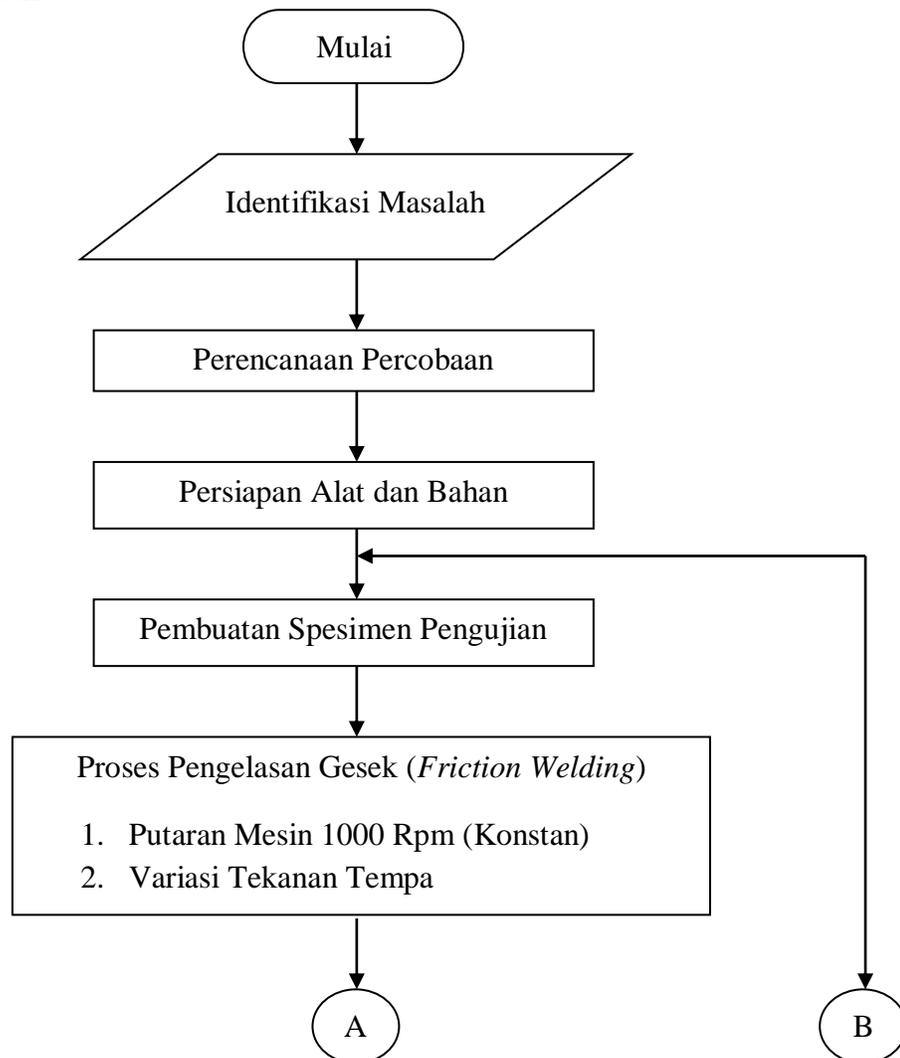


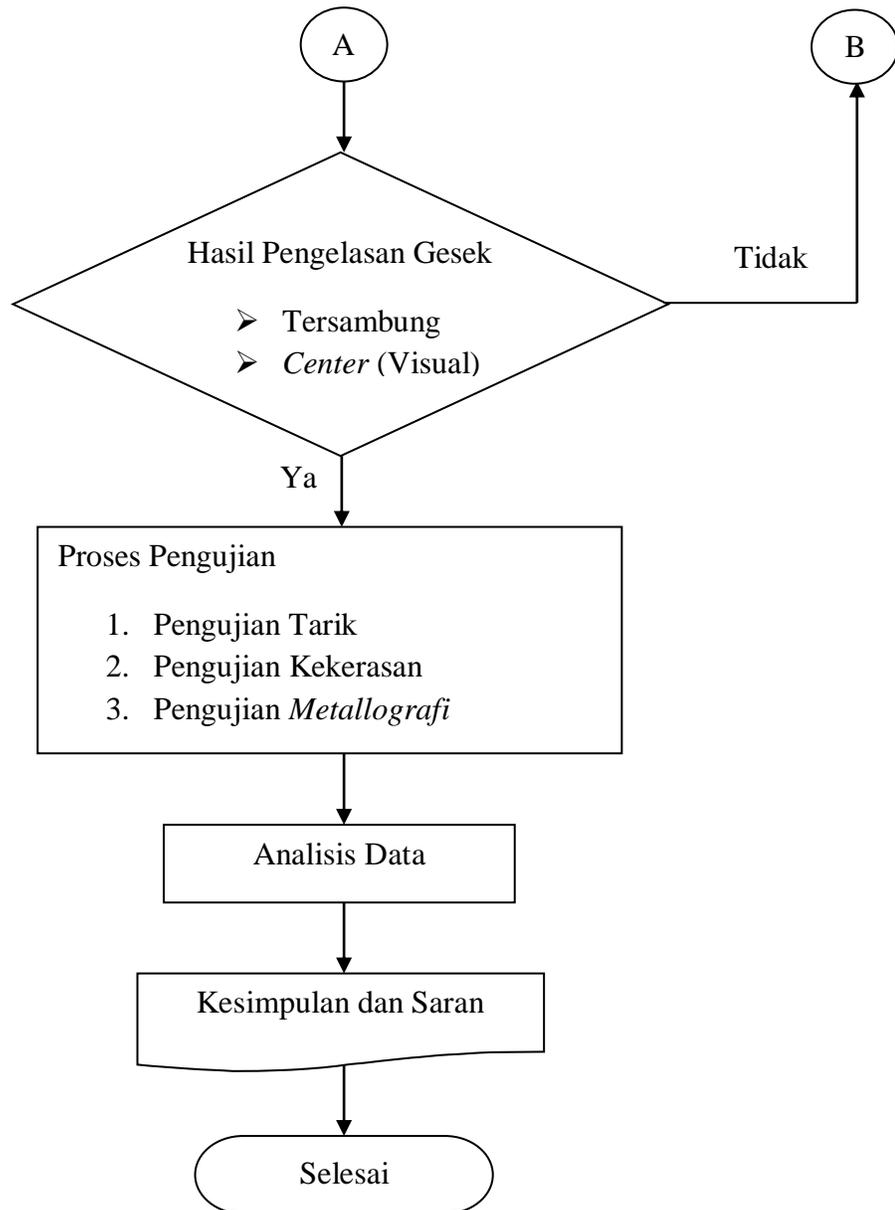
BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Sebelum melakukan proses penelitian pengelasan gesek perlu dibuatlah diagram alir untuk mempermudah menggambarkan proses operasional sehingga mudah dipahami dan mudah dilihat berdasarkan urutan dari proses penelitian pengelasan gesek.





Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Identifikasi Masalah

Dalam pengelasan gesek *continuous drive friction welding* khususnya pada proses penyambungan logam sama jenis AISI 304 menggunakan tekanan upset yang tepat untuk menghasilkan sambungan yang maksimum perlu dilakukan lebih lanjut. Tekanan upset yang diberikan sangat berpengaruh terhadap hasil sambungan. Perlu adanya penelitian untuk mendapatkan parameter-parameter tersebut dalam pengelasan gesek sehingga dapat dijadikan referensi untuk pengelasan selanjutnya.

