

**STUDI PERBANDINGAN ELEKTRODA E7016 IMPOR DAN  
E480-16 LOKAL TERHADAP KARAKTERISASI HASIL  
LAS PADA METODE PENGELASAN SMAW**

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari  
Jurusan Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa



Oleh:

SANDY PERMANA

3334190079

**JURUSAN TEKNIK METALURGI FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS SULTAN AGENG TIRTAYASA**

**2024**

**LEMBAR PENGESAHAN**

**STUDI PERBANDINGAN ELEKTRODA E7016 IMPOR DAN  
E480-16 LOKAL TERHADAP KARAKTERISASI HASIL  
LAS PADA METODE PENGELASAN SMAW**

**SKRIPSI**

Dibuat untuk memenuhi syarat mendapatkan gelar Sarjana Teknik dari Jurusan  
Teknik Metalurgi Universitas Sultan Ageng Tirtayasa

Disetujui untuk Jurusan Teknik Metalurgi oleh :

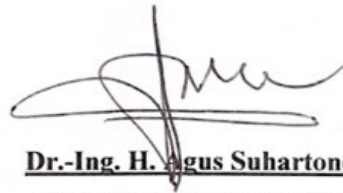
Pembimbing I



**Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T.**

NIP. 197401032005012001

Pembimbing II



**Dr.-Ing. H. Agus Suhartono**

NIP. 196709031992021001

**LEMBAR PERSETUJUAN**

**STUDI PERBANDINGAN ELEKTRODA E7016 IMPOR DAN  
E480-16 LOKAL TERHADAP KARAKTERISASI HASIL  
LAS PADA METODE PENGELASAN SMAW**

Disusun dan diajukan oleh:

**Sandy Permana**

**3334190079**

Telah disidangkan di depan dewan penguji pada tanggal

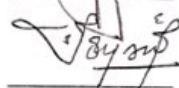
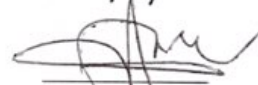
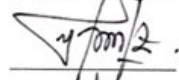
Susunan Dewan Penguji

Penguji I : **Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T.**

Penguji II : **Dr.-Ing. H. Agus Suhartono**

Penguji III : **Suryana, S.T., M.Si.**

Tanda Tangan



Skripsi ini telah diterima sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar  
Sarjana Teknik

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Metalurgi



**Abdul Aziz, S.T., M.T., Ph.D.**

NIP. 198003072005011002

## LEMBAR PERNYATAAN

Dengan ini saya sebagai penulis Skripsi berikut:

Judul : Studi Perbandingan Elektroda E7016 Impor Dan E480-16  
Lokal Terhadap Karakterisasi Hasil Las Pada Metode  
Pengelasan SMAW

Nama Mahasiswa : Sandy Permana

NIM : 3334190079

Fakultas : Teknik Metalurgi

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi di atas adalah benar-benar hasil karya asli saya dan tidak memuat hasil karya orang lain, kecuali dinyatakan melalui rujukan yang benar dan dapat dipertanggungjawabkan. Apabila di kemudian hari ditemukan hal-hal yang menunjukkan bahwa sebagian atau seluruh karya ini bukan karya saya, maka saya bersedia dituntut melalui hukum yang berlaku. Saya juga bersedia menanggung segala akibat hukum yang timbul dari pernyataan yang secara sadar dan sengaja saya nyatakan melalui lembar pernyataan ini.

