

# **TUGAS AKHIR**

## **ANALISA PENGARUH DIAMETER KAWAT LAS PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKUATAN TARIK**

*Diajukan Untuk Memenuhi Syarat Memperoleh  
Gelar Sarjana Teknik Mesin Pada Fakultas Teknik  
Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara*

**Disusun Oleh:**

**MUHAMMAD SANDI PRADANA**  
**1507230044**



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
MEDAN  
2020**

## HALAMAN PENGESAHAN

Tugas Akhir ini diajukan oleh:

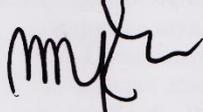
Nama : Muhammad Sandi Pradana  
NPM : 1507230044  
Program Studi : Teknik Mesin  
Judul Skripsi : Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik  
Bidang ilmu : Konstruksi dan Manufaktur

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai salah satu syarat yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 28 Februari 2020

Mengetahui dan menyetujui:

Dosen Penguji I



M. Yani, S.T., M.T

Dosen Penguji II



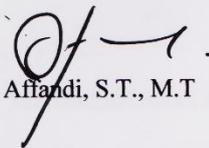
H. Muharrif, S.T., M.Sc

Dosen Penguji III



Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Penguji IV



Affandi, S.T., M.T

Program Studi Teknik Mesin  
Ketua,



Affandi, S.T., M.T

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Muhammad Sandi Pradana  
Tempat /Tanggal Lahir : Laut Dendang / 06 Mei 1998  
NPM : 1507230044  
Fakultas : Teknik  
Program Studi : Teknik Mesin

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa laporan Tugas Akhir saya yang berjudul:

**“Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik”,**

Bukan merupakan plagiarisme, pencurian hasil karya milik orang lain, hasil kerja orang lain untuk kepentingan saya karena hubungan material dan non-material, ataupun segala kemungkinan lain, yang pada hakekatnya bukan merupakan karya tulis Tugas Akhir saya secara orisinal dan otentik.

Bila kemudian hari diduga kuat ada ketidaksesuaian antara fakta dengan kenyataan ini, saya bersedia diproses oleh Tim Fakultas yang dibentuk untuk melakukan verifikasi, dengan sanksi terberat berupa pembatalan kelulusan/kesarjanaan saya.

Demikian Surat Pernyataan ini saya buat dengan kesadaran sendiri dan tidak atas tekanan ataupun paksaan dari pihak manapun demi menegakkan integritas akademik di Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.

Medan, 28 Februari 2020



Saya yang menyatakan,

Muhammad Sandi Pradana

## ABSTRAK

Proses pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi melainkan untuk mencapai tujuan ekonomi yang lebih baik, karena itu rancangan las dan prosedur pengelasan harus memperhatikan kesesuaian antara sifat fisis dan mekanis dari logam las. Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Untuk memperoleh hasil tentang analisis besarnya kekuatan tarik dan struktur mikro baja karbon rendah yang telah mengalami pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus, material yang dipakai adalah baja karbon rendah. Bahan uji yang digunakan menggunakan baja lunak dengan dimensi ukuran mengikuti standar ASTM E8/E 8M – 13a, Diameter elektroda yang digunakan  $\varnothing$  2.0 mm,  $\varnothing$  2.6 mm dan  $\varnothing$  3.2 mm, Pengujian yang dilakukan menggunakan mesin uji tarik UTM (*Universal Testing Machine*). Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisa kekuatan tarik spesimen dengan diameter kawat las 2.0, 2.6 dan 3.2 serta membandingkan kekuatan dari masing-masing diameter kawat las untuk penggunaan yang lebih maksimal. Hasil kekuatan tarik sambungan las dengan diameter kawat las 2.0 memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 1333,37 Kgf/mm<sup>2</sup>. Pengujian kekuatan tarik pada spesimen dengan menggunakan elektroda dengan diameter 2.6 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 1355,04 Kgf/mm<sup>2</sup>. Pengujian kekuatan tarik pada spesimen dengan menggunakan elektroda dengan diameter 3.2 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 1305,52 Kgf/mm<sup>2</sup>.

Kata Kunci : Pengelasan SMAW, diameter kawat las, kekuatan tarik, ASTM E8/E 8M – 13a, las busur listrik.

## **ABSTRACT**

*The welding process is not the main goal of construction but to achieve a better economic goal, therefore the welding design and welding procedure must pay attention to the compatibility between the physical and mechanical properties of the welding metal. Webbed electrodes used in electric arc Ias have different compositions of membranes and core wires. Flux coating on the core wire can be by means of destruction, spray or dip. The standard size of the core wire diameter is from 1.5 mm to 7 mm with a length of between 350 to 450 mm. To obtain the results of the analysis of the magnitude of the tensile strength and microstructure of low carbon steel that has undergone SMAW welding with variations in current strength, the material used is low carbon steel. Test materials used using soft steel with dimensions of size following the ASTM standard E8 / E 8M - 13a, the diameter of the electrodes used  $\varnothing$  2.0 mm,  $\varnothing$  2.6 mm and  $\varnothing$  3.2 mm, testing is carried out using a UTM (Universal Testing Machine) tensile testing machine. This study aims to analyze the tensile strength of specimens with a diameter of welding wire 2.0, 2.6 and 3.2 and compare the strength of each diameter of the welding wire for maximum use. The results of the tensile strength of welded joints with a diameter of 2.0 welding wire have an average tensile strength of 1333.37 Kgf/mm<sup>2</sup>. Tensile strength testing on specimens using electrodes with a diameter of 2.6 mm has an average tensile strength of 1355.04 Kgf / mm<sup>2</sup>. Tensile strength testing on specimens using electrodes with a diameter of 3.2 mm has an average tensile strength of 1305.52 Kgf / mm<sup>2</sup>.*

*Keywords: SMAW welding, welding wire diameter, tensile strength, ASTM E8 / E 8M - 13a, electric arc welding.*

## KATA PENGANTAR

Dengan nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang. Segala puji dan syukur penulis ucapkan kehadiran Allah SWT yang telah memberikan karunia dan nikmat yang tiada terkira. Salah satu dari nikmat tersebut adalah keberhasilan penulis dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang berjudul “Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik” sebagai syarat untuk meraih gelar akademik Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara (UMSU), Medan.

Banyak pihak telah membantu dalam menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini, untuk itu penulis menghaturkan rasa terimakasih yang tulus dan dalam kepada:

1. Bapak Ahmad Marabdi Siregar, ST, MT selaku Dosen Pembimbing I dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
2. Bapak Affandi, ST, MT, selaku Dosen Pimbimbing II dan Penguji yang telah banyak membimbing dan mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, sekaligus sebagai Ketua Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
3. Bapak M. Yani, S.T., M.T, selaku Dosen Pembanding I dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
4. Bapak H. Muharnif, S.T., M.Sc, selaku Dosen Pembanding II dan Penguji yang telah banyak memberikan koreksi dan masukan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
5. Bapak Munawar Alfansury Siregar ST, MT, sekalu Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara
6. Seluruh Bapak/Ibu Dosen di Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara yang telah banyak memberikan ilmu teknik mesin kepada penulis.

7. Orang tua penulis: Abdul Malik dan Erni Wahyuni, yang telah bersusah payah membesarkan dan membiayai studi penulis.
8. Bapak/Ibu Staf Administrasi di Biro Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara.
9. Sahabat-sahabat penulis: Wahyu Eka Syahputra, Suheransyah, Bagus Hartanto, Rahmad Marzuki Siregar, Ronal Febrian, Syahdana Amin dan lainnya yang tidak mungkin namanya disebut satu per satu.

Laporan Tugas Akhir ini tentunya masih jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis berharap kritik dan masukan yang konstruktif untuk menjadi bahan pembelajaran berkesinambungan penulis di masa depan. Semoga laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi dunia konstruksi dan manufaktur teknik mesin.

Medan, 28 Februari 2020

Muhammad Sandi Pradana

## DAFTAR ISI

<b>LEMBAR PENGESAHAN</b>	<b>ii</b>
<b>LEMBAR PERNYATAN KEASLIAN SKRIPSI</b>	<b>iii</b>
<b>ABSTRAK</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>v</b>
<b>KATA PENGANTAR</b>	<b>vi</b>
<b>DAFTAR ISI</b>	<b>viii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b>	<b>xii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b>	<b>xiii</b>
<b>DAFTAR NOTASI</b>	<b>xiv</b>
<b>BAB 1 PENDAHULUAN</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan masalah	3
1.3. Ruang lingkup	4
1.4. Tujuan	4
1.5. Manfaat	4
<b>BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA</b>	<b>5</b>
2.1. Pengelasan SMAW	5
2.2. Jenis <i>Polarity</i> Pengelasan SMAW	7
2.3. Kawat Las	9
2.3.1. Klasifikasi Elektroda	9
2.3.2. Jenis-jenis Kawat Las	10
2.4. Pergerakan Elektroda	13
2.4.1. Posisi Pengelasan	14
2.5. Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW	15
2.6. Uji Tarik	16
<b>BAB 3 METODOLOGI</b>	<b>20</b>
3.1. Tempat dan Waktu	20
3.2. Alat dan Bahan	21
3.2.1. Alat	21
3.2.2. Bahan	24
3.3. Bagan Alir Penelitian	25
3.4. Prosedur Penelitian	26
3.5. Prosedur Pengujian	27
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	<b>28</b>
4.1. Hasil Pembuatan Spesimen	28
4.2. Prosedur Pengujian	31
4.3. Hasil Pengujian	34
4.3.1. Hasil Spesimen 1	34
4.3.2. Hasil Spesimen 2	35
4.3.3. Hasil Spesimen 3	36
4.3.4. Hasil Spesimen 4	37

4.3.5 Hasil Spesimen 5	38
4.3.6 Hasil Spesimen 6	39
4.3.7 Hasil Spesimen 7	39
4.3.8 Hasil Spesimen 8	40
4.3.9 Hasil Spesimen 9	41
4.3.10 Data Hasil Pengujian	43
4.4 Pembahasan	43
4.4.1 Hasil Rata-rata	45
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN</b>	<b>47</b>
5.1. Kesimpulan	47
5.2. Saran	47
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>48</b>
<b>LAMPIRAN</b>	
<b>LEMBAR ASISTENSI</b>	
<b>DAFTAR RIWAYAT HIDUP</b>	

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan	9
Tabel 2.2 Spesifikasi arus menurut tipe dan diameter Elektroda	13
Tabel 3.1 Rencana pelaksanaan penelitian	20
Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian	43

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Proses pengelasan SMAW	6
Gambar 2.2 <i>Polarity</i> DCEP ( <i>Reversed Polarity</i> )	7
Gambar 2.3 <i>Polarity</i> DCEN ( <i>Straight Polarity</i> )	8
Gambar 2.4 Klasifikasi Elektroda	10
Gambar 2.5 Elektroda E6010	10
Gambar 2.6 Elektroda 6013	11
Gambar 2.7 Elektroda 6020	11
Gambar 2.8 Elektroda 7028	12
Gambar 2.9 Elektroda 7018	12
Gambar 2.10 Gerakan Elektroda Lurus	13
Gambar 2.11 Gerakan Elektroda zig-zag	14
Gambar 2.12 Gerakan Elektroda Gelombang	14
Gambar 2.13 Posisi Pengelasan Mendatar ( <i>horizontal position</i> )	15
Gambar 2.14 Posisi Pengelasan Tegak ( <i>vertical position</i> )	15
Gambar 2.15 Posisi Pengelasan Dibawah Tangan ( <i>down hand position</i> )	16
Gambar 2.16 Posisi Pengelasan Diatas Kepala ( <i>over head position</i> )	16
Gambar 2.17 Mesin Uji Tarik ( <i>Universal Testing Machine</i> )	18
Gambar 2.18 Spesimen Uji Tarik	18
Gambar 2.19 Kurva Tegangan-Regangan	19
Gambar 3.1 Mesin Las Listrik	21
Gambar 3.2 Elektroda (Kawat Las)	21
Gambar 3.3 Mesin Bubut	22
Gambar 3.4 Mesin Gerinda Tangan	22
Gambar 3.5 Jangka Sorong	23
Gambar 3.6 Mesin Uji Tarik ( <i>Universal Testing Material</i> )	23
Gambar 3.7 Cekam Uji Tarik	24
Gambar 3.8 <i>Mild Steel</i>	24
Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian	25
Gambar 4.1 Spesimen uji	28
Gambar 4.2 Memotong Spesimen	28
Gambar 4.3 Membubut Spesimen	29
Gambar 4.4 Membuat Ulir	29
Gambar 4.5 Elektroda/Kawat Las	29
Gambar 4.6 Kawat Las 2,0, 2,6 dan 3,2 mm	30
Gambar 4.7 Mengelas spesimen	30
Gambar 4.8 Pengujian Tarik	31
Gambar 4.9 Mesin Uji Tarik dan Kelengkapannya	31
Gambar 4.10 Pc/Komputer	32
Gambar 4.11 Mempersiapkan Spesimen Uji	32
Gambar 4.12 Cekam ( <i>Jig</i> )	32
Gambar 4.13 Mengikat Spesimen	33
Gambar 4.14 Pengujian Tarik	33
Gambar 4.15 Patahan Spesimen Hasil Pengujian Tarik	34
Gambar 4.16 Hasil uji tarik spesimen 1	34
Gambar 4.17 Hasil uji tarik spesimen 2	35
Gambar 4.18 Hasil uji tarik spesimen 3	36

Gambar 4.19 Hasil uji tarik spesimen 4	37
Gambar 4.20 Hasil uji tarik spesimen 5	38
Gambar 4.21 Hasil uji tarik spesimen 6	39
Gambar 4.22 Hasil uji tarik spesimen 7	40
Gambar 4.23 Hasil Uji Tarik Spesimen 8	41
Gambar 4.24 Hasil Uji Tarik Spesimen 9	42
Gambar 4.25 Perbandingan kekuatan tarik kawat las diameter 2.0 mm	44
Gambar 4.26 Perbandingan kekuatan tarik kawat las diameter 2.6	44
Gambar 4.27 Perbandingan kekuatan tarik kawat las diameter 3.2 mm	45
Gambar 4.28 Hasil rata-rata pengujian tarik diameter 2.0	45
Gambar 4.29 Hasil rata-rata pengujian tarik diameter 2.6	46
Gambar 4.30 Hasil rata-rata pengujian tarik diameter 3.2	46

## DAFTAR NOTASI

Simbol	Keterangan	Satuan
mm	Milimeter	
%	Persen	
mm <sup>2</sup>	Milimeter Persegi	
O <sub>2</sub>	Oksigen	
CO <sub>2</sub>	Karbon Dioksida	
$\sigma$	Tegangan	Kgf/mm <sup>2</sup>
Kg	Kilogram	
N	Newton	
$\emptyset$	Diameter	
+	Katup Positif	
A	Arus Las	Ampere
$\varepsilon$	Regangan	
E	Modulus Elastisitas	
A	Luas Penampang	mm <sup>2</sup>
$\pi$	Konstanta	
r <sup>2</sup>	Jari-jari	
F	Gaya	kgf
$\Delta x$	Pertambahan panjang	
X	Panjang awal	

# **BAB 1**

## **PENDAHULUAN**

### 1.1 Latar Belakang

Pengembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju tidak dapat dipisahkan dari pengelasan karena mempunyai peranan yang sangat penting. Pembangunan konstruksi dengan logam pada masa sekarang ini banyak melibatkan unsur pengelasan khususnya bidang rancang bangun karena sambungan las merupakan salah satu pembuatan sambungan yang secara teknis memerlukan keterampilan yang tinggi bagi pengelasnya agar diperoleh sambungan dengan kualitas baik. Pengelasan SMAW mempunyai elektroda dan diameter yang bervariasi dalam penggunaannya, dari banyaknya jenis elektroda mungkin di butuhkan efektifitas penggunaan elektroda dalam pengelasan SMAW.

Proses pengelasan bukan tujuan utama dari konstruksi melainkan untuk mencapai tujuan ekonomi yang lebih baik, karena itu rancangan las dan prosedur pengelasan harus memperhatikan kesesuaian antara sifat fisis dan mekanis dari logam las (Harsono Wiryosumarto dan Toshie Okumura, 2008). Pengelasan SMAW dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan dan lebih efisien. Pengelasan memunculkan efek pemanasan setempat dengan temperatur tinggi yang menyebabkan logam mengalami ekspansi termal maupun menyusut saat pendinginan. Hal itu menyebabkan terjadinya tegangan-tegangan pada daerah las, tegangan ini disebut dengan tegangan sisa. Tegangan sisa akibat pengelasan dapat memunculkan retak las dan dapat membahayakan konstruksi yang di las apabila menerima pembebanan.