Pada penelitian ini pemilihan material yang digunakan adalah AISI 304. Material AISI 304 merupakan bagian dari baja tahan karat tipe *austenitic* yang mempunyai sifat pada materialnya yaitu lebih baik pada ketahanan korosi sehingga hasil pengelasan yang diperoleh dapat terhindar dari korosi material. Selain itu AISI 304 mempunyai sifat mampu tempa yang sangat baik dan tahan terhadap suhu yang tinggi. Baja tahan karat AISI 304 juga mempunyai sifat kemampuan lasnya yang baik sehingga material jenis ini cocok digunakan sebagai material pengelasan.

3.3 Perencanaan Penelitian

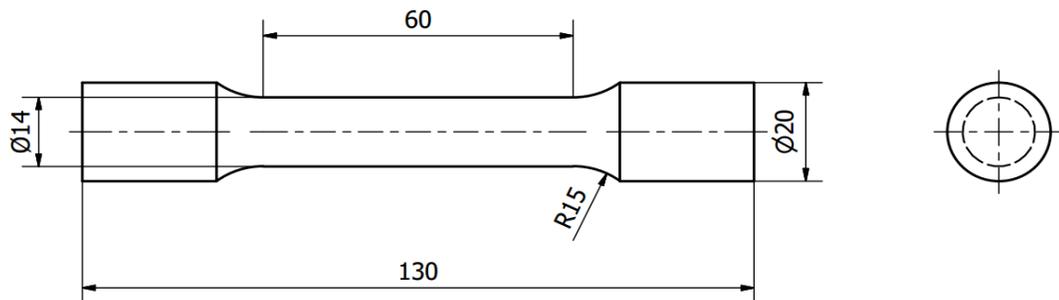
3.3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Dalam penelitian ini meliputi dua kegiatan utama yaitu : pembuatan specimen dan pengujian. Untuk pembuatan specimen dan pengujian specimen dilaksanakan di laboratorium Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta, waktu penelitian Januari 2017 – selesai. Adapun tempat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini sebagai berikut :

