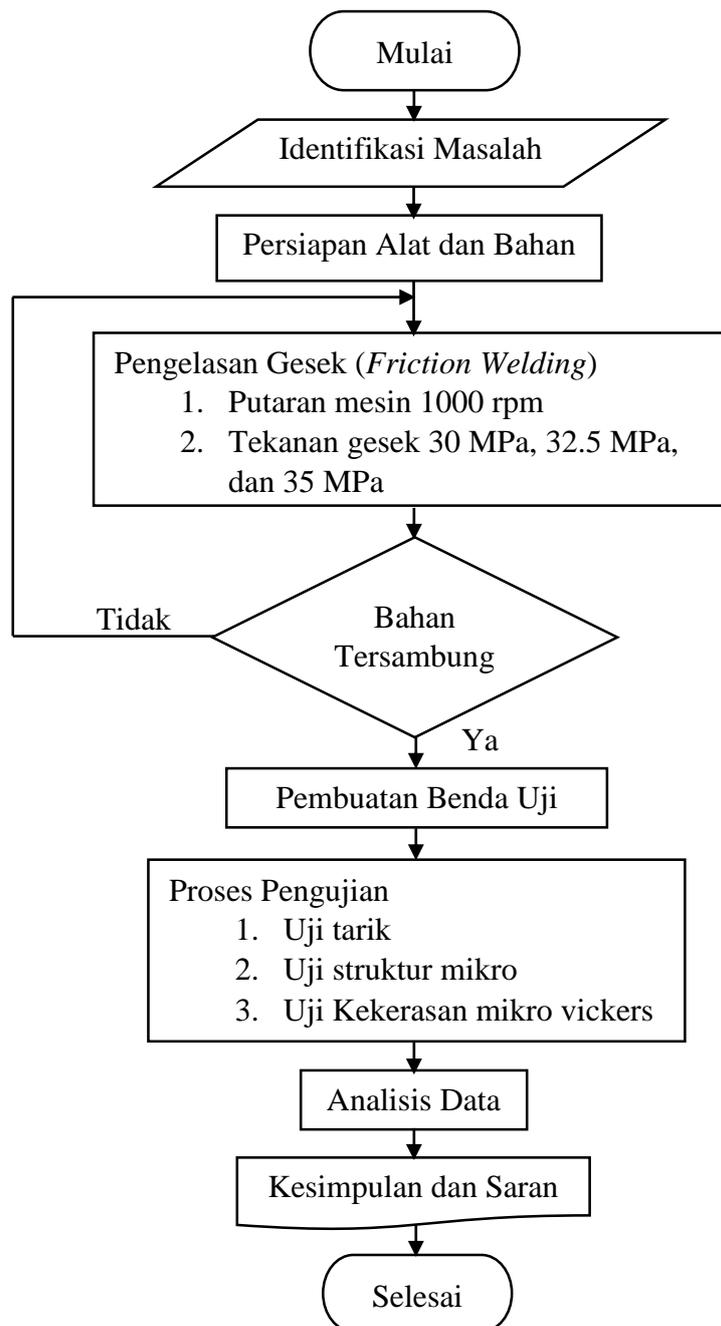


BAB III METODE PENELITIAN

3.1. Diagram Alir Penelitian

Supaya mempermudah alur panduan dalam pelaksanaan penelitian, maka dibuatlah diagram alir penelitian sebagai berikut:



Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian

3.2. Identifikasi Masalah

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah masih kurangnya informasi tentang parameter yang digunakan untuk proses pengelasan gesek (*Friction welding*), salah satunya ialah tekanan gesek yang diberikan saat proses penyambungan dengan pengelasan gesek. Acuan dalam pemberian tekanan gesek saat proses pengelasan pada bahan pipa *stainless steel 304* masih belum ada. Perlu adanya penelitian untuk mendapatkan parameter tentang tekanan gesek yang diberikan saat proses pengelasan gesek pada bahan pipa *stainless steel 304*, sehingga bisa dijadikan sebagai acuan pada pengelasan berikutnya.

