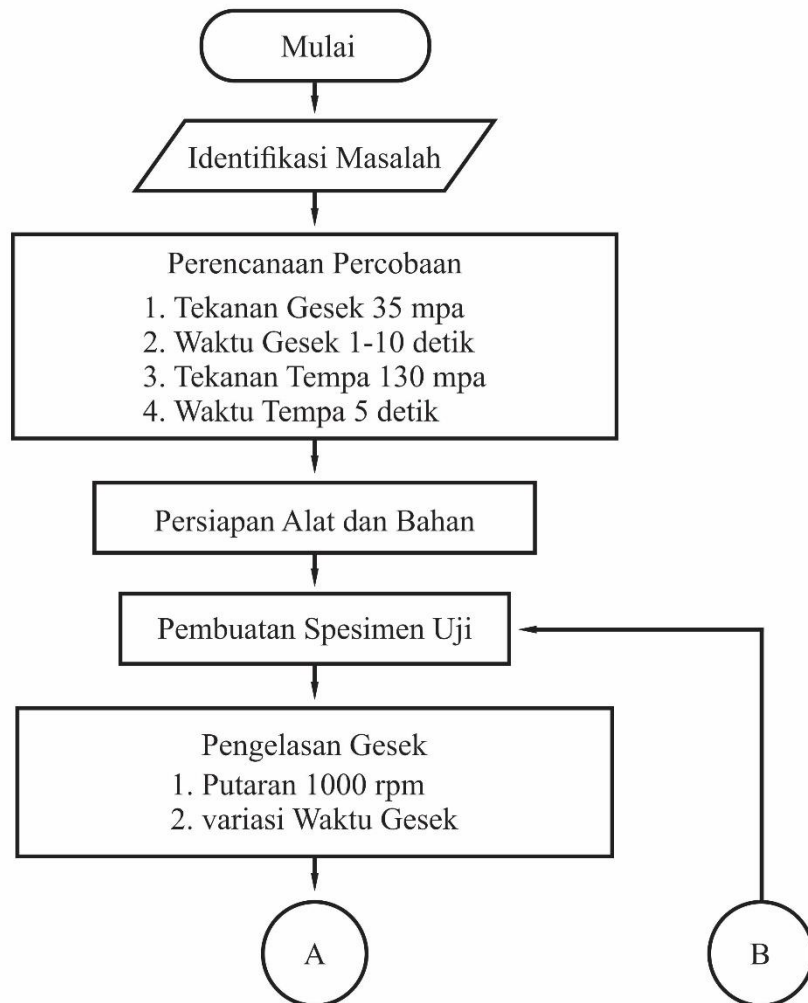
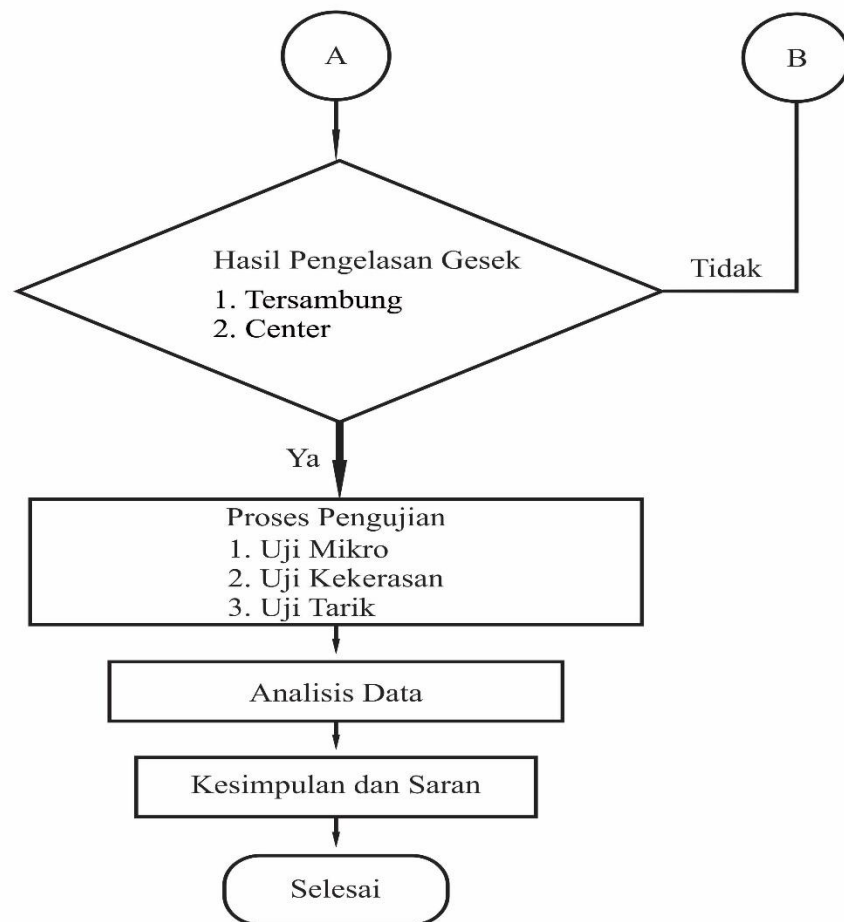