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

Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel antara lain :

1. Variabel bebas adalah variabel yang ditentukan sebelum penelitian.
Variabel bebas pada penelitian ini yaitu :
 - Tekanan upset 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160 MPa.
2. Variabel terikat adalah variabel yang nilainya tergantung dari variabel bebas.
Variabel terikat ini yaitu :
 - Kekuatan Tarik
 - Struktur Mikro
 - Kekerasan
3. Variabel kontrol yang besarnya dikendalikan selama penelitian ini.
Variabel kontrol dalam penelitian ini yaitu :
 - Putaran Spindle 1000 Rpm (putaran maksimal mesin yang digunakan)
 - Bahan yang digunakan yaitu Stainless Steel AISI 304
 - Diameter bahan yang digunakan pengelasan yaitu 14 mm
 - Tekanan Gesek 70 MPa
 - Waktu Gesek 5 detik
 - Waktu Upset 5 detik
 - Bahan Etsa Stainless Steel 304 HNO_3 dan HCL (1:3)
 - Bentuk specimen uji tarik sesuai dengan standar JIS (*Japan Industrial Standards*) Z 2201.



Gambar 3.2 Spesimen Uji Tarik Standar JIS Z 2201

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

Dari beberapa variabel dapat dibuat tabel sebagai acuan dalam pelaksanaan penelitian pengelasan gesek variasi pengaruh tekanan upset 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160 MPa terhadap kekuatan tarik, kekerasan material dan struktur mikro bahan stainless steel AISI 304. Tabel penelitian ditunjukkan pada tabel 3.1.

Tabel 3.1 rancangan penelitian awal pada bahan sama jenis *stainless steel 304*

No.	Tekanan Gesek (MPa)	Waktu Gesek (Detik)	Tekanan Upset (MPa)	Waktu Upset (MPa)	Kekuatan Tarik (MPa)
1.	70	5	70	5	
2.	70	5	80	5	
3.	70	5	90	5	
4.	70	5	100	5	
5.	70	5	110	5	
6.	70	5	120	5	
7.	70	5	130	5	
8.	70	5	140	5	
9.	70	5	150	5	
10.	70	5	160	5	

3.3.2 Penentuan Kecepatan Putaran dan Eksentisitas Sambungan

1. Kecepatan putaran mesin

Pada penelitian ini menggunakan kecepatan putaran mesin 1000 Rpm. Hal ini dikarenakan kecepatan putaran maksimal pada mesin yang digunakan yaitu 1000 Rpm. Selain itu putaran mesin 1000 Rpm ditentukan sama (konstan) dari setiap pengujian yang dilakukan karena pada penelitian ini

parameter yang bervariasi adalah tekanan *upset* sedangkan parameter yang lain seperti kecepatan putar, tekanan gesek ditentukan sama.

2. Eksentisitas hasil sambungan

Pada penelitian ini penentuan eksentisitas (*center*) pada hasil sambungan pengelasan dilihat secara visual. Selain itu penentuan eksentisitas juga dilakukan dengan melihat secara visual pantulan bayangan akibat dari sorotan lampu senter yang diarahkan pada sambungan pengelasan. Dari hasil pengamatan tersebut apabila didapatkan hasil sambungan yang terlihat mengalami posisi tidak *center* dengan pergeseran jarak yang besar maka material tersebut dilakukan pengujian ulang menggunakan spesimen yang baru. Namun apabila material hasil sambungan tersebut dapat dinyatakan memenuhi eksentisitas yang diinginkan akan dilakukan pengujian pada variasi parameter tekanan yang berikutnya.

3.4 Persiapan Alat dan Bahan

1. Alat Penelitian

- a. Alat utama (Mesin Las Gesek)



Gambar 3.3 Mesin Las Gesek

Alat ini merupakan alat utama yang digunakan untuk proses penyambungan logam sama jenis *stainless steel 304*. Prinsip kerja alat ini memanfaatkan energy panas yang dihasilkan oleh gesekan kedua material yang berputar dengan material yang diberi tekanan.

b. Mesin Bubut



Gambar 3.4 Mesin Bubut

Mesin bubut merupakan mesin perkakas tangan yang digunakan untuk mempersiapkan specimen silinder pejal *stainless steel 304* sebelum dilakukan proses penyambungan.

c. Mesin Uji Tarik



Gambar 3.5 Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik ini adalah alat yang digunakan untuk pengujian tarik specimen *stainless steel 304* yang telah dilakukan penyambungan untuk mengetahui kekuatan tarik dari sambungan specimen tersebut.

