



## **TUGAS AKHIR**

# **TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN PENGARUH ARUS VARIASI ARUS PENGELOASAN FCAW PADA PLAT BAJA SS 400 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN BENDING**

Diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan  
memperoleh gelar Sarjana Terapan

Disusun oleh :

Try Bagus Riyana

40040420650020

**PROGRAM STUDI SARJANA TERAPAN  
TEKNOLOGI REKAYASA KONSTRUKSI PERKAPALAN  
DEPARTEMEN TEKNOLOGI INSUDTRI  
SEKOLAH VOKASI  
UNIVERSITAS DIPONEGORO**

**2024**

## LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Try Bagus Riyana

NIM : 40040420650020

Judul skripsi : Pengaruh variasi arus pengelasan FCAW pada plat baja SS400 terhadap kekuatan Tarik dan bending

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa penulisan Tugas Akhir ini berdasarkan hasil penelitian, pemikiran dan pemaparan asli saya sendiri, baik untuk naskah laporan maupun kegiatan rancang bangun yang tercantum sebagai bagian dari Tugas Akhir ini. Jika terdapat karya orang lain, saya akan mencantumkan sumber yang jelas.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila dikemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena Tugas Akhir ini dan sanksi lain sesuai dengan peraturan yang berlaku di Universitas Diponegoro. Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar tanpa paksaan dari pihak manapun.

Semarang, 19 Juni 2024 Yang membuat pernyataan



**Try Bagus Riyana**

**NIM. 40040420650020**

**HALAMAN PENGESAHAN  
PROPOSAL TUGAS AKHIR**

**Pengaruh variasi arus pengelasan FCAW pada plat baja SS400 terhadap kekuatan Tarik dan bending**

Proposal Tugas Akhir diajukan kepada  
Program Studi Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Departemen Teknologi  
Industri, Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro

Oleh :

**Try Bagus Riyana**  
**40040420650020**

Diajukan pada  
Sidang Laporan Tugas Akhir  
Tanggal 19 Juni 2024

Dinyatakan Lulus/Tidak Lulus  
Sarjana Terapan Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan

Adi Kurniawan Yusim, S.Si., M.T Pembimbing .....



Dr. Aulia Windyandari, S. T., M. T. Penguji 1 .....



Dr. Sunarso Sugeng, A. T., M. T. Penguji 2 .....



Mengetahui,  
Ketua Program Studi  
Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan  
Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro



Dr. Mohd Ridwan, S.T., M.T.  
NIP 197008271999031002

## ABSTRAK

Pada era sekarang teknologi di bidang pengelasan semakin maju karena pengelasan mempunyai peranan yang sangat penting dalam rekayasa atau reparasi logam. Teknik penyambungan logam dengan pengelasan dikembangkan pada abad ke – 19. FCAW adalah salah satu jenis las listrik yang memasok filler kawat las secara mekanis terus ke dalam busur listrik yang terbentuk di antara ujung filler kawat las dan metal induk atau base metal. Baja SS 400 adalah jenis baja karbon yang mempunyai kadar karbon yang rendah yaitu dibawah 0,3%.

Penelitian ini mendalami pengaruh variasi arus pengelasan dalam proses Flux-Cored Arc Welding (FCAW) terhadap kekuatan tarik dan bending pada plat baja SS400. Pada penelitian ini juga memberikan hasil yang nantinya akan bermanfaat untuk para welder. Selain itu juga, penelitian ini bisa menjadi bahan evaluasi untuk para welder yang bekerja terutama pada pengelasan FCAW dengan bahan baja plat SS400 dengan ketebalan 10mm

Hasil pengujian menunjukkan bahwa variasi arus pengelasan memiliki pengaruh yang signifikan terhadap sifat mekanik sambungan las, dengan perubahan arus yang memengaruhi kekuatan tarik dan kemampuan bending. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa kuat arus pengelasan FCAW pada baja SS400 itu berpengaruh kepada hasil dari pengelasan itu sendiri supaya dapat menghasilkan pengelasan yang kuat. Penelitian ini menyimpulkan arus 140 A itu lebih kuat daripada pengelasan dengan arus 120 A dan 140 A, karena memiliki nilai tegangan, regangan dan pengujian bending lebih kuat karena menghasilkan kekuatan sebesar 409 MPa.

**Kata kunci** : Pengelasan FCAW, Baja SS400, Pengujian Tarik, Pengujian Bending

## **ABSTRACT**

*In the current era, technology in the field of welding is increasingly advanced because welding has a very important role in metal engineering or repair. The technique of joining metals by welding was developed in the 19th century. FCAW is a type of electric welding that supplies welding wire filler mechanically directly into the electric arc that forms between the tip of the welding wire filler and the parent metal or base metal. SS 400 steel is a type of carbon steel that has a low carbon content, namely below 0,3%.*

*This research explores the effect variations in welding current in the Flux-Cored Arc Welding (FCAW) process on the tensile and bending strength of SS400 steel plate. This research also provides results that will later be useful for welders. Apart from that, this research can be an evolution material for welder who work, especially in FCAW welding with SS400 steel plate with a thickness off 10mm.*

*The test results indicate that variations in welding current have a significant influence on the mechanical properties of welded joints, with changes in current affecting tensile strength and bending ability. The conclusion of this research is that the welding current strength of FCAW on SS400 steel affects the welding results themselves in order to produce strong welds. This study concludes that a current of 140 A is stronger than welding with currents of 120 A and 140 A, as it exhibits higher values of tension, strain, and bending test results, yielding a strength of 409 MPa.*

**Keywords:** *FCAW Welding, SS400 Steel, Tensile Testing, Bending Testing*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Karena atas kasih dan berkatnya penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul **“PENGARUH ARUS VARIASIRUS PENGELASAN FCAW PADA PLAT BAJA SS 400 TERHADAP KEKUATANTARIK DAN BENDING”**. Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai penyusunan tugas akhir, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan tugas akhir dengan baik, penulis menyampaikan terima kasih yang tak terhingga kepada :

1. Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kasih dan berkat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua, Kakak, dan Adik yang selalu memberikan dukungan, memberi nasihat serta do'a selama penulis menempuh pendidikan di Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
3. Bapak Adi Kurniawan Yusim, S. Si., M. T, selaku dosen pembimbing dan Kepala Program Studi D4 Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.
4. Bapak dan ibu Dosen Program Studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan yang telah memberi ilmu selama masa perkuliahan penulis.
5. Teman – teman NAVY, terima kasih telah kebersamai penulis dalam masa – masa perkuliahan berlangsung.
6. Teman – teman Vocallity, Invinty, Navaligans, terima kasih telah kebersamai dan berjuang sama – sama selama masa perkuliahan penulis.
7. Diri sendiri yang telah berjuang dan menuntaskan apa yang dipilih, semoga apa yang dipelajari selama ini dan dipergunakan kedepannya.

Penulis menyadari bahwa tugas akhir ini masih memiliki kekurangan, sehingga penulis terbuka untuk kritik dan saran dari pembaca agar dapat menjadi perbaikan di masa yang akan datang. Semoga laporan tugas akhir ini dapat berguna bagi dunia pendidikan dan ilmu pengetahuan.

Semarang, 17 Desember 2023



Try Bagus Riyana

## DAFTAR ISI

LEMBAR PERNYATAAN KEASLIAN.....	i
HALAMAN PENGESAHAN .....	ii
ABSTRAK .....	iii
<i>ABSTRACT</i> .....	iv
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
BAB I .....	1
PENDAHULUAN.....	1
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	1
<b>1.2 Rumusan Masalah</b> .....	2
<b>1.3 Tujuan Penelitian</b> .....	2
<b>1.4 Batasan Masalah</b> .....	2
<b>1.5 Manfaat Penelitian</b> .....	2
BAB II.....	3
TINJAUAN PUSTAKA.....	3
<b>2.1 Pengertian Pengelasan</b> .....	3
<b>2.2 Standar atau Prosedur Pengelasan</b> .....	3
<b>2.3 Pengelasan FCAW (<i>Flux Cored Arc Welding</i>)</b> .....	3
<b>2.4 Baja SS 400</b> .....	6
<b>2.5 Pengujian Mekanik</b> .....	7
<b>2.6 Prosedur Pengujian Tarik dan Bending</b> .....	9
BAB III.....	11
METODOLOGI PENELITIAN .....	11
<b>3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah</b> .....	11
<b>3.2 Studi Literatur</b> .....	11
<b>3.3 Perencanaan Pengujian mekanik</b> .....	13
<b>3.4 Tempat Pelaksanaan</b> .....	14
<b>3.5 Metode Penelitian</b> .....	15
<b>3.6 Output</b> .....	16
<b>3.7 Jadwal Kegiatan</b> .....	17
BAB IV .....	18
HASIL DAN PEMBAHASAN .....	18

<b>4.1</b>	<b>Specimen uji</b> .....	19
<b>4.2</b>	<b>Pengujian Tarik</b> .....	22
<b>4.3</b>	<b>Pengujian Bending</b> .....	31
BAB V .....		29
KESIMPULAN DAN SARAN .....		29
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan</b> .....	29
<b>5.2</b>	<b>Saran</b> .....	29
DAFTAR PUSTAKA .....		30
Lampiran .....		32



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Alat pengelasan FCAW .....	4
Gambar 2. 2 Kode elektroda pengelasan .....	5
Gambar 2. 3 Komposisi kimia menurut BKI.....	6
Gambar 2. 4 Alat Uji tarik .....	8
Gambar 2. 5 Spesifikasi mesin uji tarik.....	8
Gambar 2. 6 Alat Uji Bending.....	9
Gambar 3. 1 <i>Flowchart</i> Penelitian.....	12
Gambar 3. 2 Desain Spesimen pengelasan .....	13
Gambar 3. 3 Dimensi Pengujian Tarik .....	14
Gambar 3. 4 Dimensi Spesimen uji bending .....	14
Gambar 3. 5 Profil kapal .....	15
Gambar 3. 6 a. baja SS400 b. baja SS400 di lambung kapal c. Pengelasan FCAW d. hasil FCAW .....	16
Gambar 4. 1 Jenis elektroda FCAW .....	18
Gambar 4. 2 Proses pemotongan plat .....	19
Gambar 4. 3 Pembuatan spesimen uji tarik .....	20
Gambar 4. 4 Pembuatan spesimen uji bending .....	21
Gambar 4. 5 Hasil pengujian visual Bending .....	22
Gambar 4. 6 Hasil Pengamatan Visual Uji tarik.....	22
Gambar 4. 7 Pengujian Spesimen uji tarik .....	23
Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara uji tarik dan spesimen .....	24
Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan spesimen satu.....	25
Gambar 4. 10 Grafik Hasil pengujian pada spesimen satu .....	25
Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan spesimen dua .....	27
Gambar 4. 12 Grafik hasil pengujian spesimen dua .....	27
Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan spessimen tiga.....	28
Gambar 4. 14 Grafik hasil pengujian spesimen tiga .....	29
Gambar 4. 15 Grafik hubungan antara modulus elastisitas dan spesimen .....	30
Gambar 4. 16 Hasil patahan uji tarik .....	31
Gambar 4. 17 Pengujian Bending.....	31
Gambar 4. 18 Grafik hasil pengujian bending.....	32

