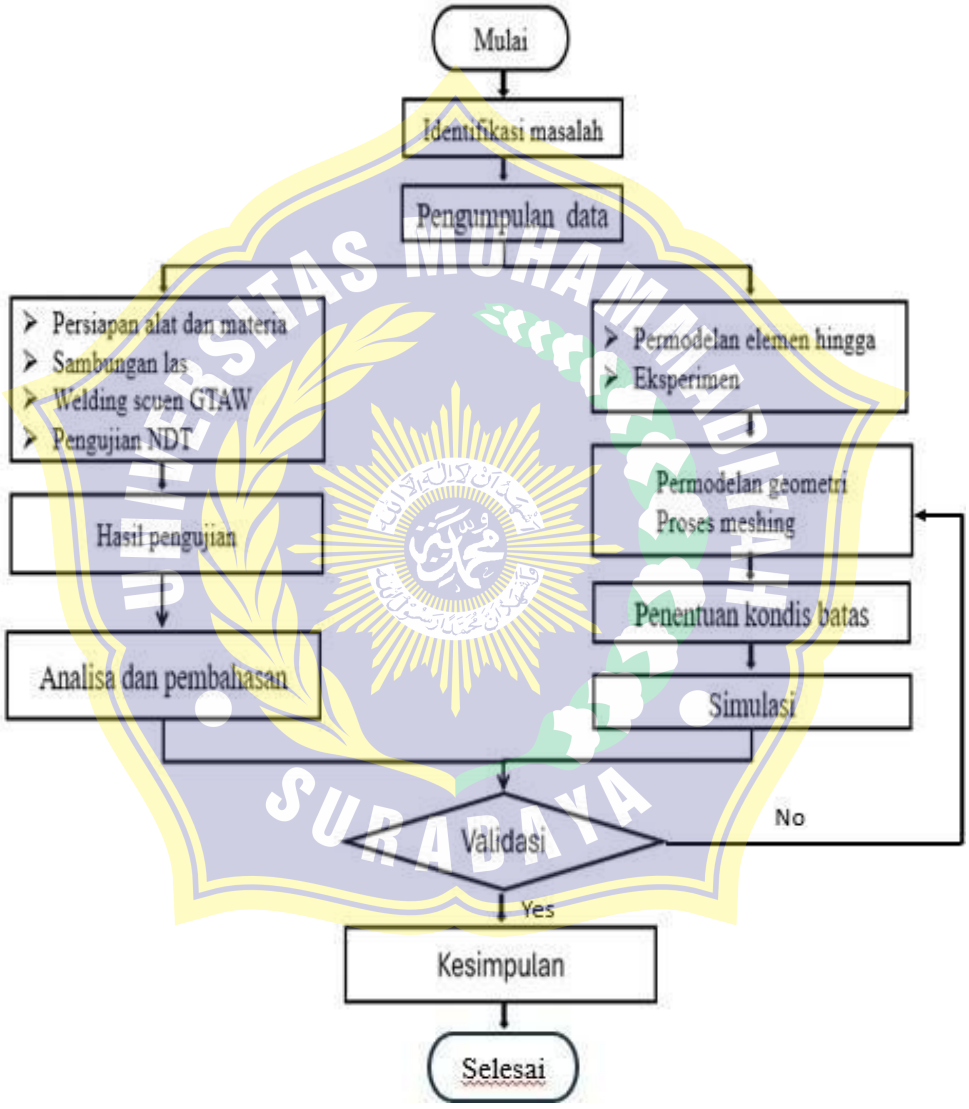
BAB III

METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Skema Diagram Alir Penelitian

Prosedur penelitian dilakukan menggunakan metode diagram alir untuk mempermudah proses pengerjaan tugas akhir ini. Skema diagram alir penelitian dapat dilihat pada:



Gambar 5. Skema Diagram Alir

Diagram alir digunakan untuk menunjukkan tahapan-tahapan dalam proses analisis penelitian. Penjelasan tiap tahap adalah sebagai berikut.

3.2 Studi Literatur

Tahap ini merupakan aktivitas mengumpulkan sumber referensi terkait topik penelitian. Literatur yang digunakan dapat berupa buku, jurnal, standar, maupun publikasi ilmiah terdahulu yang membahas hal terkait pengelasan, material $CuNi_{10}$ Fe_1 Mn, metode analisis numerik, dan tahapan eksperimen. Flowchart ini menggambarkan tahapan sistematis yang mengombinasikan eksperimen pengelasan dan analisis numerik menggunakan metode elemen hingga.