BAB III
METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian





Gambar 3.1. Diagram Alir Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah

Pada proses pengelasan gesek parameter yang penting adalah waktu gesek, tekanan gesek, waktu tempa, tekanan tempa dan kecepatan putar. Pada pembahasan kali ini penulis akan menganalisa pengaruh waktu gesek terhadap struktur mikro dan kekuatan tarik Aluminium dan Stainless Steel dengan metode *friction welding*. Material yang digunakan untuk pengujian ini adalah aluminium 6061 T6 dengan *stainless steel* 304. Hasil pengelasan gesek akan diuji sifat mekanik dan sifat fisiknya.

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah parameter proses pengerjaan dalam pengelasan gesek sangatlah kurang, terutama dalam

menentukan waktu gesek yang dilakukan saat proses pengelasan, gaya yang diberikan saat pengelasan gesek belum memiliki acuan dan penempatan setelah gesekan seperti tekanan tempa dan waktu tempa pada material aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304. Perlu adanya penelitian untuk memperoleh parameter-parameter tersebut dalam pengelasan gesek sehingga dapat dijadikan sebagai acuan pada pengelasan selanjutnya.

3.3 Perencanaan Penelitian

Pada rencana penelitian terdapat beberapa variabel yang digunakan yaitu :

- Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian.
Variabel bebas pada penelitian ini adalah :
 - Waktu gesek (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10 detik)
- Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas. Variabel terikat ini adalah :
 - Uji Struktur mikro
 - Uji kekerasan
 - Uji tarik
- Variabel kontrol yang besarnya dikendalikan selama penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah :
 - 1) Putaran spindel 1000 Rpm
 - 2) Bahan yang digunakan adalah aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304
 - 3) Diameter bahan yang digunakan untuk las gesek adalah 14 mm
 - 4) Bentuk spesimen uji tarik sesuai standar *JIS* (Japan Industrial Standards) Z 2201,

Dari beberapa variabel tersebut dapat dibuat tabel sebagai acuan pelaksanaan penelitian pengelasan gesek dengan variasi pengaruh waktu gesek terhadap kekuatan tarik bahan aluminium 6061 T6 dan *stainless steel* 304. Tabel penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1

Tabel 3.1. Tabel rancangan penelitian awal pada bahan alumunium 6061 T6 dan *stainless steel* 304.

Urutan las Gesek	Waktu Gesek (dt)	Tekanan tempa (Mpa)	Waktu tempa (dt)	Tekanan gesek (Mpa)
1	1	130	5	35
2	2			
3	3			
4	4			
5	5			
6	6			
7	7			
8	8			
9	9			
10	10			

3.4 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu pembuatan dan pengujian. Untuk pembuatan spesimen dan pengujian spesimen dilakukan di Laboratorium Pabrikasi Logam dan Laboratorium Pengujian Material, Fakultas Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Waktu penelitian Januari 2017 - Maret 2017.

