

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **3.1. Identifikasi Masalah**

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

#### **3.2. Perencanaan Penelitian**

Pada rencana penelitian terdapat beberapa variabel yaitu :

1. Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian.

Vaiabel bebas pada penelitian ini adalah :

- Tekanan gesek 25, 30, 35, 40 dan 45 Mpa
- Tekanan tempa 40 dan 60

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 *alloy* 2024 T4 dan *stainless steel* AISI 420
- Diameter bahan yang digunakan untuk las gesek adalah 14 mm
- Bentuk spesimen uji tarik sesuai standar *JIS* 2201

Dari beberapa variabel dapat dibuat tabel sebagai acuan paa pelaksanaan penelitian pengelasan gesek variasi pengaruh tekanan gesek 25 sampai 45 Mpa dan pengaruh tekanan tempa 40 dan 60 Mpa terhadap kekuatan tarik bahan aluminium *alloy* 2024 t4 dan *stainless steel* AISI 420. Tabel penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1.

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

No	Urutan Las Gesek	Tekanan Gesek (Mpa)	Waktu Gesek (detik)	Tekanan Tempa (Mpa)	Waktu Tempa (detik)
1	10	25	7,5	40	75
2	4	30	7,5	40	75
3	1	35	7,5	40	75
4	3	40	7,5	40	75
5	6	45	7,5	40	75
6	7	25	7,5	60	75
7	5	30	7,5	60	75
8	2	35	7,5	60	75
9	8	40	7,5	60	75
10	9	45	7,5	60	75

### 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 Januari 2016 – Mei 2016.

### 3.2.2. Alat dan Bahan

#### 1. Alat Penelitian

##### a. Alat utama

##### 1. Mesin las gesek

Meisn gesek digunakan untuk proses penyambungan benda kerja.



**Gambar 3.1.** Mesin *Friction Welding*

Sumber : (lab teknik mesin umy)

### 2. Mesin Bubut (*lathe*)

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



**Gambar 3.2.** Mesin Bubut

Sumber : (lab teknik mesin umy)

### 3. *Universal Testing Machine (UTM)*

Mesin ini digunakan untuk melakukan pengujian tarik sambungan las gesek material aluminium *alloy 2024 t4* dengan *stainless steel 420*.



**Gambar 3.3.**Mesin Uji Tarik.

Sumber : (lab teknik mesin umy)

#### 4. Alat Uji Kekerasan *Vickers*

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

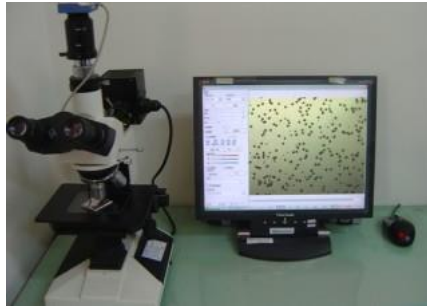


**Gambar 3.4.** Mesin Uji kekerasan *Vickers*.

(<http://mesin.ub.ac.id/sarjana/?p=182>).

#### 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 3.5.** Mesin Uji Foto Micro.

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

*b.* Alat Bantu

1. *Saw Machine*, adalah alat yang digunakan untuk memotong mempersiapkan benda kerja.



**Gambar 3.6.** *Saw Machine*.

Sumber : (lab teknik mesin umy)

2. Gerinda duduk, adalah alat yang digunakan untuk mengasah mata pahat bubut.



**Gambar 3.7.** Gerinda duduk.

Sumber : (lab teknik mesin umy)

c. Alat Ukur

1. *Stop Watch*, adalah alat untuk mengukur waktu gesek dan waktu tempa saat pengujian *Friction Welding*.



**Gambar 3.9.** *Stop Watch*.

Sumber : (lab teknik mesin umy)

2. Jangka Sorong, adalah alat yang digunakan untuk mengukur diameter benda kerja.



**Gambar 3.10.** Jangka sorong.

Sumber : (lab teknik mesin umy)

2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

- a. *Aluminium Alloy* Seri 2024 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

- 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

### 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 :

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.

