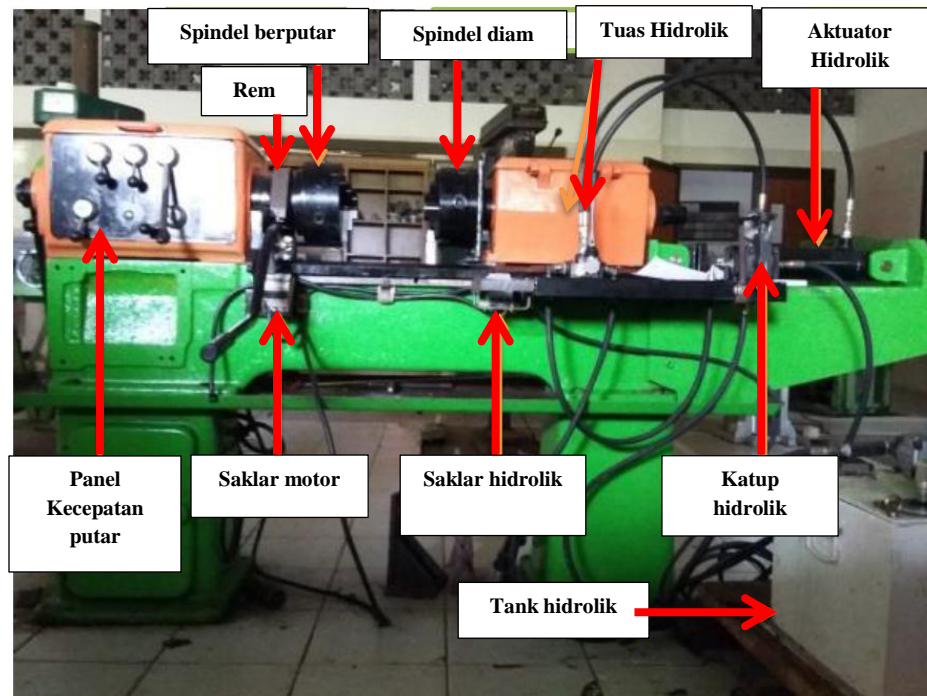
keterangan:

σ_u : tegangan tarik maksimal (MPa)

F : gaya (N)

A_0 : luas penampang sebelum dibebani (mm^2)

3.4.2. Skema Mesin *Friction Welding*



Gambar 3.9. Skema Mesin *Friction Welding*.

3.4.3. 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.

3.4.4. Proses pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

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



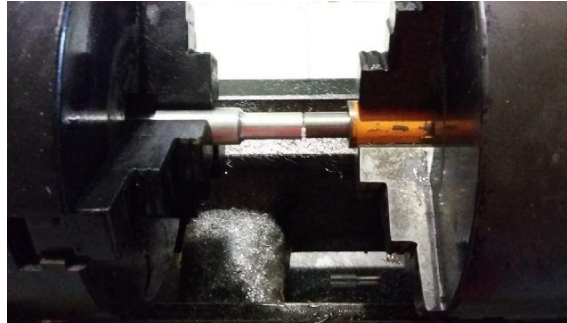
Gambar 3.10. Hasil pemotongan bahan aluminium dan stainless yang sudah dibuat standar *JIS* Z 2201

- 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 3.11. 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 3.12. Pemasangan bahan diposisikan center.

- d. Menyetel putaran yang ada di *headstock* mesin bubut tepatnya di *spindle speed selector* dengan mengatur handle di posisi putaran 1000 rpm.
- e. Menyalakan mesin bubut.
- f. Melakukan tekanan secara perlahan-lahan yaitu mencapai beban 40N sehingga terjadi gesekan antara kedua bahan sampai timbul panas akibat gesekan.
- g. Atur posisi tekanan tempa sebesar 40N, 45N, 50N, 55N, 60N.
- h. Setel waktu penggesekan yaitu 5 detik dan 10detik.
- i. Menghentikan mesin Setelah penggesekan selesai dan waktu gesek sudah di tentukan lakukan pengaturan waktu tempa sebesar 75 detik.