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Kode dan arus pengelasan FCAW .....	5
Tabel 2. 2 Komposisi Kimia baja SS400.....	6
Tabel 3. 1Dimensi ukuran spesimen Uji tarik .....	13
Tabel 3. 2 Dimensi ukuran uji bending .....	14
Tabel 3. 3 Jadwal kegiatan .....	17
Tabel 4. 1 Hasil pengujian Tarik .....	23
Tabel 4. 2 Tabel tegangan dan regangan spesimen satu .....	24
Tabel 4. 3 Tabel tegangan dan regangan spesimen dua.....	26
Tabel 4. 4 Tebal tegangan dan regangan spesimen tiga .....	28
Tabel 4. 5 Tabel modulus elastisitas.....	30
Tabel 4. 6 hasil pengujian bending .....	32

## DAFTAR ISTILAH

FCAW	= <i>Flux Cored Arc Welding</i>
ASME	= <i>America Society of Mechanical Engineers</i>
DIN	= <i>Deutsche Industrie Norman</i>
WPS	= <i>Welding Prosedur Spesification</i>
C	= Karbon
Mn	= Manganese
S	= Silikon
P	= Pospor
ASTM	= <i>America Spciety for Testing and Materials</i>

## DAFTAR NOTASI

A	= Amper satuan arus
Mm	= Satuan mili meter
Pa	= Satuan Pascal
MPa	= satuan Mega Pascal
Volt satuan	= Voltase
Inchi	= Satuan Meteran
°C	= Satuan Suhu

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pada era sekarang teknologi di bidang pengelasan semakin berkembang karena pada dasarnya pengelasan mempunyai perang yang penting dalam mereparasi logam. Teknik pengelasan itu sendiri mulai dikembangkan pada abad ke-19[1]. Banyak jenis – jenis pengelasan yang berkembang terutamanya adalah FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) yaitu pengelasan menggunakan busur listrik fluk pada inti tengah. FCAW juga itu sendiri adalah kombinasi dari pengelasan SMAW, GMAW dan juga SAW. Sumber energi yang digunakan adalah sumber arus Listrik AC dan juga arus DC dari pembangkit Listrik atau melalui trafo. FCAW juga adalah jenis pengelasan Listrik yang memasok filler kawatlas secara mekanis[2]. Dalam proses pengelasan itu sendiri juga tidak bisa terhindar dari cacat las, cacat las yang selalu muncul dalam pengelasan baja kapal itu sendiri adalah cacat las porositas dan inklusi terak. Cacat las itu sendiri bisa diizinkan tergantung pada batas toleransi yang telah ditentukan. Batas toleransi dari cacat las telah diatur oleh standar ASME (*America Society of Mechanical Engineers*) *Section IX* adalah maksimalnya 20% dari tebal plat itu sendiri, jika cacat las melebihi batas yang telah ditentukan maka tidak akan diterima hasil pengelasannya[3].

Untuk klasifikasi baja itu sendiri di bagi menjadi tiga bagian yaitu baja lunak, baja sedang dan baja kuat, yang dimana dari tiga bagian baja itu sendiri mengandung bahan kimia karbon yang rendah, sedang dan kuat. Baja SS 400 adalah jenis baja karbon yang mempunyai kadar kadar karbon yang rendah yaitu dibawah 0,3% [4]. Komposisi bahan kimia dari baja SS 400 yaitu mengandung karbon (C), *Manganese* (Mn), Silikon (S) dan Fosfor (P). Pada baja SS 400 ini tidak memiliki ciri khas yang dipunyai material yang tahan karat. Baja SS 400 ini di gunakan dibidang marine terutama di dibidang perkapalan, pada umumnya baja SS 400 digunakan untuk konstruksi kapal dan sering banyak dijumpai pada konstruksi lambung kapal[5].

FCAW juga adalah jenis pengelasan Listrik yang memasok filler kawatlas secara mekanis ke base metal. Kelebihan pengelasan FCAW yaitu kecepatan dan produktivitas pengelasan yang relative tinggi, kemampuan pengelasan di luar ruangan dan penetrasi yang baik. Pengelasan FCAW ini juga sering digunakan digalangan kapal karena kelebihan yang telah di sampaikan diatas. Baja SS 400 adalah jenis baja karbon yang mempunyai kadar kadar karbon yang rendah yaitu dibawah 0,3%. Kelebihan baja SS400 yaitu kekuatan dan kekakuan yang baik, kemudahan dalam pengolahan, ketahanan terhadap korosi dan biaya yang relative terjangkau. Baja SS400 ini juga sering digunakan dalam dunia maritime terutama pada konstruksi lambung kapal. Dengan itu saya ingin menggunakan pengelasan FCAW dengan arus 120A, 140A dan 160A terhadap baja SS400 dengan pengujian tarik dan bending.

Berdasarkan pernyataan diatas untuk mengetahui sifat mekanik tentang kekuatan dan kekerasan pada baja SS 400 ini dilakukan pengujian dengan merusak bahan uji atau (*destructive test*) yaitu dengan pengujian tarik dan pengujian bending. Pengujian di dalam industri sangatlah penting karena memiliki peranan dan tujuannya itu sendiri. Untuk peranan pengujian ini di bagi menjadi tiga yaitu peranan pengujian bagi pembuat, peranan pengujian bagi pemakai dan peranan pengujian bagi pihak ketiga. Untuk tujuannya itu sendiri untuk menjamin mutu dan kepercayaan terhadap kontruksi las. Syarat yang penting dalam konstruksi las adalah kekuatan, tetapi di samping itu ada syarat – syarat yang lain tergantung dari penggunaan, misalmua untuk kapal tidak boleh ada kebocoran. Hasil dari pengujian mekanik ini juga sangat penting untuk pekerja dalam bidang pengelasan karena dapat diketahui beberapa sifat mekanik *specimen* yang

dibutuhkan. Untuk itu peneliti mengangkat judul yang menyangkut tentang pengaruh variasi arus FCAW terhadap pengujian mekanik pada plat baja SS 400.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dijelaskan diatas maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah :

- a. Bagaimana cara menentukan kuat arus optimal pada pengelasan FCAW terhadap baja SS 400?
- b. Bagaimana cara menentukan hasil kekuatan tarik pada pengelasan FCAW terhadap baja SS 400?
- c. Bagaimana cara menentukan hasil kekuatan bending pada pengelasan FCAW terhadap baja SS 400?

## 1.3 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah diatas, adapun tujuan yang ingin dicapai dalam penulisan tugas akhir ini yaitu :

- a. Agar mengetahui arus pengelasan FCAW yang optimal untuk baja SS 400
- b. Untuk mengetahui analisa kekuatan tarik dan bending terhadap baja plat SS 400 dengan pengelasan FCAW dengan kuat arus yang berbeda
- c. Untuk mengetahui *Welding Procedure Specification* dengan pengelasan FCAW dan baja SS400

## 1.4 Batasan Masalah

Untuk membatasi agar pembahasan tugas akhir ini tidak meluas maka perlu dibatasi, antara lain:

- a. Jenis pengelasan yang digunakan adalah FCAW.
- b. Plat yang digunakan Baja SS 400 dengan tebal 10 mm
- c. Variabel Arus Pengelasan FCAW yaitu 120 A, 140 A dan 160 A

## 1.5 Manfaat Penelitian

Sebagai peran nyata dalam perkembangan teknologi khususnya pada bidang pengelasan, maka penulis dapat mengambil manfaat dari penelitian ini diantaranya :

- a. Sebagai literatur pada penelitian yang sejenisnya dalam rangka pengembangan teknologi khususnya pada bidang pengelasan.
- b. Sebagai informasi bagi juru las atau welder tentang arus listrik yang optimal untuk melakukan pengelasan terhadap plat SS 400.
- c. Sebagai informasi bagi peneliti dalam bidang pengujian bahan dan pengelasan

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Pengertian Pengelasan**

Definisi pengelasan menurut standar DIN (*Deutsche Industrie Norman*) adalah suatu proses pengikatan metalurgi di antara logam atau paduan logam yang dilakukandalamkondisi meleleh atau cair. Dengan kata lain, pengelasan adalah penyambung antara beberapa logam yang menggunakan panas[6].

Pengelasan adalah teknik menghubungkan dua material logam hingga mencapai titik rekristalisasi logam. Proses ini bisa melibatkan penggunaan atau tanpa bahan tambahan dan energi panas untuk melarutkan material yang akan disambung. Secara sederhana, pengelasan juga bisa dianggap sebagai cara permanen menyatukan benda atau logam yang dipanaskan..

Mengelas tidak Tidak hanya mencakup pemanasan dua bagian benda hingga meleleh dan membeku kembali, melainkan juga memastikan terbentuknya sambungan yang kokoh dengan menambahkan bahan tambahan atau elektroda pada saat proses pemanasan. Hal ini bertujuan untuk memastikan tercapainya integritas lasan yang optimamendapatkan kekuatan seperti yang di inginkan. Kekuatan sambungan dapat di pengaruhi beberapa faktor antara lain: prosedur pengelasan, bahan, electrode dan jenis kampuh yang akan digunakan.

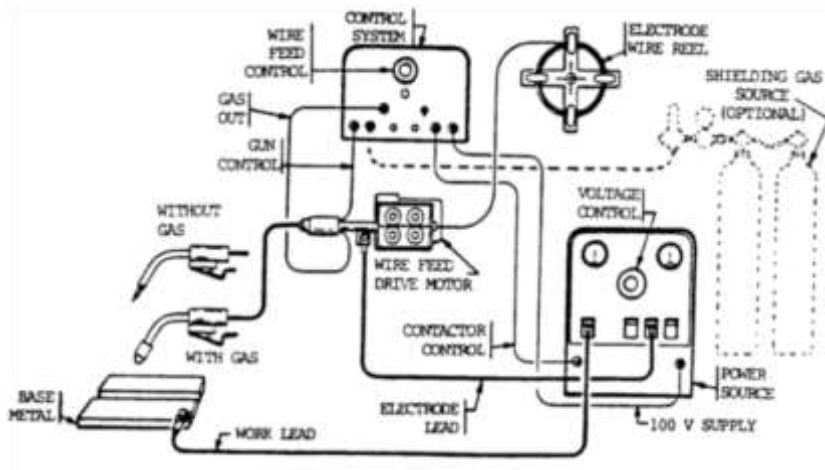
#### **2.2 Standar atau Prosedur Pengelasan**

*Welding Procedure* adalah hal yang paling penting untuk pengelasan. Sebelum pengelasan dilakukan dilapangan harus direncanakan tertulis yang menjadi syarat pengelasan[7]. *Welding procedure specification* merupakan definisi membuat dokumen dalam pengelasan dan bahan yang akan digunakan.

#### **2.3 Pengelasan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*)**

Las FCAW melibatkan penggunaan busur listrik dengan kawat las yang dilengkapi dengan flux di dalamnya sebagai pelindung inti tengah. Proses ini merupakan hasil gabungan dari pengelasan GMAW, SMAW, dan SAW. Pada pengelasan FCAW, sumber energi yang digunakan bisa berupa arus listrik DC atau AC yang diperoleh dari pembangkit listrik atau melalui trafo. Salah satu proses pengelasan yang digunakan dalam industri maritim dan konstruksi baja adalah salah satunya las busur listrik elektroda terumpun dengan gas pelindung CO<sub>2</sub> murni atau las FCAW.

