

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Identifikasi Masalah

Hasil penyambungan menggunakan metode pengelasan gesek dipengaruhi oleh beberapa parameter, yakni: putaran mesin, waktu gesekan, tekanan gesekan, waktu tempa dan tekanan tempa. Parameter-parameter tersebut jika dikontrol dengan baik maka akan menghasilkan sambungan yang maksimal. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi tekanan gesekan terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik sambungan *disimilar* pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A menggunakan metode *Continuous Drive Friction Welding* (CDFW).

Identifikasi masalah dalam penelitian ini adalah parameter proses pengerjaan dalam pengelasan gesek sangatlah kurang, terutama dalam pemberian tekanan gesekan pada saat proses pengelasan. Maka dari itu, perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai pengaruh parameter tekanan gesek terhadap struktur mikro, kekerasan dan kekuatan tarik sambungan *disimilar* pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A.

3.2 Perencanaan Penelitian

3.2.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini terdiri dari kegiatan pembuatan spesimen, pengelasan dan pengujian sambungan *disimilar* pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A menggunakan metode *Continuous Drive Friction Welding* (CDFW). Pembuatan spesimen, pengelasan dan pengujian dilakukan di Laboratorium Permesinan Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Yogyakarta. Waktu penelitian Januari 2018 – Mei 2018.

Tempat penelitian yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Laboratorium Fabrikasi Teknik Mesin UMY.
2. Laboratorium Material Teknik Teknik Mesin UMY.

3. Laboratorium *Testing Material* D-3 Teknik Mesin UGM.

3.2.2 Variabel Penelitian

Pada penelitian ini terdapat beberapa variabel penelitian sebagai berikut:

1. Variabel kontrol adalah variabel yang nilainya dikendalikan selama penelitian. Variabel kontrol pada penelitian ini adalah:
 - a. Putaran spindel pengelasan gesek sebesar 1000 rpm.
 - b. Bahan yang digunakan adalah pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dan pipa baja ASTM A53 Gr.A.
 - c. Ukuran pipa yang digunakan adalah 1/2 in.
 - d. Waktu gesekan 1 detik.
 - e. Waktu tempa 5 detik.
 - f. Tekanan tempa 50 MPa.
 - g. Standar spesimen uji tarik sesuai dengan standar JIS Z 2201 No. 14C.
2. Variabel bebas adalah variabel yang nilainya ditentukan sebelum penelitian. Variabel bebas pada penelitian ini adalah tekanan gesekan 25, 30 dan 35 MPa.
3. Variabel terikat adalah variabel yang nilainya bergantung pada variabel bebasnya. Variabel terikat pada penelitian ini adalah sebagai berikut:
 - a. Struktur mikro
 - b. Kekerasan
 - c. Kekuatan tarik

3.3 Alat dan Bahan

3.3.1 Alat Penelitian

1. Mesin Gergaji

Mesin gergaji ini digunakan untuk memotong pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dan pipa baja ASTM A53 Gr.A sesuai dengan ukuran spesimen yang sudah ditentukan. Pemotongan pipa menggunakan mesin gergaji merek *King Rex* tipe REX-16SP berkapasitas 180 mm.



Gambar 3. 1 Mesin Gergaji

2. Mesin Bubut

Mesin bubut ini digunakan untuk mempersiapkan benda uji dan juga menghilangkan *flash* yang dihasilkan dari proses pengelasan gesek. Pembubutan spesimen menggunakan mesin bubut merek *Microweily* tipe TY-1630S.



Gambar 3. 2 Mesin Bubut

3. Mesin Las Gesek

Mesin las gesek digunakan untuk menyambung pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A. Mesin las gesek ini merupakan hasil modifikasi mesin bubut yang diberikan penekan hidrolis.



Gambar 3. 3 Mesin Las Gesek

4. Mesin Uji Tarik

Mesin uji tarik digunakan untuk melakukan pengujian tarik sambungan pengelasan gesek antara pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A sesuai dengan standar JIS Z 2201 No. 14C. Pengujian tarik spesimen menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM) merek GOTECH tipe GT-7001-LC50 berkapasitas 5010 N/S /30380 V/50 HZ.



Gambar 3. 4 Mesin Uji Tarik

5. Mesin Uji Kekerasan *Vickers*

Mesin uji kekerasan digunakan untuk melakukan pengujian kekerasan sambungan pengelasan gesek antara pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A. Pengujian kekerasan menggunakan mesin merek *Shimadzu* tipe HMV-M3 milik laboratorium material D3 UGM.