3.3. Perencanaan Penelitian

Parameter yang digunakan untuk acuan dalam pelaksanaan penelitian pada pengelasan gesek (*friction welding*) menggunakan variasi tekanan gesek terhadap struktur mikro, kekerasan, dan sifat tarik dengan bahan pipa *stainless steel 304*. Penelitian ini hanya memvariasi tekanan gesek yaitu 30 MPa, 32,5 MPa, dan 35 MPa. Sedangkan parameter lain yang digunakan seperti putaran konstan pada mesin las gesek yaitu 1000 rpm. Pengelasan dilakukan sebanyak 4 kali pada setiap variasi tekanan gesek.

3.3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari tanggal 12 Februari 2018 hingga 21 April 2018. Dimulai dari pembelian bahan pipa *stainless steel 304*, penyambungan bahan *stainless steel 304* dengan metode pengelasan gesek (*friction welding*), dan pembuatan spesimen benda uji. Dilanjutkan dengan pengujian hasil dari penyambungan pada tanggal 11 April 2018 hingga 21 April 2018.

Tempat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta.
2. Laboratorium Material Teknik, Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Yogyakarta
3. Laboratorium *Testing Material* D-3 Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada

3.3.2 Alat dan Bahan Penelitian

A. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin las gesek (*friction welding*), adalah alat yang digunakan dalam proses pengelasan gesek untuk penyambungan pipa *stainless steel 304*.



Gambar 3.2. Mesin las gesek (*friction welding*)

2. Mesin bubut adalah alat yang digunakan untuk membuat bentuk benda uji bahan *stainless steel 304* setelah proses pengelasan gesek.



Gambar 3.3. Mesin bubut

3. Alat uji tarik *Universal Testing Machine (UTM)* adalah alat yang digunakan untuk pengujian tarik. Bentuk benda uji untuk pengujian tarik sesuai dengan standar *Japanese Industrial Standart (JIS) Z 2201*.



Gambar 3.4. Mesin uji tarik *Universal Testing Machine (UTM)*

4. Alat uji *Metallurgical microscope inverted type* adalah alat yang berfungsi untuk melihat perubahan struktur mikro hasil dari sambungan pengelasan gesek bahan pipa *stainless steel 304*.



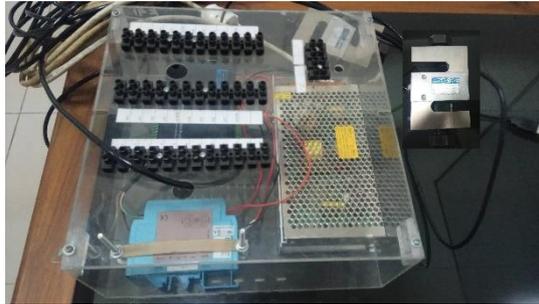
Gambar 3.5. *Metallurgical microscope inverted type*

5. Mesin uji kekerasan vickers adalah alat yang digunakan untuk pengujian kekerasan pada daerah di daerah sambungan, HAZ, dan *base material* hasil sambungan pengelasan gesek bahan pipa *stainless steel 304*.



Gambar 3.6. *Hardness vickers*

6. *Load cell* adalah alat yang berfungsi untuk menampilkan tekanan pada mesin las gesek sebelum proses pengelasan dan digunakan saat proses pengelasan berlangsung dengan menghubungkan ke laptop menggunakan aplikasi data logger. *Load ceel* dapat dilihat pada gambar 3.7.



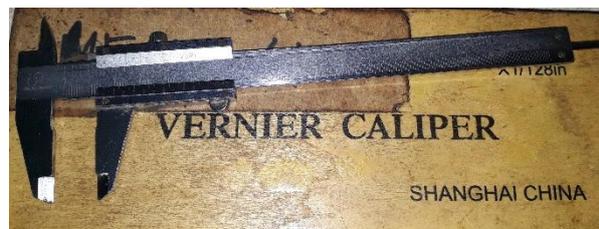
Gambar 3.7. *Load cell*

7. *Saw machine* adalah alat yang berfungsi untuk memotong pipa *stainless steel 304* berukuran 72 mm sebelum dilakukan pengelasan gesek.