Cilegon, 18 Februari 2024



**Sandy Permana**  
NIM. 3334190079

## ABSTRACT

Currently, the manufacturing industry is progressing very rapidly. One of them is in the field of welding. To achieve good welding standards standard requires control of certain variables such as electrode type and welding current strength. SMAW welding has the principle of melting and unifying material through heating using an electric arc that is created between the metal components and the x-shaped electrode. In industrial marketing, there are many types of electrodes used so that many of the fabrication uses each electrode for its respective application. But not a few of the electrodes that are on the market have standardization in accordance with standards that refer to AWS A5.1. Electrode or referred to as welding wire is an object used in welding to become a source of the electric flame. A good electrode type affects the results of welding results as well. In addition, the current strength also affects the welding results where the right current strength will produce deep penetration. Because in this study, samples of electrodes that are not well standardized will be compared with electrodes that are well standardized. will be compared with electrodes whose standardization is recognized by all manufacturing industries. The electrodes used in this study are both local and imported electrodes as a comparison of their characteristics and also carried out variation of current strength. The current strength variations used were 120 Ampere, 155 Ampere and 190 Ampere. This was done for a comparison and knowing the best quality of the two electrodes and the variation of current strength used. Measurements are made by testing the results of welding results. The tests carried out include XRF testing to determine the percent of elements. Impact mechanical testing, bending testing and tensile testing to determine the mechanical properties of the two welds. As well as OM testing (Optical Microscope) to determine the phase structure formed in the welding results. From the results obtained, it is known that imported electrodes have better characteristics than local electrodes. And the current strength affects the the results of the weld performed.

Keywords: Welding, SMAW, ASTM A36, Electrode, Current Strength

## ABSTRAK

Pada saat ini bidang industri manufaktur mengalami kemajuan yang sangat pesat. Salah satunya adalah pada bidang pengelasan. Untuk mencapai standar las yang baik dibutuhkan kontrol terhadap variabel tertentu misalnya jenis elektroda dan kuat arus las. Pengelasan SMAW memiliki prinsip melebur dan menyatukan material melalui pemanasan menggunakan suatu busur listrik yang tercipta di antara komponen logam dengan elektroda berbentuk seperti x. Pada pemasaran industri, terdapat banyak sekali jenis elektroda yang digunakan sehingga banyak dari fabrikasi menggunakan setiap elektroda untuk aplikasinya masing-masing. Tetapi tidak sedikit dari elektroda yang berada dipasaran memiliki standarisasi sesuai dengan standard yang mengacu pada AWS A5.1. Elektroda atau disebut sebagai kawat las merupakan sebuah benda yang digunakan dalam pengelasan untuk menjadi sumber dari nyala listrik. Jenis elektroda yang baik berpengaruh pada hasil pengelasan yang baik pula. Selain itu kuat arus juga berpengaruh pada hasil pengelasan dimana kuat arus yang tepat akan menghasilkan penetrasi yang dalam. Oleh karena pada penelitian ini, sampel elektroda yang tidak terstandarisasi dengan baik akan dibandingkan dengan elektroda yang standarisasinya diakui oleh semua industri manufaktur. Elektroda yang digunakan pada penelitian ini adalah elektroda lokal dan impor sebagai suatu perbandingan karakteristiknya dan juga dilakukan variasi kuat arus. Variasi kuat arus yang digunakan adalah 120 Ampere, 155 Ampere dan 190 Ampere. Hal tersebut dilakukan untuk sebuah perbandingan dan mengetahui kualitas terbaik dari kedua elektroda dan variasi kuat arus yang digunakan. Pengukuran dilakukan dengan cara melakukan pengujian terhadap hasil las. Pengujian yang dilakukan antara lain adalah pengujian XRF untuk mengetahui persen unsur. Pengujian mekanik impak, pengujian *bending* dan pengujian tarik untuk mengetahui sifat mekanik dari kedua hasil las. Serta pengujian OM (*Optical Microscope*) untuk mengetahui struktur fasa yang terbentuk pada hasil las. Dari hasil yang didapatkan diketahui bahwa elektroda impor memiliki karakteristik yang lebih baik dibandingkan dengan jenis elektroda lokal. Serta kuat arus berpengaruh pada hasil las yang dilakukan.