- d. Alat Uji Struktur Mikro dan Makro



Gambar 3.6 Alat Uji Struktur Mikro

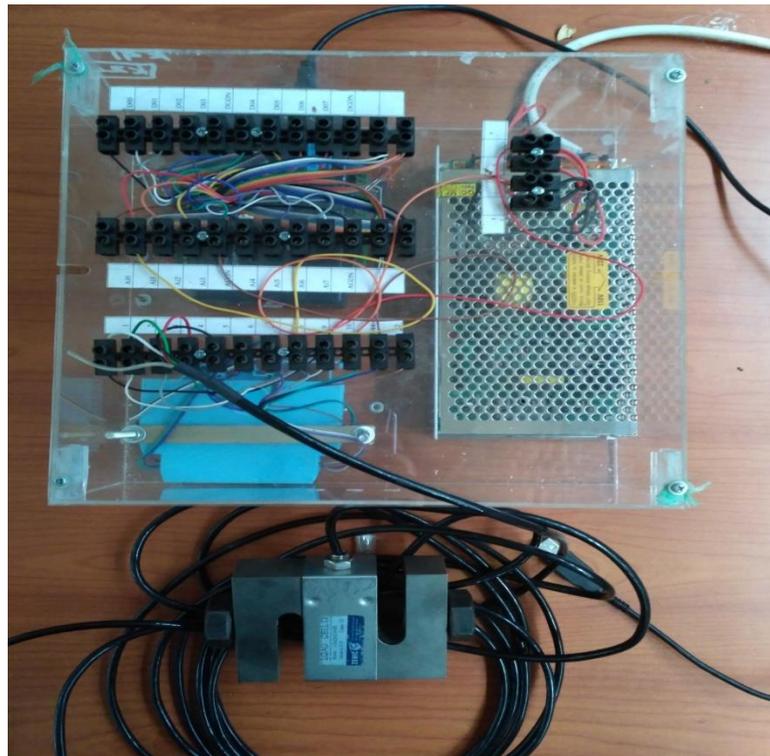
Alat ini yang digunakan untuk pengujian struktur mikro hasil dari sambungan logam *stainless steel 304*.



Gambar 3.7 Alat Uji Makro

Alat ini yang digunakan untuk pengujian makro sambungan hasil dari pengelasan gesek logam *stainless steel 304*.

e. LoadCell



Gambar 3.8 *LoadCell*

Alat ini merupakan alat yang digunakan untuk mengetahui parameter waktu dan tekanan pada sebelum proses penyambungan dan selama proses penyambungan dengan disambungkan ke laptop menggunakan aplikasi data *logger*.

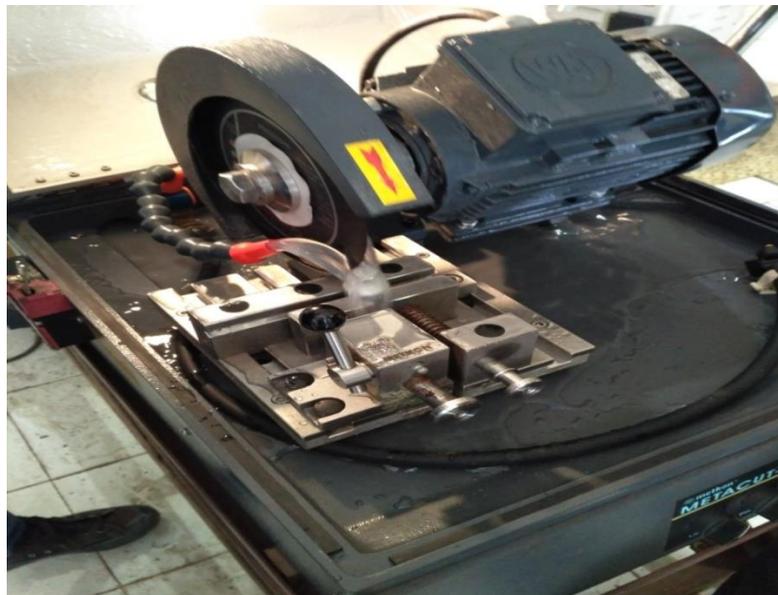
f. Mesin Gergaji



Gambar 3.9 Mesin Gergaji

Alat ini yang digunakan untuk memotong specimen *stainless steel 304* sebelum dilakukan proses pembubutan.

g. Mesin Potong (*MetaCut*)



Gambar 3.10 Mesin *MetaCut*

Mesin ini adalah mesin pembelah yang digunakan untuk membelah hasil dari proses penyambungan dari *stainless steel 304* yang akan dilakukan pengujian struktur mikro.

h. Alat Uji Kekerasan Vickers



Gambar 3.11 alat Uji Kekerasan

Alat ini merupakan alat yang digunakan untuk pengujian kekerasan hasil dari sambungan *stainless steel 304*.

i. *Grinding Belt*



Gambar 3.12 *Grinding Belt*

Alat ini merupakan alat yang digunakan untuk proses pengamplasan maupun proses pemolesan untuk dilakukan pengujian mikro dari hasil sambungan *stainless steel 304*.

2. Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah :

Stainless Steel 304

Tabel 3.2 Paduan *AISI 304* (Paventhann dkk, 2011)

Alloy	C	P	S	Mn	Si	Cr	Ni
Weight (%)	0.08	0.045	0.30	2.0	0.75	19	10

3.5 Persiapan Penelitian

Persiapan awal yang dilaksanakan sebelum melakukan penelitian ini yaitu dengan memeriksa kondisi alat yang akan digunakan apakah dalam keadaan baik atau tidak, supaya pada saat penelitian yang dilakukan hasil data yang diperoleh lebih akurat dan teliti. Adapun langkah-langkah pemeriksaan yang dilakukan antara lain :

3.5.1 Alat Ukur

Alat ukur seperti jangka sorong, *load cell*, *stop watch*, *pressure gauge* dan mistar sebelum digunakan lebih baik diperiksa terlebih dahulu. Hal tersebut bertujuan agar alat yang digunakan dalam keadaan normal dan standar.

3.5.2 Kalibrasi Mesin *Friction Welding*

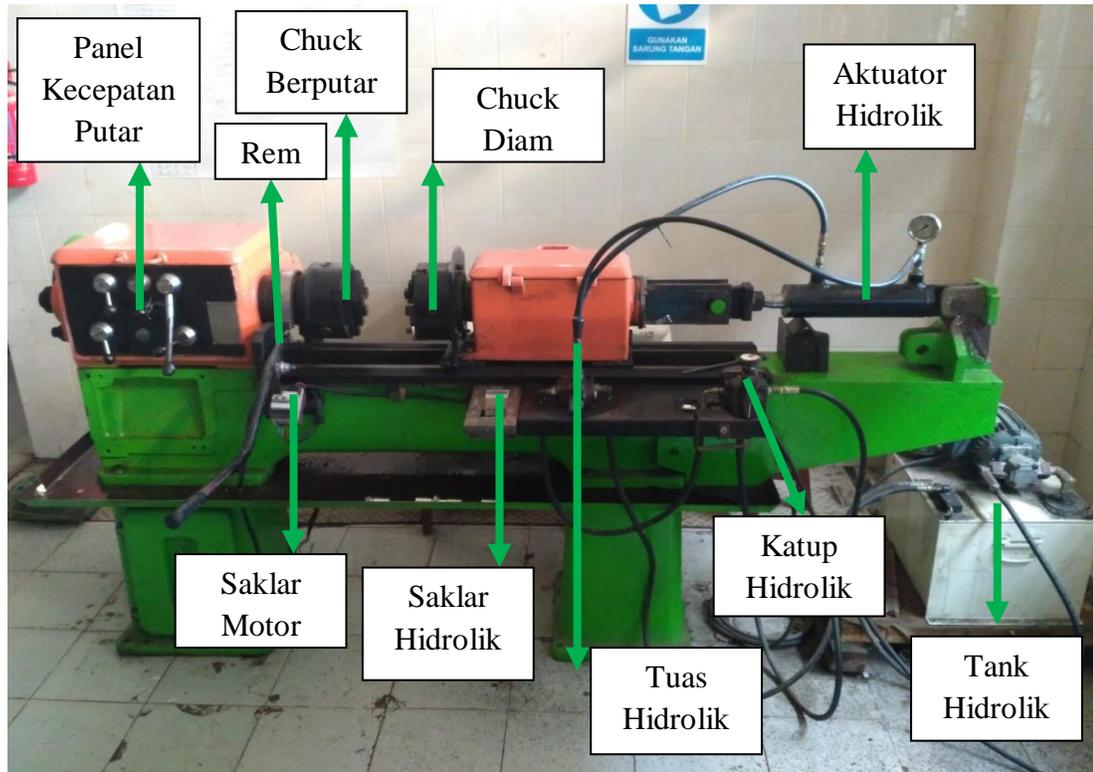
Kalibrasi mesin *friction welding* ini bertujuan agar mendapatkan hasil pengujian sesuai variasi parameter yang telah ditentukan. Variasi yang akan diberikan pada proses pengujian ini adalah variasi tekanan. Kalibrasi mesin ini dilakukan dengan cara mengukur tekanan pada bagian depan hidrolik atau bagian cekam menggunakan *loadcell* dan dilihat melalui layar monitor dengan menekan pegas untuk mengukur besarnya pengaruh tekanan yang akan diberikan dengan penyetelan katup *pressure gauge*. Kemudian juga dilakukan pengukuran tekanan pada bagian belakang hidrolik atau bagian pegas hidrolik menggunakan *loadcell* tersebut.