Gambar 3.8. *Saw machine*

8. Jangka sorong adalah alat yang berfungsi untuk mengukur diameter, panjang, dan lebar benda kerja.



Gambar 3.9. Jangka sorong

9. Pahat bubut adalah alat yang berfungsi untuk membentuk benda uji sesuai dengan yang telah direncanakan menggunakan mesin bubut .
10. Gerinda pahat adalah alat yang berfungsi untuk mangasah mata pahat yang tumpul supaya tajam kembali. Gerinda pahat dapat dilihat pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Gerinda pahat

11. Mesin *polish* adalah mesin yang berfungsi untuk meratakan dan memoles benda uji yang akan diuji kekerasan dan struktur mikro.



Gambar 3.11. Mesin *polish*

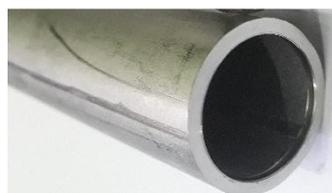
12. Gergaji besi adalah alat yang berfungsi untuk memotong dan membelah benda uji yang akan digunakan untuk pengujian.



Gambar 3.12. Gergaji besi

B. Bahan penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah pipa *Stainless steel* 304 berukuran $\frac{1}{2}$ inc dengan diameter luar 21,5 mm dan diameter dalam 17,5 mm. Bahan pada penelitian ini dapat dilihat pada gambar 3.13.



Gambar 3.13. pipa $\frac{1}{2}$ inc *Stainless steel* 304

3.4. Pelaksanaan Penelitian

3.4.1. Kalibrasi Mesin Las Gesek

Sebelum memulai pengelasan perlu dilakukan kalibrasi mesin las terlebih dahulu. Kalibrasi ini bertujuan untuk mendapatkan hasil pengelasan yang sesuai dengan parameter yang diinginkan. Pada pengujian ini menggunakan variasi tekanan gesek. Kalibrasi ini berfungsi untuk mengetahui berapa selisih tekanan yang dihasilkan dibagian depan dan belakang hidrolik pada mesin las gesek. Bagian hidrolik mengalami gaya gesekan dengan tumpuan hidrolik, sehingga dapat mempengaruhi hasil dari tekanan yang diberikan.

Kalibrasi mesin las gesek dilakukan dengan cara mengukur tekanan dibagian depan pada cekam menggunakan *load cell*, setelah itu dilihat hasilnya melalui aplikasi data logger di laptop dengan menekan pegas untuk mengukur besarnya pengaruh tekanan yang akan diberikan tanpa penyetelan katup *pressure gauge*. Pengukuran tekanan juga dilakukan pada bagian belakang hidrolik atau bagian pegas hidrolik menggunakan *load cell*. Hasil kalibrasi mesin las gesek tersebut dari setiap variasi tekanan gesek diasumsikan tidak mempengaruhi hasil pengelasan. Penyetelan ini bermaksud untuk mengetahui besarnya tekanan setiap dilakukan pembukaan katup hidrolik secara bervariasi.

3.4.2. Komponen Mesin Las Gesek

Komponen pada mesin pengelasan gesek (*friction welding*) dapat dilihat pada gambar 3.14.



Gambar 3.14. Komponen mesin las gesek

Menurut Barlas, dkk. (2014) mesin pengelasan gesek seperti ini merupakan mesin jenis *rotary friction welding*. Cara kerja mesin ini adalah salah satu benda kerja berputar dengan kecepatan tinggi dan benda kerja yang lain diam, dengan memberikan tekanan pada benda kerja diam akan bergerak kearah benda kerja yang berputar sehingga terjadinya proses pengelasan gesek. Setelah suhu pada permukaan benda kerja yang bergesekan telah mencapai nilai optimum untuk deformasi plastis, benda kerja yang berputar dihentikan dengan cara pengeraman lalu benda kerja diam memberikan tekanan tempa untuk menyempurnakan hasil pengelasan.