Kata Kunci : Pengelasan, SMAW, ASTM A36, Elektroda, Kuat Arus

## KATA PENGANTAR

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Tuhan Yang Maha Esa atas berkat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “Studi Perbandingan Jenis Elektroda E7016 Impor dan E480-16 Lokal Terhadap Karakterisasi Hasil Las Pada Metode Pengelasan SMAW”. Penyusunan skripsi ini dilaksanakan guna memenuhi syarat kelulusan mata kuliah Skripsi di jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa. Penulis menyadari bahwa tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Maka dari itu, penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Dr. Eng. Abdul Aziz, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Metalurgi sekaligus sebagai Koordinator Tugas Akhir, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa;
2. Ibu Yeni Muriani Zulaida, S.T., M.T. sebagai Pembimbing I Skripsi.
3. Bapak Dr.-Ing. H. Agus Suhartono sebagai Pembimbing II Skripsi
4. Bapak Suryana, S.T., M.Si. sebagai Pembimbing III Skripsi
5. Ibu Andinnie Juniarsih, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing akademik Jurusan Teknik Metalurgi, Fakultas Teknik Universitas Sultan Ageng Tirtayasa;
6. Keluarga penulis yang senantiasa mendoakan dan memberi dukungan selama proses penyusunan skripsi penulis.
7. Teman-teman Angkatan Teknik Metalurgi 2019 yang selalu mendukung penulis untuk memberikan pemikiran dan saran.
8. Alya Firzana yang selalu mendampingi penulis dalam menyelesaikan penyusunan skripsi ini.

Semoga semua pihak yang ikut membantu dalam menyelesaikan skripsi dari penulis bisa dibalas oleh Allah SWT. Adapun penulis menyadari bahwa masih terdapat kesalahan serta kekurangan dari skripsi yang penulis buat. Untuk itu, penulis mengharapkan tanggapan berupa kritik serta saran dari pembaca agar ini menjadi lebih baik. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat untuk

pembacanya dan dapat diaplikasikan di segala bidang terutama pada di dunia industri.

Cilegon, 2024

Sandy Permana



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>LEMBAR JUDUL</b> .....	i
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	ii
<b>LEMBAR PERSETUJUAN</b> .....	iii
<b>LEMBAR PERNYATAAN</b> .....	iv
<b>ABSTRAK</b> .....	v
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	vii
<b>DAFTAR ISI</b> .....	viii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	x
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xii
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
1.5 Sistematika Penulisan .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Baja ASTM A36 .....	5
2.1.1 Baja Karbon.....	7
2.1.1 ASTM A36.....	7
2.2 Pengelasan.....	8
2.2.1 Klasifikasi Pengelasan (Jenis) .....	10
2.2.2 Klasifikasi Pengelasan (Sumber Energi).....	11
2.3 Pengelasan SMAW .....	11
2.3.1 Jenis Sambungan ( <i>Weld Joint</i> ) .....	13
2.4 Posisi Pengelasan .....	14
2.5 Pengelasan Baja ASTM A36.....	17
2.6 Elektroda SMAW .....	18
2.6.1 Elektroda E-7016.....	18
2.6.2 Elektroda E480-16.....	21
2.7 Struktur Mikro.....	22
2.8 Pengujian <i>X-Ray Fouresence</i> .....	23
2.9 Pengujian Radiografi (RT) .....	24
2.8 Pengujian Tarik (UT) .....	25

2.9	Pengujian <i>Impak</i> (UI) .....	26
2.10	Pengujian Tekuk ( <i>Bending Test</i> ).....	28
2.10.1	Pengujian Tekuk Melintang .....	29
2.10.2	Pengujian Tekuk Memanjang.....	30

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1	Diagram Alir .....	31
3.2	Alat dan Bahan.....	32
3.2.1	Alat yang Digunakan .....	32
3.2.2	Bahan yang Digunakan.....	32
3.3	Prosedur Percobaan .....	32