Kalibrasi mesin ini untuk mengetahui berapa selisih tekanan yang dihasilkan didepan dan belakang hidrolik. Dikarenakan hidrolik tersebut mengalami gaya gesekan dengan tumpuan hidrolik pada mesin *friction welding* sehingga akan sedikit mempengaruhi dari tekanan yang diberikan. Hasil kalibrasi pada mesin ini dari setiap variasi diasumsikan tidak mempengaruhi hasil pengelasan. Penyetelan ini dimaksudkan untuk mengetahui berapa besar tekanan setiap dilakukan pembukaan katup secara bervariasi.

3.6 Pelaksanaan Penelitian

3.6.1 Skema Mesin *Friction Welding*

Mesin ini merupakan alat utama yang digunakan dalam proses penyambungan logam *stainless steel 304*. Skema mesin *friction welding* ini dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13 Skema Mesin *Friction Welding*

3.6.2 Pembuatan Bentuk Spesimen

Langkah-langkah untuk pembuatan bentuk specimen adalah sebagai berikut :

- Mempersiapkan alat dan bahan untuk pengelasan gesek.
- Memotong bahan *stainless steel 304* menggunakan mesin gergaji dengan panjang 75 mm
- Memasang pahat dan mengatur kecepatan pada mesin bubut.
- Bubut specimen pengujian dengan standar *JIS Z 2201*.
- Setelah specimen selesai dibubut, selanjutnya mulai melakukan proses pengelasan gesek

3.6.3 Proses Pengelasan

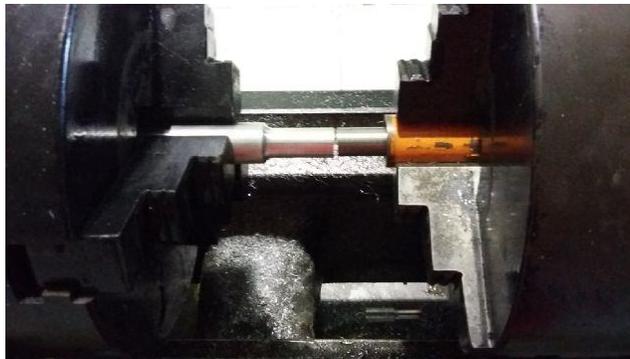
Langkah-langkah dalam proses pengelasan yang akan dilakukan adalah sebagai berikut :

- a. Melakukan pemotongan dan pembubutan bahan *stainless steel 304* sesuai dengan standar JIS Z 2201.



Gambar 3.14 Hasil Pemotongan Bahan *Stainless Steel 304* yang sudah dibuat sesuai dengan Standar JIS Z 2201.

- b. Melakukan kalibrasi mesin *friction welding* untuk mengetahui tekanan yang diinginkan.
- c. Melakukan pengaturan kecepatan putaran mesin dengan mengatur spindle pada putaran 1000 Rpm.
- d. Memasang benda kerja pada *chuck* mesin *friction welding* dengan posisi yang center agar tidak terlalu banyak guncangan.



Gambar 3.15 Pemasangan Spesimen pada Posisi Center

- e. Menghidupkan mesin *friction welding*
- f. Melakukan tekanan secara perlahan dengan menekan tuas hidrolik sehingga hidrolik bergerak maju dan akan terjadi penekanan,
- g. Mengatur tekanan gesek sebesar 70 MPa dengan waktu gesek diberikan selama 5 detik.
- h. Setelah waktu selama gesekan tercapai maka matikan mesin dengan menarik tuas rem sampai putaran pada mesin berhenti.
- i. Kemudian melakukan tekanan *upset* dengan variasi tekanan *upset* yang diberikan sebesar 70 MPa, 80 MPa, 90 MPa, 100 MPa, 110 MPa, 120 MPa, 130 MPa, 140 MPa, 150 MPa, 160 MPa.
- j. Setelah proses tekanan *Upset* yang diberikan selesai kemudian lepas benda kerja pada *chuck* mesin *friction welding* dan ambil benda kerja menggunakan tang karena kondisi benda kerja masih panas.
- k. Setelah proses pengelasan dilakukan, selanjutnya menentukan eksentisitas (*center*) kondisi tersambung sesuai yang diinginkan pada hasil sambungan pengelasan.



Gambar 3.16 Hasil Pengelasan Gesek

- l. Setelah benda kerja tersambung kemudian dibubut kembali untuk menghilangkan *flash* pada sambungan benda kerja hasil pengelasan gesek.

3.7 Pelaksanaan Pengujian

3.7.1 Pengujian Tarik

Pengujian ini dilakukan pada specimen hasil dari proses pengelasan gesek.