3.5 Pengadaan Bahan dan Alat

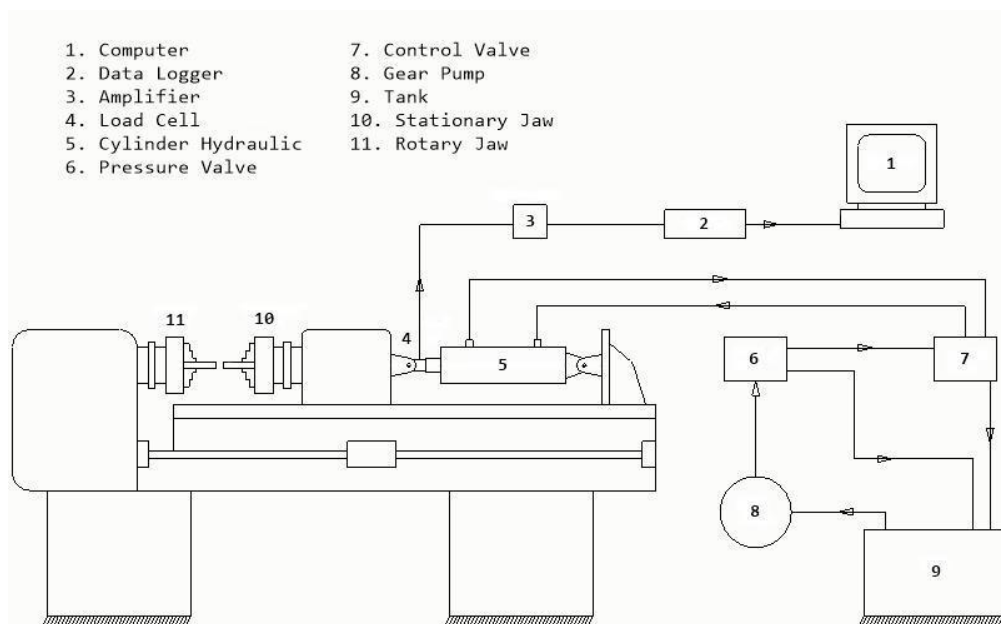
A. Alat utama

1. Alat penelitian pengelasan gesek (*friction welding*)



Gambar 3.2. Mesin las gesek yang digunakan sebagai las gesek alumunium 6061 T6 dan *stainless steel* 304

Mesin las gesek ini digunakan sebagai penyambung silinder pejal alumunium 6061 T6 dan *stainless steel* 304. Pada bagian *chuck* yang terhubung dengan silinder hidrolik diberikan penahan tambahan agar *stainless* yang telah dibentuk tidak ikut bergeser ketika diberikan gaya tempa pada waktu mesin difungsikan.



Gambar 3.3. Skema mesin *friction welding* (Galang, 2011)

2. Mesin Bubut



Gambar 3.4. Mesin Bubut

Mesin bubut digunakan untuk membuat 20 spesimen dengan standar JIS Z 2201. Spesimen yang dibentuk terdiri dari 10 spesimen aluminium 6061 T6 dan 10 spesimen *stainless steel* 304 yang telah dipotong sebelumnya sepanjang 70 mm dengan diameter 14 mm

3. Load cell

Dalam penelitian digunakan load cell untuk mencari gaya pada mesin *friction welding*. Fungsi load cell ini adalah sebagai pengirim sinyal dari mesin *friction welding* ke komputer.