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1	Hasil Karakterisasi <i>X-Ray Fluorescence</i> .....	41
4.2	Hasil Karakterisasi Pengujian Radiografi .....	44
4.2.1	Pembahasan dan Analisis Pengujian Radiografi Jenis Elektroda Lokal.....	46
4.2.2	Pembahasan dan Analisis Pengujian Radiografi Jenis Elektroda Impor .....	50
4.3	Hasil Karakterisasi Pengujian Impak .....	53
4.4.1	Pembahasan dan Analisis Pengujian Impak Elektroda Lokal	56
4.4.2	Pembahasan dan Analisis Pengujian Impak Elektroda Impor	58
4.4	Hasil Karakterisasi Pengujian <i>Bending</i> .....	59
4.4.1	Pembahasan dan Analisis Pengujian <i>Bending</i> Elektroda Lokal .....	60
4.4.2	Pembahasan dan Analisis Pengujian <i>Bending</i> Elektroda Impor.....	61
4.5	Hasil Karakterisasi Pengujian Tarik .....	62
4.5.1	Pembahasan dan Analisis Pengujian Tarik Elektroda Lokal	62
4.5.2	Pembahasan dan Analisis Pengujian Tarik Elektroda Impor	64
4.6	Hasil Karakterisasi Pengujian <i>Optical Microscope</i> .....	65
4.6.1	Pembahasan dan Analisis Pengujian <i>Optical Microscope</i> Jenis Elektroda Lokal.....	66
4.6.2	Pembahasan dan Analisis Pengujian <i>Optical Microscope</i> Jenis Elektroda Impor .....	70

### **BAB III KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1	Kesimpulan .....	74
5.2	Saran.....	75

<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>77</b>
<b>LAMPIRAN A LEMBAR PERHITUNGAN .....</b>	<b>84</b>
<b>LAMPIRAN B HASIL PENELITIAN.....</b>	<b>91</b>
<b>LAMPIRAN C ALAT DAN BAHAN PENELITIAN.....</b>	<b>102</b>

## DAFTAR GAMBAR

Nomor	Judul Gambar	Halaman
2.1	Baja Konstruksi	5
2.2	Bentuk Sambungan <i>Lap Joint</i>	13
2.3	Bentuk Sambungan <i>Butt Joint</i>	14
2.4	Bentuk Sambungan Sudut Pengelasan	14
2.5	Posisi <i>Flat Welding</i>	15
2.6	Posisi <i>Horizontal Welding</i>	15
2.7	Posisi <i>Vertical Welding</i>	16
2.8	Skema Pengelasan	16
2.9	Daerah Pengelasan Baja ASTM A36	17
2.10	Diagram CCT	22
2.11	Skematik Pengujian XRF	23
2.12	Skema Pengujian Radiografi	24
2.13	Mesin Uji Tarik ( <i>Universal Testing Machine</i> )	25
2.14	Uji Impak Charpy	27
2.15	Uji Impak Izod	27
2.16	Skema Pengujian Tekuk	29
2.17	Jenis <i>Transversal Bending</i>	30
2.18	Jenis <i>Longitudinal Bending</i>	31
3.1	Diagram Alir Penelitian	32
3.2	Sketsa Pemotongan Sampel	35
3.3	Sudut dan Ukuran Benda Uji Las	35
4.1	Hasil Pengujian Radiografi Elektroda Lokal (a) 120 A, (b) 155 A, (c) 190 A	47
4.2	Hasil Pengujian Radiografi Elektroda Lokal (a) 120 A, (b) 155 A, (c) 190 A	50
4.3	Grafik pengaruh suhu terhadap energi pada elektroda lokal	56

4.4	Grafik pengaruh suhu terhadap energi pada elektroda impor	58
4.5	Grafik Uji Tarik Kuat Arus Terhadap Tegangan Pada Elektroda Lokal	62
4.6	Grafik Uji Tarik Kuat Arus Terhadap Tegangan Pada Elektroda Lokal	64
4.7	Gambar Hasil Pengujian Metalografi Pada Elektroda Lokal 120 Ampere (a) Daerah BM (b) Daerah HAZ (c) Daerah WM	66
4.8	Gambar Hasil Pengujian Metalografi Pada Elektroda Lokal 155 Ampere (a) Daerah BM (b) Daerah HAZ (c) Daerah WM	67
4.9	Gambar Hasil Pengujian Metalografi Pada Elektroda Lokal 190 Ampere (a) Daerah BM (b) Daerah HAZ (c) Daerah WM	68
4.10	Gambar Hasil Pengujian Metalografi Pada Elektroda Impor 120 Ampere (a) Daerah BM (b) Daerah HAZ (c) Daerah WM	70
4.11	Gambar Hasil Pengujian Metalografi Pada Elektroda Impor 155 Ampere (a) Daerah BM (b) Daerah HAZ (c) Daerah WM	71
4.12	Gambar Hasil Pengujian Metalografi Pada Elektroda Impor 190 Ampere (a) Daerah BM (b) Daerah HAZ (c) Daerah WM	70
B.1	<i>Run Sheet Welding</i> Elektroda Lokal 120 Ampere	92
B.2	<i>Run Sheet Welding</i> Elektroda Lokal 155 Ampere	93
B.3	<i>Run Sheet Welding</i> Elektroda Lokal 190 Ampere	94
B.4	<i>Run Sheet Welding</i> Elektroda Impor 120 Ampere	95
B.5	<i>Run Sheet Welding</i> Elektroda Impor 155 Ampere	96
B.6	<i>Run Sheet Welding</i> Elektroda Impor 190 Ampere	97
B.7	Data Pengujian Impak	98
B.8	Laporan Hasil Uji Tertulis BRIN	98