Mesin las gesek ini adalah hasil modifikasi dari mesin bubut yang di tambahkan perangkat sehingga memiliki fungsi sebagai mesin las gesek. Komponen yang terdapat pada mesin pengelasan gesek adalah sebagai berikut:

1. Saklar motor adalah komponen yang berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan putaran mesin pada spindel putar. Saklar motor terhubung dengan tuas rem sehingga jika tuas rem ditarik maka mesin akan mati.
2. Saklar hidrolik adalah komponen yang berfungsi untuk menghidupkan dan mematikan sistem hidrolik.
3. Spindel putar adalah komponen yang berfungsi untuk mencekam dan memutar benda kerja sesuai putaran pada mesin.
4. Spindel diam adalah komponen yang berfungsi untuk mencekam benda kerja yang diam. Spindel diam terhubung dengan sistem hidrolik yang memberikan tekanan pada benda kerja yang berputar.
5. Rem adalah komponen yang berfungsi untuk menghentikan putaran benda kerja pada spindel putar sesuai waktu yang sudah direncanakan.
6. Tuas hidrolik adalah komponen yang berfungsi untuk membuka dan menutup aliran fluida pada sistem hidrolik.
7. Katup hidrolik adalah komponen yang berfungsi untuk mengatur aliran fluida yang masuk pada sistem hidrolik.
8. Akulator hidrolik adalah komponen yang berfungsi sebagai penggerak dan pemberi tekanan spindel diam.
9. Tangki hidrolik adalah tempat untuk menampung fluida hidrolik.

3.4.3. Proses Pembuatan Benda Uji

Proses pembuatan benda uji adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan untuk pengelasan gesek.
2. Melakukan pemotongan pada bahan pipa *stainless steel* 304 dengan panjang 72 mm menggunakan saw *machine*.
3. Memasang pahat bubut dan mengatur kecepatan pada mesin bubut.
4. Meratakan permukaan pipa *stainless steel* 304 dengan mesin bubut.
5. Setelah benda uji sudah dibuat, selanjutnya memulai pelaksanaan penyambungan bahan dengan metode pengelasan gesek.

3.4.4. Proses Pengelasan Gesek

Proses pengelasan gesek untuk penyambungan bahan pipa *stainless steel* 304 adalah sebagai berikut:

1. Mempersiapkan alat dan bahan yang diperlukan.
2. Melakukan kalibrasi pada mesin las gesek.
3. Melakukan pemasangan benda uji pada spindel diam dan benda uji yang lain pada spindel putar dengan cara dicekam.
4. Mengatur putaran mesin las gesek dengan kecepatan 1000 rpm.
5. Mengatur tekanan yang akan diberikan saat proses pengelasan yaitu variasi tekanan gesek 30, 32,5, 35 MPa.
6. Menghidupkan motor mesin las gesek dan motor hidrolik, selanjutnya menarik tuas hidroik sehingga spindel diam bergerak hingga bergesekan dan menekan benda uji yang berputar sesuai dengan tekanan yang ditentukan.
7. Penyambungan dan penekanan dilakukan hingga kedua benda uji tersambung.
8. Setelah benda uji tersambung mesin las gesek dimatikan dengan cara pengereman, selanjutnya melepaskan benda uji yang telah tersambung dan biarkan sampai benda uji dingin dengan sendirinya.
9. Mengulangi proses tersebut dari awal hingga akhir dengan parameter variassi tekanan gesek yang telah ditentukan.

3.5. Proses Pengujian

Hasil spesimen dari penyambungan benda uji menggunakan metode pengelasan gesek pada variasi tekanan gesek 30 MPa, 35 MPa, dan 35 Mpa akan diuji dengan pengujian metallografi, pengujian kekerasan, dan pengujian tarik.

3.5.1. Proses pengujian metallografi

Pengujian metallografi berfungsi untuk menampilkan gambar dari struktur mikro hasil penyambungan benda uji dengan pengelasan gesek. Gambar struktur mikro tersebut dapat diteliti lebih lanjut mengenai hubungan bentuk struktur mikro dengan sifat logam benda uji tersebut. Proses pengujian metallografi adalah sebagai berikut:

1. Membuat spesimen yang akan diuji.
2. Memotong dan membelah spesimen pengelasan gesek dari setiap variasi tekanan gesek dengan gergaji besi.
3. *Mounting* atau mencetak spesimen yang sudah terbelah menggunakan resin dan katalis dengan cara memasukan spesimen kedalam cetakan yang telah dibuat.
4. Menghaluskan permukaan spesimen uji metallografi yang telah selesai dicetak dengan menggunakan mesin *polish* dan amplas nomer 120, 320, 800, 1000, 1200, 2000 secara berurutan dari kasar hingga halus.
5. Setelah permukaan spesimen sudah halus, selanjutnya melakukan *polishing* menggunakan pasta autosol agar mengkilap dan menghilangkan goresan pada permukaan spesimen.
6. Melakukan pengetsaan spesimen dengan larutan kimia agar struktur mikro material dapat terlihat.
Pengetsaan *stainless steel*: $\text{HNO}_3 + \text{HCl}$ dengan perbandingan (3:1) teteskan dan diamkan selama 1 menit.
7. Setelah dietsa spesimen dicuci dengan air yang mengalir kemudian dibilas dengan alkohol dan mengeringkan menggunakan *dryer*.
8. Mengambil foto mikro spesimen uji metallografi dengan 100x perbesaran.
9. Menyimpan data hasil pengujian.

