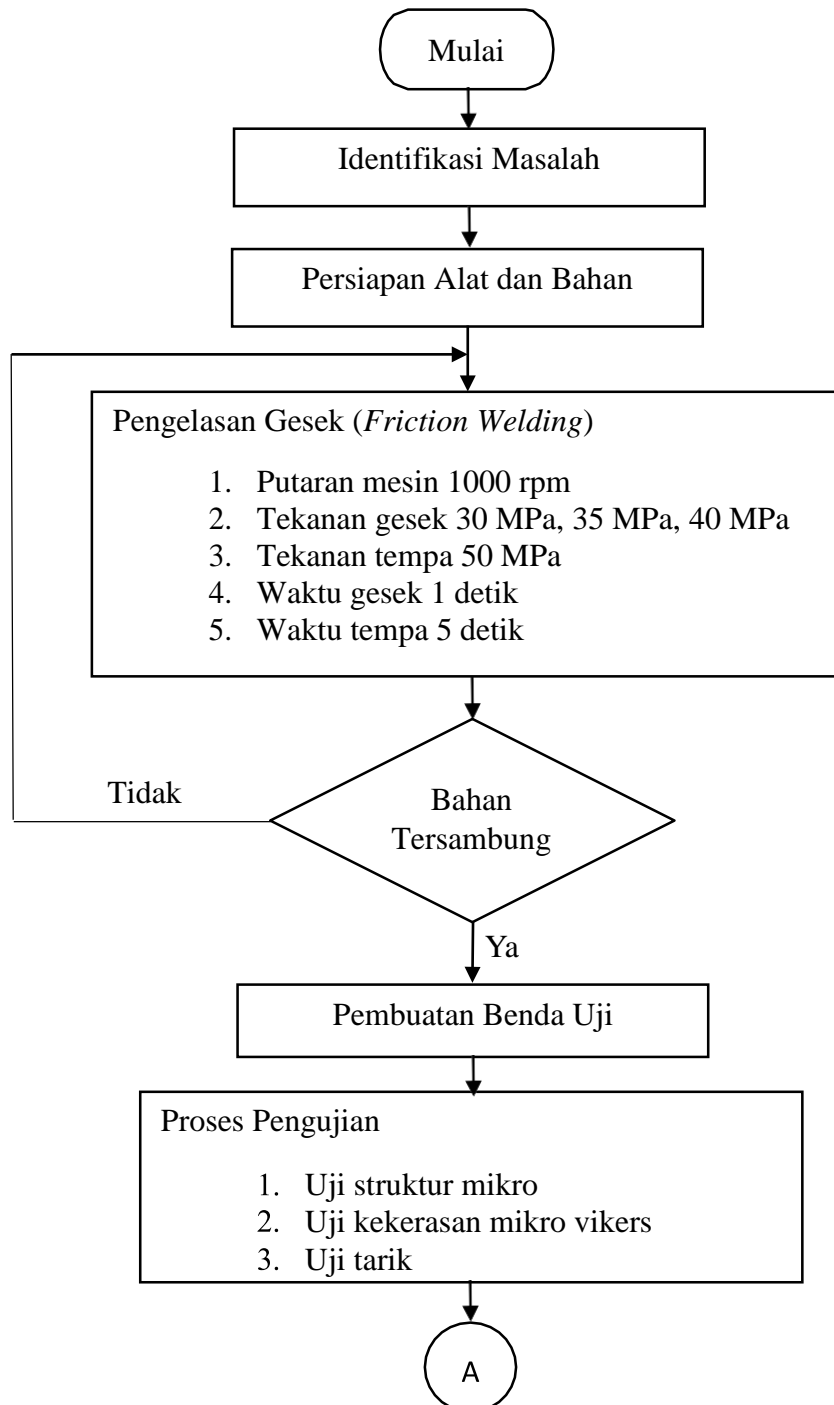
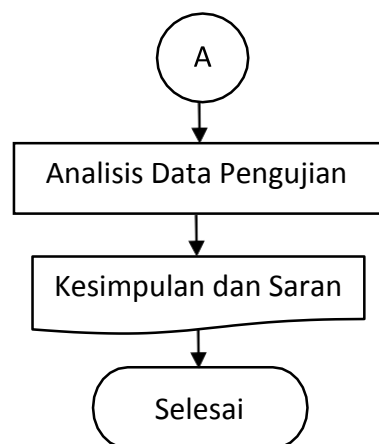