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

1. Parameter yang Digunakan dalam Perhitungan

Pada pengujian ini dilakukan beberapa parameter untuk perhitungan diantaranya adalah sebagai berikut:

1. Menghitung konstanta pegas (k)

Perhitungan konstanta pegas bertujuan untuk

Konstanta pegas dapat diperoleh dengan (per 3.1) sebagai berikut:

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

keterangan:

k : konstanta pegas (N/mm)

F : gaya (N)

$\Delta x$  : perbedaan panjang (mm)

2. Menghitung tekanan (P)

Tekanan dapat diperoleh dari (per 3.2) sebagai berikut:

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

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 (per 3.3) sebagai berikut:

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

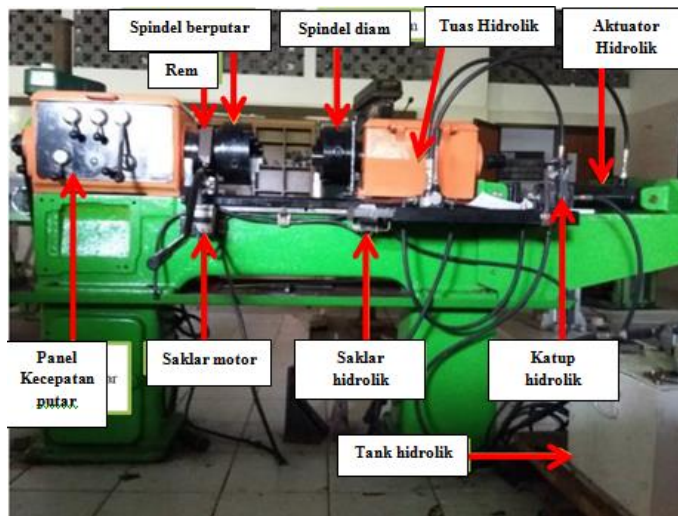
keterangan:

$\sigma_u$  : tegangan tarik maksimal (MPa)

F : gaya (N)

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

2. Skema Mesin *Friction Welding*



Gambar 3.11. Skema Mesin *Friction Welding*.

Sumber : (lab teknik mesin umy)



### 3. Pembuatan 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.

### 4. Proses Pengelasan

Proses pengelasan gesek antara baja karbon rendah dan aluminium.

- a. Menyiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
- b. Melakukan penyetelan Mesin *Friction Welding*.
- c. Pemasangan spesimen, spesimen bahan aluminium dicekam pada spindelberputar dan spesimen bahan stainless steel dipasangkan ke dalam *kolet* dan dicekam pada spindel diam.
- d. Atur kecepatan pada Mesin *Friction Welding* dengan kecepatan 1000 Rpm.
- e. Hidupkan Motor Mesin *Friction Welding* dan Motor Hidrolik, tarik tuas hidrolik untuk menggerakkan spindel diam sampai menyentuh spesimen yang berputar.
- f. Ketika dua buah spesiment sudah bersentuhan, kemudian memberikan tekanan gesek 30, 35, 40, 45, dan 50MPa dengan memutar katup hidrolik sesuai variasi tekanan.
- g. Penyambungan dan penekanan dilakukan sampai batas waktu yang telah ditentukan. Variasi waktu gesek adalah 5 dan 10 detik.
- h. Setelah penyambungan telah sampai batas waktu yang ditentukan, Mesin *Friction Welding* dimatikan dan dilakukan pengereman pada sepindel berputar. Setelah sepindel berhenti spesimen langsung diberi

tekanan tempa sebesar 60 MPa sampai batas waktu yang telah ditentukan yaitu 30 detik.

- i. Setelah proses tempa selesai, lepas kedua spesimen tersebut, kemudian didiamkan agar dingin dengan sendirinya
- j. Selanjutnya ulang proses tersebut dari awal sampai parameter-parameter tekanan dan waktu yang telah ditentukan.

### **3.5. Pelaksanaan Pengujian**

#### **3.5.1. Pengujian *Metallografy***

Pengujian mikrografi dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Mikroskop digunakan untuk melihat struktur mikro dari spesimen uji dan kemudian didokumentasikan oleh kamera yang terpasang pada sistem mikroskop ini. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian struktur mikro adalah sebagai berikut:

- a. Pembuatan benda uji
- b. Benda uji dibelah menjadi bagian dengan menggunakan gergaji secara hati-hati, agar tidak terjadi perubahan struktur karena panas yang ditimbulkan gesekan antara spesimen dengan gergaji
- c. Benda uji yang sudah dibelah kemudian dicetak dalam kotak akrilik yang dibuat menggunakan resin dan katalis
- d. Pengampelasan pada permukaan uji yang dibelah dengan menggunakan amplas nomor 120 sampai 1500, dilakukan secara berurutan dari kasar sampai paling halus. Dalam pengampelasan
- e. *Metallographic polishing table*
- f. Bejana untuk *etching reagents*
- g. *Etching reagent*
  - Aluminium alloy 2024 menggunakan NaOH 50% ditambah air
  - Stainless steel AISI 420 menggunakan aqua regia (HCl+HNO<sub>3</sub>) 3:1
- h. Mikroskop metalurgi
- i. Camera