Pengelasan FCAW merupakan salah satu metode pengelasan listrik dimana filler elektroda atau kawat las disuplai secara mekanis secara terus-menerus ke dalam busur listrik. Kawat las atau elektroda yang digunakan dalam pengelasan FCAW terdiri dari logam tipis yang digulung menjadi bentuk silinder dan diisi dengan flux sesuai kebutuhan. Meskipun proses pengelasan FCAW pada dasarnya mirip dengan pengelasan GMAW, perbedaannya terletak pada bentuk kawat las atau elektroda yang berbentuk tabung dan mengandung fluks di dalamnya. Untuk las baja SS400 yang menggunakan jenis pengelasan FCAW dengan menggunakan suhu 900°C dan 975°C menghasilkan kekuatan tarik maksimal sebesar 397,52MPa pada suhu 900°C[8].



Gambar 2. 1 Alat pengelasan FCAW

Pengelasan FCAW ini juga berdasarkan metode pelindungnya dibedakan menjadi 2 yaitu :

- a. *Self Shielding* FCAW (pelindung sendiri) adalah metode yang digunakan untuk melindungi logam yang mencair selama proses pengelasan dengan menggunakan gas yang dihasilkan dari penguapan atau reaksi dari inti fluks.
- b. *Gas Shielding* FCAW (perlindungan gas) Ini adalah teknik perlindungan ganda di mana logam yang meleleh selama proses pengelasan dilindungi menggunakan gas internal serta gas pelindung eksternal yang disuplai dari luar sistem.

Kedua metode tersebut menghasilkan terak las dari flux dalam kawat sebagai perlindungan terhadap logam las selama proses pendinginan. Namun, perbedaan antara kedua metode terletak pada sistem tambahan pengiriman gas dan penggunaan welding torch yang berbeda.

#### 2.1.1. Prinsip Kerja Mesin las FCAW

Menggunakan mesin las busur brinti fluks FCAW melibatkan beberapa langkah untuk memastikan pengaturan dan pengoperasiannya yang benar. Pertama – tama utamakanlah keselamatan dengan menggunakan alat pelindung diri dan memastikan ventilasi yang baik di area kerja. Membiasakan diri dengan mengontrol mesin, termasuk sakelar daya, voltase, arus, penyesuaian kecepatan. Pilih kawat elektroda yang benar berdasarkan jenis proses FCAW yang akan di gunakan (FCAW-S dan FCAW-G). Jika menggunakan FCAW berpelindung gas, sambungkan pasokan gas pelindung yang sesuai dan alur laju dengan sesuai.

#### 2.1.2. Klasifikasi Elektroda FCAW

Pada dasarnya, pengelasan FCAW mirip dengan pengelasan GMAW, namun perbedaan utamanya terletak pada bentuk elektroda yang berbentuk tabung



dan berisi fluks di dalamnya. Menurut standar AWS 1.3.3, jenis elektroda las FCAW sering digunakan untuk pengelasan baja karbon.



Gambar 2. 2 Kode elektroda pengelasan

Berikut adalah kode elektroda dan arus pengelasan FCAW pada Tabel 2.1

Tabel 2. 1 Kode dan arus pengelasan FCAW

<i>AWS Classification</i>	<i>Welding Current</i>	<i>Shielding gas</i>	<i>Single of multipiepass</i>
EXXT - 1	DCEP	CO <sub>2</sub>	Multipie
EXXT - 2	DCEP	CO <sub>2</sub>	Single
EXXT - 3	DCEP	None	Single
EXXT - 4	DCEP	None	Multipie
EXXT - 5	DCEP	CO <sub>2</sub>	Multipie
EXXT - 6	DCEP	None	Multipie
EXXT - 7	DCEN	None	Multipie
EXXT - 8	DCEN	None	Multipie
EXXT - 9	DCEN	None	Multipie
EXXT - 10	DCEN	None	Single
EXXT - 11	DCEN	None	Multipie
EXXT - 12	DCEN	None	Multipie
EXXT - 13	DCEN	CO <sub>2</sub>	Single
EXXT - 14	DCEN	None	Single
EXXT - G	Note Specified	Note Specified	Multipie
EXXT - GS	Note Specified	Note Specified	Single

## 2.4 Baja SS 400

Bahan lembaran baja SS 400 berdasarkan JISG 310, digunakan untuk pengujian tarik dan bending[9]. Baja SS400 adalah jenis dari baja karbon dengan kadar karbon yang rendah yaitu kurang dari 0,3%. Spesifikasi pelat baja SS 400 sejenis baja untuk struktur umum dan digunakan dalam pembuatan kapal. Pelat baja SS 400 ini memiliki beberapa keistimewaan, seperti kondisi panasnya, pembekuanyang sangat baik, bahkan struktur dengan tekanan ketahanan dan sifat mekaniknya yang baik. Komposisi bahan kimia untuk pelat baja SS 400 ini yaitu mengandung Karbon (C), *Manganese* (Mn), Silikon (Si), Pospor (P). Pelat baja SS 400 ini tidak memiliki ciri khas yang dipunyai material yang tahan karat karena baja SS 400 ini tidak mengandung kadar krom (Cr) dan kadar Nikel (Ni), pelat baja SS 400 ini bisa berkarat. Baja SS 400 ini memiliki *tensile strength* 400 N/ mm<sup>2</sup>[10].

Komposisi kimia dari baja itu sendiri pada Tabel 2.2 :

Tabel 2. 2 Komposisi Kimia baja SS400

Jenis Baja	C	Si	Mn	P	S
SS 400	0,1986	0,149	0,298	0,0127	0,0045

Baja SS 400 biasanya jenis baja yang sering digunakan pada bidang *marine* terutama pada bidang perkapalan, pada umumnya baja SS 400 digunakan untuk pembuatan kontstruksi kapal dan sering banyak dijumpai pada konstruksi lambung kapal. Baja karbon rendah, termasuk SS400, dikenal memiliki keuletan dan kekuatan yang baik. Dalam industri perkapalan, baja karbon rendah seperti SS400 sering menjadi bahan utama untuk konstruksi lambung kapal dan pembuatan struktur kapal lainnya.

Baja SS 400 banyak digunakan pada konstruksi lambung kapal, dalam rules BKI untuk Baja dalam pembuatan kapal di bagi menjadi 3 yaitu KI-M550, KI-M700 dan KI-M900 dengan kandungan kimia yang berbeda-beda. Berikut adalah kandungan kimia berdasarkan grade nya menurut BKI[11].

Brief name	BKI Grade		C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	As	Cu	Sb	Sn	Ti	V
15NiCr Mo10-6	KI-M550	Min.	0,12	0,15 <sup>1)</sup>	0,1	–	–	1,0	0,20	2,00	–	–	–	–	–	–
		Max	0,18	0,35	0,4	0,015	0,008	1,8	0,60	3,25	0,025	0,25	0,025	0,03	0,02	0,03
16NiCr Mo12-6	KI-M700	Min.	0,12	0,15 <sup>1)</sup>	0,1	–	–	1,0	0,20	2,25	–	–	–	–	–	–
		Max	0,20	0,35	0,4	0,015	0,008	1,8	0,60	3,50	0,025	0,25	0,025	0,03	0,02	0,03
	KI-M900	Min.	–	0,15 <sup>1)</sup>	0,6	–	–	0,4	0,30	4,75	–	–	–	–	–	0,05
		Max	0,12	0,35	0,9	0,010	0,008	0,7	0,65	5,25	0,025	0,25	0,025	0,03	0,02	0,10

<sup>1)</sup> For vacuum-carbon deoxidization, Si<sub>min</sub> = 0,05% shall apply.

Gambar 2. 3 Komposisi kimia menurut BKI

Berdasarkan komposisi kimia baja dengan komposisi kimia yang dikeluarkan oleh BKI baja SS 400 ini termasuk kedalam KI M550

## 2.5 Pengujian Mekanik

Pengujian mekanik adalah pengujian yang dilakukan untuk mengetahui sifat kekuatan dan kekerasan dari material logam. Sifat mekanik material adalah perilaku material di bawah pengaruh gaya luar dan deformitas yang terjadi. Secara fisik, sifat mekanik dihasilkan dari gaya ikatan antara atom material dan struktur material. Pada pengujian yang bersifat merusak, specimen dari suatu mengalami kerusakan. Ada beberapa jenis pengujian mekanik yang penguji lakukan adalah:

a. Uji Kekerasan

pengujian kekerasan adalah metode untuk mengukur ketahanan suatu. Pengujian kekerasan digunakan untuk mengevaluasi respon material terhadap gaya yang menyebabkan deformasi plastis. Sifat mekanik yang ingin diketahui melalui pengujian kekerasan antara lain ketahanan terhadap tekanan mekanik dan elastisitas material. Proses pengujian kekerasan disesuaikan dengan metode dan prosedur yang telah ditetapkan untuk material yang diuji. Tingkat keakuratan hasil tes sangat bergantung pada pemilihan metode tes yang tepat.

b. Uji Tarik

Proses pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik dari specimen yang di uji. Pengujian tarik untuk kekuatan tarik daerah las dimaksudkan untuk mengetahui kekuatan las yang mempunyai nilai sama[12]. Pengujian tarik adalah salah satu metode umum dalam pengujian mekanis untuk mengevaluasi karakteristik material. Contoh benda uji tarik biasanya berupa batangan yang mempunyai bagian tengah yang terpisah dengan bagian lainnya. Dalam pengujian ini, tegangan diterapkan pada bagian tengah sampel, dan perubahan panjangnya diukur untuk menghitung tegangan. Proses penarikan melibatkan penjepitan kedua ujung sampel, dengan salah satu ujungnya dilengkapi dengan alat pengukur beban pada mesin uji. Standar pengujian tarik yang sering digunakan antara lain ASTM E8 di Amerika dan standar industri Jepang. Untuk material komposit, uji tarik biasanya dilakukan dengan menggunakan mesin uji universal.