BAB III
METODELOGI PENELITIAN

3.1 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah alur dalam 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 penyambungan pipa tembaga dengan metode *Continuous Drive Friction welding* (CDFW), salah satunya adalah tekanan gesek yang diberikan untuk menghasilkan kekuatan sambungan yang optimal pada saat proses penyambungan pipa tembaga dengan pengelasan CDFW. Acuan dalam pemberian tekanan gesek untuk penyambungan bahan pipa tembaga masih kurang. Perlu adanya penelitian untuk mendapat parameter tekanan yang optimal untuk menyambung bahan pipa tembaga, sehingga bisa dijadikan sebagai referensi atau acuan untuk pengelasan berikutnya.

3.3 Perencanaan Penelitian

3.3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu penelitian dimulai dari tanggal 20 juli 2018 hingga 20 oktober 2018. Dimulai dari pembelian material pipa tembaga, penyambungan pipa tembaga, dan pembuatan spesimen untuk pengujian sifat tarik, struktur mikro, dan kekerasan. Kemudian dilanjutkan dengan pengujian spesimen.

Berikut adalah tempat yang digunakan untuk penelitian :

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 Gajah Mada

3.3.2. Variabel Penelitian

Berikut beberapa variabel yang ada pada penelitian ini, yaitu:

1. Variabel Bebas

Merupakan variabel yang ditentukan sebelum dilaksanakannya penelitian. Variabel bebas yang ditentukan pada penelitian ini adalah tekanan gesek pengelasan 30 MPa, 35 MPa, dan 40 MPa.

2. Variabel Terikat

Merupakan variabel yang nilainya dipengaruhi oleh variabel bebas. Variabel terikat pada penelitian ini antara lain:

- Struktur mikro hasil sambungan pengelasan.
- Nilai kekerasan sambungan pengelasan.
- Kekuatan tarik sambungan pengelasan.

3. Variabel Kontrol

Merupakan variabel yang besarnya dikendalikan. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah:

- Bahan yang digunakan adalah pipa tembaga.
- Kecepatan putaran mesin 1000 Rpm (keterbatasan alat uji).
- Tekanan tempa 50 MPa.
- Waktu gesek 1 detik.
- Waktu tempa 5 detik.

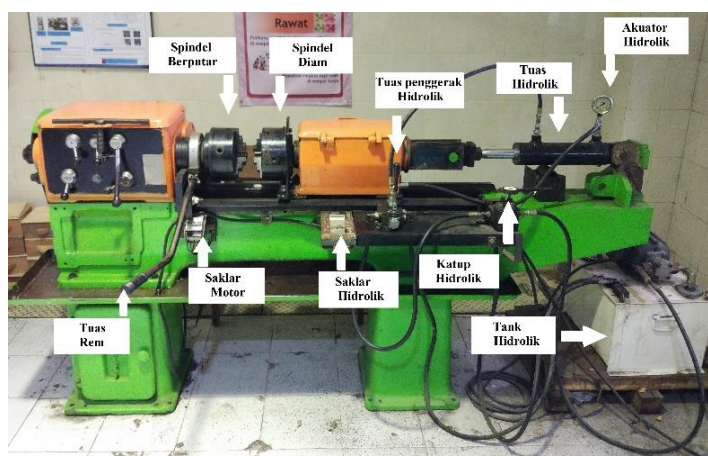
3.4 Alat dan Bahan Penelitian

Beberapa persiapan yang dilakukan sebelum melakukan pengelasan, seperti persiapan alat dan bahan yang akan digunakan. Adapun pada penelitian ini digunakan alat dan bahan sebagai berikut:

3.4.1. Alat Penelitian

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

4. Mesin las gesek kontinu (*continuous drive friction welding*) adalah alat yang digunakan dalam proses pengelasan gesek untuk penyambungan pipa tembaga.



Gambar 3.2 Mesin las gesek kontinu (*continuous drive friction welding*)

5. Mesin bubut adalah alat yang digunakan untuk membuat benda uji tarik setelah dilakukan proses penyambungan pipa tembaga.



Gambar 3.3 Mesin bubut

6. *Universal Testing Machine (UTM)* adalah alat yang digunakan untuk pengujian tarik.



Gambar 3.4 Mesin uji tarik

7. *Metallurgical microcope inverted type* adalah alat yang berfungsi untuk mengamati perubahan struktur mikro material.