- j. Film
- k. *Printing paper*

### 3.5.2. Pengujian Kekerasan

Makna nilai kekerasan suatu material berbeda untuk kelompok bidang ilmu yang berbeda. Bagi insinyur metalurgi nilai kekerasan adalah ketahanan material terhadap penetrasi sementara untuk para insinyur desain nilai tersebut adalah ukuran dari tegangan alir, untuk insinyur lubrikasi kekerasan berarti ketahanan terhadap mekanisme keausan, untuk para insinyur mineralogy nilai itu adalah ketahanan terhadap goresan, dan untuk para mekanik *workshop* lebih bermakna kepada ketahanan material terhadap pemotongan dari alat potong (Ika Wahyuni, 2014).

Kekerasan suatu material dapat didefinisikan sebagai ketahanan material tersebut terhadap gaya penekanan dari material lain yang lebih keras. Penekanan tersebut dapat berupa mekanisme penggoresan (*stratching*), pantulan ataupun indentasi dari material terhadap suatu permukaan benda uji.

beberapa bentuk penetrator atau cara pengujian ketahanan permukaan yang dikenal adalah:

- a. Ball indentation test (*Brinell*)

Pengujian kekerasan dengan metode Brinell bertujuan untuk menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap bola baja (identor) yang ditekankan pada permukaan material uji tersebut (spesimen). Idealnya, pengujian Brinell diperuntukan untuk material yang memiliki permukaan yang kasar dengan uji kekuatan berkisar 500-3000 kgf. Identor (Bola baja) biasanya telah dikeraskan dan diplating ataupun terbuat dari bahan Karbida Tungsten.

- b. Pyramida indentation test (*Vickers*)

Pengujian kekerasan dengan metode *Vickers* bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap intan

berbentuk piramida dengan sudut puncak 136 Derajat yang ditekan pada permukaan material uji tersebut. Angka kekerasan Vickers (HV) didefinisikan sebagai hasil bagi (koefisien) dari beban uji (F) dalam Newton yang dikalikan dengan angka faktor 0,102 dan luas permukaan bekas luka tekan (injakan) bola baja (A) dalam milimeter persegi. Beban uji (F) yang biasa dipakai adalah 5 N per 0,102; 10 N per 0,102; 30 N per 0,102N dan 50 per 0,102 N.

c. Cone indentation test (*Rockwell*)

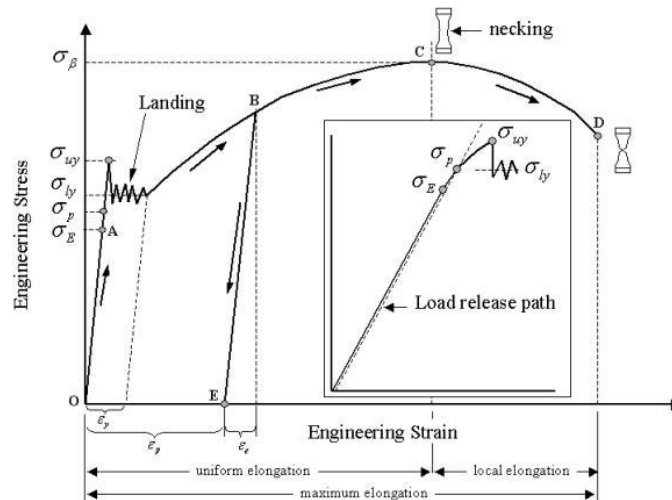
Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell bertujuan menentukan kekerasan suatu material dalam bentuk daya tahan material terhadap indentor berupa bola baja ataupun kerucut intan yang ditekan pada permukaan material uji.

d. Uji kekerasan mikro

Pada pengujian ini indentornya menggunakan intan kasar yang dibentuk menjadi piramida. Bentuk lekukan intan tersebut adalah perbandingan diagonal panjang dan pendek skala 7:1. Pengujian ini untuk menguji suatu material adalah dengan menggunakan beban statis. Bentuk indentor yang khusus berupa knop memberikan kemungkinan membuat kekuatan yang lebih rapat dibandingkan dengan lekukan Vickers. Hal ini sangat berguna khususnya bila mengukur kekerasan lapisan tipis atau mengukur kekerasan bahan getas dimana kecenderungan menjadi patah sebanding dengan volume bahan yang ditegangkan.