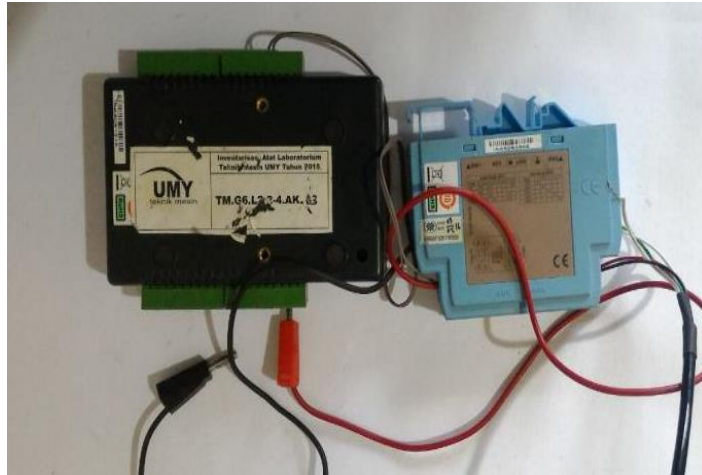
Spesifikasi : H3-C3-3.0T-6B, *Capacity* : 3.0T, *Class* : C3



Gambar 3.5. Load cell

4. Data Logger

Data logger berfungsi sebagai penerima sinyal dari load cell untuk di teruskan ke komputer dan berbentuk grafik.



Gambar 3.6 Data logger

5. Alat Uji Micro



Gambar 3.7. Alat uji kekerasan mikro vickers (www.directindustry.com)

Alat uji kekerasan *vickers* digunakan untuk menguji kekerasan spesimen pada suatu material. Kelebihan alat ini tidak merusak spesimen karena hasil

indentasi sangat kecil, dan biasanya bahan uji bisa dipakai kembali, alat ini terdapat di Laboratorium Cnc teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta

6. Alat Uji *Methallography*



Gambar 3.8. Alat uji struktur mikro dan Alat *polish* Sumber: www.gipponjapan.com

Alat uji struktur mikro digunakan untuk menguji struktur yang ada pada suatu material. Alat ini dapat melihat struktur mikro dengan pembesaran 50 x hingga 2500 x pembesaran, alat ini terdapat di Laboratorium Cnc teknik mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.