Gambar 3.5 Alat uji struktur mikro (Laboratorium D3 Teknik Mesin UGM)

8. Mesin uji kekerasan vikers adalah alat yang digunakan untuk menguji tingkat kekerasan pada daerah sambungan, HAZ, dan *base metal*.



Gambar 3.6 Alat uji Hardness Vickers (Laboratorium D3 Teknik Mesin UGM)

9. *Load cell* alat yang berfungsi untuk memvisualkan nilai tekanan gesek dan tekanan tempa pada mesin *friction welding*.



Gambar 3.7 *Load cell*

10. *Saw machine* adalah alat yang digunakan untuk memotong pipa tembaga.



Gambar 3.8 *Saw machine*

11. Gerinda digunakan untuk mengasah pahat bubut baru maupun pahat lama yang telah tumpul setelah dipakai.



Gambar 3.9 Gerinda

12. Gergaji besi berfungsi untuk membelah benda kerja yang sudah disambung dan digunakan untuk pengujian mikro dan kekerasan.



Gambar 3.10 Gergaji besi

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



Gambar 3.11 Jangka sorong

14. Pahat bubut adalah alat yang digunakan untuk membentuk benda kerja sesuai rencana pada mesin bubut.



Gambar 3.12 Pahat bubut

15. Mesin *polish* untuk mengamplas spesimen uji yang sudah dibelah agar permukaannyarata.



Gambar 3.13 Mesin polish

3.4.2. Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah pipa tembaga ASTM B280 dengan diameter $\frac{7}{8}$ inch.



Gambar 3.14 Pipa tembaga

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1. Pembuatan Spesimen

Sebelum melakukan proses pengelasan ada beberapa hal yang harus disiapkan yaitu:

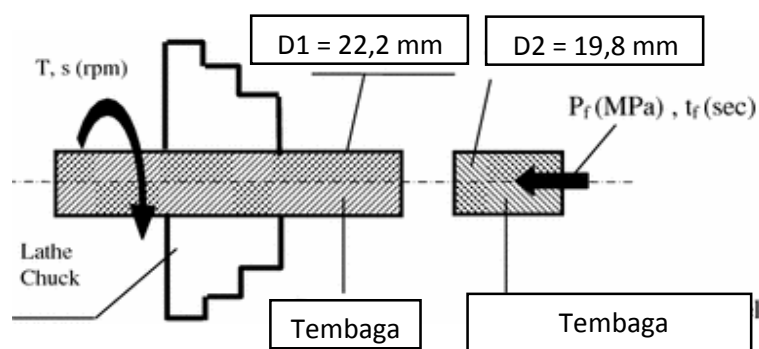
16. Menyiapkan bahan pipa tembaga dengan diameter $\frac{7}{8}$ inch.
17. Memotong pipa tembaga dengan ukuran masing-masing 78 mm.
18. Membubut rata kedua ujung spesimen hingga panjang spesimen pipa tembaga menjadi ± 75 mm.
19. Jika permukaan ujung spesimen sudah rata maka selanjutnya dilakukan pengelasan gesek (*friction welding*).

3.5.2. Proses Pengelasan Gesek

Prosedur pengelasan CDFW yang dilakukan antara lain :

1. Kalibrasi Mesin CDFW

Hal pertama yang harus dilakukan sebelum pengelasan dimulai ialah mengkalibrasi mesin las gesek. Tujuan dilakukan kalibrasi yaitu untuk memperoleh parameter pengelasan CDFW (tekanan gesek dan tekanan tempa) sesuai yang diinginkan. Bagian cekam hidrolik mengalami gesekan terhadap tumpuannya, hal ini dapat mempengaruhi tekanan yang dihasilkan oleh hidrolik.



Gambar 3.15 Skema proses pengelasan gesek

Kalibrasi mesin las gesek dilakukan dengan cara mengukur tekanan menggunakan *load cell*, lalu menampilkan besar tekanan menggunakan perangkat lunak *data logger* dilaptop. Setelah *data logger* berjalan ukur tekanan awal dengan menarik tuas pegas tanpa menyetel katup *pressure gauge*. Pengukuran tekanan kedua dilakukan pada bagian belakang cekam hidrolik tanpa menyetel katup *pressure gauge*. Penyetelan ini bertujuan untuk mengetahui harga tekanan pada saat penyetelan katup *pressure gauge* secara bervariasi.