### 3.5.3. 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.



**Gambar 3.12.** Profil Singkat Uji Tarik (Sastranegara, 2012)

Batas elastis  $\sigma_E$  (*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.

1. Batas proporsional  $\sigma_p$  (*proportional limit*) Titik sampai di mana penerapan hukum Hook masih bisa ditolerir. Biasanya batas proporsional sama dengan batas elastis.
2. 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.
3. Tegangan luluh atas  $\sigma_{uy}$  (*upper yield stress*) Tegangan maksimum sebelum bahan memasuki fase daerah landing peralihan deformasi elastis ke plastis.
4. Tegangan luluh bawah  $\sigma_{ly}$  (*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.
5. Regangan luluh  $\epsilon_y$  (*yield strain*) Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.

6. Regangan elastis  $\epsilon_e$  (*elastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
7. Regangan plastis  $\epsilon_p$  (*plastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.
8. 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.
9. Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, *ultimate tensile strength*) ditunjukkan dengan titik C ( $\sigma_\beta$ ), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.
10. 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*) dan regangan (*strain*) adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan (per 3.4) dan *strain* adalah pertambahan panjang dibagi panjang awal bahan (per 3.5).

$$\text{Stress: } \sigma = F/A \quad \dots\dots\dots( 3.4 )$$

Keterangan:

F: gaya tarikan

A: luas penampang

$$\text{Strain: } \epsilon = \Delta L/L \quad \dots\dots\dots( 3.5 )$$

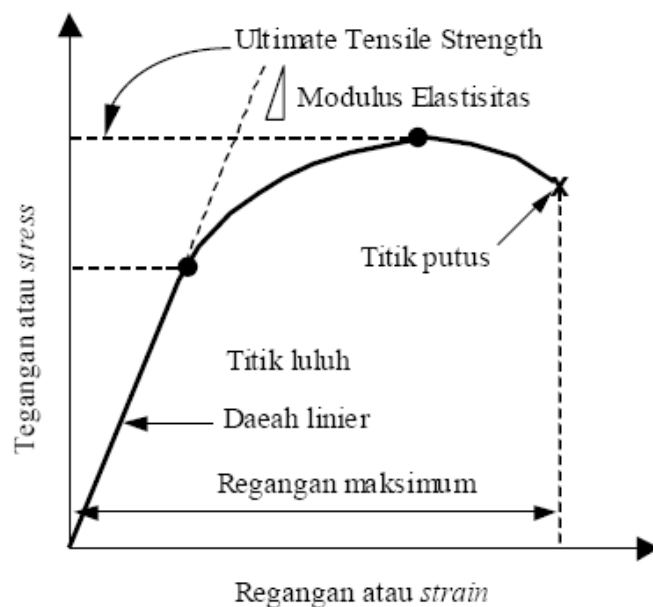
Keterangan:

$\Delta L$ : pertambahan panjang,

L: panjang awal

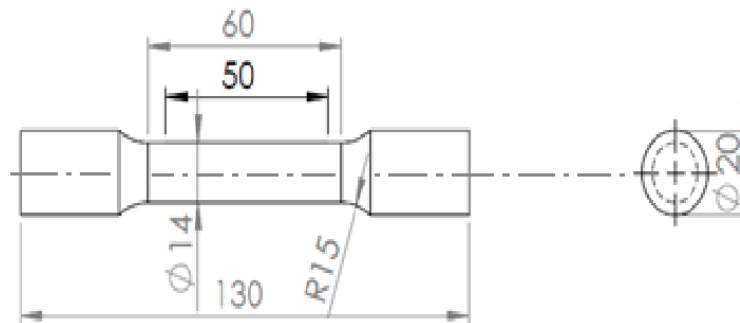
Hubungan antara *stress* dan *strain* dirumuskan dengan hukum Hooke:  $E = \sigma / \epsilon$

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 ( $\sigma$ ) dan regangan ( $\epsilon$ ) 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 3.13.** Kurva Tegangan-Regangan (Sastranegara, 2012)

Pengujian tarik dilakukan pada spesimen hasil pengelasan. Spesimen yang digunakan untuk uji tarik dibuat menurut standard *JIS 2241*. Pengujian Tarik dilakukan dengan mesin uji tarik universal bermerek *Universal Testing Machine* (UTM). Dengan bentuk spesimen :