7. Alat Uji Tarik

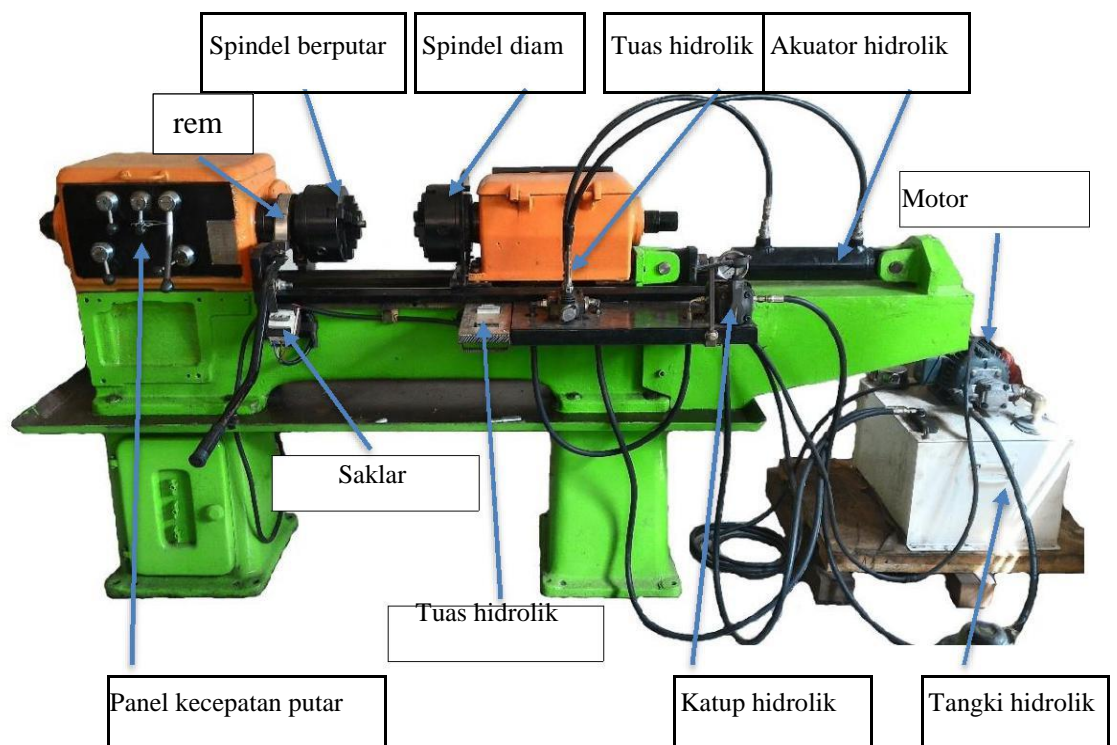


Gambar 3.9. Alat Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan mesin *Universal Testing Machine* (UTM). Spesimen yang diuji tarik adalah 10 spesimen hasil las gesek antara aluminium alloy 6061 T6 dengan *stainless steel* 304. Spesimen tersebut sudah dibentuk sesuai standar *JIS* (Japan Industrial Standard) Z 2201.

3.6 Penelitian

A. Skema Mesin *Friction Welding*



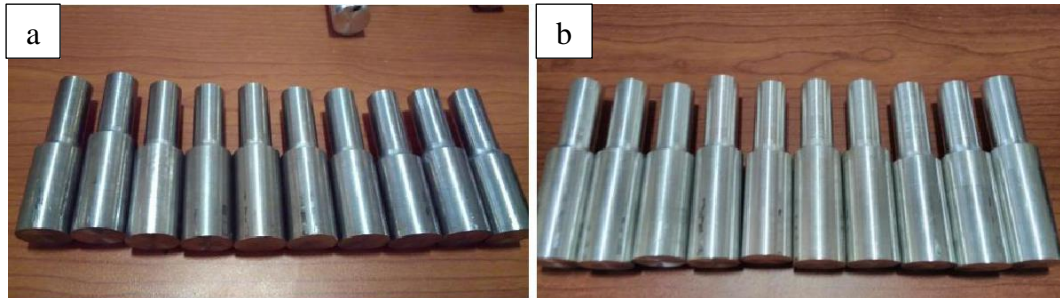
Gambar 3.10. Keterangan mesin *friction welding*

Spindel digunakan untuk memasang spesimen yang akan disambung. Saklar hidrolik berfungsi untuk menyalakan motor pompa sistem hidrolik. Sistem hidrolik saling terhubung antara lain tuas hidrolik, motor listrik, tangki hidrolik, akuator dan katup hidrolik

B. Pembuatan Bentuk Spesimen

- Mempersiapkan alat dan *raw material* pengelasan gesek.
- Memotong aluminium (panjang 80 mm) dan stainless steel (panjang 70 mm) menggunakan gergaji.
- Mengatur kecepatan mesin bubut.

- d. Membubut spesimen uji tersebut dengan standar JIS Z 2201.
- e. Setelah spesimen uji terbentuk selanjutnya melaksanakan pengelasan gesek.

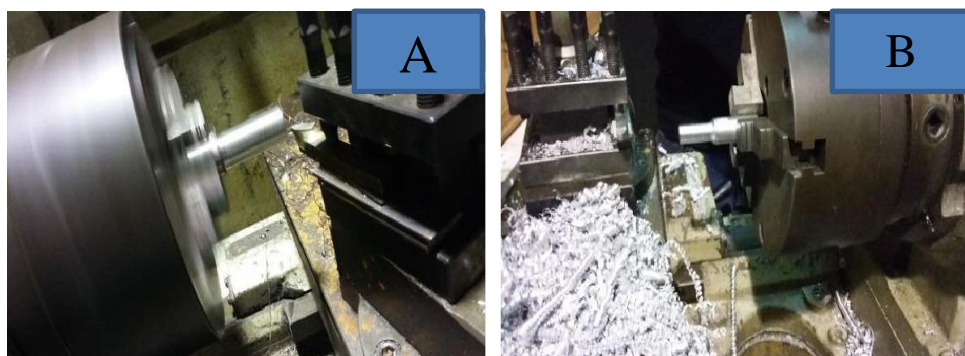


Gambar 3.11. Hasil pemotongan kemudian pembentukan bahan (a) *Stainless Steel 304* dan (b) *Alumunium 6061 T6*