Gambar 2. 4 Alat Uji tarik

- Spesifikasi mesin uji tarik

▼ Specifications				
MODEL	WDW-200E	WDW-300E	WDW-500E	WDW-600E
Load Capacity (kN)	200	300	500	600
Test Grade	0.5	0.5	0.5	0.5
Testing Force Accuracy	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
Testing Force Range	0.4%-100%FS	0.4%-100%FS	0.4%-100%FS	0.4%-100%FS
Force Resolution	1/300000	1/300000	1/300000	1/300000
Displacement Accuracy	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
Displacement Resolution(mm)	0.05	0.05	0.05	0.05
Speed Range (mm/min)	0.01-500	0.01-500	0.01-500	0.01-500
Control Accuracy	±0.5%	±0.5%	±0.5%	±0.5%
Crosshead Travel(mm)	1100	1100	1100	1100
Max. Tensile Testing Space(mm)	700	700	800	800
Max. Compression Testing Space(mm)	1100	1100	800	800
Test width (mm)	600	600	700	700
Compression Platen(mm)	∅100	∅100	∅100	∅100
Load cell	High-precision USA load cell offers high stiffness, high stability, and high linearity Over-load protection, lateral loading protection, Bi-direction allows tension and compression test Self-recognition (TEDS) function, Regular self-calibration.			
Position limit switch	Upper and lower lights			
Power Supply	AC220V±10%, 50Hz/60Hz			
Overall Dimensions (L*W*H: mm)	1102*670*2395		1450*1140*2730	
Net Weight(kg)	2200		4000	

Gambar 2. 5 Spesifikasi mesin uji tarik

c. Uji Tekuk (*Bending*)

Pengujian bending adalah metode evaluasi visual yang biasa digunakan untuk menilai kualitas material. Proses pembentukannya dilakukan dengan menggunakan alat pendorong yang mempunyai dimensi tertentu untuk membengkokkan bagian tengah pelat atau bahan uji diantara dua penyangga pada jarak yang telah ditentukan. Berdasarkan posisi pengambilan sampel, uji bending dibagi menjadi dua jenis, yaitu transversal bending dan longitudinal bending. Jika kedua jenis pengujian tersebut diterapkan pada benda yang telah dilas, pemotongan area

pengelasan harus disesuaikan dengan jenis pengujian yang dilakukan. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui nilai mutu dari hasil pengelasan



Gambar 2. 6 Alat Uji Bending

- d. Uji Tumbuk (*Impact*)  
Uji Impact adalah jenis pengujian yang melibatkan pemberian beban secara cepat (*rapid loading*). Untuk memahami konsep uji impact, penting untuk mengamati fenomena yang terjadi pada kapal yang terpapar suhu rendah di tengah laut, yang mengakibatkan materialnya menjadi rapuh dan mudah patah. Tujuan uji impact ini sendiri adalah untuk mengetahui pengaruh bebasdampak terhadap sifat mekanik materialnya.

## 2.6 Prosedur Pengujian Tarik dan Bending

- a. Prosedur pengujian tarik  
Pengujian tarik adalah teknik yang digunakan untuk menguji kekuatan suatu material dengan menerapkan gaya tarik dalam arah yang berlawanan. Hasil dari pengujian ini memiliki signifikansi besar dalam rekayasa teknik dan desain produk karena memberikan data mengenai kekuatan material. Pengujian tarik sangat penting dalam menentukan desain produk karena memberikan informasi mengenai kekuatan bahan. Dalam penelitian ini, mesin uji yang digunakan adalah mesin uji tarik universal dengan prosedur tertentu yang diterapkan selama pengujian:
- 1) Ukur dimensi specimen sebelum di uji
  - 2) Siapkan mesin uji tarik yang digunakan
  - 3) Pasang specimen tarik dan pastikan terjepit dengan betul

- 4) Jalankan mesin uji tarik
  - 5) Setelah patah, hentikan proses penarikan secepatnya, catat gaya tarik maksimum dan pertambahan panjangnya dan lepaskan specimen dari grip.
- b. Prosedur pengujian bending
- Uji lengkung (bending test) adalah salah satu jenis pengujian yang digunakan untuk mengevaluasi kualitas suatu material secara uji rusak. Mesin yang digunakan dalam pengujian ini adalah mesin uji tarik universal [13]. Dalam pengujian bending dapat dilakukan 3 pengujian yaitu:
1. *Face Bend*  
*Face Bend* bending dilakukan sehingga permukaan las yang mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan tekan.
  2. *Root Bend*  
*Root bend* bending dilakukan sehingga akar las mengalami tegangan dan dasar las mengalami tegangan.
  3. *Side Bend*  
*Side bend* bending dilakukan sehingga sisi las dan pengujian ini dilakukan jika ketebalan material yang dilas itu lebih besar dari 3/8 inchi.

Tahapan pengujian bending adalah sebagai berikut :

- 1) Membukur dimensi specimen meliputi panjang, lebar dan tebal
- 2) Menyiapkan specimen uji bending
- 3) Mengeset lebar tumpuan sesuai dengan benda specimen
- 4) Mengeset tumpuan tepat pada tengah-tengah indentor
- 5) Pemasangan specimen uji pada tumpuan
- 6) Mengeset indentor hingga menempel pada specimen uji dan mengeset skala beban dan *dial indicator* pada posisi nol
- 7) Pembebanan bending dengan kecepatan konstan
- 8) Mencatat besarnya penambahan beban yang terjadi pada specimen setiap kali terjadi penambahan defleksi sampai terjadi kegagalan.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Metode penelitian adalah suatu pendekatan yang diterapkan dalam suatu penelitian untuk memastikan bahwa pelaksanaan dan hasilnya dapat dipertanggungjawabkan secara ilmiah. Penelitian ini menggunakan metode eksperimen, yang merupakan pendekatan untuk mengeksplorasi Eksperimen dilakukan di laboratorium dengan parameter dan peralatan yang telah ditetapkan untuk mengumpulkan data tentang keterkaitan sebab-akibat antara faktor-faktor yang memengaruhi, khususnya pengaruh arus pengelasan. terhadap pengujian mekanik, seperti uji tarik dan uji bending pada pengelasan FCAW.

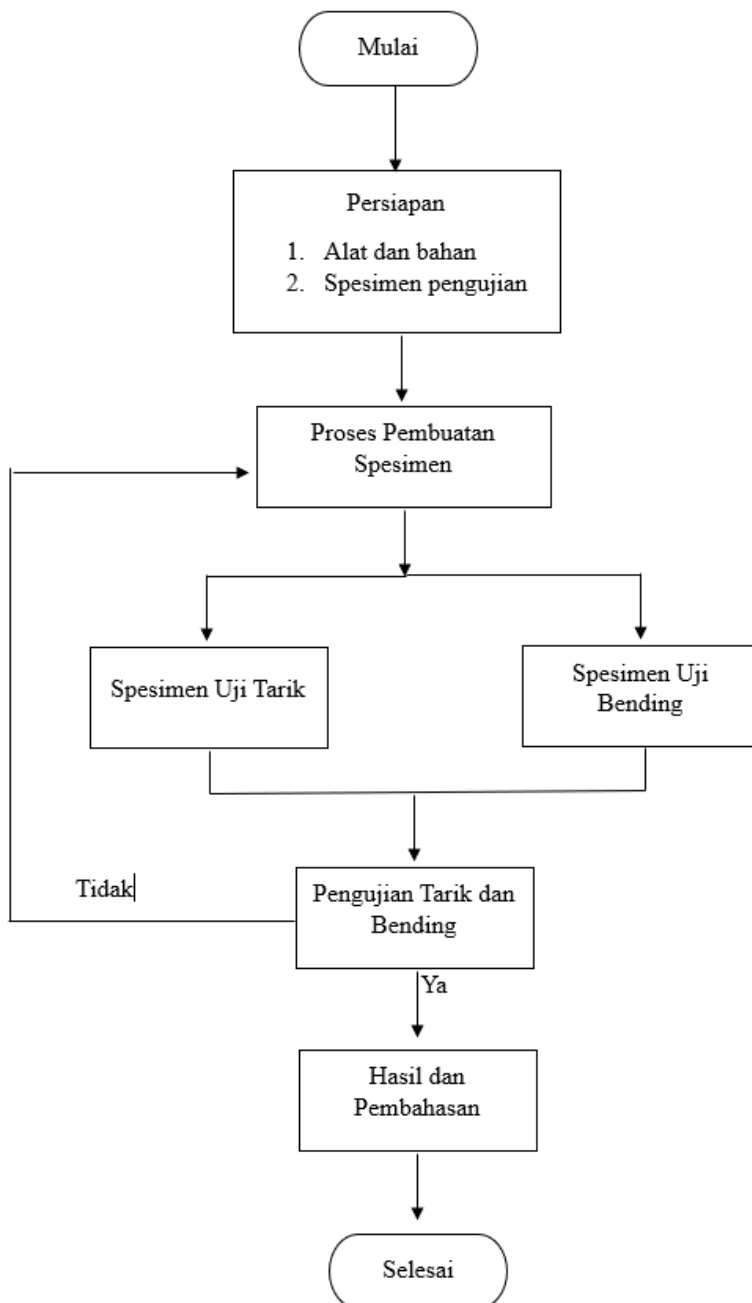
#### **3.1 Identifikasi dan Perumusan Masalah**

Tahapan awal dalam penyusunan tugas akhir adalah mengidentifikasi permasalahan yang ada untuk menentukan perumusan masalah yang akan diangkat. Perumusan masalah merupakan langkah kunci dalam proses ini, karena di sinilah pentingnya mengapa suatu permasalahan harus diselesaikan untuk menjadi topik dalam tugas akhir. Penemuan masalah dilakukan dengan mencari informasi terkait masalah yang sedang terjadi. Dari tahap ini, juga dapat dipahami tujuan dari pelaksanaan tugas akhir. Dalam tugas akhir ini, fokus permasalahan adalah tentang pengaruh variasi arus pengelasan FCAW pada baja SS400 terhadap pengujian mekanik dan sambungan las.

#### **3.2 Studi Literatur**

Studi literatur adalah langkah awal dalam mencari referensi teori-teori yang akan menjadi dasar dalam perencanaan pengujian dan dapat memberikan panduan dalam proses penelitian. Referensi untuk tugas akhir ini berkaitan dengan pengujian mekanik pada baja SS400. Fokus dari studi literatur dalam proposal ini adalah:

- a. Uji Tarik  
Informasi terkait uji tarik didapatkan melalui pengujian terlebih dahulu mengenai pengujian tarik yang sesuai dengan tujuan yang ada
- b. Uji Bending  
Informasi terkanit uji mekanik didapatkan melalui pengujian terlebih dahulu, mengenai pengujian bending yang sesuai dengan tujuan yang ada.



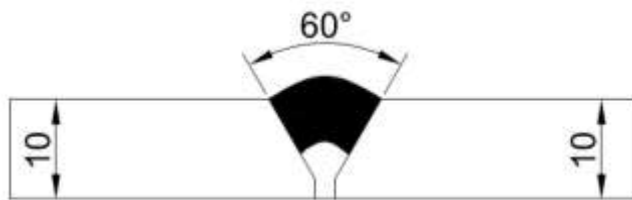
Gambar 3. 1 *Flowchart* Penelitian



### 3.3 Perencanaan Pengujian mekanik

Spesifikasi benda uji yang digunakan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

- a. Bahan yang digunakan adalah plat baja SS 400
- b. Ketebalan plat baja 10 mm
- c. Posisi pengelasan yang digunakan adalah 1G
- d. Arus pengelasan yang digunakan adalah 120 A, 140 A dan 160 A
- e. Kampuh yang digunakan jenis kampuh V



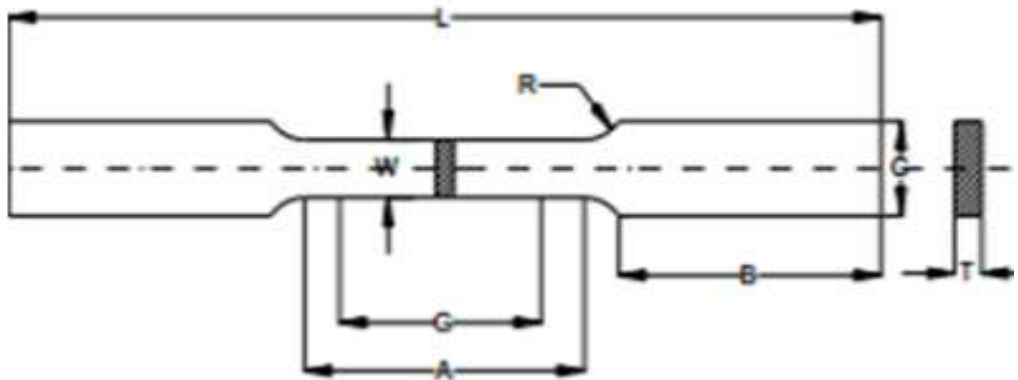
Gambar 3. 2 Desain Spesimen pengelasan

Setelah melakukan pengumpulan atau membuat desain dan penentuan kebutuhan alat dan bahan yang digunakan. Standar pengujian tarik yang di ambil yaitu berdasarkan ASTM E8 dengan dimensi 200mmx20mmx10mm. Standar pengujian bending berdasarkan standar ASTM E190-14 dengan dimensi 152mmx38mmx10mm[14].