Elektroda berselaput yang dipakai pada las busur listrik mempunyai perbedaan komposisi selaput maupun kawat inti. Pelapisan fluksi pada kawat inti dapat dengan cara destruksi, semprot atau celup. Ukuran standar diameter kawat inti dari 1,5 mm sampai 7 mm dengan panjang antara 350 sampai 450 mm. Jenis-jenis selaput fluksi pada elektroda misalnya selulosa, kalsium karbonat (Ca CO<sub>3</sub>), titanium dioksida (rutil), kaolin, kalium oksida mangan, oksida besi, serbuk besi, besi silikon, besi mangan dan sebagainya dengan persentase yang berbeda-beda, untuk tiap jenis elektroda.

Tebal selaput elektroda berkisar antara 70% sampai 50% dari diameter elektroda tergantung dari jenis selaput. Pada waktu pengelasan, selaput elektroda ini akan turut mencair dan menghasilkan gas CO<sub>2</sub> yang melindungi cairan las, busur listrik dan sebagian benda kerja terhadap udara luar. Udara luar yang mengandung O<sub>2</sub> dan N akan dapat mempengaruhi sifat mekanik dari logam las. Cairan selaput yang disebut terak akan terapung dan membeku melapisi permukaan las yang masih panas.

Pengaruh arus listrik terhadap kuat pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016 dengan metode penelitian eksperimental. Untuk memperoleh hasil tentang analisis besarnya kekuatan tarik dan struktur mikro baja karbon rendah yang telah mengalami pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus, material yang dipakai adalah baja karbon rendah. Hasil kekuatan tarik sambungan las raw material 36,711 kgf/mm<sup>2</sup>. nilai kekuatan tarik dengan kuat arus pengelasan 100 Amper yaitu 31,863 kgf/mm<sup>2</sup>. Sedangkan dengan kuat arus pengelasan 125 Amper 40,827 kgf/mm<sup>2</sup>. Pada kuat arus pengelasan 150 Amper 48,503 kgf/mm<sup>2</sup>. Struktur mikro logam induk terdiri dari perlit dan ferrit, struktur mikro daerah HAZ. Struktur mikro daerah HAZ dan logam las dengan kuat arus pengelasan 150 Ampere terdiri dari bainit dan widmanstatten ferrite. Struktur mikro daerah HAZ dan logam las dengan kuat arus pengelasan 100 dan 125 Ampere terdiri dari asutenit sisa dan *widmanstatten ferrite* (Santoso, 2011)

Kekuatan tarik dari sambungan las baja tahan karat AISI 304 dengan baja karbon rendah SS 400. Tegangan maksimum dari sambungan las ini adalah 455,52 Mpa, sedangkan tegangan luluhnya adalah 411,83 Mpa. Reduksi penampang yang terjadi sebesar 46,07% (Prasetyo, 2006). Hasil penelitian uji tarik dengan elektroda RB 3.2 mm adalah 680,1273 (MPa) dan elektroda 2.6 mm adalah 622,0353 (MPa), pengujian kekerasan (HVN) terhadap baja ST 60 dengan menggunakan elektroda RB 3.2 mm adalah 314,2 (HVN) dan elektroda 2.6 mm adalah 233 (HVN). Jadi penggunaan pada pengelasan terhadap nilai kekerasan (HVN) pada baja ST 60 lebih besar nilai kekerasan dengan penggunaan elektroda RB 3.2 mm (Priambodo, Dkk, 2013).

Dari hasil penelitian yang dilakukan (Irzal, Dkk, 2018) pada spesimen dengan membuat dan menguji spesimen dengan mesin uji tarik (*Hydraulic Universal Testing Machine*) maka didapatkan pada spesimen tanpa pengelasan nilai rata-rata tegangan maksimum ( $\sigma_{Max}$ ) 41,28 Kgf/mm<sup>2</sup>. pada spesimen las dengan sambungan kampuh V nilai rata-rata tegangan maksimum ( $\sigma_{Max}$ ) 39,82 Kgf/mm<sup>2</sup>. pada spesimen las dengan sambungan kampuh I nilai rata-rata tegangan maksimum ( $\sigma_{Max}$ ) 38,32 Kgf/mm<sup>2</sup>. hasil penelitian ini menunjukkan pengelasan besi IWF 400 menggunakan kampuh V lebih besar nilai tegangannya 39,82 Kgf/mm<sup>2</sup>.

Hasil penelitian dan pengujian yang dilakukan oleh Rizqi M, Dkk. 2017) pada proses pengelasan kampuh-kampuh terhadap sifat-sifat mekanik baja karbon EB 1730 mendapatkan hasil pada pengujian menggunakan kampuh U sebesar 566,4 N/mm<sup>2</sup>, sedangkan menggunakan kampuh *double* U sebesar 582,4 N/mm<sup>2</sup>, maka dapat diperoleh bahwa ada hubungan antara bentuk kampuh dengan sifat mekanik yang berarti kampuh *double* U memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi.

Dengan latar belakang ini, maka saya tertarik untuk mengadakan penelitian sebagai tugas sarjana dengan judul: “**Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik**”.

## 1.2 Rumusan Masalah

Dari latar belakang masalah, dapat di rumuskan masalahnya yaitu :  
Bagaimana menganalisa pengaruh diameter kawat las pada proses pengelasan SMAW terhadap kekuatan tarik.

## 1.3 Ruang Lingkup

Agar pembahasan tidak terjebak dalam pembahasan yang tidak perlu maka dibuat batasan masalah yang meliputi :

- a Bahan uji yang digunakan menggunakan baja lunak dengan dimensi ukuran mengikuti standar ASTM E8/E 8M – 13a
- b Diameter elektroda yang digunakan  $\varnothing$  2.0 mm,  $\varnothing$  2.6 mm dan  $\varnothing$  3.2 mm

- c Pengujian yang dilakukan menggunakan mesin uji tarik UTM (*Universal Testing Machine*)

#### 1.4 Tujuan

- a Tujuan Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hasil kekuatan tarik spesimen dengan perbedaan diameter kawat las pada proses pengelasan SMAW.

- b Tujuan Khusus

Menganalisa kekuatan tarik spesimen dengan diameter kawat las 2.0, 2.6 dan 3.2 serta membandingkan kekuatan dari masing-masing diameter kawat las untuk penggunaan yang lebih maksimal.

#### 1.5 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah membandingkan kekuatan tarik terhadap perbedaan diameter kawat las pada proses pengelasan SMAW sehingga mendapatkan kekuatan yang diinginkan dari masing-masing elektroda pada proses tersebut.

## **BAB 2**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### 2.1 Pengelasan SMAW

Proses pengelasan (*welding*) merupakan salah satu proses penyambungan material (*material joining*). Adapun untuk definisi dari proses pengelasan yang mengacu pada AWS (*American Welding Society*), proses pengelasan adalah proses penyambungan antara metal atau non-metal yang menghasilkan satu bagian yang menyatu, dengan memanaskan material yang akan disambung sampai pada suhu pengelasan tertentu, dengan atau tanpa penekanan, dan dengan atau tanpa logam pengisi. Meskipun dalam metode proses pengelasan tidak hanya berupa proses penyambungan, tetapi juga bisa berupa proses pemotongan dan *brazing*.

Las listrik merupakan suatu proses penyambungan logam dengan menggunakan tenaga listrik sebagai sumber panas dan elektroda sebagai bahan tambahannya. Pengelasan dengan las listrik menggunakan pesawat las listrik (*SMAW = Shielded Metal Arc Welding*) banyak di gunakan, karena proses pengelasan dengan cara demikian disamping menghasilkan sambungan yang kuat juga mudah untuk digunakan.

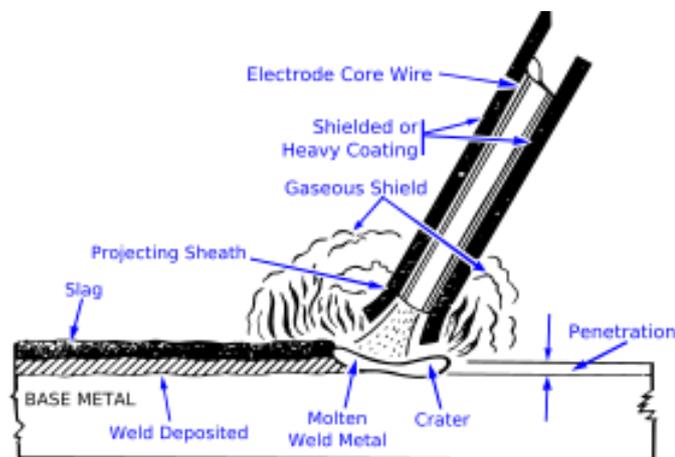
Mesin las *SMAW* menurut arusnya dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current (DC)*, mesin las arus bolak – balik atau *Alternating Current (AC)* dan mesin las arus ganda yang merupakan mesin las yang dapat digunakan untuk pengelasan dengan arus searah (*DC*) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (*AC*). Untuk elektroda jenis E7018 arus yang digunakan berkisar antara 70 – 110 Ampere. Dengan interval arus tersebut, pengelasan yang dihasilkan akan berbeda-beda.

Ruang lingkup penggunaan teknik pengelasan dalam konstruksi sangat luas meliputi perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya. Faktor yang mempengaruhi proses pengelasan adalah prosedur pengelasan itu sendiri yaitu suatu perencanaan untuk pelaksanaan penelitian yang meliputi cara pembuatan konstruksi las dan sambungan yang sesuai rencana dan spesifikasi, dengan menentukan semua hal yang diperlukan dalam pelaksanaan tersebut, sedangkan faktor produksi pengelasan adalah jadwal pembuatan, proses pembuatan, alat dan bahan yang diperlukan, urutan

pelaksanaan, persiapan pengelasan meliputi : pemilihan mesin las, penunjukan juru las, pemilihan kuat arus, pemilihan elektroda, dan pemilihan jarak pengelasan serta penggunaan jenis kampuh las (Wiryo Sumarto, 2000).

Logam induk dalam pengelasan ini mengalami pencairan akibat pemanasan dari busur listrik yang timbul antara ujung elektroda dan permukaan benda kerja. Busur listrik dibangkitkan dari suatu mesin las. Elektroda yang digunakan berupa kawat yang dibungkus pelindung berupa fluks. Elektroda ini selama pengelasan akan mengalami pencairan bersama dengan logam induk dan membeku bersama menjadi bagian kampuh las. Proses pemindahan logam elektroda terjadi pada saat ujung elektroda mencair dan membentuk butir-butir yang terbawa arus busur listrik yang terjadi. Bila digunakan arus listrik besar maka butiran logam cair yang terbawa menjadi halus dan sebaliknya bila arus kecil maka butirannya menjadi besar.

Pada prakteknya bila arus yang digunakan terlalu rendah, akan menyebabkan sukarnya penyalaan busur listrik dan busur yang terjadi akan tidak stabil, hal ini disebabkan panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan elektroda dan bahan dasarnya sehingga hasilnya merupakan rigi-rigi las yang kecil dan tidak rata serta penembusan kurang dalam, sebaliknya bila arus terlalu tinggi maka elektroda akan mencair terlalu cepat dan akan menghasilkan permukaan las yang lebih lebar dan penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan dari hasil pengelasan (Arifin, 1997) proses pengelasan SMAW dapat dilihat seperti pada gambar 2.1.

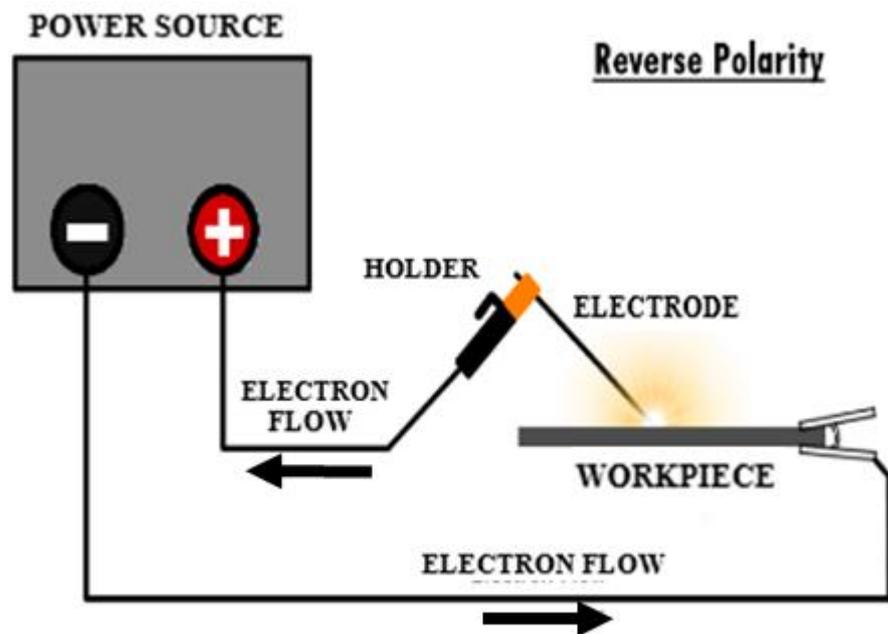


Gambar 2.1 Proses pengelasan SMAW (Arifin, 1997)

## 2.2 Jenis *Polarity* Pengelasan SMAW

### 1. *Polarity* DCEP (*Reversed Polarity*)

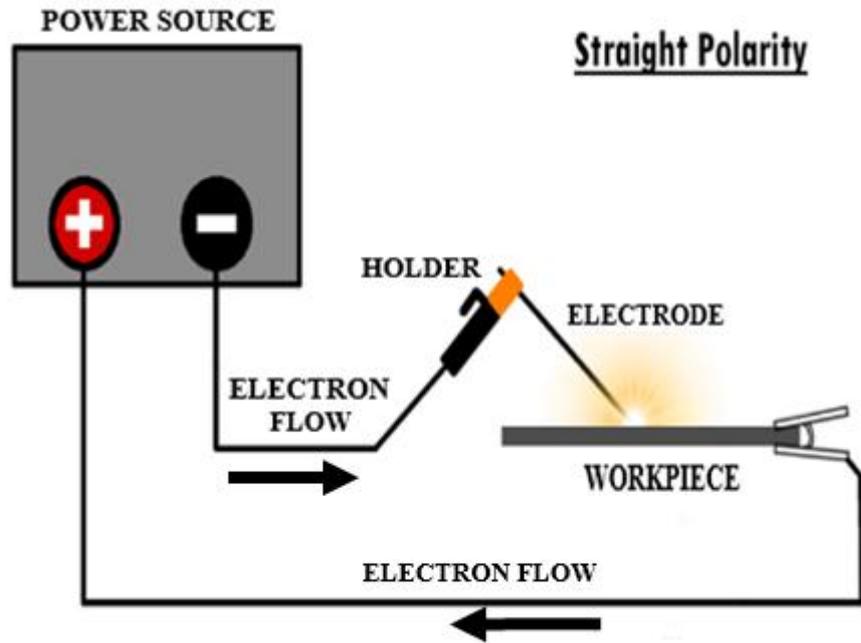
Cara kerjanya material dasar disambungkan dengan kutub negatif (-) dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif (+) dari mesin las DC, sehingga busur listrik bergerak dari material dasar ke elektrode dan berakibat 2/3 panas berada di elektroda dan 1/3 panas berada di material dasar. Cara ini akan menghasilkan pencairan elektrode lebih banyak sehingga hasil las mempunyai penetrasi dangkal seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2 *Polarity* DCEP (*Reversed Polarity*) (Arifin, 1997)

### 2. *Polarity* DCEN (*Straight Polarity*)

Prinsip dasarnya material dasar atau material yang akan dilas dihubungkan dengan kutub positif (+) dari Travo, dan elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif (-) pada travo las DC. Dengan cara ini busur listrik bergerak dari elektrode ke material dasar, yang berakibat 2/3 panas berada di material dasar dan 1/3 panas berada di elektroda. Cara ini akan menghasilkan pencairan material dasar lebih banyak dibanding elektrodanya sehingga hasil las mempunyai penetrasi yang dalam, *polarity* ini umumnya dipakai untuk pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.3.



Gambar 2.3 Polarity DCEN (*Straight Polarity*) (Arifin, 1997)

Pengelasan SMAW tenaga listrik yang di peroleh dari mesin menurut jenis arus yang dikeluarkan terbagi menjadi 3 jenis mesin yaitu :

1. Mesin dengan arus bolak balik (AC)
2. Mesin dengan arus searah (DC)
3. Mesin dengan kombinasi arus searah (DC) dan arus bolak balik (AC)

Pada mesin arus (DC) dilengkapi dengan komponen yang merubah sifat arus bolak balik (AC) menjadi arus searah yaitu dengan generator listrik. Karakteristik elektrik efisiensinya 80-85%. Pada mesin kombinasi antara AC dan DC dilengkapi dengan transformator dan *rectifier*, dimana *rectifier* ini mempunyai fungsi untuk meratakan arus.