3.3 Eksperimen

Eksperimen dilakukan untuk memperoleh hasil secara langsung sesuai tujuan penelitian. Tahap eksperimen meliputi persiapan alat dan material, pembuatan sambungan las menggunakan metode GTAW serta pengujian hidrotest untuk memastikan kualitas hasil pengelasan. Tahapan eksperimen terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut.

3.3.1 Persiapan Material dan Alat

Material yang digunakan terdiri atas:

- 4 buah pipa $CuNi_{10}$ Fe_1 Mn
- 6 buah *flange*
- 6 buah *weld gauge*
- 1 buah *saddle*

Material pipa yang di uji dengan ukuran 2”*(inci*) dan panjang 120 mm. Bentuk dan dimensi material dengan *saddle* dan tanpa *saddle* dapat dilihat pada:



Gambar 6. Alat-Alat Pengujian Hidrotest

3.3.2 Alat-Alat Pengujian *Hidrotest*

Komponen utama berupa spool flange, blind flange, gasket, baut dan mur. serta peralatan uji tekanan hydrotest pump. Pengujian yang dilakukan bertujuan untuk memastikan kekuatan, kekedapan, dan kelayakan sambungan pipa, khususnya pada sambungan flange atau *T-Joint*:

2 *Spool Flange* dan *Blind Flange*

Spool flange berfungsi sebangai media sambungan antar pipa, sedangkan blind flange digunakan untuk menutup ujung sistem selama proses pengujian. Pengujian dilakukan untuk memastikan tidak terjadi deformasi, retak, atau kebocoran pada area flange akibat tekanan internal.

3 Gasket

Gasket dipasang di antara dua *flange* untuk mencegah kebocoran fluida. Pengujian bertujuan mengevaluasi kemampuan gasket dalam menjaga kekedapan sambungan saat diberi tekanan kerja tertentu.

4 Baut

Baut dan mur digunakan untuk mengikat flange secara merata. Pengujian memastikan bahwa sistem pengencangan mampu menahan tekanan uji tanpa mengalami pelonggaran atau kegagalan sambungan.

5 Pressure

Alat ini digunakan untuk memberikan tekanan fluida (air) ke dalam sistem pipa. Tekanan dinaikkan secara bertahap hingga mencapai tekanan uji yang telah ditentukan. Selama pengujian, dilakukan pengamatan terhadap penurunan tekanan dan kemungkinan kebocoran pada sambungan *flange*.

3.1.1 Bentuk dan Model Material

Benda uji pipa material $CuNi_{10}$ Fe_1 Mn yang telah mengalami proses pemotongan dan pembentukan lubang cabang (*branchket*) sebagai persiapan sambungan *T-Joint*. Benda uji ini digunakan untuk mengevaluasi pengaruh proses fabrikasi dan pengelasan terhadap kekuatan struktur pipa, sebagai berikut:



Gambar 7. Bentuk dan Model Material

1. Benda Uji Pipa Utama

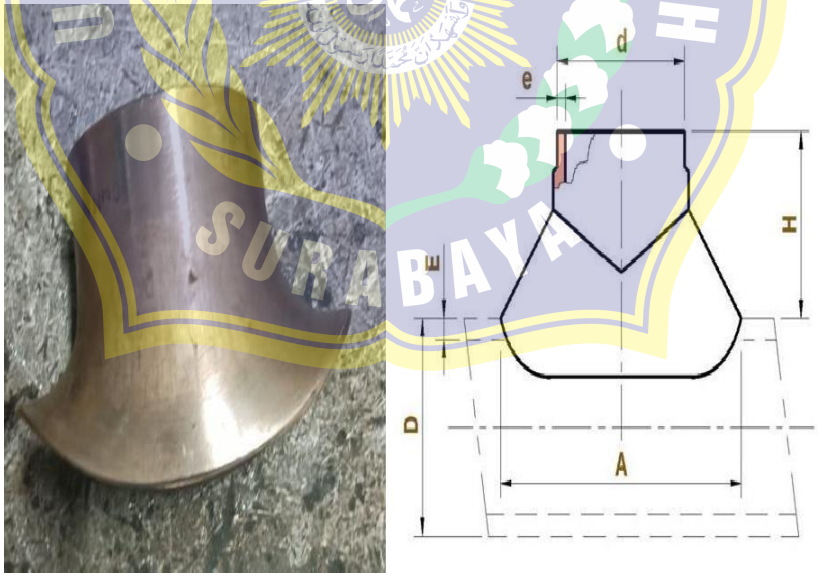
   Pipa utama dipotong sesuai dimensi yang telah ditentukan sebagai media utama sambungan. Pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa material pipa tidak mengalami cacat awal seperti retak, deformasi, atau penipisan dinding akibat proses pemotongan.