Gambar 3. 5 Mesin Uji Kekerasan Vickers (Laboratorium D3 Teknik Mesin UGM)

6. Mesin Uji Struktur Mikro

Mesin uji struktur mikro digunakan untuk melihat struktur mikro sambungan pengelasan gesek antara pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A. Pengujian struktur mikro menggunakan mesin merek *Olympus* tipe BX53MRF-S milik laboratorium material D3 UGM.



Gambar 3. 6 Mesin Uji Struktur Mikro (Laboratorium D3 Teknik Mesin UGM)

7. *Loadcell*

Loadcell digunakan untuk mengetahui tekanan gesekan dan tekanan tempa pada saat proses pengelasan. Alat ini dipasang didepan aktuator hidrolik dan disambungkan ke laptop. Data *loadcell* akan masuk pada *software data logger*. Tekanan pada mesin las gesek harus dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan *loadcell*.



Gambar 3. 7 Load Cell

8. Gergaji

Gergaji digunakan untuk membelah spesimen untuk pengujian struktur mikro. Pembelahan dilakukan dengan menggunakan gergaji agar struktur mikronya tidak berubah.



Gambar 3. 8 Gergaji

9. Mesin Poles

Mesin poles digunakan untuk menghaluskan permukaan penampang spesimen sebelum dilakukan uji struktur mikro.



Gambar 3. 9 Mesin Poles

3.3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan pada penelitian ini menggunakan pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A ukuran 1/2 in.

Tabel 3. 1 Struktur Paduan Pipa *Stainless Steel* (Atlas Steel, 2013)

Grade		C (%)	Mn (%)	Si (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Ni (%)	N (%)
ASTM A312 TP304	Min	-	-	-	-	-	17,5	8	-
	Max	0,07	2	0,75	0,045	0,03	19,5	10,5	0,1

Tabel 3. 2 Sifat Mekanik Pipa *Stainless Steel* (Atlas Steel, 2013)

Grade	Tensile Strength (MPa)	Yield Strength 0,2% Proof (MPa)	Elongation (% in 50 mm)	Hardness	
				Rockwell B (HR B)	Brinell (HB)
304	515	205	40	92	201

Tabel 3. 3 Struktur Paduan Pipa Baja (ASTM A53 Standart Spesification, 2012)

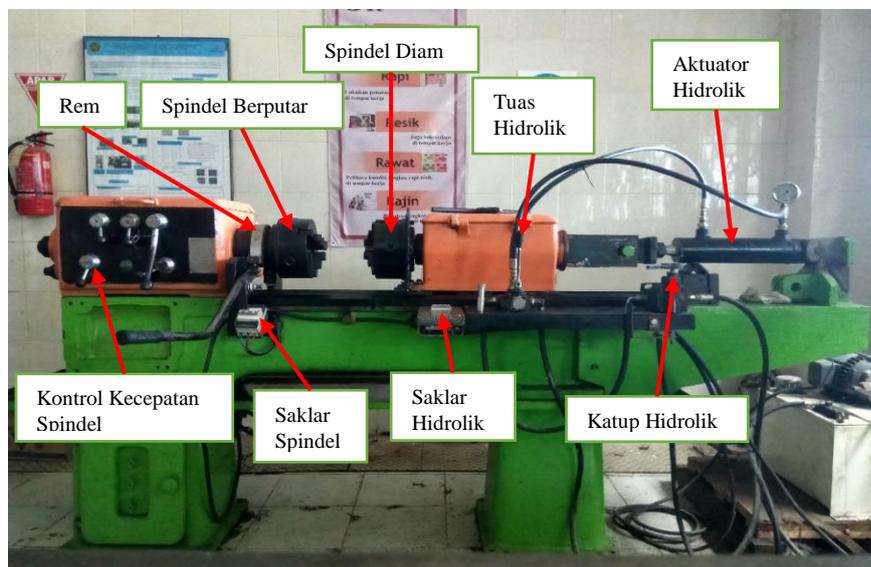
Tipe	C max (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cu (%)	Ni (%)	Cr (%)	Mo (%)	V (%)
ASTM A53 Gr.A	0,3	1,2	0,05	0,045	0,4	0,4	0,4	0,15	0,08

Tabel 3. 4 Sifat Mekanik Pipa Baja (ASTM A53 Standart Spesification, 2012)