Pada proses pengelasan smaw arus AC (*Alternating Current*), *voltage drop* tidak di pengaruhi panjang kabel, kurang cocok untuk arus yang lemah, tidak semua jenis elektroda dapat dipakai. Secara teknik *arc starting* lebih sulit terutama untuk diameter elektrode kecil. Arus ini menghasilkan pengelasan yang kasar, sehingga kurang cocok di pakai. Biasanya banyak di pakai pada saat di lapangan.

Sedangkan pada proses pengelasan smaw arus DC (*Direct Current*), *voltage drop* sensitif terhadap panjang kabel sependek mungkin, dapat dipakai untuk arus kecil dengan diameter elektroda kecil, semua jenis elektrode dapat dipakai, *arc starting* lebih mudah terutama untuk arus kecil, Mayoritas industri fabrikasi menggunakan *polarity* DC khususnya untuk pengelasan *Carbos steel*.

Besarnya aliran listrik yang keluar dari mesin las disebut dengan arus pengelasan. Arus las harus disesuaikan dengan jenis bahan dan diameter elektroda yang di gunakan dalam pengelasan. Untuk elektroda standart American Welding Society (AWS), dengan contoh AWS E6013 untuk arus pengelasan yang digunakan sesuai dengan diameter kawat las yang dipakai dapat dilihat pada tabel 2.1.

Tabel 2.1 Hubungan diameter elektroda dengan arus pengelasan (Howard B. C, 1998)

Diameter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
1,6	20 - 45
2	50 - 75
2,5	70 - 95
3,2	95 - 130
4	135 - 180

### 2.3 Kawat Las (*Elektrode*)

Kawat las (*Elektrode*) adalah bagian ujung (yang berhubungan dengan benda kerja) rangkaian penghantar arus listrik sebagai sumber panas (Alip, 1989). Pengelasan menggunakan las busur listrik memerlukan kawat las (elektroda) yang terdiri dari satu inti terbuat dari logam yang dilapisi dengan campuran kimia. Fungsi dari elektroda sebagai pembangkit dan sebagai bahan tambah. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang berselaput (*fluks*) dan tidak berselaput yang merupakan pangkal untuk menjepitkan tang las. Fungsi dari *fluks* adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur.

#### 2.3.1 Klasifikasi Elektroda

Elektroda baja lunak dan baja paduan rendah untuk las busur listrik menurut klasifikasi AWS (*American Welding Society*) dinyatakan dengan tanda E xxxx yang memiliki arti. Sebagai contoh misalnya E6013 dengan arti memiliki

kekuatan tarik minimum dan deposit las 60.0000 lb/in<sup>2</sup> atau 42 Kg/mm<sup>2</sup>, dapat digunakan untuk pengelasan segala posisi yang memiliki jenis selaput elektroda Rutil-Kalium dengan pengelasan arus AC atau DC dapat dilihat seperti pada gambar 2.4.

**AWS A5.1 Carbon Steel Electrodes for SMAW**

E 6 0 1 0

Electrode \_\_\_\_\_  
 Min. Tensile (in ksi) \_\_\_\_\_  
 Position \_\_\_\_\_  
 Type of Coating and Current \_\_\_\_\_

Key to Type of SMAW Coating and Current		
Digit	Type of Coating	Current
0	High Cellulose Sodium	DC+
1	High Cellulose Potassium	AC, DC±
2	High Titania Sodium	AC, DC-
3	High Titania Potassium	AC, DC±
4	Iron Power, Titania	AC, DC±
5	Low Hydrogen Sodium	DC+
6	Low Hydrogen Potassium	AC, DC+
7	High Iron Oxide, Iron Powder	AC, DC±
8	Low Hydrogen Potassium, Iron Powder	AC, DC±

Gambar 2.4 Klasifikasi Elektroda (AWS A5.1 - 91)

### 2.3.2 Jenis-Jenis Kawat Las

#### a E6010 dan E6011

Elektroda ini adalah jenis elektroda selaput selulosa yang dapat dipakai untuk pengelesan dengan penembusan yang dalam. Pengelasan dapat pada segala posisi dan terak yang tipis dapat dengan mudah dibersihkan. Deposit las biasanya mempunyai sifat sifat mekanik yang baik dan dapat dipakai untuk pekerjaan dengan pengujian Radiografi. Selaput selulosa dengan kebasahan 5% pada waktu pengelasan akan menghasilkan gas pelindung. E 6011 mengandung Kalium untuk mambantu menstabilkan busur listrik bila dipakai arus AC seperti yang terlihat pada gambar 2.5.



Gambar 2.5 Elektroda E6010 (AWS A5.1 - 91)

b E6012 dan E6013

Elektroda ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang. Keduanya dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis E 6013 sangat baik untuk posisi pengelesan tegak arah ke bawah atau las down. Jenis E 6012 umumnya dapat di pakai pada ampere yang relatif lebih tinggi dari E 6013. E 6013 yang mengandung lebih banyak Kalium memudahkan pemakaian pada voltage mesin yang rendah. Elektroda dengan diameter kecil kebanyakan dipakai untuk pangelasan pelat tipis seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6 Elektroda 6013 (AWS A5.1 - 91)

c E6020

Elektroda jenis ini dapat menghasilkan penembusan las sedang dan teraknya mudah dilepas dari lapisan las. Selaput elektroda terutama mengandung oksida besi dan mangan. Cairan terak yang terlalu cair dan mudah mengalir cocok untuk pengelasan datar tapi menyulitkan pada pengelasan dengan posisi lain misalnya posisi vertikal dan *overhead* seperti yang dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7 Elektroda 6020 (AWS A5.1 - 91)

d Elektroda Selaput Serbuk Besi

Elektroda jenis ini antara lain: E 6027, E 7014, E 7018, E 7024 dan E 7028 mengandung serbuk besi untuk meningkatkan efisiensi pengelasan. Umumnya selaput elektroda akan lebih tebal dengan bertambahnya persentase serbuk besi. Dengan adanya serbuk besi dan bertambah tebalnya selaput akan memerlukan ampere yang lebih tinggi adapun jenis elektroda ini dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8 Elektroda 7028 (AWS A5.1 - 91)

e Elektroda *Hydrogen* Rendah

Elektroda jenis ini antara lain: E 7015, E 7016 dan E 7018. Selaput elektroda jenis ini mengandung hydrogen yang rendah (kurang dari 0,5 %), sehingga deposit las juga dapat bebas dari porositas. Elektroda ini dipakai untuk pengelasan yang memerlukan mutu tinggi, bebas porositas, misalnya untuk pengelasan bejana dan pipa yang bertekanan. Disamping itu penggunaan elektroda ini juga banyak dipakai di bengkel fabrikasi dan konstruksi adapun jenis elektroda ini dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9 Elektroda 7018 (AWS A5.1 - 91)

Spesifikasi arus menurut tipe elektroda dan kuat arus dari elektroda untuk *carbon steel dan stainless steel* berdasarkan diameter yang digunakan terdapat pada tabel 2.2.

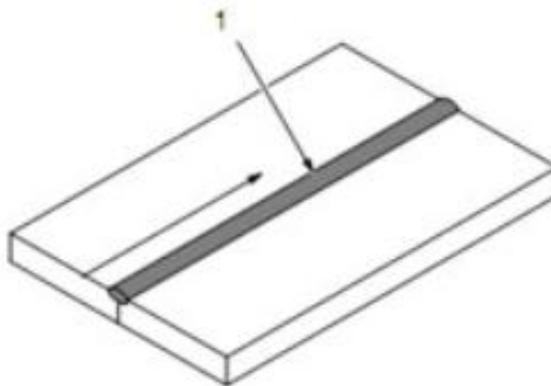
Tabel 2.2 Spesifikasi Arus Menurut Tipe Elektroda dan Diameter dari Elektroda (Nikko Steel index, 1994).

Diameter (mm)	Tipe elektroda dan <i>Ampere</i> yang digunakan			
	E 309-16	E 309L-16	E 309LMo-16	E 309Nb-16
2	50 – 70	35 – 80	35 – 80	35 – 80
2.6	70 – 110	65 – 100	65 – 100	65 – 100
3.2	110 – 130	80 – 125	80 – 125	80 – 125
4	120 – 150	120 – 170	120 – 170	120 – 170
5	160 – 210	160 – 210	160 – 210	160 – 210

#### 2.4 Pergerakan Elektroda

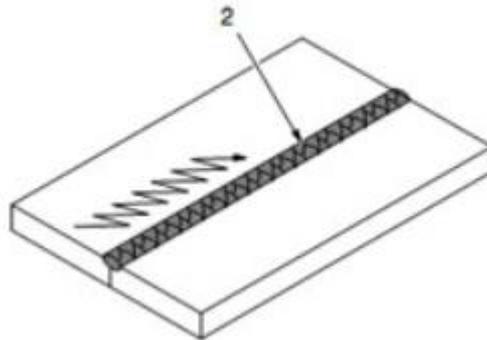
Pergerakan elektroda, bertujuan sama yaitu mendapatkan deposit logam las dengan permukaan yang rata dan halus dan menghindari terjadinya takikan dan percampuran terak. Pergerakan elektroda ada empat macam yaitu :

1. Gerakan elektroda lurus



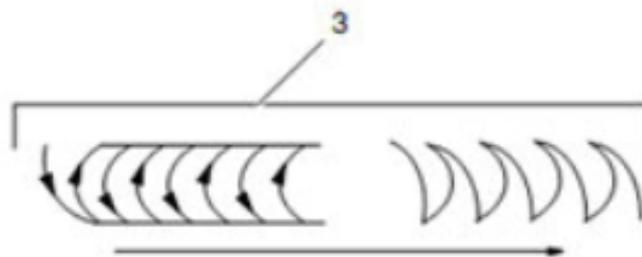
Gambar 2.10 Gerakan Elektroda Lurus (WiryoSumarto, 2000)

## 2. Gerakan elektroda zig-zag



Gambar 2.11 Gerakan Elektroda zig-zag (Wiryosumarto, 2000)

## 3. Gerakan elektroda gelombang



Gambar 2.12 Gerakan Elektroda Gelombang (Wiryosumarto, 2000)

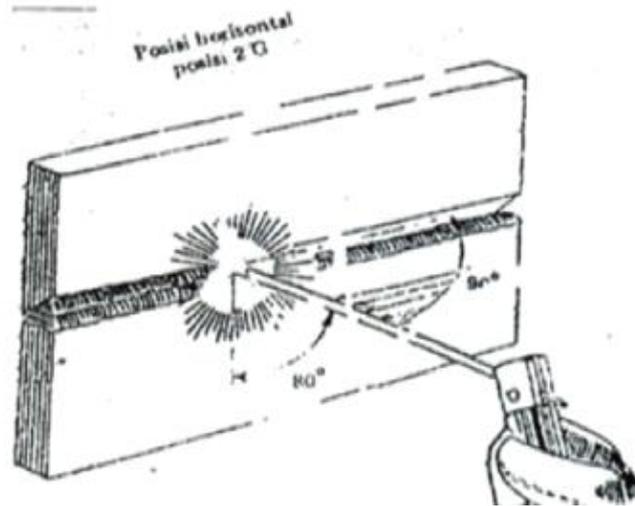
### 2.4.1 Posisi Pengelasan

Posisi pengelasan yaitu pengaturan posisi atau letak gerakan elektroda las. Posisi pengelasan yang digunakan biasanya tergantung dari letak kampuh-kampuh atau celah-celah benda kerja yang akan dilas. Posisi-posisi pengelasan terdiri dari posisi pengelasan di bawah tangan (*down hand position*), posisi pengelasan mendatar (*horizontal position*), posisi pengelasan tegak (*vertical position*), dan posisi pengelasan di atas kepala (*over head position*) (Bintoro, 2000).

#### 1. Posisi Pengelasan Mendatar (*horizontal position*)

Posisi mendatar (*horizontal position*) mengelas dengan posisi mendatar merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis mendatar. Pada posisi ini kemiringan dan arah ayunan elektroda harus diperhatikan, karena akan sangat mempengaruhi hasil pengelasan. Posisi benda kerja biasanya berdiri tegak

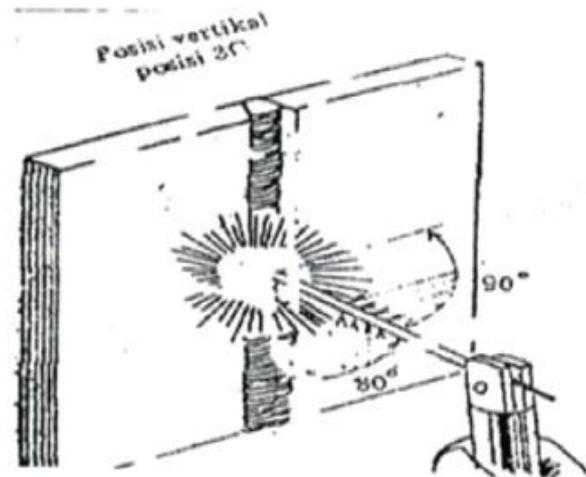
atau agak miring sedikit dari arah elektroda las. Pengelasan posisi mendatar sering digunakan untuk pengelasan benda-benda yang berdiri tegak. Misalnya pengelasan badan kapal laut arah horizontal seperti yang terlihat pada gambar 2.13.



Gambar 2.13 Posisi Mendatar (*horizontal position*) (Wiryosumarto, 2000)

## 2. Posisi Pengelasan Tegak (*vertical position*)

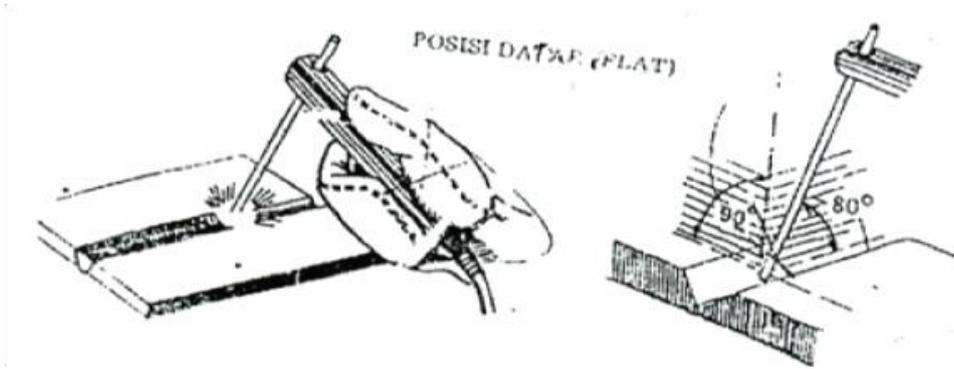
Posisi tegak (*vertical position*) Mengelas dengan posisi tegak merupakan pengelasan yang arahnya mengikuti arah garis tegak/vertikal. Seperti pada horizontal position pada vertical position, posisi benda kerja biasanya berdiri tegak atau agak miring sedikit searah dengan gerak elektroda las yaitu naik atau turun. Misalnya pengelasan badan kapal laut arah vertikal seperti yang terlihat pada gambar 2.14.



Gambar 2.14 Posisi Tegak (*vertical position*) (Wiryosumarto, 2000)

### 3. Posisi Pengelasan Dibawah Tangan (*down hand position*)

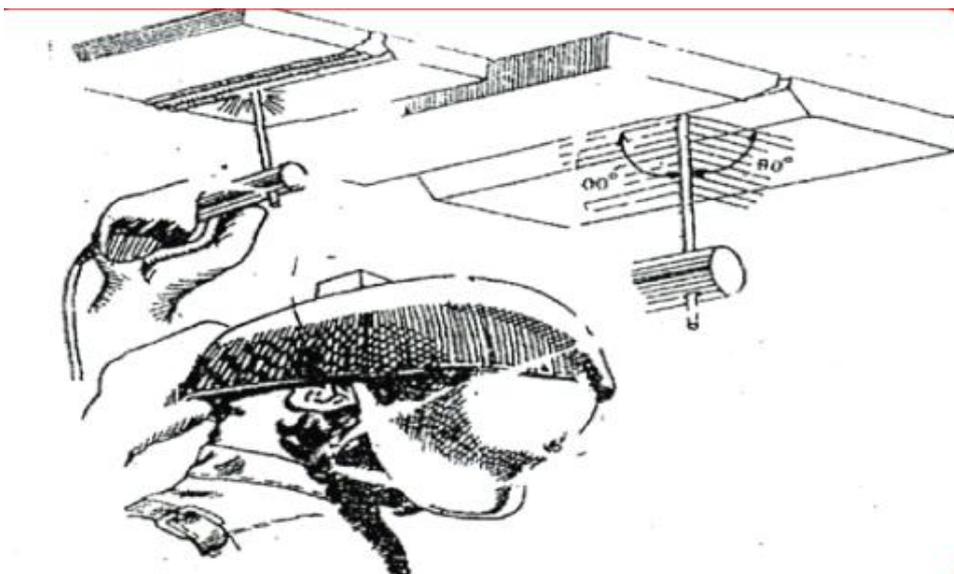
Posisi di bawah tangan (*down hand position*), Posisi dalam pengelasan ini adalah posisi yang paling mudah dilakukan. Posisi ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau permukaan agak miring, yaitu letak elektroda berada di atas benda kerja seperti yang terlihat pada gambar 2.15.