C. Proses Pengelasan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam proses pengelasan adalah:

- a. Pemotongan bahan *Alumunium 6061 T6* dan *Stainless Steel 304* lalu dibuat bentuk menggunakan JIS Z 2201.
- b. Ujung alumunium diratakan dengan mesin bubut agar saat terjadinya las gesek kedua permukaan rata, sehingga dapat mengurangi getaran antara kedua bahan yang tidak rata



Gambar 3.12. Meratakan ujung bahan (a) *Stainless Steel 304* dan (b) *Alumunium 6061 T6*

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



Gambar 3.13. Pemasangan bahan diposisikan center

- d. Mengatur putaran yang ada di *headstock* mesin *friction welding* tepatnya di *spindle speed selector* dengan mengatur handle di posisi putaran 1000 rpm.



Gambar 3.14. Menyetel putaran 1000 rpm

- e. Menyalakan mesin *friction welding*.
- f. Melakukan tekanan secara perlahan-lahan yaitu mencapai beban 35 MPa sehingga terjadi gesekan antara kedua bahan sampai timbul panas akibat gesekan.
- g. Atur posisi tekanan upset sebesar 130 MPa.
- h. Setel waktu gesek yaitu (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10) detik.

- i. Menghentikan mesin Setelah penggesekan selesai dan waktu gesek sudah di tentukan lakukan pengaturan waktu tempa sebesar 5 detik.

D. Proses Pengujian

1. Pengujian Kekerasan

Pada metode ini digunakan indentor intan berbentuk 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 suatu material diberikan oleh:

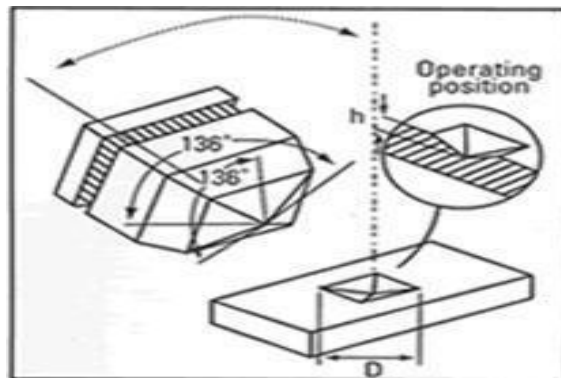
Rumus untuk mencari nilai kekerasan:

$$VHN = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = \frac{(1.854)P}{d^2} \dots\dots\dots (3.1)$$

P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara permukaan intan



Gambar 3.15. Skematis prinsip indentasi dengan metode *Vickers* Sumber: Faraland, (2010)

Pengujian kekerasan dilakukan dengan menggunakan alat uji *vickers*. *Vickers* digunakan untuk mengetahui struktur kekerasan dari spesimen uji dan kemudian hasilnya direkam oleh sensor pembacanya yang terpasang pada sistem *vickers*. Langkah-langkah yang dilakukan dalam pengujian kekerasan adalah sebagai berikut:

- a. Membuat benda uji
- b. Membelah benda uji menjadi bagian dengan menggunakan gergaji secara hati-hati, agar tidak terjadi perubahan struktur

karena panas yang ditimbulkan gesekan antara spesimen dengan gergaji.

- c. Mencetak benda uji yang sudah dibelah menggunakan resin dan katalis dengan cara memasukan kedalam cetakan yang telah dibuat.
- d. Mengamplas permukaan banda uji yang telah dibelah menggunakan amplas nomer 120 sampai 2000, melakukan secara berurutan dari kasar sampai paling halus. Dalam pengamplasan menggunakan air untuk membasahi ampals yang diputar pada mesin amplas duduk.
- e. Menyiapkan alat uji kekerasan kemudian melakukan pengujian kekerasan.
- f. Menyimpan data hasil uji yang telah dilakukan.