Tipe	Tensile Strength (Psi)	Yield Strength (Psi)
ASTM A53 Gr.A	45000	25000

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Skema Mesin Las Gesek



Gambar 3. 10 Skema Mesin Las Gesek

Mesin las ini adalah hasil modifikasi dari mesin bubut yang diberi penekan hidrolis. Kapasitas putaran mesin maksimal mencapai 1000 rpm. Komponen mesin las gesek adalah sebagai berikut:

1. Kontrol kecepatan spindel digunakan untuk menentukan putaran mesin yang akan digunakan untuk menggesek.
2. Rem digunakan untuk menghentikan putaran spindel setelah waktu gesekan selesai.
3. Spindel berputar berfungsi untuk mencekam spesimen yang berputar.
4. Spindel diam berfungsi untuk mencekam spesimen yang diam.
5. Saklar spindel berfungsi untuk menghidupkan putaran spindel ketika akan melakukan pengelasan.
6. Saklar hidrolik berfungsi untuk menghidupkan hidrolik sebagai penekan ketika proses pengelasan berlangsung.
7. Tuas hidrolik berfungsi untuk menggerakkan aktuator hidrolik
8. Katup hidrolik berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tekanan pada aktuator hidrolik.
9. Aktuator hidrolik berfungsi untuk menekan spindel diam saat proses pengelasan.

3.4.2 Pembuatan Spesimen

Spesimen dibuat dari bahan pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dan pipa baja ASTM A53 Gr.A. Langkah pembuatan spesimen adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan pembuatan spesimen.
2. Menggunakan alat perlindungan diri yang diperlukan.
3. Memotong spesimen dengan panjang masing-masing bahan 80 mm sebanyak 15 buah untuk pipa *stainless steel* dan 15 buah untuk pipa baja.
4. Menyetel kecepatan putaran pada mesin bubut.
5. Membubut kedua ujung pipa untuk meratakan permukaannya.
6. Membubut spesimen hingga panjangnya menjadi 75 mm.
7. Membuat mandrel sebanyak 2 buah dengan ukuran yang disesuaikan dengan diameter dalam pipa.
8. Mempersiapkan pengelasan gesek pipa *stainless steel* dengan pipa baja.

3.4.3 Proses Pengelasan

Langkah-langkah dalam proses pengelasan gesek pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan peralatan pengelasan gesek.
2. Mengkalibrasi tekanan gesek dengan *loadcell*.
3. Mengukur panjang spesimen.
4. Memasang mandrel pada kedua pipa spesimen.
5. Memasang pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 pada spindel berputar.
6. Memasang pipa baja ASTM A53 Gr.A pada spindel diam.
7. Memastikan kedua spesimen dalam posisi *center*.
8. Mengatur putaran spindel sebesar 1000 rpm.
9. Menyalakan mesin pengelasan gesek.
10. Melakukan penekanan sebesar 25 MPa secara perlahan-lahan selama 1 detik.
11. Melepas spesimen dari spindel diam.
12. Melepas hasil pengelasan dari spindel berputar.
13. Mengulangi langkah 3-12 untuk variasi tekanan gesek 25 sampai 35 MPa.

3.5 Proses Pengujian

3.5.1 Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro dilakukan dengan menggunakan mikroskop. Langkah pengujian struktur mikro adalah sebagai berikut:

1. Menyiapkan spesimen hasil pengelasan gesek.
2. Membelah spesimen pengelasan menjadi dua dengan menggunakan gergaji agar struktur mikro tidak berubah akibat panas yang terjadi saat pemotongan.
3. Mencetak resin sebagai pemegang saat pengamplasan pada spesimen hasil pengelasan.
4. Melakukan pengamplasan spesimen dengan menggunakan amplas ukuran 120, 320, 1000, 1500 dan 2000.