Gambar 2.15 Posisi Dibawah Tangan (*down hand position*) (Wiryosumarto, 2000)

### 4. Posisi Pengelasan Diatas Kepala (*over head position*)

Posisi di atas kepala (*over head position*) Benda kerja terletak di atas kepala *welder*, sehingga pengelasan dilakukan diatas kepala operator atau *welder*. Posisi ini lebih sulit dibandingkan dengan posisi-posisi pengelasan yang lain. Posisi pengelasan ini dilakukan untuk pengelasan pada permukaan datar atau agak miring tetapi posisinya berada di atas kepala, yaitu letak elektroda berada di bawah benda kerja seperti yang terlihat pada gambar 2.16.



Gambar 2.16 Posisi Diatas Kepala (*over head position*) (Wiryosumarto, 2000)

## 2.5 Kelebihan dan Kekurangan Las SMAW

### 1. Kelebihan Las SMAW

- a. Biaya awal investasi rendah
- b. Secara operasional handal dan sederhana
- c. Biaya material pengisi rendah
- d. *Filler Metal* / Material pengisi dapat bermacam-macam
- e. Pengelasan dapat di pakai di semua material
- f. Dapat dikerjakan pada ketebalan material yang tebal
- g. Pengelasan SMAW sangat cocok di pakai pada pengelasan di lapangan karena fleksibilitasnya tinggi.

### 2. Kekurangan Las SMAW

- a. Lambat, dalam penggantian elektroda
- b. Terdapat slag yang harus dihilangkan
- c. Pada *low hydrogen electrode* perlu penyimpanan khusus yaitu harus di panaskan sebelum di gunakan
- d. Efisiensi endapan rendah dan rentan terjadi cacat las, *porosity* dan *slag inclusion*.

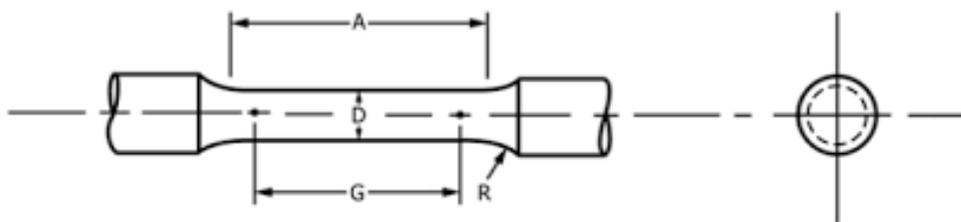
## 2.6 Uji Tarik

Uji tarik merupakan salah satu pengujian untuk mengetahui sifat-sifat suatu bahan. Dengan menarik suatu bahan kita akan segera mengetahui bagaimana bahan tersebut bereaksi terhadap tenaga tarikan dan mengetahui sejauh mana material itu bertambah panjang. Alat eksperimen untuk uji tarik ini harus memiliki cengkeraman (*grip*) yang kuat dan kekakuan yang tinggi (*highly stiff*) Pada uji tarik, benda uji diberi beban gaya tarik sesumbu yang bertambah secara kontinyu, bersamaan dengan itu dilakukan pengamatan terhadap perpanjangan yang dialami benda uji (Davis, Troxell, dan Wiskocil, 1955), mesin uji tarik dapat dilihat pada gambar 2.17.



Gambar 2.17 Mesin Uji Tarik (WEW 600B)

Salah satu sifat mekanik yang sangat penting dan dominan dalam suatu perancangan konstruksi dan proses manufaktur adalah kekuatan tarik. Kekuatan tarik suatu bahan di dapat dari hasil uji tarik *tensile test* yang dilaksanakan berdasarkan standar pengujian yang telah baku seperti ASTM E8/E8M – 13a dapat dilihat pada gambar 2.18.



Gambar 2.18 Spesimen Uji Tarik (ASTM E8/E8M – 13a)

Gaya atau beban yang digunakan untuk menarik suatu spesimen hingga putus disebut gaya maksimum. Jika beban maksimum ini dibagi dengan penampang asal, maka akan diperoleh kekuatan tarik material persatuan luas. Kekuatan tarik mempunyai rumus sebagai berikut :

1. Tegangan Tarik

$$\sigma = \frac{f}{A_0} \quad (1)$$

2. Regangan

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0} \times 100\% \quad (2)$$

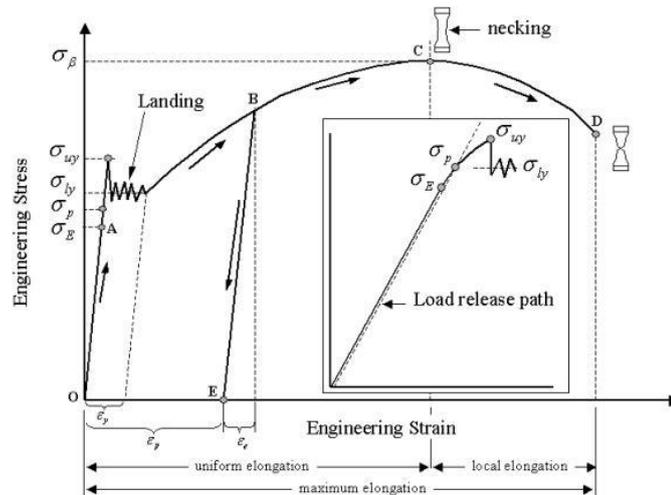
3. Modulus Elastisitas (E)

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon} \quad (3)$$

4. Keuletan (*Elongation*)

$$e_f = \frac{L_f - L_0}{L_0} \quad (4)$$

Hubungan antara tegangan dan regangan yang ditampilkan material tertentu dikenal sebagai kurva tegangan-regangan material tersebut. Ini unik untuk setiap bahan dan ditemukan dengan mencatat jumlah deformasi (regangan) pada interval yang berbeda dari berbagai pembebanan (tegangan). Kurva ini mengungkapkan banyak sifat material. Secara umum, kurva yang mewakili hubungan antara tegangan dan regangan dalam segala bentuk deformasi dapat dianggap sebagai kurva tegangan-regangan. Stress dan regangan bisa normal, geser, atau campuran, juga bisa uniaksial, biaksial, atau multialaksi, bahkan berubah seiring waktu. Bentuk deformasi dapat berupa kompresi, peregangan, torsi, rotasi, dan sebagainya. Jika tidak disebutkan sebaliknya, kurva tegangan-regangan mengacu pada hubungan antara tegangan normal aksial dan regangan normal aksial material yang diukur dalam uji tegangan dapat dilihat pada gambar 2.19.



Gambar 2.19 Kurva Tegangan-Regangan (Beumer, 1985)

## BAB 3 METODOLOGI

### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

#### a. Tempat

Tempat pelaksanaan dan pembuatan penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Proses Produksi dan Laboratorium Mekanika Kekuatan Material Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, jalan Kapten Mukhtar Basri No.3 Medan.

#### b. Waktu

Proses pelaksanaan penelitian ini dilakukan selama 6 bulan, dimulai dari September 2019 sampai dengan Februari 2020.

Tabel 3.1. Rencana pelaksanaan penelitian

No.	Kegiatan	Bulan					
		1	2	3	4	5	6
1	Studi Literatur	■	■	■			
2	Survei Alat dan Bahan		■	■	■		
3	Pembuatan Spesimen Uji			■	■	■	
4	Pengelasan Spesimen Uji				■	■	
5	Pengujian Tarik Spesimen					■	■
6	Pengumpulan dan Analisis Data					■	■
7	Penyelesaian / Penulisan Skripsi						■
8	Seminar Hasil						■
9	Sidang						■

## 3.2 Alat dan Bahan

### 3.2.1 Alat

#### 1. Mesin Las Listrik

Mesin las listrik ini digunakan untuk mengelas / menyambung spesimen yang akan diuji kekuatannya dengan cara ditarik, mesin ini memiliki spesifikasi *input power* sebesar 220v / 1 phase / 50 Hz, *rated input current* 20,4 A, *output current* 5-160A seperti yang terlihat pada gambar 3.1.



Gambar 3.1 Mesin Las Listrik

#### 2. Kawat Las

Kawat Las digunakan sebagai material logam pengisi pada proses pengelasan spesimen uji dengan spesifikasi diameter 2.0 mm, 2.6 mm dan 3.2 mm, dengan spesifikasi seperti yang terlihat pada gambar 3.2.



Size (mm)	Diameter	2.0	2.6	3.2	4.0
	Length		300	350	350
Current Range (Amp)		25 ~ 60	60 ~ 110	80 ~ 140	120 ~ 190

Gambar 3.2 Kawat Las

### 3. Mesin Bubut

Pada penelitian ini mesin bubut digunakan sebagai alat untuk membuat spesimen dengan ketentuan dimensi dan ukuran sesuai dengan standar ASTM E8/E 8M – 13a, mesin ini memiliki spesifikasi *swing over bed* Ø330 mm, *swing over cross slide* 210 mm, *distance between centres* 850 mm, *work piece weight* 500 kg, *spindle bore* 36 mm, *spindle speeds / ranges* 2500 Rpm, *power* 2.2 Kw seperti yang terlihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3 Mesin Bubut

### 4. Mesin Gerinda Tangan

Mesin gerinda ini digunakan sebagai alat untuk memotong spesimen yang akan di las seperti yang terlihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mesin Gerinda Tangan

## 5. Jangka Sorong

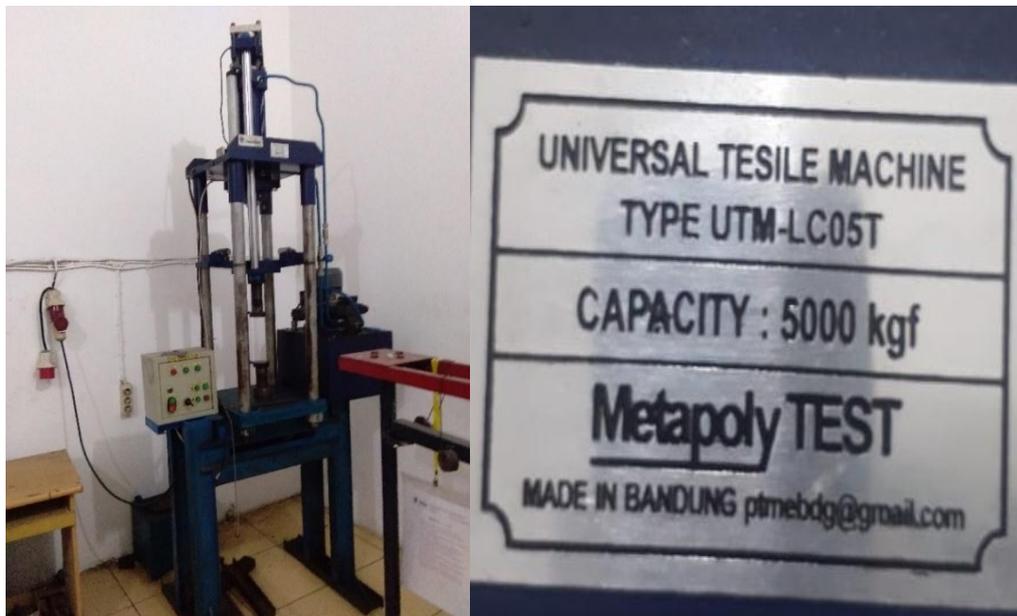
Jangka sorong pada penelitian ini digunakan sebagai alat ukur untuk mengukur dimensi dari benda kerja hasil pembubutan seperti yang terlihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5 Jangka Sorong

## 6. Mesin Uji Tarik (*Universal Tensile Machine*)

Mesin uji tarik pada penelitian ini digunakan sebagai alat yang akan menguji kekuatan pengelasan dengan cara ditarik, alat ini memiliki spesifikasi *capacity* 5000 Kgf (MAX), *force resolution* 1/1000, *speed* 0,3 – 300mm/min, *space* 550mm, *dimension* 115x65x220cm, *weight* 800Kg, *power* 220VAC, *stroke* 1000mm seperti yang terlihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6 Mesin Uji Tarik (*Universal Tensile Material*)

## 7. Cekam Uji Tarik

Cekam uji tarik digunakan sebagai alat untuk memegang spesimen pada saat proses pengujian tarik dilaksanakan seperti yang terlihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7 Cekam Uji Tarik

## 3.2.2 Bahan

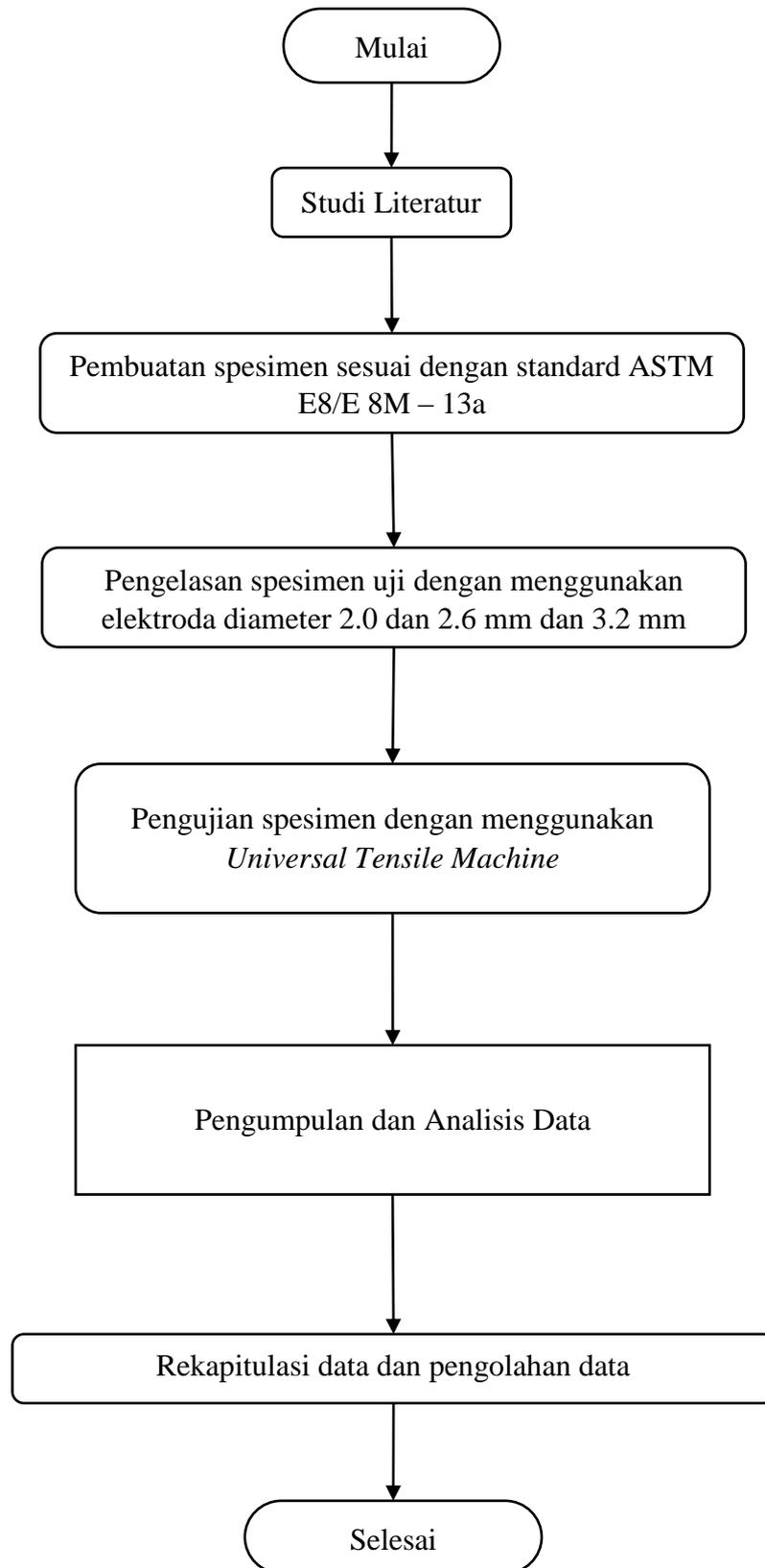
### 8. Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah baja lunak yang banyak kita jumpai di pasaran dengan jenis material *mild steel*.