#### 1. Dimensi ukuran Uji Tarik

Tabel 3. 1Dimensi ukuran spesimen Uji tarik

Keterangan	Ukuran (mm)
<i>Gage Length (G)</i>	12
<i>Length of reduced section</i>	57
<i>Width (W)</i>	12
<i>Thickness (T)</i>	10
<i>Radius of fillet (R)</i>	12,5
<i>Overall Length (L)</i>	200
<i>Width of grip section</i>	20

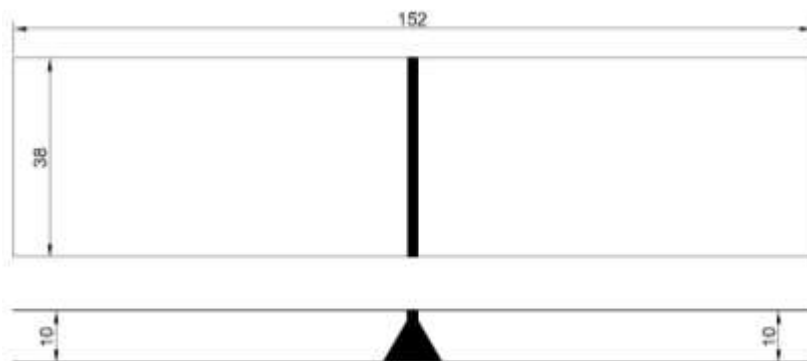


Gambar 3. 3 Dimensi Pengujian Tarik

2. Dimensi ukuran Uji bending

Tabel 3. 2 Dimensi ukuran uji bending

Keterangan	Ukuran (mm)
<i>Overall Length</i>	152
<i>Width</i>	12
<i>Thicness</i>	10



Gambar 3. 4 Dimensi Spesimen uji bending

### 3.4 Tempat Pelaksanaan

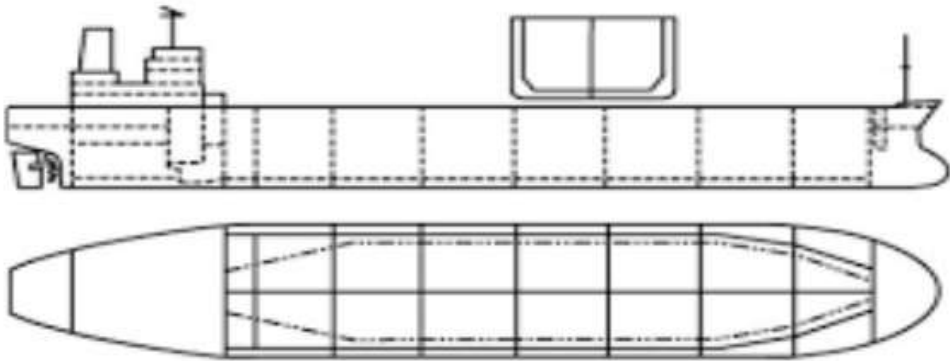
Penelitian ini dilaksanakan bertempat di *workshop Welding school* Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro dan Bengkel teknik mesin Polteknik Negeri Semarang.

### 3.5 Metode Penelitian

Penelitian ini mengumpulkan data dari berbagai sumber, termasuk jurnal ilmiah, buku referensi, modul, internet, serta studi lapangan langsung.

Baja SS 400 menjadi objek penelitian ini. Jenis baja ini adalah baja karbon rendah yang umumnya digunakan dalam konstruksi kapal, termasuk dalam pembuatan lambung kapal.

Baja SS 400 dengan ketebalan 10 mm sering sekali digunakan dalam dunia maritime terutama pada bidang perkapalan dan sering sekali digunakan untuk konstruksi lambung kapal[15].



Gambar 3. 5 Profil kapal

Sesuai dengan komposisi kimia yang telah dijelaskan di atas baja ss 400 yang sering digunakan dalam konstruksi kapal seperti halnya dalam pembuatan lambung kapal.



a



b



c



d

Gambar 3. 6 a. baja SS400 b. baja SS400 di lambung kapal c. Pengelasan FCAW d. hasil FCAW

Baja SS 400 sering digunakan untuk membangun konstruksi kapal seperti yang dilihat pada Gambar 3.6.

### **3.6 Output**

*Output* yang dihasilkan dari judul penelitian saya ini adalah berupa jurnal ilmiah dan Hak kekayaan intelektual video proses penelitian.

### 3.7 Jadwal Kegiatan

Adapun jadwal kegiatan penelitian ini dilakukan sebagai berikut

Tabel 3. 3 Jadwal kegiatan

No	Kegiatan	Bulan							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Studi Pustaka /Literatur	■	■						
2	Pembuatan WPS	■	■						
3	Penyusunan Usulan TA	■	■						
4	Pembuatan specimen		■	■	■	■			
5	Uji Specimen					■	■		
6	Pembuatan laporan TA						■	■	

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengelasan specimen pengujian Tarik dan bending melakukan pengelasan pengelasan FCAW dengan pengelasan yang berbeda. Kawat las yang digunakan pada pengelasan specimen ini yaitu jenis E71T-1C. Pengelasan FCAW ini Menggunakan sambungan atau *single V butt joint* dengan sudut kampuh 60°. Pengelasan specimen satu dengan menggunakan arus 120A dengan kecepatan 13 cm/menit, specimen kedua menggunakan arus 140A di dengan kecepatan 14 cm/menit dan untuk pengelasan specimen menggunakan arus 160A dengan kecepatan 16 cm/menit. Volt ranger yang di gunakan dari tiga arus pengelasan itu sendiri adalah 20 volt untuk semua variasi arus.

Pengelasan specimen uji Tarik dan bending menggunakan pengelasan FCAW dan menggunakan jenis elektroda E71T – 1C seperti Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Jenis elektroda FCAW

Berdasarkan hasil pengelasan yang telah dilakukan dengan menerapkan pengelasan FCAW (*Flux Cored Arc Welding*) dalam posisi 1G dan menggunakan kampuh *Single V Butt Join*, diperoleh hasil *Heat input* yang berbeda pada setiap proses pengelasan, seperti yang tercantum di bawah ini:

$$\begin{aligned} \text{a) } \textit{Heat Input} \text{ 120 A} &= \frac{60 \times 20 \text{ v} \times 120 \text{ A}}{13 \text{ cm/menit}} \\ &= 11076,92 \text{ Joule/cm} \\ \text{b) } \textit{Heat Input} \text{ 140 A} &= \frac{60 \times 20 \text{ v} \times 140 \text{ A}}{14 \text{ cm/menit}} \\ &= 12000 \text{ Joule/cm} \\ \text{c) } \textit{Heat Input} \text{ 160 A} &= \frac{60 \times 20 \text{ v} \times 160 \text{ A}}{15 \text{ cm/menit}} \\ &= 14769,23 \text{ Joule /cm} \end{aligned}$$

## 4.1 Specimen uji

### 4.1.1 Pembuatan Specimen Uji tarik

Setelah melakukan pengumpulan data dan pembuatan desain specimen uji tarik berdasarkan ASTM E8 dengan dimensi ukuran 200mmx20mmx10mm. Akhirnya penulis menggunakan laboratorium *welding school* dan laboratorium *teacing factory*. Laboratorium ini di kelola oleh program studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan dan kelola oleh Sekolah vokasi yang bertempat di fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Pembuatan specimen uji tarik awalnya melakukan pemotongan plat baja SS400 dengan menggunakan mesin *cutting plasma*, seperti pada Gambar 4.2.



Gambar 4. 2 Proses pemotongan plat

Setelah melakukan pemotongan plat baja langkah selanjutnya untuk pembuatan specimen uji tarik ini adalah pembuatan bentuk specimen uji tarik yang sesuai dengan standar ASTM E8, seperti pada Gambar 4.3.



Gambar 4. 3 Pembuatan spesimen uji tarik

#### 4.1.2 Pembuatan Specimen Uji Bending

Setelah melakukan pengumpulan data dan pembuatan desain specimen uji tarik berdasarkan ASTM E190-14 dengan dimensi 152mmx38mmx10mm. Akhirnya penulis menggunakan laboratorium welding school dan laboratorium *teacing factory*. Laboratorium ini di kelola oleh program studi Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan dan kelola oleh Sekolah vokasi yang bertempat di fakultas Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro.

Sama seperti halnya pada pembuatan specimen uji tarik, pembuatan uji bending ini juga awalnya melakukan pemotongan plat baja SS400 dengan menggunakan mesin *cutting plasma*. Seperti pada Gambar 4.1.

Setelah melakukan pemotongan plat baja langkah selanjutnya untuk pembuatan specimen uji tarik ini adalah pembuatan bentuk specimen uji tarik yang sesuai dengan standar ASTM E190-14, seperti pada Gambar 4.4.





Gambar 4. 4 Pembuatan spesimen uji bending

#### 4.1.3 Analisa Visual

Setelah melakukan pengelasan ketida specimen dengan arus yang berbeda terdapat beberapa jenis cacat las yang berada di specimen. Cacat las bisa dilihat setelah hasil pengelasan di gerinda atau di ratakan dengan basemetal. Cacat las yang bisa dilihat dari specimen uji yaitu undercut, undercut terlihat pada specimen dengan arus 120 A dan 160 A.

Undercut itu terjadi karena adanya penyambungan tepi yang berlebihan ataupun kurang, dan itu terjadi pada specimen arus 120 A dan arus 160 A, karena pada arus pengelasan 120 A itu peleburan pada basemetal dan kawat itu kurang dan sedangkan pada arus 160 A itu sendiri peleburan pada basemetal dan kawat itu terlalu berlebihan maka bisa terjadi undercut pada kedua specimen. Untuk specimen dengan arus 140 A secara visual terlebih tidak ada cacat las seperti cacat las undercut seperti Gambar 4.5.



Gambar 4. 5 Hasil pengujian visual Bending

## 4.2 Pengujian Tarik

Pengujian tarik ini dilakukan untuk mengetahui kekuatan tarik dari suatu specimen uji tarik, pengujian tarik ini sesuai dengan standar ASTM E8 Pengujian tarik ini menggunakan *Electromechanical universal Testing Machine* sehingga mendapatkan grafik tegangan dengan satuan (MPa), grafik regangan dengan satuan (%) dan untuk mengetahui nilai modulus elastisitas[16].