2. Pengujian *Metallography*

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 mekanisnya. 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

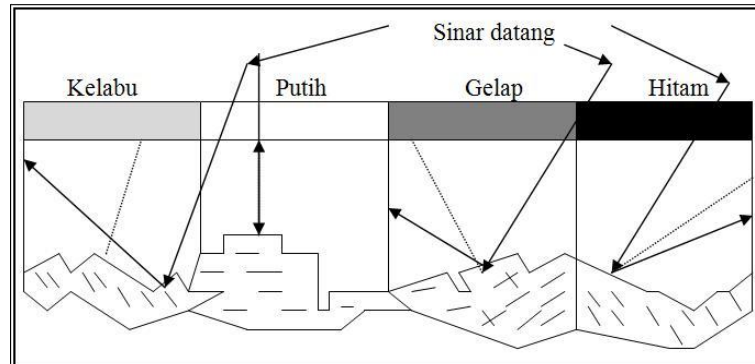
tergolong besar atau kasar. Misalnya, logam hasil coran (tuangan) dan bahan yang termasuk *non-metal* (bukan logam).

Pengujian mikro (*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:

- a. *Grinding belt*
- b. Kertas amplas dan pemegangnya
 - Amplas yang digunakan ukuran 120, 600, 1000,1500,2000
- c. Pasta (aautosol)
- d. *Metallographic polishing table*
- e. Bejana untuk *etching reagents*
- f. *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
- g. Mikroskop metalurgi
- h. Camera
- i. Spesimen atau benda uji
- j. Mounting



Gambar 3.16. Pantulan sinar pada pengamatan metalografi Sumber: [www.himal-
tl.ppns.ac.id](http://www.himal.ppns.ac.id)

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:

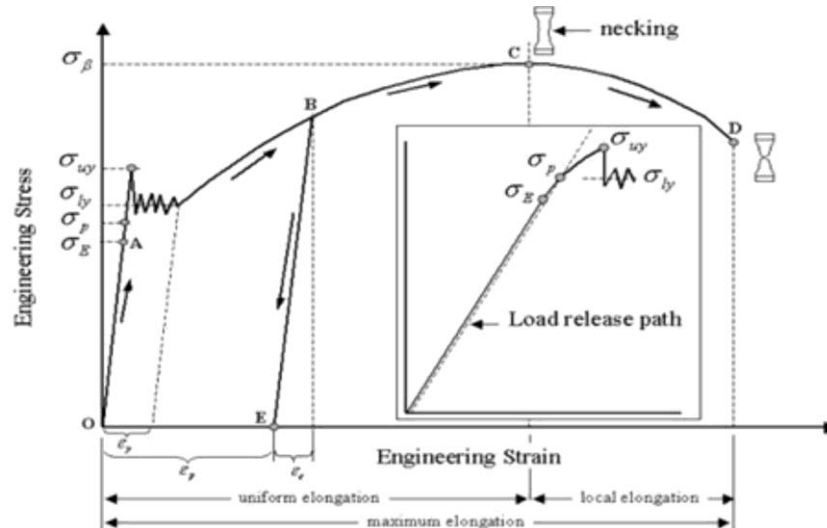
- 1) Membuat benda uji
- 2) Membelah benda uji menjadi bagian dengan menggunakan gergaji secara hati-hati, agar tidak terjadi perubahan struktur karena panas yang ditimbulkan gesekan antara spesimen dengan gergaji.
- 3) Mencetak benda uji yang sudah dibelah menggunakan resin dan katalis dengan cara memasukan kedalam cetakan yang telah dibuat.
- 4) Mengamplas permukaan benda uji yang telah dibelah menggunakan amplas nomer 120 sampai 2000, melakukan secara berurutan dari kasar sampai paling halus. Melakukan polising setelah mendapatkan permukaan yang halus menggunakan autosol secukupnya. Usahakan jangan sampai terkena tangan karena dapat menimbulkan perubahan struktur mikro.
- 5) Melakukan proses pengetsaan spesimen setelah melakukan proses polising.
 - Bahan etsa yang dipakai yaitu NaOH, Hf dan HCl