2. Memasang spesimen pada kedua cekam kemudian mengatur posisi spesimen agar *center*.
3. Nyalakan mesin las dengan putaran 1000 rpm.
4. Lakukan pengelasan dengan tekanan sebesar 30 MPa, 35 MPa, 40 MPa dengan waktu gesekan 1 detik.

5. Setelah mesin berhenti atur katup *pressure gauge* untuk memperoleh tekanan tempa selama 5 detik.

3.5.3. Hasil Pengelasan Gesek

Setelah dilakukan proses pengelasan gesek pada material logam pipa tembaga maka didapatkan hasil seperti yang terlihat pada gambar 3.16.

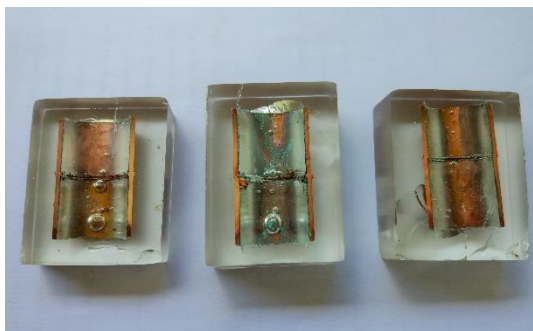


Gambar 3.16 Spesimen hasil pengelasan gesek

3.5.4. Meresin Spesimen untuk Pengujian

Spesimen yang telah berhasil disambung kemudian di resin dengan langkah sebagai berikut :

1. Memotong spesimen dari setiap variasi tekanan gesek dengan panjang masing-masing ± 20 mm dari sambungan.
2. Membelah spesimen menjadi dua bagian.
3. Membuat cetakan berbentuk persegi panjang lalu mulai proses peresinan.
4. Setelah resin mengeras, menghaluskan permukaan spesimen uji dengan menggunakan mesin *polish* dan amplas ukuran 120, 320, 800, 1000, 1200, 2000 secara bertahap.
5. Setelah permukaan spesimen halus, selanjutnya *polish* pada bagian permukaan logam yang akan diuji menggunakan autosol.



Gambar 3.17 Spesimen uji yang telah di resin

3.6 Proses Pengujian

Spesimen yang sudah disambung dengan pengelasan CDFW menggunakan variasi tekanan 30 MPa, 35 MPa, dan 40 MPa akan diuji dengan pengujian metallografi, pengujian kekerasan dan pengujian tarik.

3.6.1. Proses Pengujian Metallografi

Untuk menentukan hubungan antar struktur pada logam dengan sifat logam dilakukan dengan pengujian metallografi. Sifat mekanik material juga berhubungan langsung dengan sifat mikrostruktur material. Pengujian metallografi pada hasil penyambungan spesimen menggunakan las gesek berfungsi untuk memperlihatkan gambar struktur mikro. Gambar struktur mikro sambungan las gesek dianalisis untuk memperoleh hubungan bentuk struktur mikro dengan sifat logam spesimen. Proses pengujian metallografi adalah sebagai berikut :

1. Melakukan pengetsaan spesimen dengan larutan kimia agar struktur mikro material dapat terlihat.
2. Setelah spesimen dietsa selanjutnya dicuci dengan air yang mengalir kemudian dibilas menggunakan cairan alkohol lalu keringkan dengan *dryer*.
3. Foto mikro masing-masing variasi spesimen dengan 200x perbesaran.

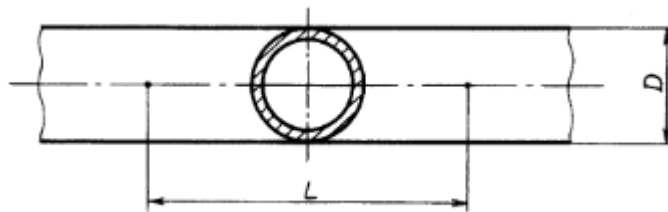
3.6.2. Proses Pengujian Kekerasan

Pada penelitian ini pengujian kekerasan spesimen menggunakan alat uji kekerasan vikers. Berikut proses pengujian vikers:

1. Menggunakan masing-masing variasi spesimen yang sudah diresin dan dihaluskan.
2. Melakukan pengujian kekerasan vikers pada masing-masing variasi spesimen uji dengan pembebanan sebesar 200 gr.
3. Menyimpan data hasil pengujian

3.6.3. Proses Pengujian Tarik

Pengujian tarik masing-masing variasi spesimen dilakukan menggunakan mesin uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM). Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui kekuatan material terhadap gaya tarik. Berikut proses pengujian tarik.