Sebelum melakukan pengujian tarik, hasil pembuatan specimen pengujian terlebih dahulu dilakukan analisa visual atau di cek secara visual. Hasil pengecekan visual diketahui tidak ada cacat pada specimen uji seperti pada Gambar di 4.6.



Gambar 4. 6 Hasil Pengamatan Visual Uji tarik

Pengujian tarik dilakukan di laboratorium *welding school* Teknologi Reayasa Konstruksi Perkapalan Universitas Diponegoro seperti pada Gambar 4.7.



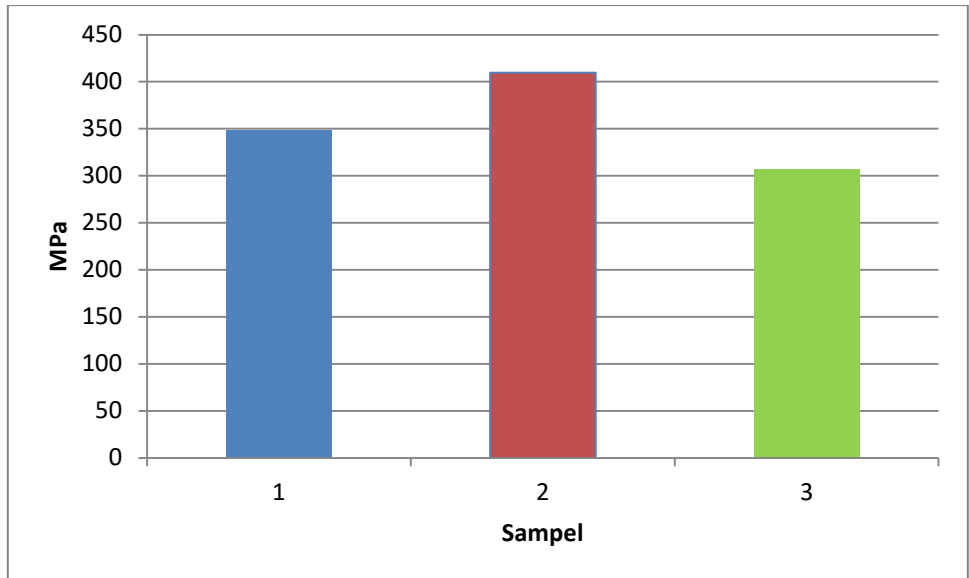
Gambar 4. 7 Pengujian Spesimen uji tarik

1. Hasil Uji Kekuatan Tarik

Sampel uji yang digunakan ialah sampel yang sesuai dengan standar ASTM E8. Pengujian tarik ini menggunakan *Electromechanical universal Testing Machine*. Pengujian tarik merupakan pengujian mekanis statis yang melibatkan penerapan gaya tarik pada kedua ujung sampel. Pengujian tarik ini bertujuan untuk mengetahui kekuatan tarik (*tensile strength*) masing – masing sampel yang arus pengelasannya berbeda dan melihat beban tarik maksimal yang diterima oleh masing – masing sampel. Data hasil pengujian tarik baja SS400 disajikan pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 Hasil pengujian Tarik

No	Sampel	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	Gaya Max (N)	Kuat tarik (MPa)
1	1 (120 A)	200	20	10	120	4181	348,4
2	2 (140 A)	200	20	10	120	4916	409,6
3	3 (160 A)	200	20	10	120	3687	307,2



Gambar 4. 8 Grafik hubungan antara uji tarik dan spesimen

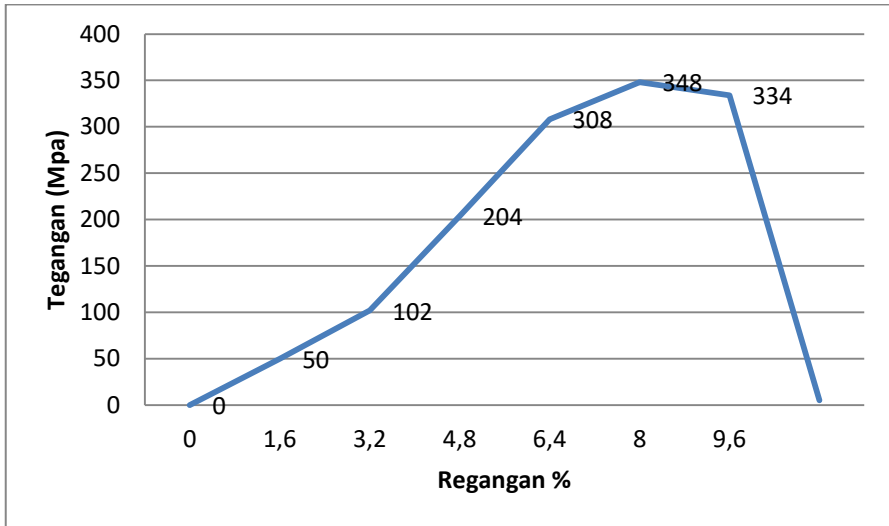
Dari Gambar 4.8 menunjukkan kuat dari uji tarik baja ss400 yang dihasilkan sebesar 348,4 sampai 409,6 MPa. Dari ketiga sample uji tarik memiliki kuat tarik yang berbeda besarnya, sample satu memiliki kuat tarik sebesar 348,4 MPa, sample kedua memiliki kuat tarik sebesar 409,6 MPa dan sample ketiga memiliki kekuatan tarik sebesar 307,2 MPa. Dapat dilihat besar nilai kuat tarik baja SS400 mengalami peningkatan dan penurunan. Hal ini dipengaruhi oleh faktor dari kuat arus yang berbeda. Dari arus 120 A memiliki root pengelasan api kecil yang mempengaruhi basemetal tidak menempel sempurna dengan kawat las, 140 A memiliki root pengelasan api yang sedang yang mempengaruhi basemetal dengan kawat las yang sempurna dan lebih kuat dan 160 A memiliki roote yang memiliki indikasi cacat lebih banyak karena arus pengapian yang terlalu besar yang menyebabkan basemetal menjadi termakan dan menghasilkan kekuatan tarik yang kecil.

a. Tegangan dan Regangan

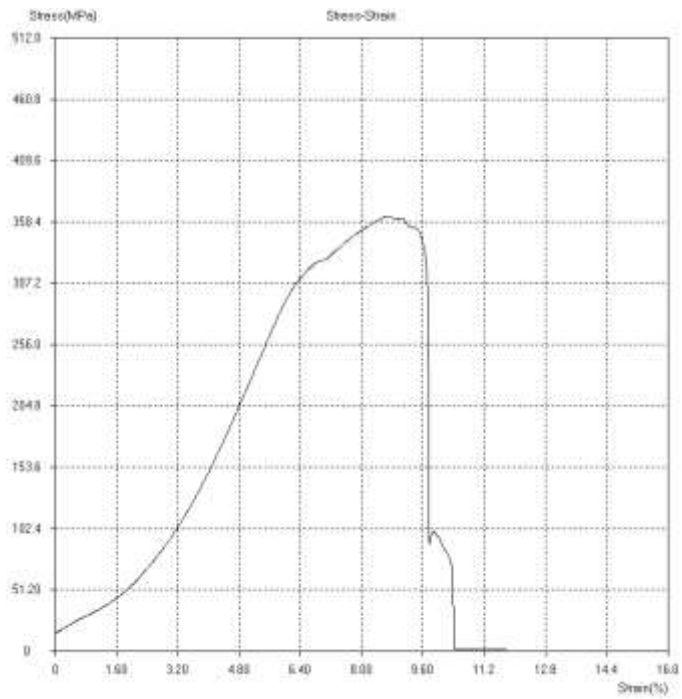
Tegangan yang diterima oleh benda specimen memiliki besaran yang berbeda disetiap pertambahan ukurannya. Data hubungan antara tegangan dan regangan dapat dilihat pada gambar 4.9 :

Tabel 4. 2 Tabel tegangan dan regangan spesimen satu

Regangan %	Kuat tarik (Mpa)
0	0
1,6	50
3,2	102
4,8	204
6,4	308
8	348
9,6	334



Gambar 4. 9 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan spesimen satu



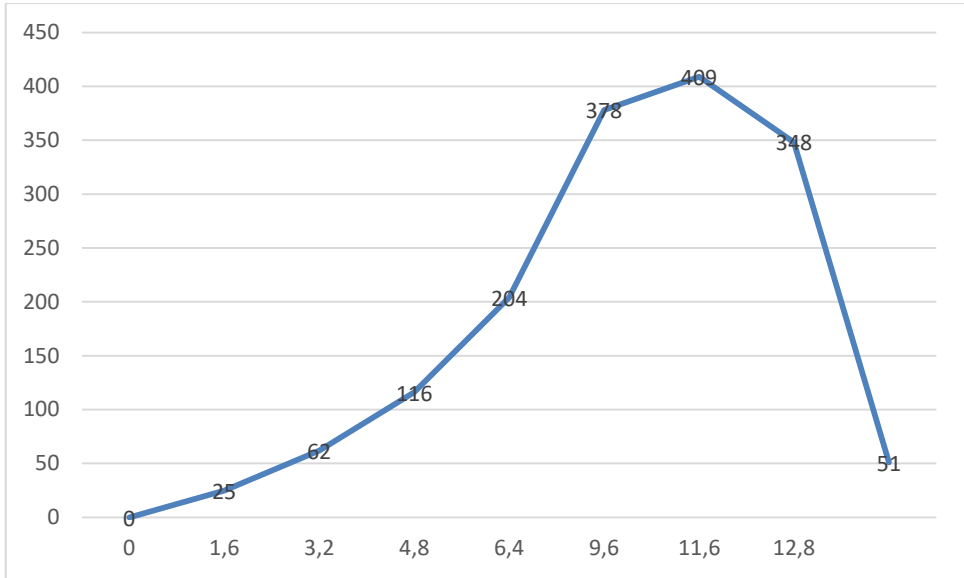
Gambar 4. 10 Grafik Hasil pengujian pada spesimen satu

Dari Gambar 4.9 menunjukkan setiap tegangan yang diberikan pada sampel uji specimen satu mempengaruhi pertambahan panjang sampai titik patah. Seperti halnya pada regangan 1,5% menghasilkan tegangan sebesar 50 MPa, serta pada regangan 3,2% menghasilkan tegangan sebesar 102 MPa, regangan akan terus bertambah sampai dimana akan mendapatkan regangan yang maksimum. Regangan maksimum sampel satu ini adalah sebesar 9,6% dengan tegangan yang di berikan sebesar 348,4 MPa.