Gambar 3.8 *Mild Steel*

### 3.3 Bagan Alir Penelitian



Gambar 3.9 Bagan Alir Penelitian

### 3.4 Prosedur Penelitian

Adapun prosedur penelitian yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mempersiapkan bahan yang akan digunakan sebagai spesimen dengan jenis baja konstruksi dengan bahan baja lunak (*Mild Steel*)
2. Memotong bahan yang akan dijadikan sebagai spesimen uji menggunakan mesin gerinda tangan
3. Membuat spesimen uji sesuai dengan bentuk dan ukuran sesuai standar ASTM E8/E 8M – 13a
4. Membuat ulir pada spesimen uji menggunakan snei
5. Mempersiapkan spesimen sebelum pengelasan yang sudah dibubut dan dibuat ulir
6. Mempersiapkan kawat las berdiameter 2.0 mm dengan penggunaan arus sebesar 60 Ampere, 2.6 mm menggunakan arus 75 Ampere dan 3.2 mm menggunakan arus pengelasan sebesar 100 Ampere.
7. Melakukan pengelasan spesimen dengan menggunakan kawat las dengan diameter 2,0 mm, 2,6 mm, dan 3,2 mm dengan tipe E6013, kawat las dengan ukuran ini dipilih karena mudah didapatkan dan paling sering digunakan dalam dunia industri. Kawat las ini termasuk jenis selaput rutil yang dapat menghasilkan penembusan sedang. Dapat dipakai untuk pengelasan segala posisi, tetapi kebanyakan jenis kawat las ini sangat baik untuk posisi pengelesan tegak arah ke bawah.
8. Melakukan pengujian tarik menggunakan mesin UTM (*Universal Tensile Machine*), alat ini dipilih karena cara pengujiannya yang cukup sederhana untuk dilakukan dengan cara menarik suatu bahan untuk mengetahui bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan sampai sejauh mana material bertambah panjang

### 3.5 Prosedur Pengujian

1. Mempersiapkan mesin uji tarik dan kelengkapannya mesin uji tarik yang digunakan pada penelitian ini memiliki kapasitas 5000 Kgf.
2. Mempersiapkan PC/Komputer yang akan digunakan untuk mendapatkan data hasil pegujian dari pengujian tarik
3. Mempersiapkan spesimen yang akan diuji setelah spesimen di las menggunakan diameter kawat las 2.0 mm, 2.6 mm, dan 3.2 mm.
4. Mempersiapkan cekam (*Jig*) sebagai alat untuk mengikat spesimen
5. Mengikat spesimen pada cekam yang ada pada mesin uji tarik
6. Melakukan pengujian tarik terhadap spesimen yang telah di las menggunakan mesin uji tarik (*Universal Tensile Material*)
7. Menyatukan patahan spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik untuk mengukur perubahan panjang yang terjadi

## BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Hasil Pembuatan Spesimen

1. Mempersiapkan bahan spesimen uji dengan jenis baja konstruksi yang memiliki ketangguhan baja lunak (*Mild Steel*) dimana bentuk ukuran dan dimensi panjang 250 mm, berdiameter 12 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.1



Gambar 4.1 Spesimen uji

2. Memotong bahan spesimen menggunakan mesin gerinda tangan dengan ukuran panjang pemotongan 50mm seperti yang terlihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Memotong Spesimen

3. Membuat spesimen uji menggunakan mesin bubut, tahapan pemotongan dilakukan dengan menggunakan mesin bubut yang membuat dimensi dengan ketentuan ASTM E8/E8M-13a seperti yang terlihat pada gambar 4.3



Gambar 4.3 Membubut Spesimen

4. Membuat ulir pada spesimen uji seperti yang terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.4 Membuat Ulir

5. Mempersiapkan spesimen sebelum pengelasan yang sudah dibubut dan dibuat ulir seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 4.5 Spesimen setelah dibubut

6. Mempersiapkan kawat las dengan diameter 2,0, 2,6, dan 3,2 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.6.



Gambar 4.6 Kawat Las 2,0, 2,6 dan 3,2 mm

7. Mengelas spesimen uji yang telah dipersiapkan dengan menggunakan diameter 2.0 mm, 2.6 mm, dan 3.2 mm seperti yang terlihat pada gambar 4.7.



Gambar 4.7 Mengelas spesimen

8. Melakukan pengujian tarik menggunakan mesin uji tarik (*Universal Tensile Machine*) alat ini dipilih karena cara pengujiannya yang cukup sederhana untuk dilakukan dengan cara menarik suatu bahan untuk mengetahui bahan tersebut bereaksi terhadap tarikan sampai sejauh mana material bertambah panjang seperti yang terlihat pada gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pengujian Tarik

#### 4.2 Prosedur Pengujian

1. Mempersiapkan mesin uji tarik dan kelengkapannya, mesin ini memiliki kapasitas 5000 Kgf seperti yang terlihat pada gambar 4.9



Gambar 4.9 Mesin Uji Tarik dan Kelengkapannya

2. Mempersiapkan PC/Komputer yang akan digunakan untuk mendapatkan data hasil pegujian dari pengujian tarik memiliki spesifikasi seperti yang terlihat pada gambar 4.10



System

Processor: AMD A4-9120 RADEON R3, 4 COMPUTE CORES 2C+2G 2.20 GHz  
Installed memory (RAM): 4,00 GB (3,88 GB usable)  
System type: 64-bit Operating System, x64-based processor  
Pen and Touch: Pen and Touch Support with 40 Touch Points

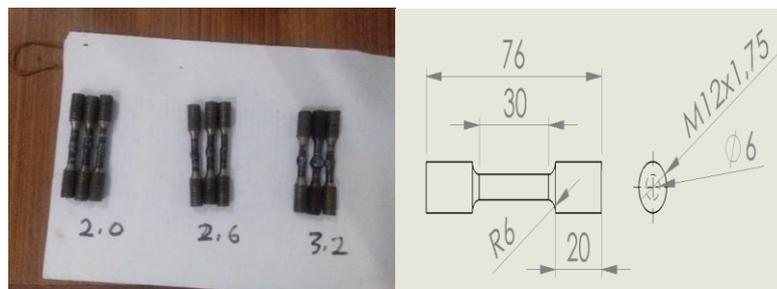
Gambar 4.10 Pc/Komputer

3. Mempersiapkan cekam (*Jig*) sebagai alat untuk mengikat spesimen seperti yang terlihat pada gambar 4.11



Gambar 4.11 Cekam (*Jig*)

4. Mempersiapkan spesimen hasil pengelasan yang akan diuji tarik sesuai dengan bentuk dan ukuran menurut ASTM E8/E8M – 13a seperti yang terlihat pada gambar 4.12



Gambar 4.12 Mempersiapkan Spesimen Uji

5. Mengikat spesimen pada cekam yang ada pada mesin uji tarik seperti yang terlihat pada gambar 4.13



Gambar 4.13 Mengikat Spesimen

6. Melakukan pengujian tarik terhadap spesimen yang telah di las menggunakan mesin uji tarik (*Uniersal Testing Material*) seperti yang terlihat pada gambar 4.14



Gambar 4.14 Pengujian Tarik

7. Menyatukan patahan spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik untuk mengukur perubahan panjang yang terjadi seperti yang terlihat pada gambar 4.15



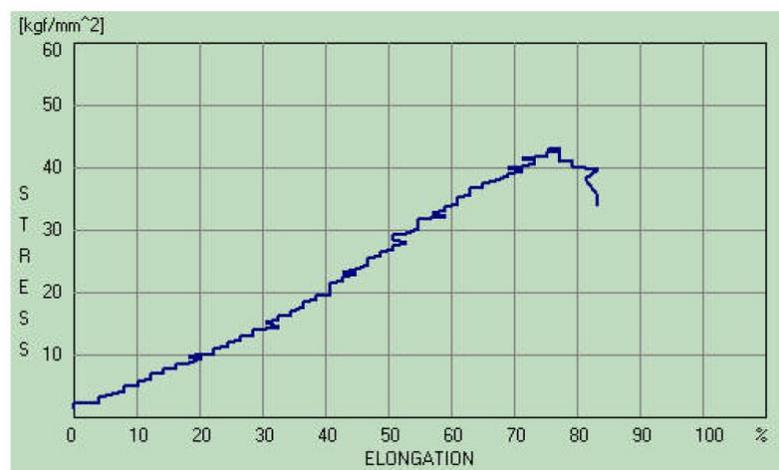
Gambar 4.15 Patahan Spesimen Hasil Pengujian Tarik

### 4.3 Hasil Pengujian

Pada bab ini ditampilkan pengolahan data hasil penelitian yang akan dibahas sesuai dengan data yang di peroleh. Data yang akan ditampilkan meliputi data hasil pengujian spesimen yang akan diuji menggunakan mesin uji tarik dan terdiri dari 3 spesimen yang akan di rata-ratakan adapun hasil dari pengujian yang di dapat dapat dilihat pada gambar 4.16, 4.17, dan 4.18.

#### 4.3.1 Hasil Spesimen 1

Hasil pada gambar 4.16 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 1 dengan menggunakan diameter kawat las 2.0 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,88 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 43,09 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 83,33 %.



Gambar 4.16 Hasil uji tarik spesimen 1

Gambar 4.16 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 2.0 mm pada spesimen 1, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

b. *Stress*

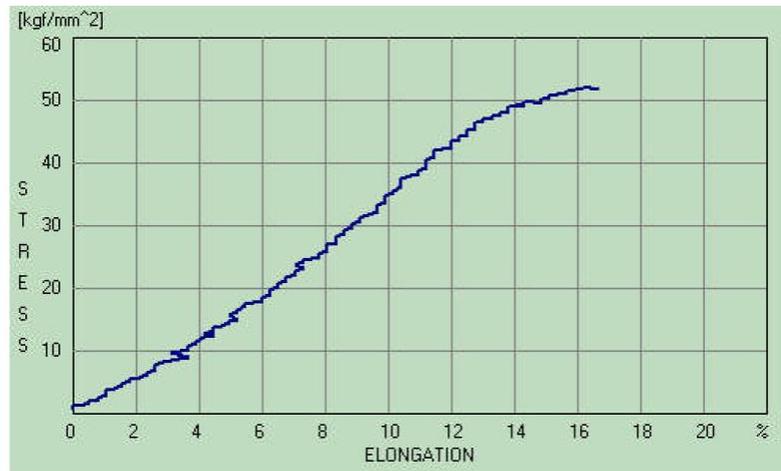
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1218,40 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 43,11 \text{ Kgf / mm}^2$$

c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

#### 4.3.2 Hasil Spesimen 2

Hasil pada gambar 4.17 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 2 dengan menggunakan diameter kawat las 2.0 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 52,10 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 16,67 %.



Gambar 4.17 Hasil uji tarik spesimen 2

Gambar 4.17 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 2.0 mm pada spesimen 2, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

b. Stress

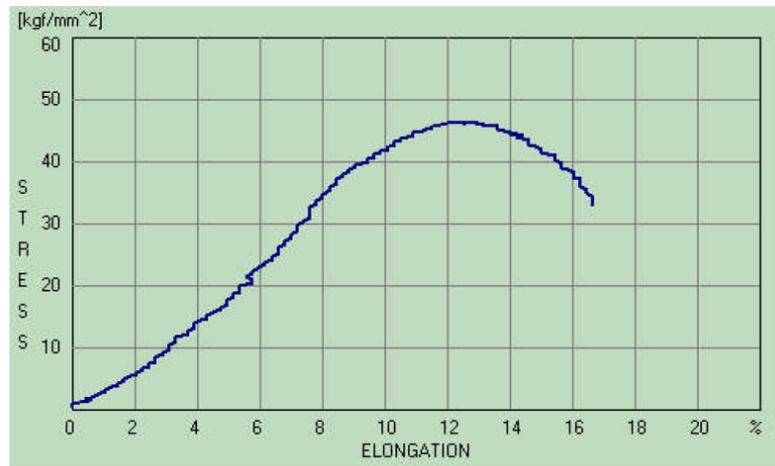
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1473,11 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 52,12 \text{ Kgf / mm}^2$$

c. Strain

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{ mm}$$

#### 4.3.3 Hasil Spesimen 3

Hasil pada gambar 4.18 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 3 dengan menggunakan diameter kawat las 2.0 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 45,91 Kgf /mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 16,67 %.



Gambar 4.18 Hasil uji tarik spesimen 3

Gambar 4.18 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 2.0 mm pada spesimen 3, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

b. *Stress*

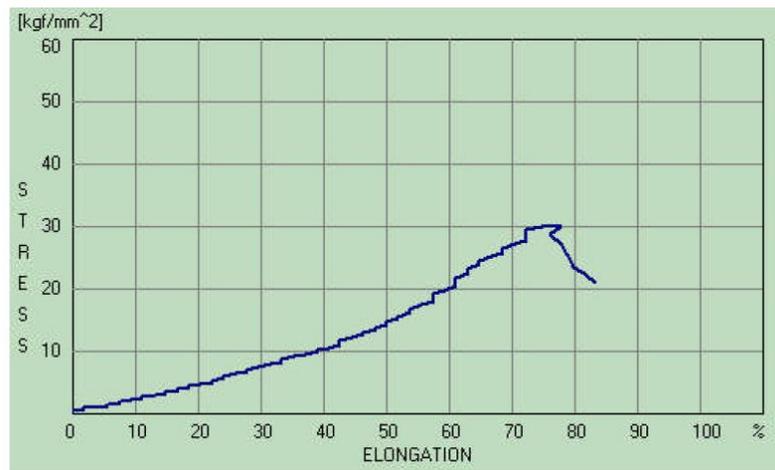
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1298 \text{Kgf}}{28,26 \text{mm}^2} = 45,93 \text{Kgf} / \text{mm}^2$$

c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{2}{30} = 0,06 \text{mm}$$

#### 4.3.4 Hasil Spesimen 4

Hasil pada gambar 4.19 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 4 dengan menggunakan diameter kawat las 2.6 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,88 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 30,19 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 83,33 %.



Gambar 4.19 Hasil uji tarik spesimen 4

Gambar 4.19 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 2.6 mm pada spesimen 4, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{mm} = 28,26 \text{mm}^2$$

b. *Stress*

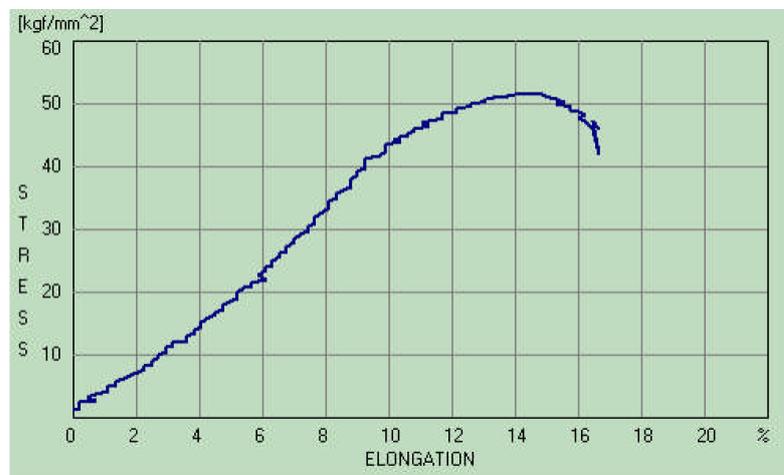
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{853,58 \text{Kgf}}{28,26 \text{mm}^2} = 30,20 \text{Kgf} / \text{mm}^2$$

c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{3,7}{30} = 0,12mm$$

#### 4.3.5 Hasil Spesimen 5

Hasil pada gambar 4.20 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 5 dengan menggunakan diameter kawat las 2.6 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 47,13 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 16,67 %.



Gambar 4.20 Hasil uji tarik spesimen 5

Gambar 4.20 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 2.6 mm pada spesimen 5, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26\text{mm}^2$$

b. *Stress*

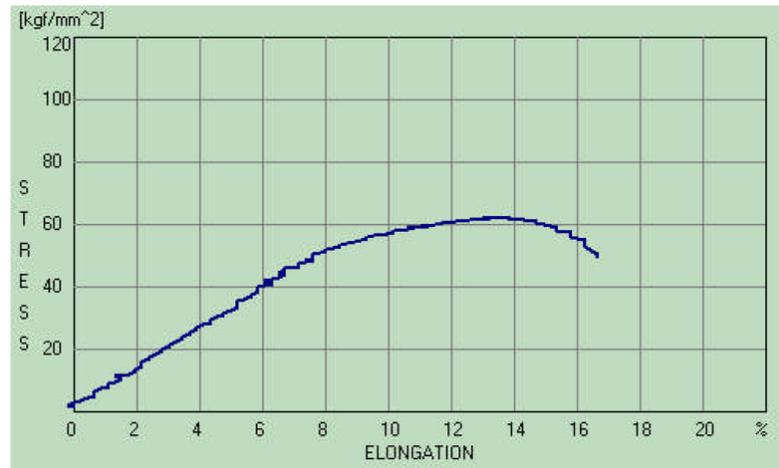
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1332,49\text{Kgf}}{28,26\text{mm}^2} = 47,15\text{Kgf} / \text{mm}^2$$

c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{3,7}{30} = 0,12mm$$

#### 4.3.6 Hasil Spesimen 6

Hasil pada gambar 4.21 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 6 dengan menggunakan diameter kawat las 2.6 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 61,77 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 16,67 %.