3.5. Pelaksanaan Pengujian

1. Pengujian Tarik

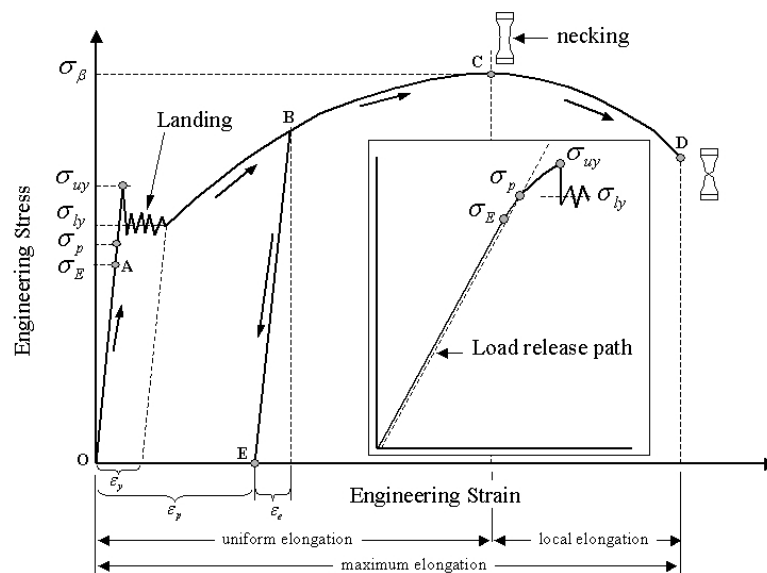
Pengujian tarik dilakukan pada spesimen hasil pengelasan. Spesimen yang digunakan untuk uji tarik dibuat menurut standard *JIZ*. Pengujian Tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal bermerek *Universal Testing Machine* (UTM). Dengan bentuk spesimen :

Prosedur pengujian tarik sebagai berikut :

- a. Mengukur diameter serta panjang spesimen uji menggunakan jangka sorong, kemudian tandailah bagian tengah pada arah panjangnya sepanjang 70 mm sebagai panjang ukur benda uji.
- b. Menghidupkan mesin uji (*Universal Testing Machine = UTM*) berikut unit komputer pengendaliannya.
- c. Memasang salah satu ujung spesimen pada salah satu cekam UTM sesuai dengan tanda yang telah di buat, 'UP' atau 'DOWN' untuk menaikkan atau menurunkan cekam sesuai dengan panjang jepit yang telah di tandai.
- d. Menjalankan Program U60.
- e. Mengisi data material pada 'Method Window'
 - Untuk sample sambungan silinder aluminium 2024 T4 dengan stainless steel AISI 420 : *Shape* (Rectangle = empat persegi panjang), *Width* (lebar spesimen), *Thicness* (tebal spesimen), *Gauge length* (panjang uji), dan *Grip length* (panjang jepit).
 - Prepare test, untuk menentukan metode pengujian.
- f. Membuka layar 'Report' untuk menampilkan: *Test No*, *Test date*, *Area*, *Yield Point*, *Yield strength*, *Elongation*, *Max. Load*, dan *Break*.
- g. Melakukan pengujian dengan menekan tombol 'TEST' pada tool box. Pengujian akan segera dimulai sampai benda uji patah, dan grafik tegangan-regangannya akan ditampilkan di layar, setelah benda uji patah, mesin akan berhenti secara otomatis.
- h. Mencetak hasil pengujian dengan menekan tombol 'PRINT'.
- i. Melepas benda uji dari cekamnya, kemudian ukur panjang akhir, yakni jarak antara dua titik yang sebelumnya telah ditandai sebagai panjang ukur.
- j. Menggambar bagan penampang patahan pada lembar kerja anda.
- k. Melakukan pengujian yang sama untuk spesimen lainnya.

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.



Gambar 3.13. Profil Singkat Uji Tarik

Sumber : (Sastranegara 2012).

Batas elastis σ_e (*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 σ_p (*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 σ_{uy} (*upper yield stress*) Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
- Tegangan luluh bawah σ_{ly} (*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 ϵ_y (*yield strain*) Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- Regangan elastis ϵ_e (*elastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- Regangan plastis ϵ_p (*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. $\epsilon_t = \epsilon_e + \epsilon_p$ 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 (σ_β), 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 *linier* atau *linear zone*. Di daerah ini, kurva pertambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut : rasio tegangan (*stress*) rumus 3.1. dan regangan (*strain*) rumus 3.2. adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots \text{persamaan (3.4.)}$$

Keterangan :

σ : tegangan tarik (MPa)

F: gaya tarikan (N)

A: luas penampang (mm²)

$$\text{Strain: } \epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots \text{persamaan (3.5.)}$$

Keterangan :

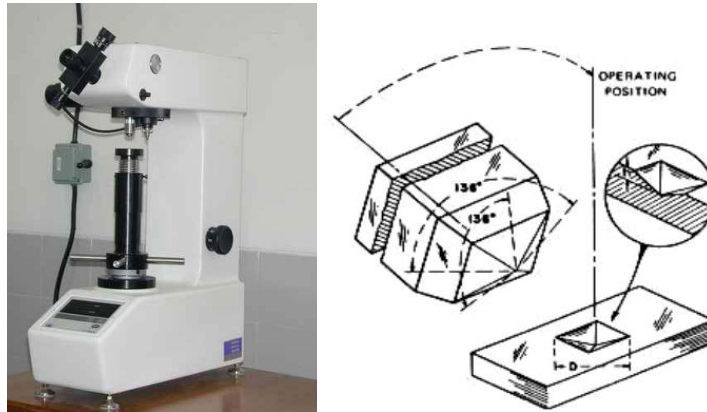
ΔL : pertambahan panjang (mm)

L: panjang awal (mm)

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*).