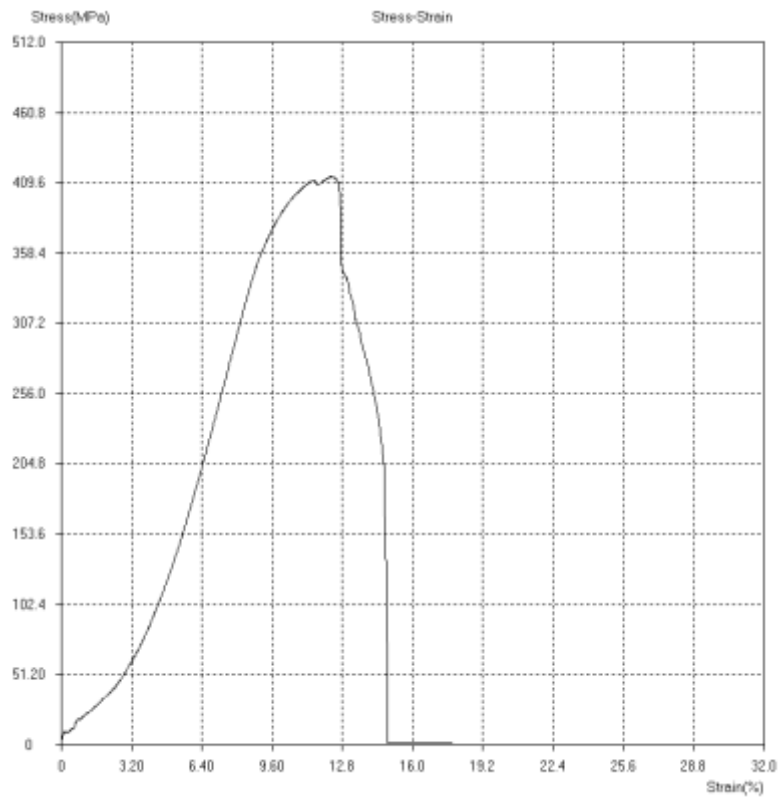
Tegangan maksimum pada *specimen* 1 dengan arus 120 A yaitu 348,4 MPa. Regangan maksimum pada *specimen* 1 dengan arus 120 A yaitu 9,6%, yang dimana ketika tegangan semakin besar maka regangan juga ikut terpengaruh besar sampai dimana tegangan maksimum titik patah akan menghasilkan regangan maksimum.

Tabel 4. 3 Tabel tegangan dan regangan spesimen dua

Regangan %	Kuat tarik (MPa)
0	0
3,2	62
4,8	116
6,4	204
9,6	378
11,6	409
12,8	348



Gambar 4. 11 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan spesimen dua



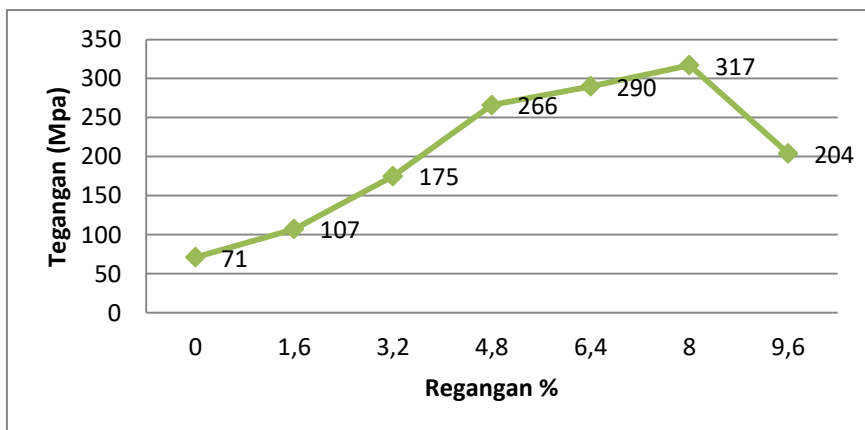
Gambar 4. 12 Grafik hasil pengujian spesimen dua

Dari Gambar 4,11 menunjukkan setiap tegangan yang diberikan pada sampel uji specimen dua mempengaruhi pertambahan panjang sampai titik patah. Seperti halnya pada regangan 3,2% menghasilkan tegangan sebesar 62 MPa, serta pada regangan 4,8% menghasilkan tegangan sebesar 116 MPa, regangan akan terus bertambah sampai dimana akan mendapatkan regangan yang maksimum. Regangan maksimum sampel satu ini adalah sebesar 11,6% dengan tegangan yang diberikan sebesar 409 MPa.

Tegangan maksimum pada *specimen 2* dengan arus 140 A yaitu 409 MPa. Regangan maksimum pada *specimen 2* dengan arus 140 A yaitu 11,6%, yang dimana ketika tegangan semakin besar maka regangan juga ikut terpengaruh besar sampai dimana tegangan maksimum titik patah akan menghasilkan regangan maksimum.

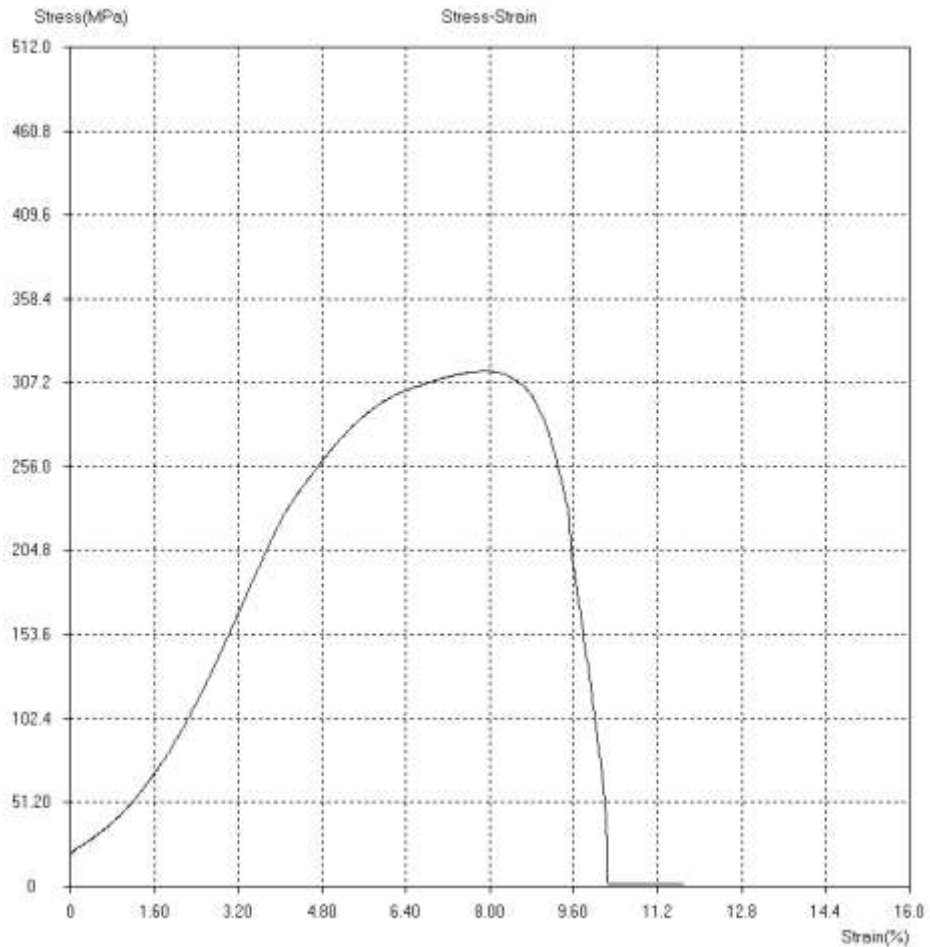
Tabel 4. 4 Tebal tegangan dan regangan spesimen tiga

Regangan %	Kuat tarik (Mpa)
0	71
1,6	107
3,2	175
4,8	266
6,4	290
8	317
9,6	204



Gambar 4. 13 Grafik hubungan antara tegangan dan regangan spesimen tiga





Gambar 4. 14 Grafik hasil pengujian spesimen tiga

Dari Gambar 4,13 menunjukkan setiap tegangan yang diberikan pada sampel uji specimen tiga mempengaruhi pertambahan panjang sampai titik patah. Seperti halnya pada regangan 3,2% menghasilkan tegangan sebesar 175 MPa, serta pada regangan 4,8% menghasilkan tegangan sebesar 266 MPa, regangan akan terus bertambah sampai dimana akan mendapatkan regangan yang maksimum. Regangan maksimum sampel satu ini adalah sebesar 8% dengan tegangan yang di berikan sebesar 317 MPa.

Tegangan maksimum pada *specimen 3* dengan arus 160 A yaitu 317 MPa. Regangan maksimum pada *specimen 3* dengan arus 160 A yaitu 8%, yang dimana ketika tegangan semakin besar maka regangan juga ikut terpengaruh besar sampai dimana tegangan maksimum titik patah akan menghasilkan regangan maksimum.

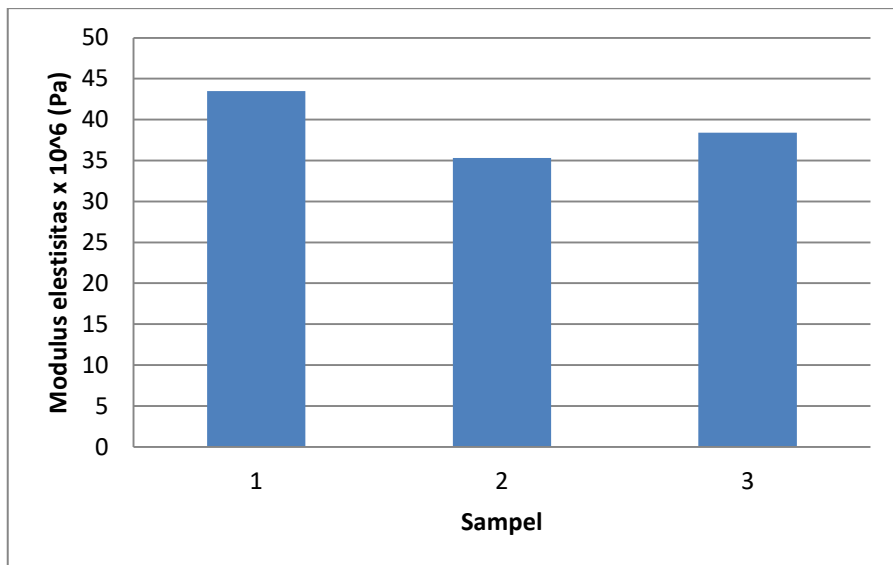
b. Modulus Elastisitas

Modulus elastisitas adalah parameter yang digunakan untuk mengukur kemampuan suatu material dalam mengalami deformasi elastis saat diberi

beban pada sampelnya. Pengolahan data yang disajikan dalam bentuk hasil perbandingan antara tegangan dan regangan pada suatu benda uji.