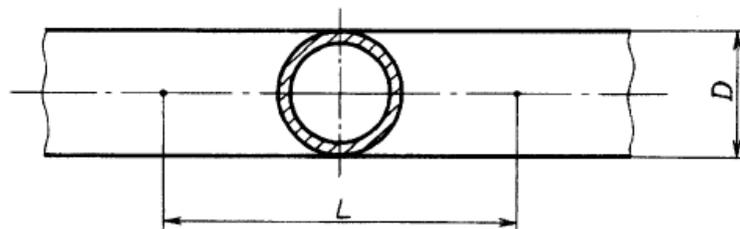
3.5.2. Proses pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan pada penelitian ini menggunakan alat uji kekerasan vikers yang berfungsi untuk mengetahui hasil kekerasan pada spesimen uji. Proses pengujian kekerasan vikers adalah sebagai berikut:

1. Pembuatan spesimen yang akan diuji kekerasan
2. Memotong dan membelah spesimen dengan menggunakan gergaji besi.
3. Mencetak spesimen yang terbelah menggunakan resin dan katalis dengan cara memasukan spesimen uji kedalam wadah yang sudah dibuat.
4. Menghaluskan permukaan spesimen uji yang sudah dicetak menggunakan amplas dan *polishing* dengan autosol.
5. Melakukan pengujian kekerasan vikers pada spesimen uji dengan pembebanan sebesar 200 gf.
6. Menyimpan data hasil pengujian.
7. Melakukan pengujian yang sama untuk spesimen yang lain dari awal proses hingga akhir.

3.5.3. Proses Pengujian Tarik

Pengujian tarik pada penelitian ini menggunakan mesin uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM) yang berfungsi untuk mengetahui kekuatan bahan terhadap gaya tarik. Bentuk spesimen uji sesuai dengan standar JIS Z 2201 sebagai berikut.



Gambar 3.15. Standar JIS Z 2201

Panjang lengt dpat dituliskan dalam persamaan 3.1 sebagai berikut.

$$L = 5,65 \sqrt{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

L = Gauge lenght

A = Luas penampang

Proses pengujian tarik adalah sebagai berikut:

1. Membuat spesimen uji tarik sesuai dengan standar JIS Z 2201.
2. Menghidupkan mesin uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM) dan unit komputer pengendalinya.
3. Memasang spesimen uji tarik pada bagian cekam di mesin uji tarik.
4. Menjalankan program U60
5. Melakukan pengisian data material pada '*Method window*'.
 - a. Spesimen uji sambungan *stainless steel* 304: lebar spesimen uji (*width*), tebal spesimen uji (*thickness*), Panjang uji (*gauge length*), dan panjang penjepit (*grip length*).
 - b. Menentukan metode pengujian.
 - c. Menentukan kecepatan uji tarik. Penelitian ini menggunakan *test speed* 25 mm/min sebagai standar kecepatan pengujian tarik setiap spesimen uji.
6. Membuka layar '*report*' pada komputer untuk menampilkan: *test no*, *test date*, *area*, *yield point*, *max load*, dan *break*.
7. Menekan tombol '*TEST*' pada *tool box* untuk memulai pengujian tarik.
8. Setelah spesimen uji patah mesin akan berhenti secara otomatis dan layar komputer akan menampilkan grafik tegangan-regangan hasil uji tarik.
9. Menyimpan hasil pengujian menjadi 3 file yaitu grafik (excel), file pdf, dan file data txt.
10. Melepaskan spesimen uji dari cekam pada mesin uji tarik.
11. Melakukan pengujian yang sama untuk spesimen uji yang lain dari awal hingga akhir.