3.7. Pengujian Kekerasan



Gambar 3.14. Alat Uji Metode Vickers 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 indenter intan berbentuk piramida dengan sudut 136° , seperti diperlihatkan oleh Gambar 4. Prinsip pengujian adalah sama dengan metode Brinell, walaupun jejak yang dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Panjang diagonal diukur dengan skala pada mikroskop pengukur jejak. Nilai kekerasan vices suatu material dapat dihitung dengan rumus berikut:

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

Keterangan :

VHN : nilai kekerasan vickres

P : beban yang digunakan (kg)

d : panjang diagonal rata – rata (mm)

θ = sudut antara permukaan inta

3.8. Pengujian *Metallografi*

Ilmu logam dibagi menjadi dua yaitu metalurgi dan *metallografi*. Metalurgi adalah ilmu yang menguraikan tentang 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 mekanismenya. Dalam metallografi dikenal pengujian makro (*macroscopic test*) dan pengujian mikro (*microscopic test*).

Pengujian makro (*macroscopic 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 (*microscopic 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*
2. Kertas amplas
Seri amplas yang digunakan : 100, 180,
400, 600, 1000, dan 1000 pasta (autosol)

3. *Metallographic polishing table*

4. Bejana untuk *etching reagents*

5. *Etching reagent*

- Aluminium 2024 menggunakan NaOH 50% ditambah air

- Stainless steel AISI 420 menggunakan aqua regia (HCL+HNO₃) 3:1

Sumber : D3 Teknik Mesin Universitas Gajah Mada Yogyakarta.

6. Mikroskop metalurgi

7. Camera

8. Film

9. *Printing paper*

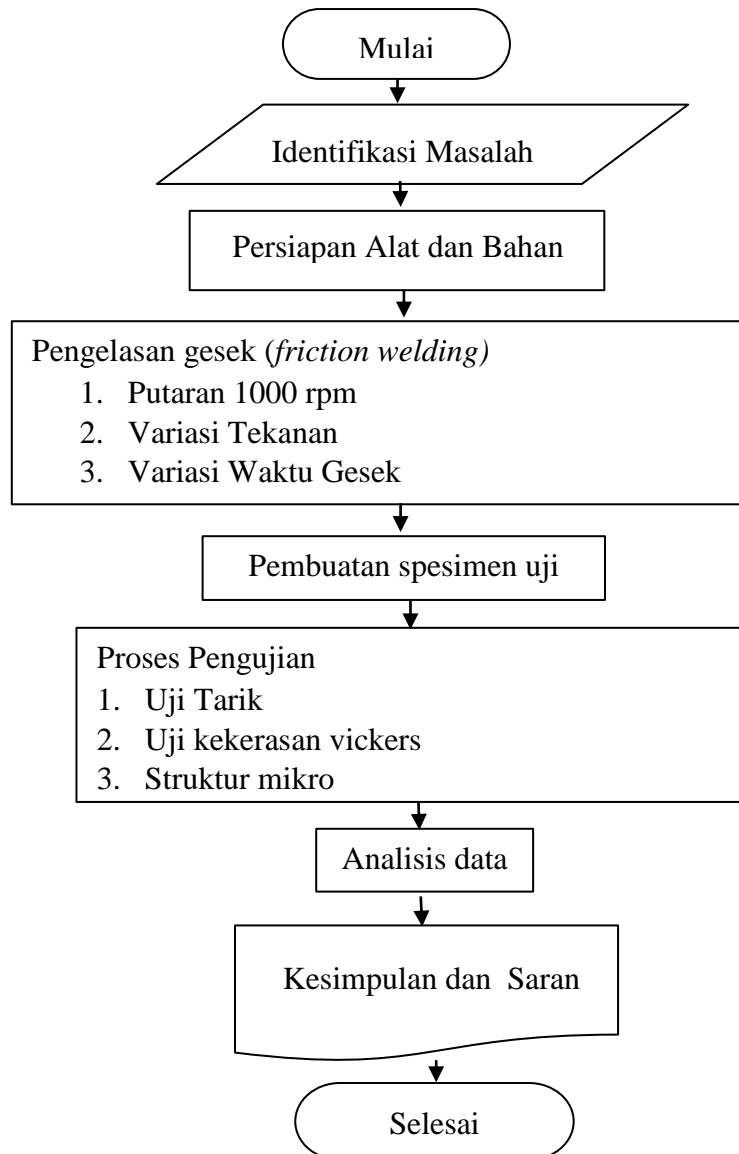
10. Specimen atau benda uji

11. Mounting

Menggunakan resin seri 108.

3.9. Diagram Alir Penelitian

Sebelum melakukan proses penelitian pengelasan gesek dibuatlah diagram alir untuk menggambarkan proses-proses oprasional sehingga mudah dipahami dan mudah dilihat berdasarkan urutan langkah dari proses penelitian. Dilihat gambar 3.1.



Gambar 3.16. Diagram Alir Pengujian