2. Benda Uji Lubang Cabang

   Lubang pada pipa dibuat sebagai tempat pemasangan pipa cabang pada sambungan *T-Joint*. Pengujian difokuskan pada ketelitian dimensi, kesesuaian bentuk lubang, serta kondisi permukaan potongan untuk meminimalkan konsentrasi tegangan dan memastikan kualitas pengelasan yang optimal.

3. Pemeriksaan Visual

   Sebelum proses pengelasan, dilakukan pemeriksaan visual untuk memastikan permukaan pipa bersih dari kotoran, oksida, dan cacat mekanis. Pemeriksaan ini bertujuan



Gambar 8. Bentuk dan Model Material *Saddle*

3.1.2 Desain *Saddle* pada Sambungan *T-Joint*

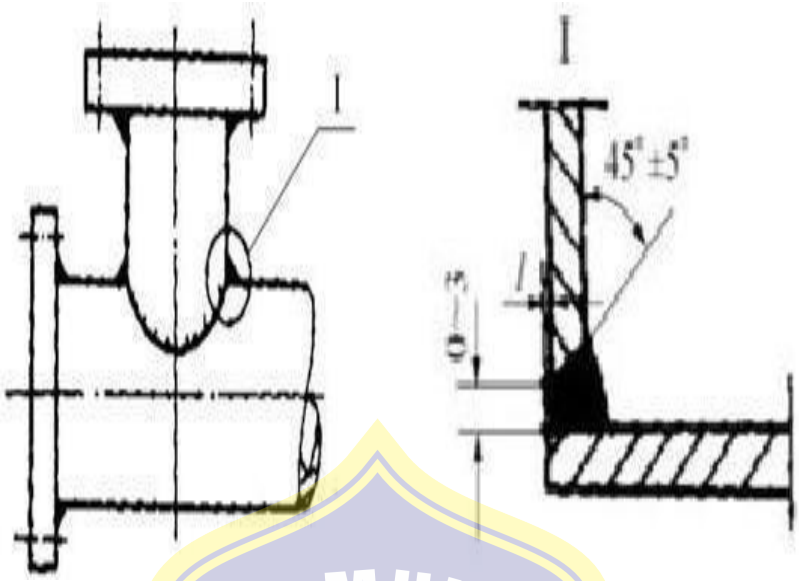
Berdasarkan gambar, *saddle* merupakan komponen pendukung yang digunakan pada sambungan *T-Joint* pipa dengan material $CuNi_{10}$ Fe_1 Mn. *Saddle* didesain mengikuti kontur luar pipa utama sehingga menghasilkan kontak permukaan yang merata antara pipa cabang dan pipa utama.

Secara geometris, *saddle* memiliki bentuk lengkung silindris yang disesuaikan dengan diameter pipa utama. Desain ini bertujuan untuk meningkatkan luas bidang kontak, mengurangi celah sambungan, serta meminimalkan konsentrasi tegangan pada area pengelasan. Permukaan *saddle* yang halus dan presisi memungkinkan distribusi beban dan tegangan menjadi lebih merata saat sistem menerima tekanan internal.

Dalam aplikasi struktural, penggunaan *saddle* berfungsi sebagai elemen penguat yang membantu menahan beban aksial dan radial pada sambungan *T-Joint*. Dengan adanya *saddle*, tegangan maksimum yang terjadi pada daerah akar las (*weld toe* dan *weld root)* dapat dikurangi, sehingga meningkatkan kekuatan dan umur pakai sambungan.Desain *saddle* pada penelitian ini digunakan sebagai variabel pembanding terhadap sambungan *T-Joint* tanpa *saddle*, untuk menganalisis pengaruhnya terhadap distribusi tegangan dan nilai *safety factor*.

3.1.3 Proses Pengelasan

Pengelasan dilakukan menggunakan posisi 5G, yaitu pipa berada pada posisi horizontal dan tidak dapat diputar. Pengelasan dilakukan mengelilingi pipa dari bagian bawah ke bagian atas. Posisi 5G menuntut keterampilan tinggi karena mencakup tiga posisi pengelasan sekaligus, yaitu *flat*, *vertical*, dan *overhead*.