Gambar 3.18 Standar uji tarik JIS Z 2201

Panjang ukur: $L = 5,65 \sqrt{A}$

A = Luas penampang bagian paralel

Keterangan:

Kedua ujung batang uji yang akan dijepit disisipi mandrel tetapi jarak jepit ($L + \frac{D}{2}$) ke ($L + 2D$) dan diutamakan ($L + 2D$).

1. Menyiapkan spesimen uji tarik dengan mengikuti standar JIS Z 2201 no. 14 C seperti pada gambar 3.16.
2. Menyalakan mesin uji tarik *Universal Testing Machine* (UTM) beserta unit komputer pengendali.
3. Memasang spesimen uji tarik pada cekam mesin uji tarik.

4. Menjalankan program U60.
5. Mengisi data material pada '*Method Window*'.
 - a. Panjang penjepit spesimen uji (*grip length*), tebal spesimen uji (*thickness*), panjang uji (*gauge length*), dan lebar spesimen uji (*width*).
 - b. Tentukan metode pengujian.
 - c. Tentukan kecepatan uji tarik.
6. Membuka tampilan '*report*' pada komputer guna menampilkan : *test no, test date, area, yeild point, max load*, dan *break*.
7. Tekan tombol '*TEST*' pada *tool box* guna memulai pengujian tarik.
8. Pengujian berjalan sampai spesimen uji patah dan mesin akan berhenti secara otomatis lalu layar komputer akan menampilkan grafik hasil pengujian tarik.
9. Simpan hasil pengujian menjadi 3 format file yaitu file data txt, grafik (exel), file pdf.
10. Lepas spesimen uji dari cekam mesin uji tarik.
11. Lakukan pengujian yang sama untuk masing-masing variasi spesimen yang lain.

3.7 Analisis Data

Setelah semua data dari pengujian struktur mikro, kekerasan, dan kekuatan tarik diperoleh maka akan dilakukan analisis data sebagai berikut:

3.7.1. Analisis Data Struktur Mikro

Data yang diperoleh dari pengujian struktur mikro berupa foto mikro dengan perbesaran 200x. Daerah benda kerja yang diambil fotonya adalah daerah sambungan, daerah HAZ, dan daerah logam induk. Lalu data yang sudah diperoleh akan dianalisis perubahan struktur mikro yang terjadi pada hasil sambungan, daerah yang terkena panas (HAZ), dan logam induk. Sehingga dapat menghasilkan kesimpulan parameter yang cocok untuk mengelas gesek pipa tembaga.

3.7.2. Analisis Data Kekerasan

Data pengujian kekerasan diperoleh dari titik-titik pengujian spesimen masing-masing variasi. Pada spesimen 30, 35 dan 40 MPa diambil titik -10, -8, -3, -1.5, -0.5, 0, 0.5, 1.5, 3, 8, 10. Penentuan titik ini berdasarkan daerah pengelasan, HAZ dan logam induk. Hasil data pengujian kekerasan ditampilkan dalam bentuk tabel yang berisi parameter variasi spesimen, posisi titik pengujian, diagonal 1, diagonal 2, diagonal rata-rata dan nilai kekerasan. Dari tabel tersebut kemudian diolah menjadi sebuah grafik distribusi kekerasan menggunakan *microsoft excel*.

3.7.3. Analisis Data kekuatan Tarik

Pada pengujian kekuatan tarik diambil 10 data, meliputi 3 data uji tarik variasi tekanan 30 MPa, 3 data uji tarik variasi tekanan 35 MPa, 3 data uji tarik variasi tekanan 40 MPa² dan satu data raw material pipa tembaga. Hasil data pengujian tarik ditampilkan dalam bentuk grafik beban tarik dengan perpanjangan. Grafik-grafik ini dirubah terlebih dahulu menjadi grafik antara kekuatan tarik dengan regangan. Grafik dengan kekuatan paling tinggi pada masing-masing variasi diambil dan digabungkan sehingga terdapat empat grafik dalam satu data. Selanjutnya pada setiap variasi dicari kekuatan tarik rata-rata dan regangan rata-rata kemudian dihitung dan disajikan dalam bentuk diagram dari data-data yang terkumpul dengan menggunakan *microsoft excel*.