Pengujian tarik dilakukan melalui beberapa prosedur, antara lain sebagai berikut :

- a. Mengukur panjang benda uji, diameter dan panjang total dari specimen dengan menggunakan jangka sorong.
- b. Menghidupkan mesin uji tarik *universal testing machine (UTM)* beserta dengan computer pengendaliannya.
- c. Memasang benda kerja pada kedua cekam dari mesin uji tarik.
- d. Menjalankan program U60
- e. Mengisi data material pada *Method Window* yaitu :
 - Untuk sampel sambungan silinder *stainless steel 304* : *width* (lebar specimen), *thickness* (tebal dari specimen), *gauge length* (panjang uji), *grip length* (panjang penjepit) dan *weight* (berat specimen).
 - Persiapan test untuk menentukan metode pengujian.
 - Menentukan kecepatan uji tarik pada pengujian ini menggunakan kecepatan test speed 1 mm/min sebagai standar kecepatan setiap pengujian.
- f. Selanjutnya adalah membuka layar *report* untuk menampilkan : *test no*, *test date*, *area*, *yield point*, *yield strength*, *elongation*, *max load* dan *break*.
- g. Pengujian dimulai dengan menekan tombol test pada tool box, setelah tombol ditekan kemudian pengujian dimulai dan grafik proses penarikan akan tampak dilayar, sesudah benda uji patah kemudian mesin akan berhenti secara otomatis.
- h. Kemudian selanjutnya menyimpan hasil dari pengujian tarik menjadi 3 file : grafik (*excel*), gambar (*jpg*) dan file data *txt*.

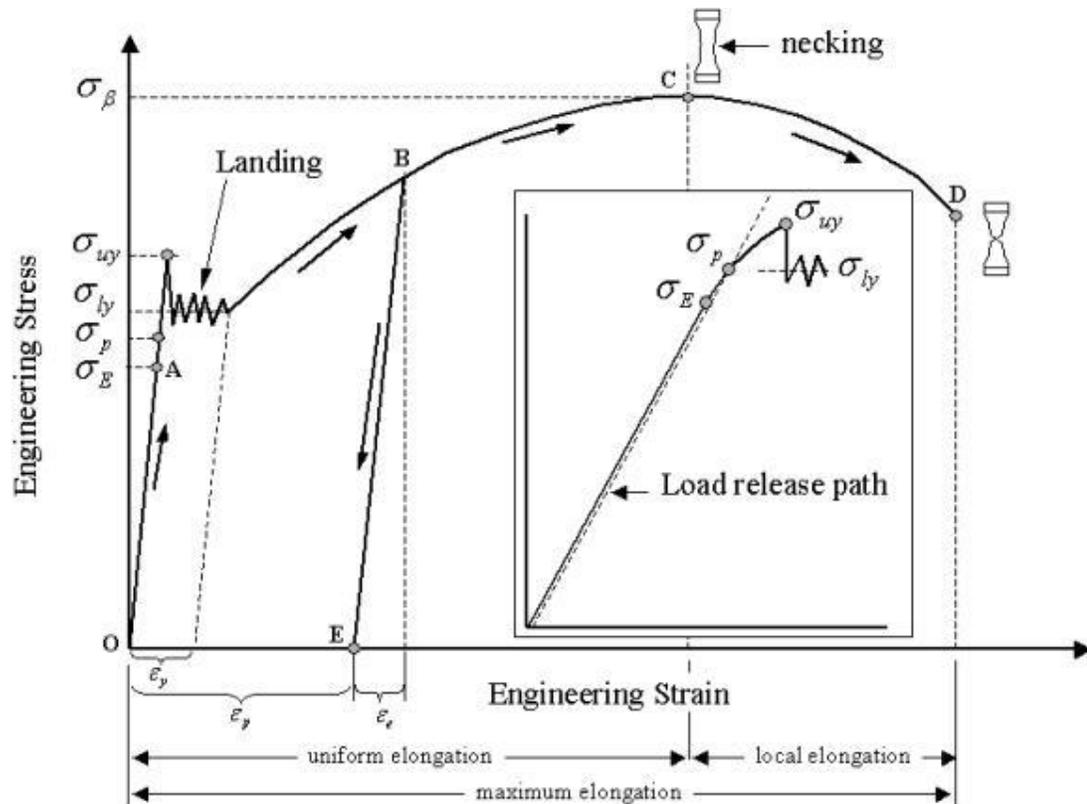
- i. Melepas benda hasil pengujian dari cekam mesin uji tarik.
- j. Melakukan pengujian yang sama pada specimen yang lainnya.