**Gambar 3.14.** Spesimen Uji Tarik Standar *JIS 2241*, satuan (mm).

Prosedur pengujian tarik sebagai berikut :

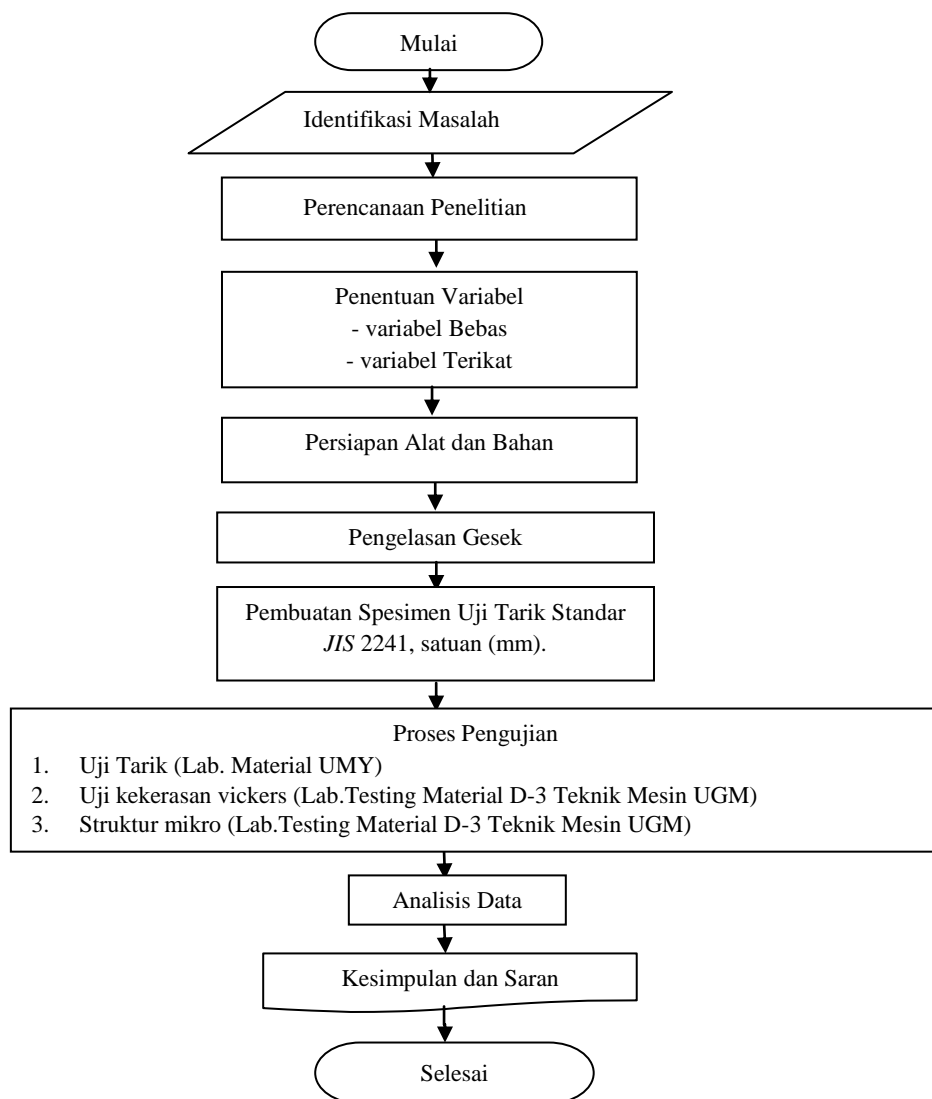
- a. Mengukur diameter serta panjang spesimen uji menggunakan jangka sorong, kemudian tandailah bagian tengah pada arah panjangnya sepanjang 100 mm sebagai panjang jepit benda uji.
- b. Menghidupkan mesin uji *Universal Testing Machine (UTM)* berikut unit komputer pengendaliannya.
- c. Memasang salah 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 dan stainless steel :  
*Shape (Round= bulat)*, *Diameter*, *Length*(panjang spesimen), *Gauge length*(panjang ukur), 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.
- k. Melakukan pengujian yang sama untuk spesimen lainnya.

### 3.6. Diagram Alir Penelitian

Diagram alir yang digunakan untuk pengelasan gesek ditunjukkan pada gambar 3.16.



**Gambar 3.15.** Diagram Alir Pengujian