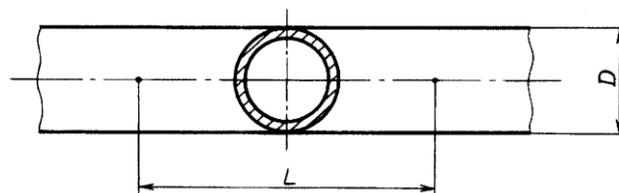
5. Mempolish setelah mendapatkan permukaan yang rata dengan menggunakan autosol secukupnya.
6. Mencuci spesimen dengan air mengalir.
7. Mencuci spesimen dengan menggunakan alkohol.
8. Mengeringkan spesimen hasil pengelasan.
9. Melakukan pengecekan dengan menggunakan mikroskop.
10. Apabila sudah cukup halus, melakukan *etching* pada spesimen, jika masih terlihat bekas pengamplasan maka harus melakukan polish kembali.
11. Melakukan pengetsaan pada spesimen.
12. Mencuci spesimen dengan air mengalir dan membilas dengan alkohol selanjutnya dikeringkan.
13. Mengamati struktur mikro dengan menggunakan mikroskop.

3.5.2 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan menggunakan metode *vickers*. Prinsip pengujian *vickers* hampir sama dengan metode *brinell*. Identor yang digunakan berbentuk piramida bujursangkar. Pengujian ini menggunakan mesin uji kekerasan *vickers*. Mesin uji kekerasan *vickers* digunakan untuk mengetahui struktur kekerasan hasil pengelasan gesek yang hasilnya direkam oleh sensor pembaca pada sistem *vickers*.

3.5.3 Pengujian Tarik

Pengujian tarik yang digunakan untuk hasil pengelasan gesek pipa *stainless steel* ASTM A312 TP304 dengan pipa baja ASTM A53 Gr.A sesuai dengan standar JIS Z 2201 No. 14C. Pengujian tarik dilakukan dengan menggunakan *Universal Testing Machine* (UTM).



Gambar 3. 11 Standar JIS Z 2201 No. 14C Spesimen Uji Tarik Pipa

Prosedur pengujian tarik hasil pengelasan adalah sebagai berikut:

1. Menentukan panjang *gauge* (L) dan memberi tanda pada spesimen dengan persamaan berikut.

$$L = 5.65\sqrt{A} \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan:

L = Panjang *gauge* (mm)

A = Luas penampang paralel (mm²)

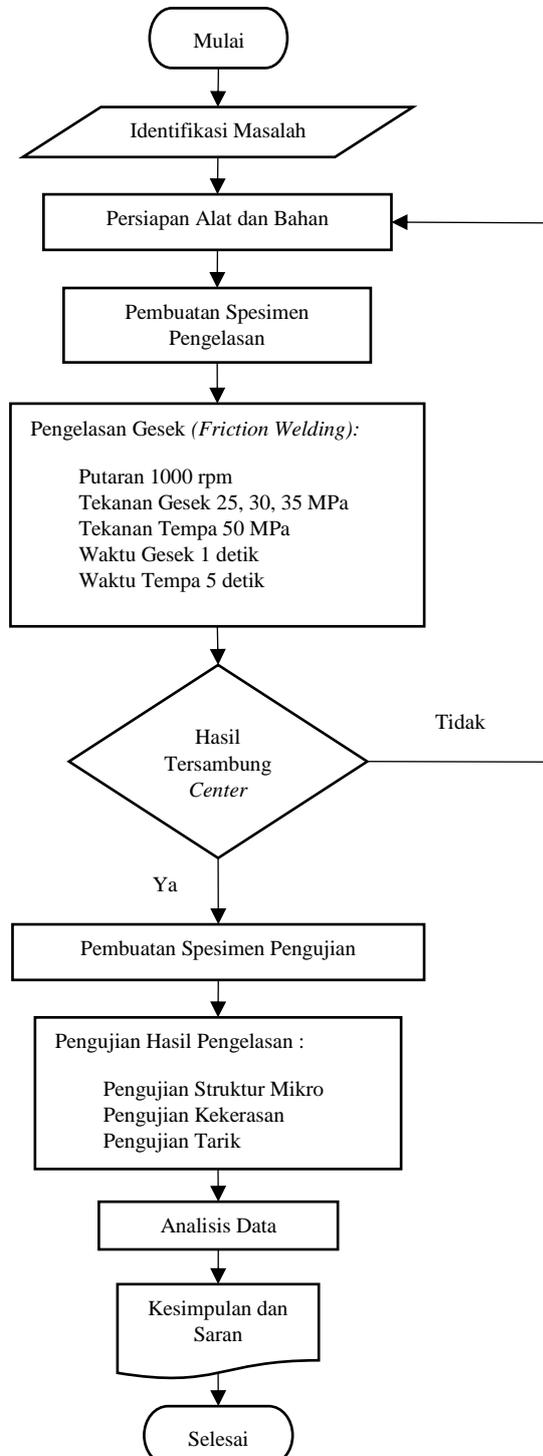
D = Diameter luar pipa (mm)