Tegangan : $\sigma = F/A$persamaan(3.1)

F : gaya tarikan, A : luas penampang

Regangan : $\varepsilon = \Delta L/L$persamaan(3.2)

ΔL : pertambahan panjang, L : panjang awal bahan



Gambar 3.17 Profil Singkat Pengujian Tarik (Sastranegara, 2009)

3.7.2 Pengujian Kekerasan

Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah indenter intan yang memiliki bentuk menyerupai piramida dengan sudut 136°. Prinsip yang digunakan sama

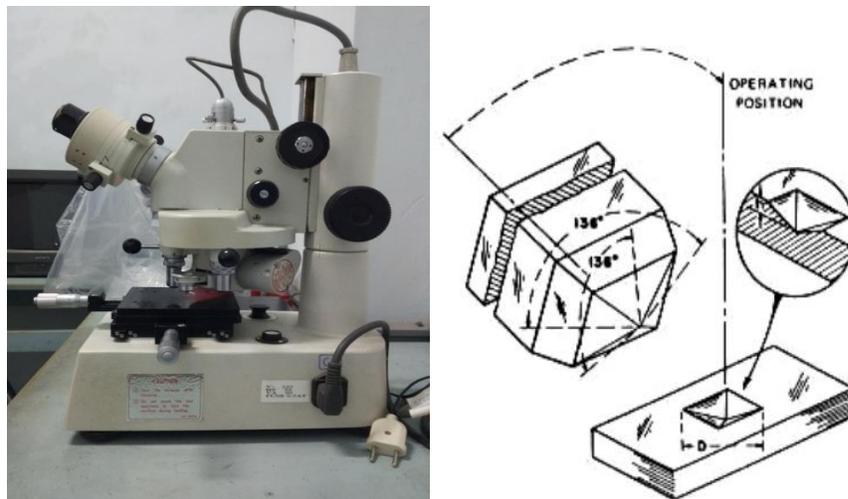
dengan pengujian pada metode brinell walaupun jejak yang dihasilkan berbentuk bujur sangkar berdiagonal. Panjang diagonal kemudian diukur dengan skala pada mikroskop optic. Nilai kekerasan material didapatkan dari persamaan berikut ini :

$$VHN = \frac{2P \sin\left(\frac{\theta}{2}\right)}{d^2} \dots\dots\dots \text{persamaan(3.3)}$$

P = Beban yang diberikan (Newton)

d = panjang diagonal rata-rata

θ = sudut antara permukaan



Gambar 3.18 Alat Uji Metode Vickers dan Skematis Proses Indentasi

3.7.3 Pengujian Metallografi

Metallografi merupakan ilmu yang mempelajari tentang cara pemeriksaan logam untuk mengetahui sifat, struktur, prosentase dan temperatur campuran pada logam tersebut. Dalam *metallografi* terdapat dua pengujian yang dikenal pengujian makro dan pengujian mikro. Pengujian makro yaitu pengujian bahan dengan menggunakan mata terbuka untuk mengetahui celah dan permukaan pada bahan. Pengujian ini biasanya digunakan pada bahan yang berstruktur Kristal besar misalnya logam hasil coran dan bahan yang termasuk non logam. Sedangkan pengujian mikro yaitu pengujian pada bahan logam yang struktur kristalnya tergolong halus sehingga

dalam pengujiannya diperlukan mikroskop optic atau bahkan menggunakan mikroskop electron.

Adapun langkah-langkah pengujian *metallografi* antara lain sebagai berikut :

1. Specimen atau benda yang akan dilakukan pengujian.
2. Memotong dan membelah specimen hasil dari pengelasan gesek.
Pemotongan specimen yang dipilih sesuai dengan tujuan pengamatan yang akan dilakukan.
3. *Mounting* atau membingkai specimen hasil dari pemotongan agar benda kerja yang akan diuji mudah untuk dikerjakan, proses pelapisan ini menggunakan material cairan resin.
4. *Grinding belt* atau pengamplasan menggunakan mesin dibantu dengan aliran air yang berfungsi untuk menghilangkan butiran-butiran sisa dari proses pengamplasan. Kertas amplas yang digunakan yaitu seri : 120, 320, 1000, 1500 dan 2000.
5. *Metallografi polishing table* atau pemolesan, langkah ini dilakukan setelah proses pengamplasan kemudian dilakukan pemolesan menggunakan *autosol* agar didapat tampak permukaan yang halus dan mengkilap bebas dari goresan.
6. *Etching reagent* atau mengetsa menggunakan larutan kimia yang bertujuan untuk memunculkan mikrostruktur specimen agar dapat dilihat menggunakan mikroskop. Pada specimen *stainless steel 304* larutan kimia yang digunakan untuk proses etsa adalah menggunakan : HNO_3 dan HCL perbandingan 1:3.
7. Kemudian dilihat menggunakan mikroskop optic.
8. Hasil foto mikro yang didapatkan kemudian disimpan kedalam file computer untuk kemudian dilakukan analisa.