Gambar 9. Posisi Pengelasan

3.1.4 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan mencakup seluruh informasi yang diperlukan untuk analisis, termasuk diagram pipa, kebutuhan material saat pemasangan, serta parameter proses *welding*. Data pembanding untuk pedoman penelitian meliputi:

1. WPS (*Welding Procedure Specification*).
2. Pengujian visual.
3. Pengujian *hidrotes.*
4. Permodelan straight material menggunakan *ANSYS.*

3.1.5 Uji Visual

Uji visual dilakukan dengan pengamatan langsung terhadap hasil pengelasan, dibantu alat ukur berupa penggaris pengujian atau *welding gauge*. Evaluasi uji visual mengikuti standar yang telah ditetapkan dalam proyek penelitian.

.

3.1.6 Pengujian *Hidrotest*

Pengujian hidrotes dilakukan untuk memastikan integritas dan keamanan sambungan perpipaan. *Hydrotest* menggunakan media air untuk menguji kekuatan dan potensi kebocoran pada sambungan pipa. Tekanan uji ditetapkan lebih tinggi dari tekanan kerja normal. Tahapan pengujian hidrotes adalah sebagai berikut.

a. Persiapan Sistem

- Memastikan seluruh pipa dan sambungan telah terpasang dengan benar
- Membersihkan bagian dalam pipa dari kotoran atau serpihan las.
- Menutup ujung pipa menggunakan blind flange.
- Memasang vent valve dan drain valve.
- Memasang pressure *gauge.*

b. Pemeriksaan Peralatan Uji, Peralatan Yang Digunakan:

- Pompa tekanan manual.
- Pressure gauge.
- Valve pengatur tekanan masuk dan keluar.
- Selang uji dan manifold.

c. Pengisian Media Uji

- Menggunakan air bersih sebagai media uji
- Mengisi pipa dari titik terendah untuk menghindari udara terjebak
- Menutup seluruh valve setelah pipa terisi penuh

d. Peningkatan Tekanan
    - Tekanan dinaikkan bertahap menjadi 15 bar
    - Tahapan peningkatan: 5 bar → 10 bar → 15 bar
    - Menahan tekanan selama 30 menit sesuai standart
e. Monitoring dan Inspeksi
    - Pengamatan penurunan tekanan pada *gauge*
    - Inspeksi visual kebocoran pada sambungan dan *flange*
    - Pemeriksaan detil untuk mendeteksi rembesan kecil
f. Pengakhiran Uji
    - Sistem dinyatakan lulus bila tidak ada kebocoran dan tekanan stabil
    - Air uji dibuang melalui *drain valve*
    - Sistem dikeringkan untuk mencegah korosi
g. Dokumentasi Uji dan pencatatan
    - Tekanan maksimum yang digunakan
    - Durasi penahanan
    - Hasil inspeksi
    - Nama petugas dan tanggal pelaksanaan uji



Gambar 10.Proses Pengujian Hidrotest



Gambar 11. Tekanan Pada Indikator

3.1.7 Uji Kekuatan dengan *ANSYS*

a. Pembuatan Model (Modeling 3D dan Analisis *ANSYS*)

Model pipa dibuat sesuai dimensi material asli menggunakan perangkat lunak pemodelan 3D. Model tersebut dianalisis secara numerik menggunakan *ANSYS* untuk memperoleh distribusi tegangan, deformasi, dan respon termal.

b. Validasi Data Eksperimen dan Pemodelan

Validasi dilakukan dengan membandingkan:

- Hasil pengujian kekuatan (*straight*) sambungan *T-Joint* tanpa *saddle* dan dengan *saddle*
- Hasil pemodelan *ANSYS* pada sambungan *T-Joint* dengan *saddle* dan tanpa *saddle*
- Data material $CuNi_{10}$ Fe_1 Mn

Validasi ini digunakan untuk memastikan bahwa permodelan numerik sudah sesuai dengan kondisi aktual.

Tahap ini memberikan perbandingan antara pengujian langsung dan analisis numerik menggunakan *ANSYS* sebagai metode NDT modern. Selain itu, tahap ini menjelaskan dampak pengelasan terhadap material secara detail dan akurat.

3.2 Analisis Hasil

Analisis hasil dilakukan setelah proses validasi data eksperimen dan pemodelan. Analisis ini digunakan untuk menentukan nilai maksimum sampai paling kecil dari pengaruh variasi urutan pengelasan dengan metode elemen hingga untuk melihat 1.*Deformasi* 2.*Equifalent stress*, pada sambungan *T-Joint* material $CuNi_{10}$ Fe_1 Mn. Hasil pengujian manual dan numerik kemudian ditafsirkan berdasarkan teori dan standart yang berlaku.

UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH
SURABAYA