Gambar 4.21 Hasil uji tarik spesimen 6

Gambar 4.21 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 2.6 mm pada spesimen 6, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

b. *Stress*

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1746,39 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 61,79 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

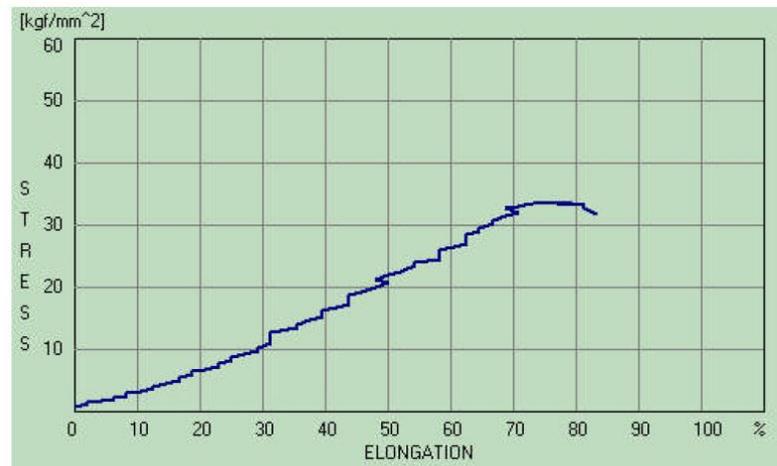
c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{3,7}{30} = 0,12 \text{ mm}$$

#### 4.3.7 Hasil Spesimen 7

Hasil pada gambar 4.22 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 7 dengan menggunakan diameter kawat las 3.2 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield*

*strength* sebesar 0,88 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 33,71 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 83,33 %.



Gambar 4.22 Hasil uji tarik spesimen 7

Gambar 4.22 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 3.2 mm pada spesimen 7, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

b. *Stress*

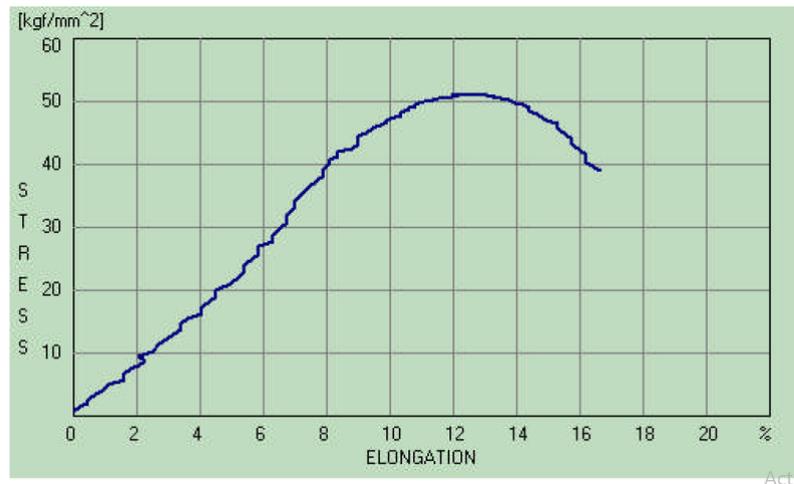
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{953,08 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 33,72 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{4,2}{30} = 0,14 \text{ mm}$$

#### 4.3.8 Hasil Spesimen 8

Hasil pada gambar 4.23 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 8 dengan menggunakan diameter kawat las 3.2 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 51,16 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 16,67 %.



Gambar 4.23 Hasil Uji Tarik Spesimen 8

Gambar 4.23 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 3.2 mm pada spesimen 8, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

- a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

- b. *Stress*

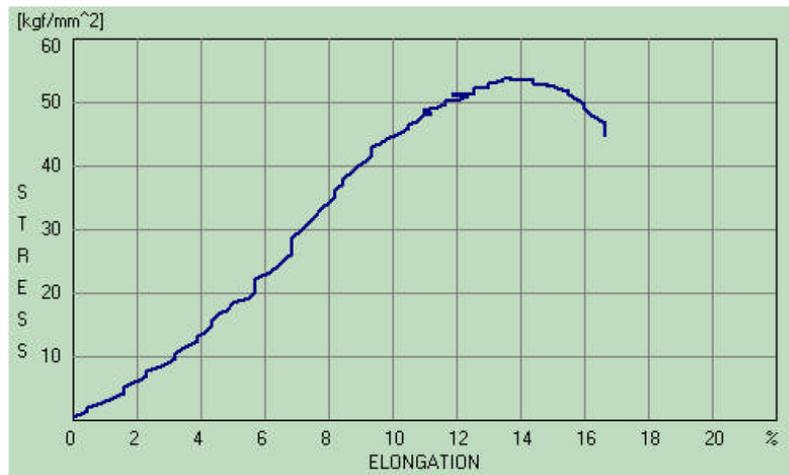
$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1446,58 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 51,18 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

- c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{4,2}{30} = 0,14 \text{ mm}$$

#### 4.3.9 Hasil Spesimen 9

Hasil pada gambar 4.24 merupakan hasil yang didapatkan dari spesimen 9 dengan menggunakan diameter kawat las 3.2 mm yang telah dilakukan pengujian tarik, dari gambar diatas didapatkan hasil berupa *yield strength* sebesar 0,18 Kgf/mm<sup>2</sup>, *tensile strength* 53,65 Kgf/mm<sup>2</sup>, *elongation* sebesar 16,67 %.



Gambar 4.24 Hasil Uji Tarik Spesimen 9

Gambar 4.24 merupakan hasil pengujian yang dilakukan dengan *Universal Tensile Machine* dengan pengelasan kawat las berdiameter 3.2 mm pada spesimen 9, hasil tersebut didapatkan melalui perhitungan sebagai berikut :

- a. Luas Penampang

$$A = \pi r^2 = 3,14 \times 3^2 \text{ mm} = 28,26 \text{ mm}^2$$

- b. *Stress*

$$\sigma = \frac{F}{A} = \frac{1516,89 \text{ Kgf}}{28,26 \text{ mm}^2} = 53,67 \text{ Kgf} / \text{mm}^2$$

- c. *Strain*

$$\varepsilon = \frac{\Delta x}{x} = \frac{4,2}{30} = 0,14 \text{ mm}$$

#### 4.3.10 Data Hasil Pengujian

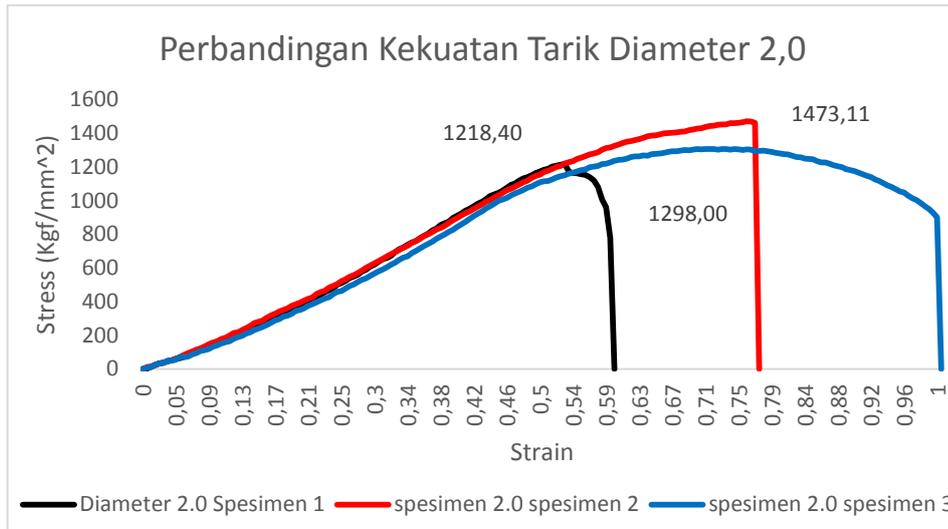
Hasil yang didapatkan dari pengujian dalam penelitian ini dituangkan dalam bentuk tabel seperti yang tertera pada tabel 4.1.

Tabel 4.1 Data Hasil Pengujian

Diameter Kawat Las (mm)	Spesimen	Maximum Force (Kgf/mm <sup>2</sup> )	Break Force (Kgf/mm <sup>2</sup> )
2	1	1218,40	962,37
	2	1473,11	1463,82
	3	1298	930,53
2,6	4	853,58	594,90
	5	1332,49	1300,65
	6	1746,39	1396,17
3,2	7	953,08	896,04
	8	1446,58	1100,33
	9	1516,89	1266,16
2		1329,83	1118,90
2,6		1310,82	1097,24
3,2		1305,51	1087,51

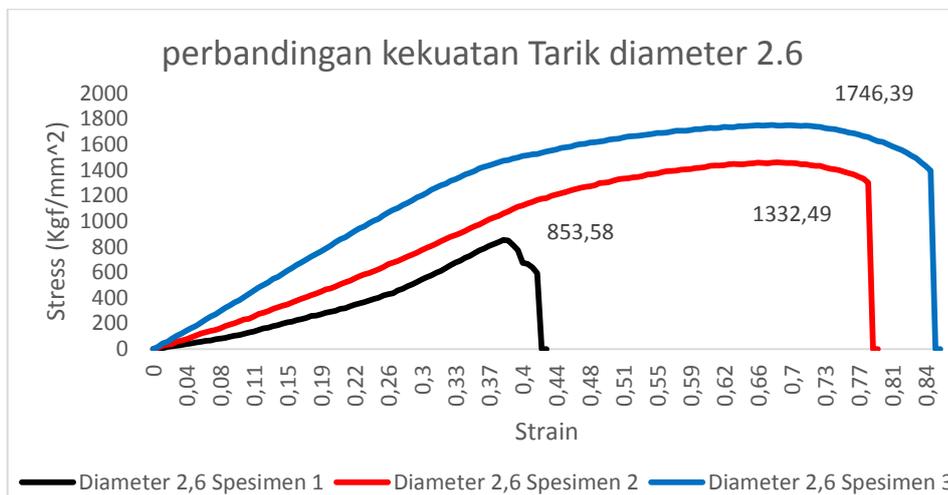
#### 4.4 Pembahasan

Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen dengan menggunakan diameter kawat las 2.0 mm pertama menggunakan mesin uji tarik mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan antara kekuatan spesimen 1, 2 dan 3. Hasil yang didapatkan bervariasi dengan kekuatan tarik yang berbeda masing-masing spesimen. Hasil dari perbandingan kekuatan terhadap spesimen tersebut dapat dilihat pada gambar 4.25.



Gambar 4.25 Perbandingan kekuatan tarik kawat las diameter 2.0 mm

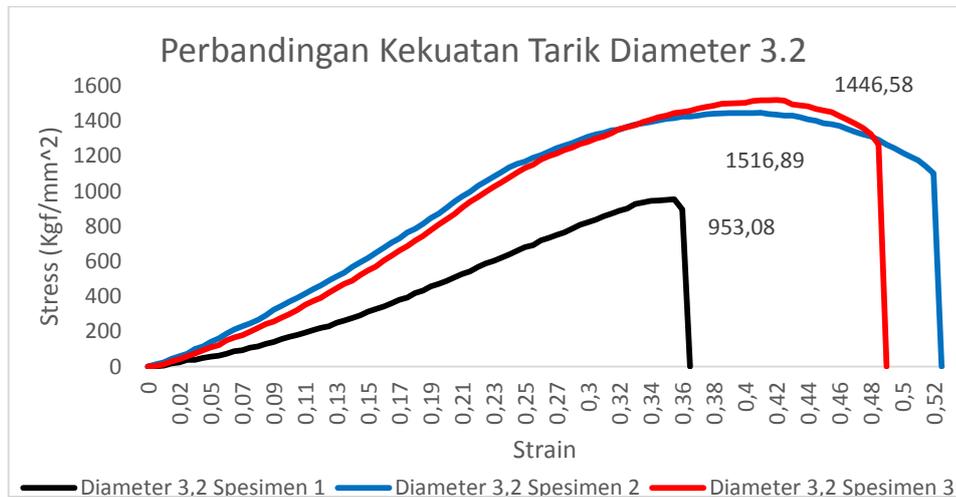
Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen dengan menggunakan diameter kawat las 2.6 mm pertama menggunakan mesin uji tarik mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan antara kekuatan spesimen 1, 2 dan 3. Hasil yang didapatkan bervariasi dengan kekuatan tarik yang ereda masing-masing spesimen. Hasil dari perbandingan kekuatan terhadap spesimen tersebut dapat dilihat pada gambar 4.26.



Gambar 4.26 Perbandingan kekuatan tarik kawat las diameter 2.6

Hasil pengujian kekuatan tarik spesimen dengan menggunakan diameter kawat las 3.2 mm pertama menggunakan mesin uji tarik mendapatkan hasil yang dituangkan dalam bentuk grafik perbandingan antara kekuatan spesimen 1, 2 dan 3.

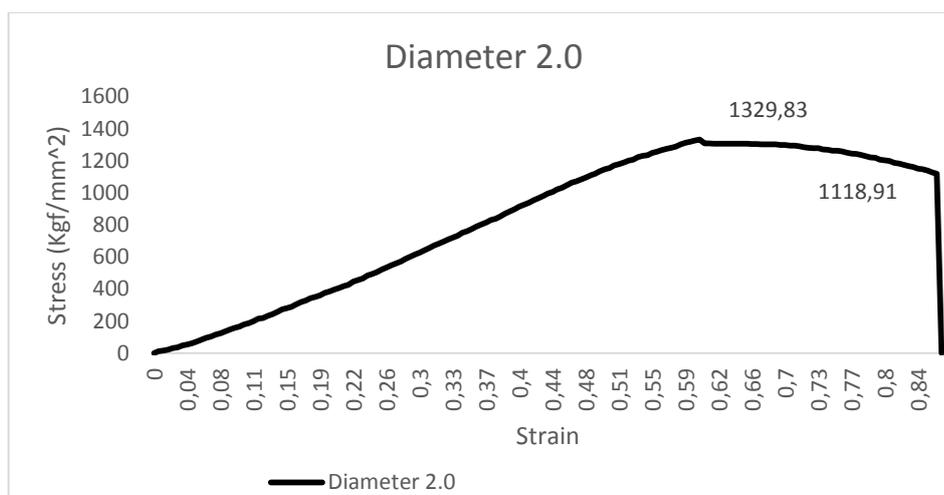
Hasil yang didapatkan bervariasi dengan kekuatan tarik yang ereda masing-masing spesimen. Hasil dari perbandingan kekuatan terhadap spesimen tersebut dapat dilihat pada gambar 4.27.



Gambar 4.27 Perbandingan kekuatan tarik kawat las diameter 3.2 mm

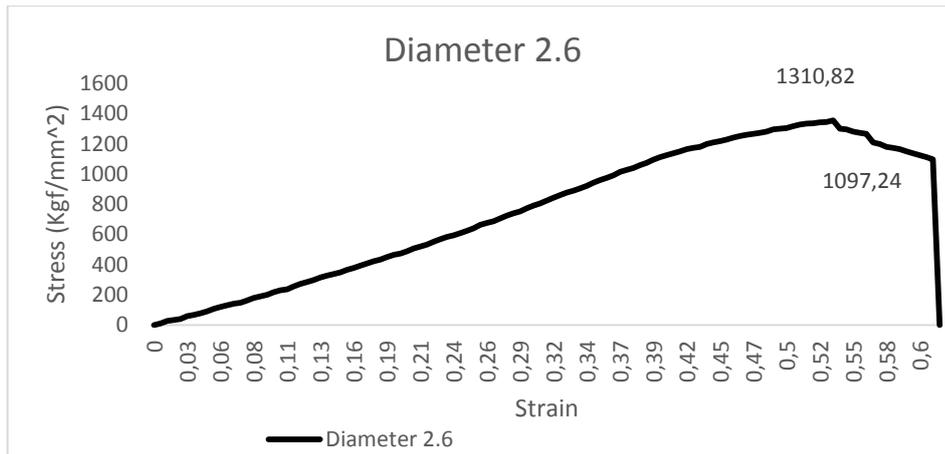
#### 4.4.1 Hasil Rata-Rata

Hasil spesimen dengan perbedaan kekuatan tersebut kemudian di rata-ratakan untuk mendapatkan kekuatan tarik yang dominan pada pengujian tarik terhadap spesimen dengan diameter 2.0, hasil yang didapat pada *Stress* sebesar 1333,37 Kgf/mm<sup>2</sup>, pengelasan ini mengalami deformasi sehingga pada kekuatan patah spesimen ini sebesar 1118,91 Kgf/mm<sup>2</sup> seperti yang terlihat pada gambar 4.28.