- Pembuatan bahan etsa yaitu .
 - Menyiapkan larutan HNO_3 3% dari prosentase keseluruhan aquaregia yang akan digunakan.
 - Menyiapkan alkohol sebagai campuran larutan HNO_3 3 % sebanyak 97 %.
 - Mencampurkan larutan tersebut dan gunakan untuk etsa
- Proses pengetsaan spesimen
- Membersihkan spesimen atau dilap dengan tissue setelah spesimen dipoles
 - Mencilupkan spesimen kedalam larutan aquaregia selama 10 detik
 - Mencuci spesimen dengan aquades
 - Membersihkan spesimen menggunakan kapas yang telah dibasahi dengan alkohol
 - Menyiapkan alat uji struktur mikro sambil menunggu specimen kering
 - Melihat struktur mikro spesimen pada mikroskop metalografi
- 6) Foto mikro dilakukan setelah proses etsa dengan 200 kali perbesaran.
 - 7) Menyimpan data hasil uji yang telah dilakukan.

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. 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. Kurva tegangan regangan rekayasa diperoleh dari pengukuran perpanjangan benda uji.



Gambar 3.17. Profil Singkat Uji Tarik. Sumber: www.infometrik.com

- Batas elastis σ_{ϵ} (*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 “no!” 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 d 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.

- g. Regangan luluh ε_y (*yield strain*) Regangan permanen saat bahan akan memasuki fase deformasi plastis.
- h. Regangan elastis ε_e (*elastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan elastis bahan. Pada saat beban dilepaskan regangan ini akan kembali ke posisi semula.
- i. Regangan plastis ε_p (*plastic strain*) Regangan yang diakibatkan perubahan plastis. Pada saat beban dilepaskan regangan ini tetap tinggal sebagai perubahan permanen bahan.
- j. Regangan total (*total strain*) Merupakan gabungan regangan plastis dan regangan elastis, $\varepsilon_T = \varepsilon_e + \varepsilon_p$. 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.
- k. Tegangan tarik maksimum TTM (UTS, *ultimate tensile strength*) ditunjukkan dengan titik C (σ_β), merupakan besar tegangan maksimum yang didapatkan dalam uji tarik.

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 penambahan panjang vs beban mengikuti aturan Hooke sebagai berikut : rasio tegangan (*stress*) dan regangan (*strain*) adalah konstan. *Stress* adalah beban dibagi luas penampang bahan (persamaan 3.1) dan *strain* adalah penambahan panjang dibagi panjang awal bahan.

$$\text{Stress : } \sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(3.2)$$

F: Gaya Tarik (N)

A: Luas Penampang (mm²)

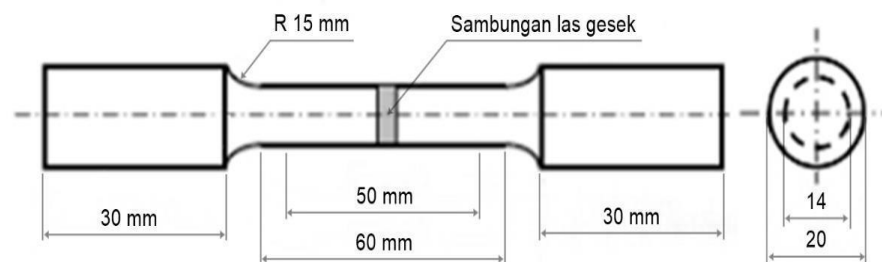
$$\text{Strain: } \epsilon = \frac{\Delta L}{L} \dots\dots\dots(3.3)$$

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*).

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



Gambar 3.18. Spesimen Uji Tarik Standar JIS Z 2201

Prosedur pengujian tarik sebagai berikut :

- Mengukur diameter serta panjang spesimen uji menggunakan jangka sorong, kemudian tandailah bagian tengah pada arah panjangnya sepanjang 70 mm sebagai panjang ukur benda uji.
- 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 alumunium 6061 dengan stainless steel 340: *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.
- l. Menyimpan data hasil uji yang telah dilakukan