Tabel 4. 5 Tabel modulus elastisitas

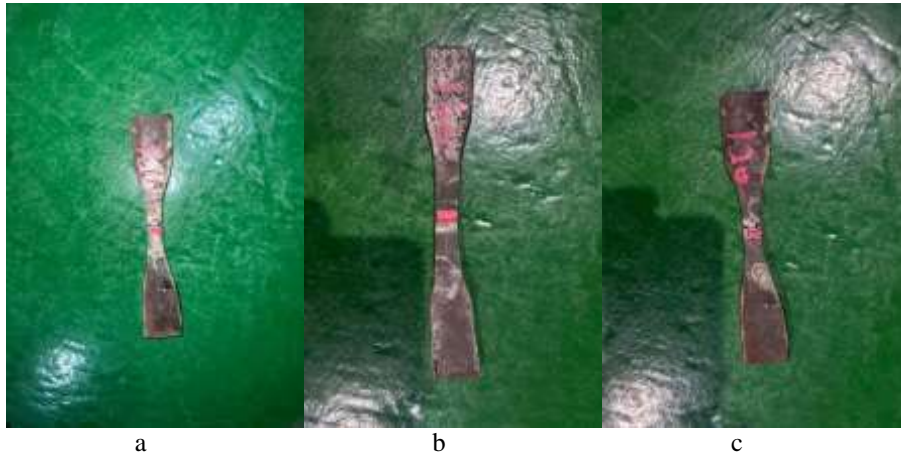
No	Sampel	Tegangan (Mpa)	Regangan	Modulus elastisitas (Pa)
1	1	348,4	8	$43,5 \times 10^6$
2	2	409,6	11,6	$35,3 \times 10^6$
3	3	317,2	8	$38,4 \times 10^6$



Gambar 4. 15 Grafik hubungan antara modulus elastisitas dan spesimen

Dari Gambar dari 4.15 itu menunjukkan besarnya modulus elastisitas pada sampel satu itu sebesar  $43,5 \times 10^6$  Pa, sampel dua sebesar  $35,3 \times 10^6$  Pa dan sampel tiga sebesar  $38,4 \times 10^6$  Pa.

Dari hasil pengujian tarik yang telah dilakukan pada ketiga specimen mendapatkan titik patah yang terjadi di area HAZ (*Heat Affected Zone*) yaitu area yang yang dihasilkan ketika suatu logam terkena suhu yang sangat tinggi, hasil patahan uji tarik bisa dilihat pada Gambar 4.16.



Gambar 4. 16 Hasil patahan uji tarik

### 4.3 Pengujian Bending

Pengujian bending dilakukan pada sampel uji hasil pengelasan sesuai dengan standar ASTM E190-14. Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mendapatkan data mengenai kualitas hasil pengelasan, yang mencakup penilaian terhadap ketangguhan material setelah melalui proses pengelasan. Ketangguhan diartikan sebagai kemampuan material untuk menyerap energi hingga mencapai titik perpatahan[17].

Pengujian bending ini dilakukan di laboratorium *welding school* Teknologi Rekayasa Konstruksi Perkapalan Sekolah Vokasi Universitas Diponegoro Gambar 4.17. Pengujian pada uji bending dapat dilakukan dua jenis pengujian bending ini adalah *face bend* dan *root bend*. *Face bend* digunakan untuk menilai kekuatan sambungan las, sementara *root bend* dilakukan untuk menguji kekuatan akar hasil pengelasan.



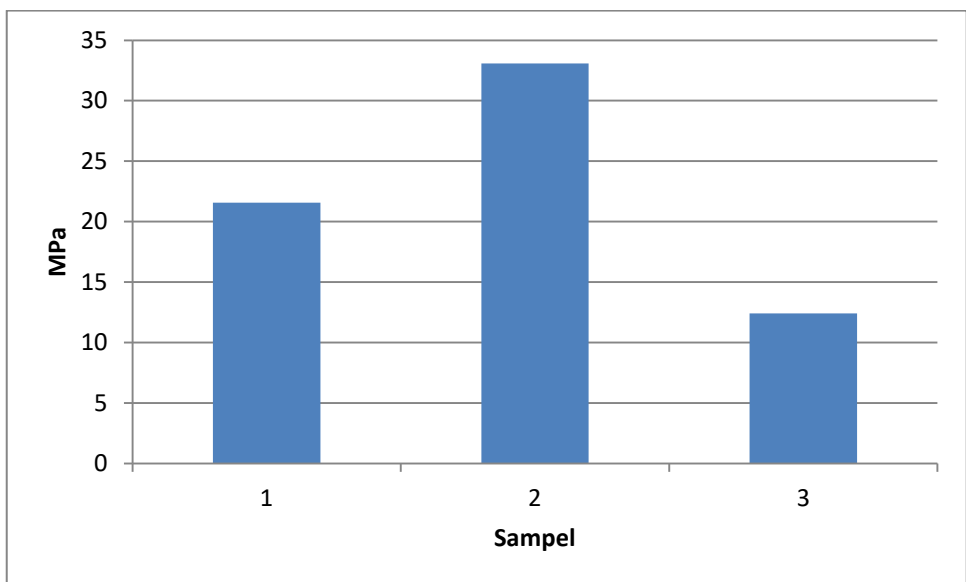
Gambar 4. 17 Pengujian Bending

1. Hasil Pengujian Bending

Setelah melakukan pengujian bending maka didapatkan hasil uji yang dapat menggambarkan kualitas dari masing – masing specimen dengan standar ASTM E190-14.

Tabel 4. 6 hasil pengujian bending

No	Spesimen	Panjang (mm)	Lebar (mm)	Tebal (mm)	Tegangan Bending (MPa)
1	SP 1 (120 A)	200	38	10	21,57
2	SP 2 (140 A)	200	38	10	33,09
3	SP 3 (160 A)	200	38	10	12,4



Gambar 4. 18 Grafik hasil pengujian bending

Hasil pengujian bending dari ketiga specimen menunjukkan variasi nilai dalam kekuatan uji bending dengan nilai pada specimen satu dengan arus amper 120 A mendapatkan hasil uji sebesar 21,57 MPa, pada specimen dua dengan arus amper 140 A mendapatkan hasil uji sebesar 33,09 MPa dan pada specimen ketiga dengan arus amper 160 A mendapatkan hasil uji sebesar 12,4 MPa. Pengujian bending menggunakan posisi *root bend* pada material uji.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1 Kesimpulan**

Dari pengujian yang sudah dilakukan dari sambungan las baja SS400 yang menggunakan pengelasan FCAW dengan variasi arus yang berbeda mendapatkan nilai pengujian Tarik dan bending.

- a. Dari hasil pengujian arus yang optimal dari variable yang telah ditentukan oleh menghasil arus 140 A adalah arus yang paling optimal.
- b. Dari hasil Analisa pengujia Tarik dan bending mendapatkan hasil yang terbesar dari ketiga variable arus adalah arus 140 A, karena menghasil kekuatan Tarik dan bending terbesar.
- c. Hasil penelitian diketahui *WPS* yang dihasilkan yaitu Baja SS400, *Single V Butt Joint* 60°, Pengelasan FCAW, Arus 140 A, elektroda E71T-1C, Kecepatan las 14 cm/menit

#### **5.2 Saran**

Pengelasan yang dihasil harus semaksimal mungkin tidak boleh terlalu cepat dan tidak boleh terlalu lambat agar pengelasan tidak menghasilkan cacat las yang lebih rusak. Pengujian bending sebaiknya melakukan mesin uji bending yang universal agar pengujian langsung mendapatkan hasil nilai ujinya.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Y. Ari Ardiansah, “Studi Hasil Proses Pengelasan FCAW ( Flux Cored Arc Welding ) Pada Mterial ST 41 Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Abstrak,” *Jtm*, vol. 07, no. 02, pp. 9–16, 2019.
- [2] M. T. I. Sianturi, U. Budiarto, and I. P. Mulyatno, “Analisa Kekuatan Tarik dan Impak Baja ST 40 Pengelasan Flux Cored Arc Welding (FCAW) Posisi 4G dengan Variasi Arus Pengelasan,” *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 2, pp. 152–160, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [3] Y. M. Zulaida, M. I. Kusuma, and T. Triana, “Pengelasan Flux Core Arc Welding Untuk Aplikasi Pengelasan Pelat Lambung Kapal,” *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 2, p. 119, 2018, doi: 10.36055/tjst.v14i2.5867.
- [4] N. Julian, U. Budiarto, and B. Arswendo, “Analisi perbandingan kekuatan tarik pada sambungan las baja SS400 pengelasan MAG dengan variasi arus Pengelasan dan Media Pendingin Sebagai Material Lambung Kapal,” *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 2, pp. 421–430, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/24512>
- [5] S. Jokosisworo, “PENGARUH PERBEDAAN POSISI PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN SAMBUNGAN T-Joint PENGELASAN FILLET DENGAN LAS FCAW PADA PLAT MILD STEEL,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 7, no. 2, 2012, doi: 10.14710/kpl.v7i2.3767.
- [6] S. J. Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Wilma, “Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux- Cored Arc Welding) dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan,” *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 2, pp. 152–160, 2019.
- [7] H. Yudo and S. Jokosisworo, “Prosedur Pengelasan,” *Kapal J. Ilmu Pengetah. dan Teknol. Kelaut.*, vol. 6, no. 2, pp. 123–125, 2012, doi: 10.14710/kpl.v6i2.2720.
- [8] J. Hasil *et al.*, “JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Pada Sambungan Las Baja ST 40 Akibat Pengelasan Flux-Cored Arc Welding (FCAW) Dengan Variasi Suhu Normalizing,” *J. Tek. Perkapalan*, vol. 8, no. 4, pp. 520–531, 2020, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [9] Q. H. Trieu, G. H. Vuong, and D. T. Nguyen, “Predictive Modeling of Spring-Back Behavior in V-Bending of SS400 Steel Sheets under Elevated Temperatures Using Combined Hardening Laws,” *Appl. Sci.*, vol. 13, no. 18, 2023, doi: 10.3390/app131810347.
- [10] I. Hamdi, T. -, and H. Oktadinata, “Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan Terhadap Distorsi Dan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Baja Ss400 Menggunakan Metode Gmaw,” *J. Ilm. Tek. Mesin*, vol. 8, no. 1, pp. 1–10, 2020, doi: 10.33558/jitm.v8i1.1998.
- [11] “Guidelines for Naval Ship Materials,” 2020.
- [12] J. Santoso, “Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Ketangguhan Las Smaw Dengan Elektroda E7018,” *Skripsi*, pp. 1–125, 2006.

- [13] H. N. Beliu, Y. M. Pelle, and J. U. Jarson, "Analisa kekuatan tarik dan bending pada komposit widuri - polyester," *J. Tek. Mesin UNDANA - Lontar*, vol. 03, no. 02, pp. 11–20, 2016.
- [14] C. W. Panggabeh, U. Budiarto, and A. W. Santosa, "Pengaruh Variasi Arus Dan Polaritas Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Kekerasan Hasil Las SMAW ( Shielded Metal Arc Welding ) Pada Baja SS 400," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 9, no. 4, pp. 350–359, 2021, [Online]. Available: <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [15] M. M. Z. Habba, Mohamed I A, Ahmed, M. M. El-Sayed Seleman, T. Kamel, and I. Albaijan, "Properties of Friction Stir Welded Mild Steel for Shipbuilding Applications," *Materials (Basel)*, vol. 15, no. 8, pp. 1–16, 2022.
- [16] P. K. Bandung *et al.*, "3 1,2,3," vol. 1, no. 3, pp. 131–143, 2018.
- [17] Zaini Miftach, "濟無No Title No Title No Title," pp. 53–54, 2018.

## Lampiran

Lampiran 1 : Foto proses pembuatan bevel dan pengelasan FCAW



Proses Pembuatan Bevel



. Proses pengelasan



Lampiran 2 : Foto Proses Pemotongan specimen dan pembuatan specimen uji



. Proses Pemotongan spesimen

Lampiran 3 : Sertifikat Welder