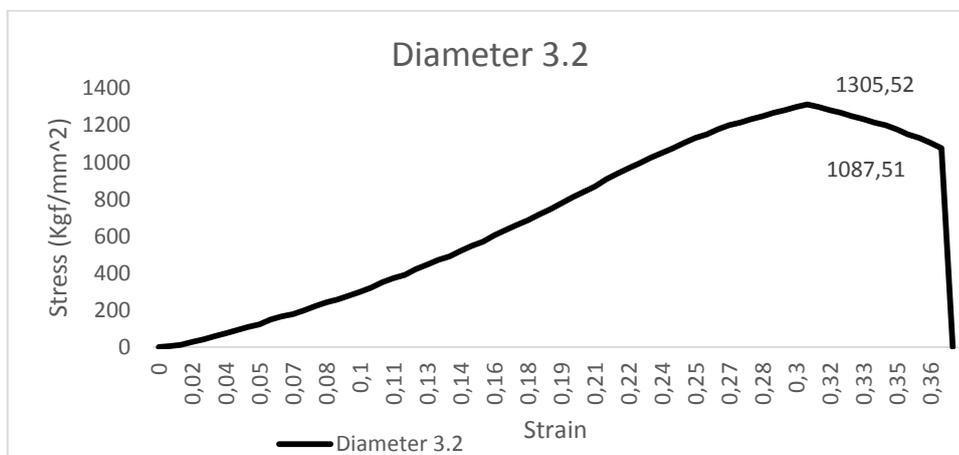
Gambar 4.28 Hasil rata-rata pengujian tarik diameter 2.0

Hasil spesimen dengan perbedaan kekuatan tersebut kemudian di rata-ratakan untuk mendapatkan kekutan tarik yang dominan pada pengujian tarik terhadap spesimen dengan diameter 2.6, hasil yang didapat pada *Stress* sebesar 1355,04 Kgf/mm<sup>2</sup>, pengelasan ini mengalami deformasi sehingga pada kekuatan patah spesimen ini sebesar 1097,24 Kgf/mm<sup>2</sup> seperti yang terlihat pada gambar 4.29.



Gambar 4.29 Hasil rata-rata pengujian tarik diameter 2.6

Hasil spesimen dengan perbedaan kekuatan tersebut kemudian di rata-ratakan untuk mendapatkan kekutan tarik yang dominan pada pengujian tarik terhadap spesimen dengan diameter 3.2, hasil yang didapat pada *Stress* sebesar 1305,52 Kgf/mm<sup>2</sup>, pengelasan ini mengalami deformasi sehingga pada kekuatan patah spesimen ini sebesar 1087,51 Kgf/mm<sup>2</sup> seperti yang terlihat pada gambar 4.30.



Gambar 4.30 Hasil rata-rata pengujian tarik diameter 3.2



## **BAB 5**

### **KESIMPULAN dan SARAN**

#### 5.1 Kesimpulan

Dari hasil pengujian tarik pada spesimen maka di dapatkan beberapa kesimpulan yaitu :

1. Pengujian kekuatan tarik pada spesimen dengan menggunakan elektroda dengan diameter 2.0 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 1329,83 Kgf/mm<sup>2</sup>.
2. Pengujian kekuatan tarik pada spesimen dengan menggunakan elektroda dengan diameter 2.6 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 1310,82 Kgf/mm<sup>2</sup>.
3. Pengujian kekuatan tarik pada spesimen dengan menggunakan elektroda dengan diameter 3.2 mm memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 1305,52 Kgf/mm<sup>2</sup>.
4. Pengujian kekuatan tarik pengelasan menggunakan diameter kawat las 2.0 mm menjadi pengelasan yang memiliki kekuatan tarik tertinggi. Sedangkan kekuatan tarik terendah ada pada pengelasan menggunakan diameter kawat las 3.2 mm, hal ini dikarenakan akibat panas yang ditimbulkan dari pengelasan sangat tinggi, sehingga merubah struktur dari material uji.

#### 5.2 Saran

Beberapa hal yang harus dilakukan pada penelitian lanjutan nantinya harus dilakukan pengembangan yaitu :

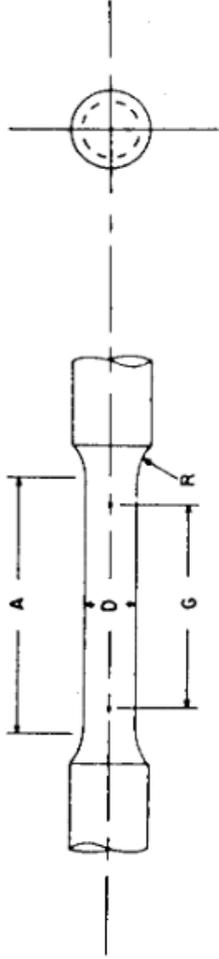
1. Adanya pengembangan metode pengelasan yang akan menjadi literature dalam penyusunan skripsi khususnya di bidang konstruksi manufaktur

## DAFTAR PUSTAKA

- Alip, M., 1989, Teori dan Praktik Las. Penerbit Departemen Pendidikan dan Kebudayaan.
- Arifin, S., 1997, Las Listrik dan Otogen, Ghalia Indonesia, Jakarta.
- ASTM E8/E8M-11. *Standard Test Methods For Tension Testing Of Metallic Materials*. USA, 2012.
- ASME (American Standard of Mechanical Engineer) An Internasional Code, 2015, Boiler & Pressure Vessel Code Section II A.
- AWS (American Welding Society) An American National Standard D1.1, 2015, Structural Welding Code – Steel.
- Beumer, BJM. 1985, Ilmu Bahan Logam, Jilid 1, Bharata Karya Aksara, Jakarta.
- Cary, H.B, 1998, *Modern Welding Technology. 4th edition, Prentice Hall, New Jersey*
- Davis, H.E., Troxell, G.E., Wiskocil, C.T., 1955, *The Testing and Inspection of Engineering Materials, McGraw-Hill Book Company, New York, USA.*
- Fenoria Putri, 2009, Pengaruh Besar Arus Listrik Dan Panjang Busur Api Terhadap Hasil Pengelasan.
- Fenoria Putri., 2010, Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Jarak Pengelasan, Palembang.
- Jasman, J., Irzal, I., Adri, J., & Pebrian, P. (2018). *Effect Of Strong Welding Flow On The Violence of Low Carbon Steel Results Of SMAW Welding With Electrodes 7018*
- Prasetyo H., 2006, Kekuatan Tarik Sambungan Las Baja Tahan Karat AIS 304 Dengan Baja Karbon Rendah SS 400, Skripsi, Universitas Sebelas Maret Surakarta.
- Priambodo B. Dkk., 2013, Analisa Pengaruh Penggunaan Elektroda RB 2.6 dan RB 3.2 Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan Pada Pengelasan, Skripsi, Universitas Islam Malang, Malang.
- Santoso J., 2005, Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018, Skripsi, Universitas Negri Semarang.
- Wirjosumarto, Harsono, dan Toshie Okumura, 2008, Teknologi Pengelasan Logam, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

# LAMPIRAN

**E8/E8M – 13a**



Dimensions, mm [in.]

**For Test Specimens with Gauge Length Four times the Diameter [E8]**

Small-Size Specimens Proportional to Standard

Standard Specimen	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	50.0 ± 0.1 [2.000 ± 0.005]	36.0 ± 0.1 [1.400 ± 0.005]	24.0 ± 0.1 [1.000 ± 0.005]	16.0 ± 0.1 [0.640 ± 0.005]	10.0 ± 0.1 [0.450 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	56 [2.25]	45 [1.75]	30 [1.25]	20 [0.75]	16 [0.625]

Dimensions, mm [in.]

**For Test Specimens with Gauge Length Five times the Diameter [E8M]**

Small-Size Specimens Proportional to Standard

Standard Specimen	Specimen 1	Specimen 2	Specimen 3	Specimen 4	Specimen 5
G—Gauge length	62.5 ± 0.1 [2.500 ± 0.005]	45.0 ± 0.1 [1.750 ± 0.005]	30.0 ± 0.1 [1.250 ± 0.005]	20.0 ± 0.1 [0.800 ± 0.005]	12.5 ± 0.1 [0.565 ± 0.005]
D—Diameter (Note 1)	12.5 ± 0.2 [0.500 ± 0.010]	9.0 ± 0.1 [0.350 ± 0.007]	6.0 ± 0.1 [0.250 ± 0.005]	4.0 ± 0.1 [0.160 ± 0.003]	2.5 ± 0.1 [0.113 ± 0.002]
R—Radius of fillet, min	10 [0.375]	8 [0.25]	6 [0.188]	4 [0.156]	2 [0.094]
A—Length of reduced section, min (Note 2)	75 [3.0]	54 [2.0]	36 [1.4]	24 [1.0]	20 [0.75]

LAMPIRAN 1

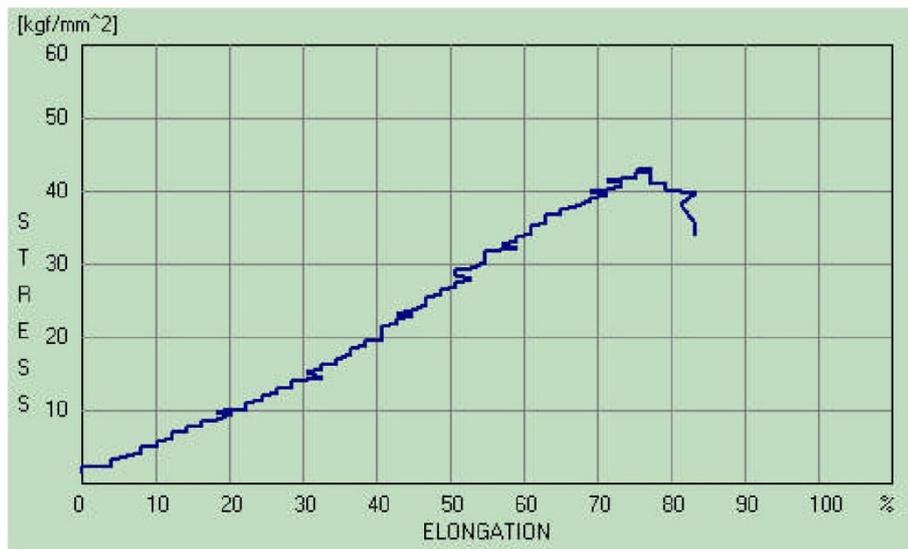


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	<input type="text" value="1"/>	Max. Force :	<input type="text" value="1218.40 (kgf)"/>
Test Type :	<input type="text" value="Tensile"/>	Break Force :	<input type="text" value="962.37 (kgf)"/>
Date Test :	<input type="text" value="3-2-2020 ; 14:10:57"/>	Yield Strength :	<input type="text" value="0.88 (kgf/mm^2)"/>
Specimens :	<input type="text" value="Others"/>	Tensile Strength :	<input type="text" value="43.09 (kgf/mm^2)"/>
Area :	<input type="text" value="28.27 (mm^2)"/>	Elongation :	<input type="text" value="83.33 (%)"/>



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

LAMPIRAN 2

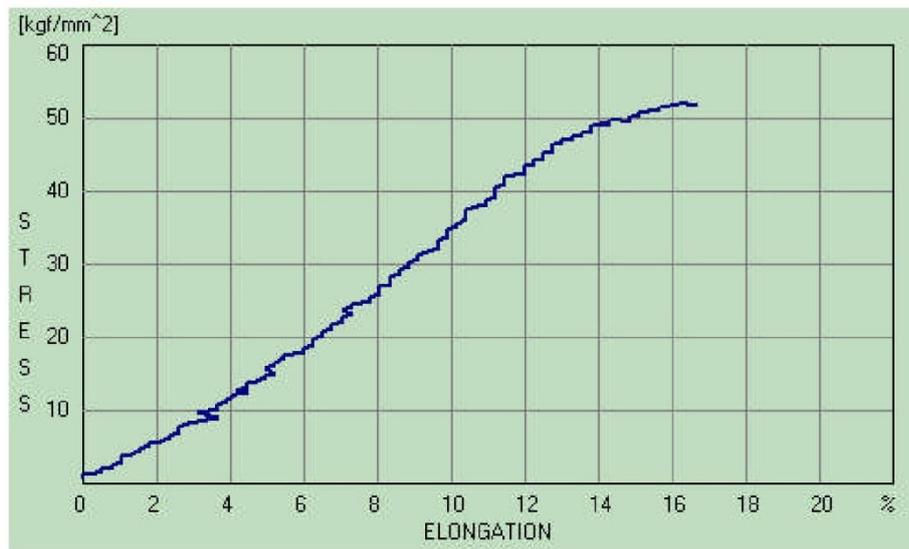


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	<input type="text" value="1"/>	Max. Force :	<input type="text" value="1473.11 (kgf)"/>
Test Type :	<input type="text" value="Tensile"/>	Break Force :	<input type="text" value="1463.82 (kgf)"/>
Date Test :	<input type="text" value="8-2-2020 ; 15:6:1"/>	Yield Strength :	<input type="text" value="0.18 (kgf/mm^2)"/>
Specimens :	<input type="text" value="Others"/>	Tensile Strength :	<input type="text" value="52.10 (kgf/mm^2)"/>
Area :	<input type="text" value="28.27 (mm^2)"/>	Elongation :	<input type="text" value="16.67 (%)"/>



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

### LAMPIRAN 3

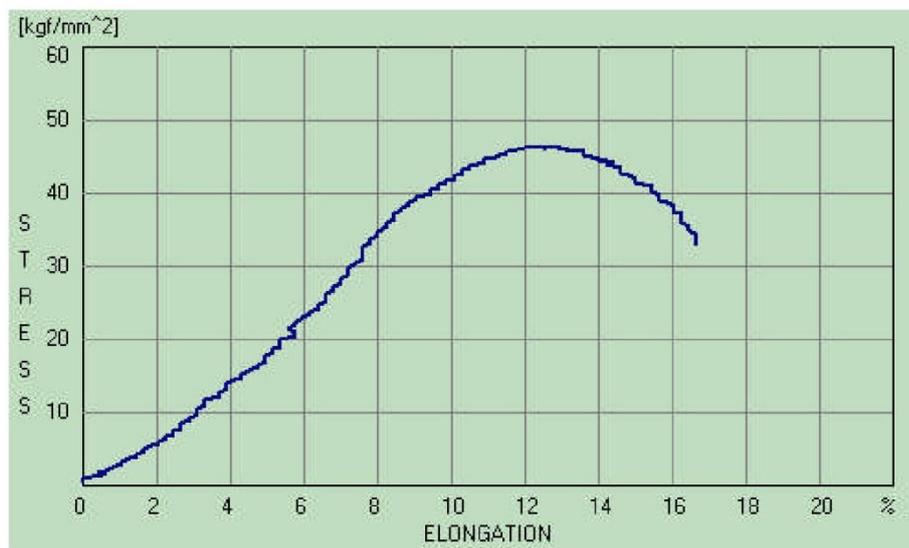


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: prodimmesin\_fatek@umsu.ac.id

#### TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	1298.00 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	930.53 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 15:13:9	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	45.91 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

LAMPIRAN 4

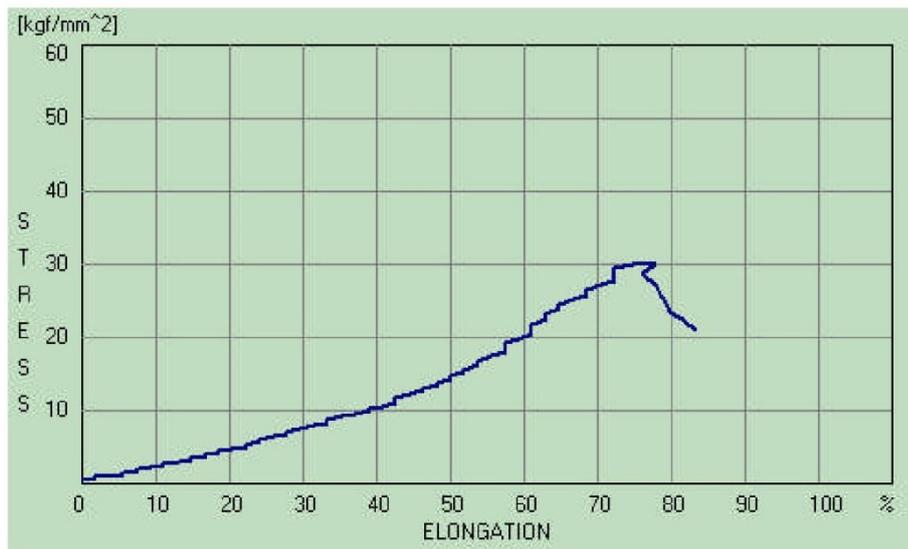


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	2	Max. Force :	853.58 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	594.90 (kgf)
Date Test :	3-2-2020 ; 14:14:15	Yield Strength :	0.88 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	30.19 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	83.33 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