2. Memasang mandrel pada kedua ujung pipa.
3. Menyalakan mesin pengujian tarik (*Universal Testing Machine*) UTM berikut komputer pengendalinya.
4. Memasang spesimen uji tarik pada cekam pada mesin pengujian tarik.
5. Menentukan kecepatan pembebanan pengujian tarik.
6. Menjalankan program U60.
7. Mengisikan data pada *Method Window*.
 - a. Untuk sampel sambungan pipa *stainless steel* dan pipa baja: *Shape (tube)*, *Outer Diameter* (Diameter Luar), *Thickness* (Tebal Spesimen), *Gauge Length* (panjang uji) dan *Grip Length* (panjang jepit).
 - b. *Prepare test* , untuk menentukan metode pengujian.
 - c. Menentukan kecepatan pembebanan uji tarik dengan kecepatan *speed test* sebesar 2 mm/menit sebagai standar kecepatan setiap pengujian.
8. Membuka layar '*Report*' untuk menampilkan: *Test No*, *Test Date*, *Area*, *Yield Point*, *Yield Strength*, *Elongation*, *Max Load* dan *Break*.
9. Menjalankan pengujian tarik dengan menekan tombol '*TEST*' pada *tool box*. Pengujian tarik akan dimulai hingga spesimen mengalami patah dan grafik hasil pengujian akan ditampilkan pada layar komputer. Mesin pengujian akan berhenti secara otomatis ketika spesimen mengalami patahan.

10. Mencetak hasil dari pengujian tarik dengan menekan tombol '*PRINT*' pada *tool box*.
11. Melepas spesimen dari cekam mesin penguji kemudian mengukur panjang akhir, yakni jarak antara dua titik yang sebelumnya telah ditandai sebagai panjang ukur.
12. Menggambar bagan penampang patahan pada lembar kerja.
13. Mengulangi langkah 1-12 untuk semua variasi tekanan gesek dan raw material.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Untuk mempermudah proses operasional penelitian ini, maka dibuatlah diagram alir penelitian sebagai berikut.



Gambar 3. 12 Diagram Alir Penelitian

3.7 Analisis Data

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka hasil penelitian akan ditampilkan dalam bentuk penyajian data yang sesuai dengan pengujian yang telah dilakukan. Analisis data dilakukan setelah semua data dari pengujian struktur mikro, pengujian kekerasan dan pengujian kekuatan tarik telah didapatkan.

3.7.1 Penyajian Data Pengujian Struktur Mikro

Dari data pengujian struktur mikro yang diperoleh berupa foto mikro dengan perbesaran 200x. Data pengujian struktur mikro diambil pada daerah sambungan pipa *stainless steel*, daerah sambungan pipa baja, daerah HAZ pipa *stainless steel*, daerah HAZ pipa baja, daerah logam induk pipa *stainless steel* dan daerah logam induk pipa baja pada tekanan 25, 30 dan 35 MPa. Hasil data ini dianalisis secara kualitatif dan berdasarkan pada teori yang ada.

3.7.2 Penyajian Data Pengujian Kekerasan

Data yang diambil pada pengujian kekerasan berdasarkan pada titik yang telah ditentukan setelah dilakukan pengujian struktur mikro. Pada spesimen 25, 30 dan 35 MPa diambil titik -12, -8, -2, -1, -0.5, -0.05 dan 0.05, 0.5, 1, 2, 8, 12. 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 menggunakan *microsoft excel* menjadi sebuah grafik distribusi kekerasan.

3.7.3 Penyajian Data Pengujian Kekuatan Tarik

Pada pengujian kekuatan tarik diambil 13 data. Data tersebut meliputi 3 data uji tarik variasi tekanan 25 MPa, 3 data uji tarik variasi tekanan 30 MPa, 3 data uji tarik variasi tekanan 35 MPa, 2 data raw material pipa *stainless steel* dan 2 data raw material pipa baja. Hasil data pengujian tarik ditampilkan dalam bentuk grafik kekuatan 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 lima grafik dalam satu data. Selanjutnya pada setiap variasi dicari rata-rata kekuatan tariknya. Selain itu modulus elastisitas rata-rata dan regangan rata-rata dihitung dan disajikan dalam bentuk diagram dari data-data yang terkumpul dengan menggunakan *microsoft excel*.