## LAMPIRAN 5

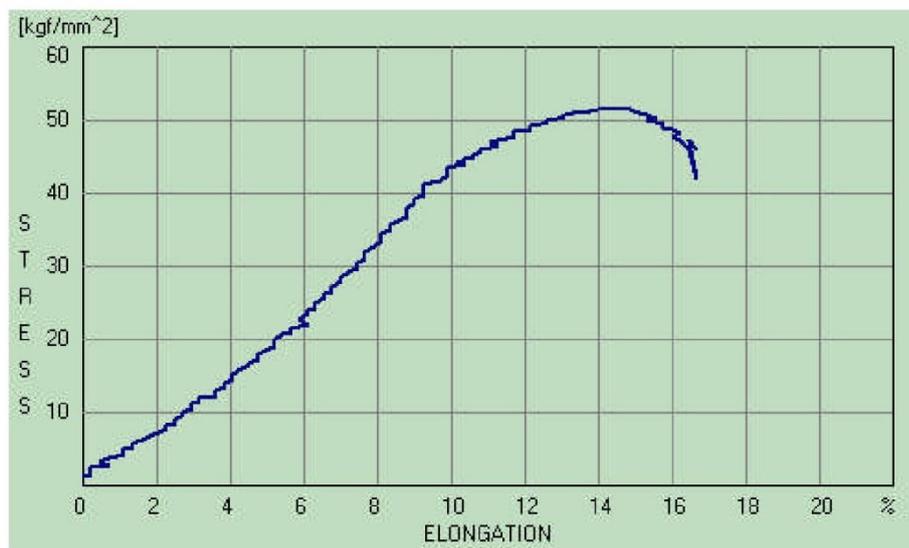


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

### TEST REPORT

Test No. :	2	Max. Force :	1332.49 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1300.65 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 15:18:35	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	47.13 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

## LAMPIRAN 6

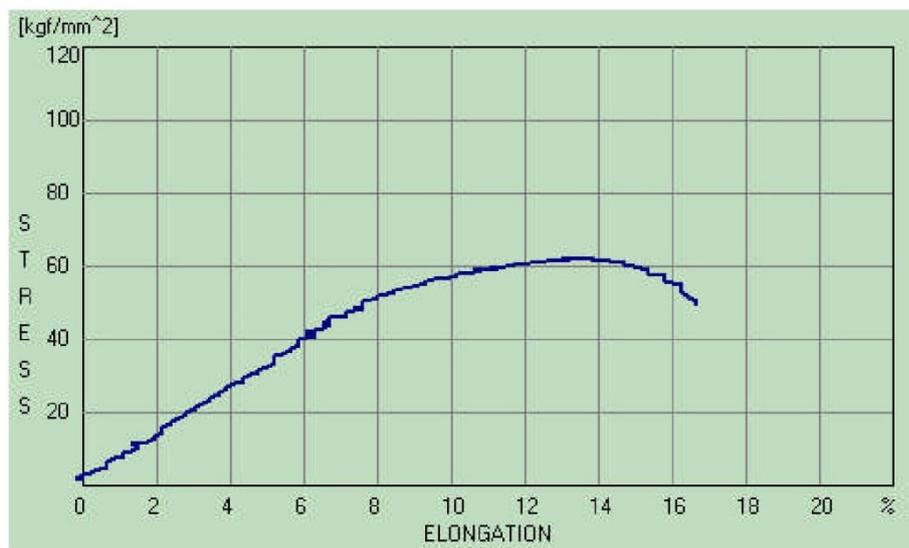


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

### TEST REPORT

Test No. :	3	Max. Force :	1746.39 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1396.17 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 15:26:4	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	61.77 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

LAMPIRAN 7

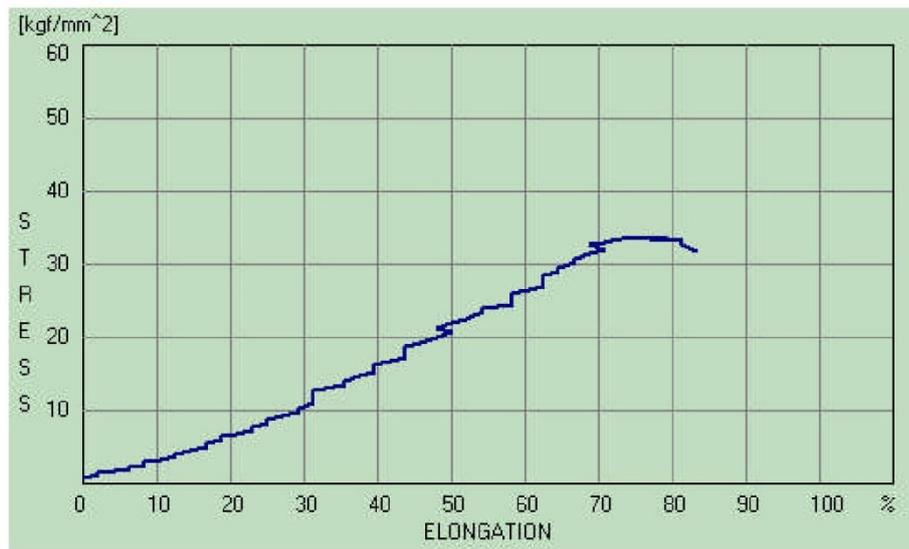


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	3	Max. Force :	953.08 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	896.04 (kgf)
Date Test :	3-2-2020 ; 14:22:20	Yield Strength :	0.88 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	33.71 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	83.33 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

LAMPIRAN 8

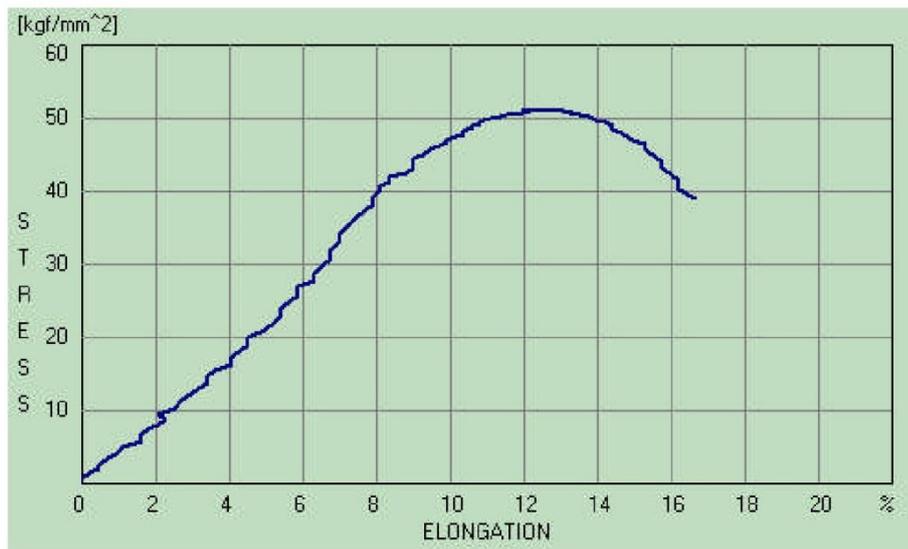


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	2	Max. Force :	1446.58 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1100.33 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 15:30:10	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	51.16 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

LAMPIRAN 9

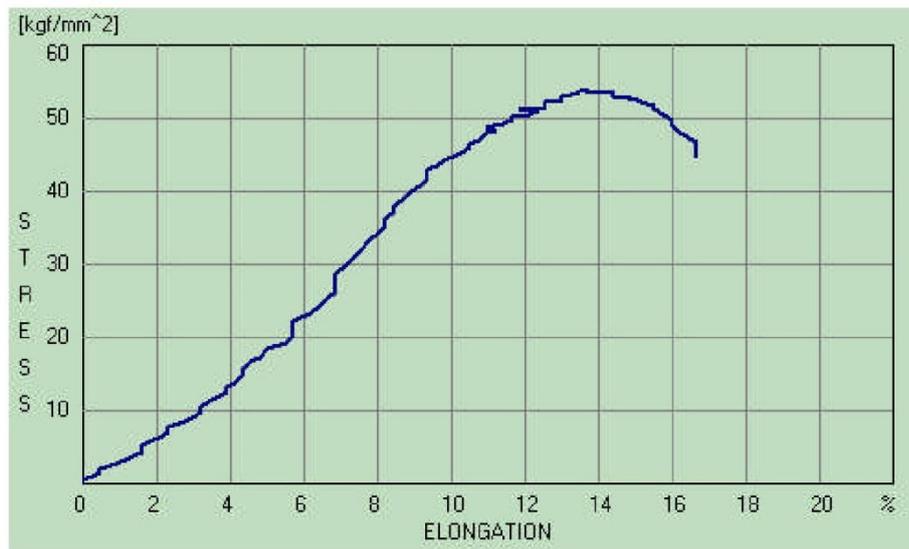


UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA  
FAKULTAS TEKNIK  
PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN

Kampus: Jl. Kapten Mochtar Basri, BA. No. 3, Email: proditmesin\_fatek@umsu.ac.id

**TEST REPORT**

Test No. :	3	Max. Force :	1516.89 (kgf)
Test Type :	Tensile	Break Force :	1266.16 (kgf)
Date Test :	8-2-2020 ; 15:32:42	Yield Strength :	0.18 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Specimens :	Others	Tensile Strength :	53.65 (kgf/mm <sup>2</sup> )
Area :	28.27 (mm <sup>2</sup> )	Elongation :	16.67 (%)



Kaprodi Teknik Mesin

Kalab. Pengujian Material

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Proses Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik

Nama : Muhammad Sandi Pradana

NPM : 1507230044.

Dosen Pembimbing 1 : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T

Dosen Pembimbing 2 : Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
1.	Senin $\frac{14}{10}$ 2019	- perbaiki Bab-1 - perbaiki Bab-2 - perbaiki Bab-3	} AH
2.	Selasa $\frac{22}{10}$ 2019	- Tambah Latar belakang. - Tambah Tinjauan pustaka ⊙ Tarik ⊙ Sumbunga - Lengkapi prosedur.	} AH
3.	Jumat $\frac{6}{12}$ 2019	- Tambahkan materi uji tarik - Buat prosedur lebih rinci & jelas	} AH
4.	Jumat $\frac{13}{12}$ 2019	- perbaiki prosedur penelitian	} AH
5.	Jumat $\frac{20}{12}$ 2019	- perbaiki prosedur dan lanjut ke pembimbing 2	} AH
6.	Selasa $\frac{11}{2}$ 2020	- perbaiki prosedur di sub 3. - perbaiki Bab 4.	} AH

## LEMBAR ASISTENSI TUGAS AKHIR

### Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Proses Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Tarik

Nama : Muhammad Sandi Pradana  
NPM : 1507230044

Dosen Pembimbing 1 : Ahmad Marabdi Siregar, S.T., M.T  
Dosen Pembimbing 2 : Affandi, S.T., M.T

No	Hari/Tanggal	Kegiatan	Paraf
----	--------------	----------	-------

7.	Rabu $\frac{12}{2}$ 2020	- perbaiki lagi prosedur, gbr, - lanjut ke pembimbing 2	} Af
----	--------------------------	---	------

1. Jum'at  $\frac{19}{12}$  2019 - Perbaiki BAB 1 dan gambar BAB 2 Af

2. Jum'at  $\frac{14}{2}$  2020 Perbaiki GRAFIK BAB 4  
Penambahan referensi BAB 1 Af  
Tambahkan lampiran Gambar Grafik Pengujian

3. Selasa  $\frac{18}{2}$  2020 Ate Af

4. Selasa  $\frac{18}{2}$  2020: Ate, persiapan seminar Hasil Af

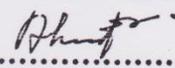
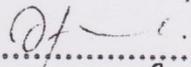
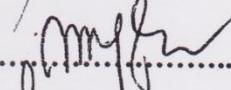
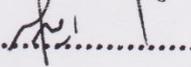
**DAFTAR HADIR SEMINAR  
TUGAS AKHIR TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK – UMSU  
TAHUN AKADEMIK 2019 – 2020**

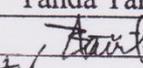
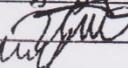
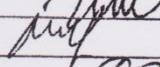
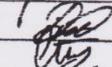
Peserta seminar

Nama : Muhammad Sandi Pradana

NPM : 1507230044

Judul Tugas Akhir : Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik.

DAFTAR HADIR	TANDA TANGAN
Pembimbing – I : Ahmad Marbadi Srg.S.T.M.T	: ..... 
Pembimbing – II : Affandi.S.T.M.T	: ..... 
Pembanding – I : M.Yani.S.T.M.T	: ..... 
Pembanding – II : H.Muharnif.S.T.M.Sc	: ..... 

No	NPM	Nama Mahasiswa	Tanda Tangan
1	1507230007	Muhammad Syahid	
2	1407230005	Feri Sateja Tambudi	
3	1407230075	WAWAN EKA PERDANA	
4	1407230159	MUHAMMAD PRAYOGI	
5	1407230162	Rahmad Abdillah	
6	1407230025	Walzyu Dwi Prasetyo	
7	1507230217	RAHMAD MARZUKI SIREGAR	
8	1407230014	M-Syandi arnop	
9	1407230075	WAWAN EKA PERDANA	
10			

Medan, 04 Rajab 1441 H  
28 Februari 2020 M

Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Muhammad Sandi Pradana  
NPM : 1507230044  
Judul T.Akhir : Analisa Pengaruh Diameter Kawat las Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik.

Dosen Pembimbing - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Affandi.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pembanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

.....  
Perbaikan bagian yg harus direvisi  
.....  
Pd draft skripsi tt  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali  
Perbaikan :

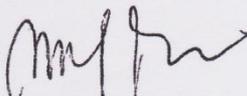
.....  
.....  
.....  
.....

Medan 04 Rajab 1441H  
28 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pembanding- I

  
M.Yani.S.T.M.T

**DAFTAR EVALUASI SEMINAR FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**

---

NAMA : Muhammad Sandi Pradana  
NPM : 1507230044  
Judul T.Akhir : Analisa Pengaruh Diameter Kawat las Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik.

Dosen Pembimbing - I : Ahmad Marabdi Srg.S.T.M.T  
Dosen Pembimbing - II : Affandi.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - I : M.Yani.S.T.M.T  
Dosen Pemanding - II : H.Muharnif.S.T.M.Sc

**KEPUTUSAN**

1. Baik dapat diterima ke sidang sarjana ( collogium)
2. Dapat mengikuti sidang sarjana (collogium) setelah selesai melaksanakan perbaikan antara lain :

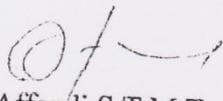
.....  
Lihat buku skripsi  
.....  
.....

3. Harus mengikuti seminar kembali
- Perbaikan :

.....  
.....  
.....  
.....

Medan 04 Rajab 1441H  
28 Februari 2020 M

Diketahui :  
Ketua Prodi. T.Mesin

  
Affandi.S.T.M.T

Dosen Pemanding- II

  
H.Muharnif.S.T.M.Sc



**UMSU**

Unggul | Cerdas | Terpercaya

Bila menjawab surat ini agar disebutkan nomor dan tanggalnya

MAJELIS PENDIDIKAN TINGGI PENELITIAN & PENGEMBANGAN  
**UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SUMATERA UTARA**  
**FAKULTAS TEKNIK**

Jalan Kapten Muchtar Basri No. 3 Medan 20238 Telp. (061) 6622400 - EXT. 12  
Website: <http://fatek.umsu.ac.id> E-mail: [fatek@umsu.ac.id](mailto:fatek@umsu.ac.id)

**PENENTUAN TUGAS AKHIR DAN PENGHUJUKAN  
DOSEN PEMBIMBING**

**Nomor : 1163/IL3AU/UMSU-07/F/2019**

Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Sumatera Utara, berdasarkan rekomendasi Atas Nama Ketua Program Studi Teknik Mesin Pada Tanggal 30 September 2019 dengan ini Menetapkan :

Nama : MUHAMMAD SANDI PRADANA  
Npm : 1507230044  
Program Studi : TEKNIK MESIN  
Semester : IX ( SEMBILAN )  
Judul Tugas Akhir : ANALISA PENGARUH DIAMETER KAWAT LAS PADA  
PENGELASAN SWAM TERHADAP KEKUATAN TARIK

Pembimbing I : AHMAD MARABDI SIREGAR ST.MT  
Pembimbing II : AFFANDI ST. MT

Dengan demikian diizinkan untuk menulis tugas akhir dengan ketentuan :

1. Bila judul Tugas Akhir kurang sesuai dapat diganti oleh Dosen Pembimbing setelah mendapat persetujuan dari Program Studi Teknik Mesin.
2. Menulis Tugas Akhir dinyatakan batal setelah 1 (satu) Tahun dan tanggal yang telah ditetapkan.

Demikian surat penunjukan dosen Pembimbing dan menetapkan Judul Tugas Akhir ini dibuat untuk dapat dilaksanakan sebagaimana mestinya.

Ditetapkan di Medan pada Tanggal.  
Medan, 28 Muharram 1441 H  
30 September 2019 ,



An Dekan  
Wakil Dekan I

Ade Faisal ST.M.Sc

Nidn : 0123097203