B.9	Laporan Hasil Uji Statis BRIN	99
B.10	Hasil Karakterisasi Uji Tarik Elektroda Lokal	100
B.11	Hasil Karakterisasi Uji Tarik Elektroda Impor	100
B.12	Hasil Pengujian <i>Bending</i> Tertulis BRIN	100
B.13	Hasil Karakterisasi <i>Bending</i> Elektroda Lokal	101
B.14	Hasil Karakterisasi <i>Bending</i> Elektroda Impor	101
C.1	Alat Uji XRF	103
C.2	Alat Uji <i>Bending</i>	103
C.3	Alat Uji <i>Impact</i>	103
C.4	Alat Uji OM	103
C.5	Alat Uji Tarik	103
C.6	Mesin Las SMAW	103
C.7	Tang Ampere	103
C.8	Mesin Gerindra	103
C.9	Palu	104
C.10	Mesin Las <i>Cutting</i>	104
C.11	Welding Gauge	104
C.12	Meja Las	104
C.13	Sarung Tangan	104
C.14	Kacamata Las	104
C.15	Apron Las	104
C.16	Kertas Amplas	104
C.17	Pelat ASTM A36	105
C.18	Elektroda Lokal	105
C.19	Elektroda Impor	105
C.20	Pasta Alumina	105

## DAFTAR TABEL

Nomor	Judul Tabel	Halaman
2.1	Komposisi Kimia Baja ASTM A36	8
2.2	Komposisi Elektroda E-7016	21
2.3	Komparasi Uji Impak Charpy vs Izod	28
4.1	Spesifikasi Pengelasan	41
4.2	Tabel Senyawa XRF Elektroda Lokal	42
4.3	Tabel Senyaw XRF Elektroda Impor	43
4.4	Data Jumlah Cacat pada Elektroda Lokal 120 Ampere	47
4.5	Data Jumlah Cacat pada Elektroda Impor 155 Ampere	47
4.6	Data Jumlah Cacat pada Elektroda Impor 190 Ampere	48
4.7	Data Jumlah Cacat pada Elektroda Impor 120 Ampere	51
4.8	Data Jumlah Cacat pada Elektroda Impor 155 Ampere	51
4.9	Data Jumlah Cacat pada Elektroda Impor 190 Ampere	52
4.10	Data Pengaruh Suhu Terhadap Energi pada Elektroda Lokal	57
4.11	Data Pengaruh Suhu Terhadap Energi pada Elektroda Impor	59
4.12	Hasil dari Karakterisasi <i>Bending</i> Elektroda Lokal	62
4.13	Hasil dari Karakterisasi <i>Bending</i> Elektroda Impor	63
4.14	Hasil dari Karakterisasi Uji Tarik Elektroda Lokal	64
4.15	Hasil dari Karakterisasi Uji Tarik Elektroda Impor	66

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Industri manufaktur sangatlah berkembang pesat seiring berjalannya waktu, sehingga banyak perusahaan konstruksi yang banyak membuat sesuatu untuk pembangunan negeri. Untuk membuat produk konstruksi yang berkualitas maka proses fabrikasi sangatlah diperhatikan. Salah satu yang harus diperhatikan adalah bahan yang digunakan harus terbukti asli sertifikatnya. Karena beberapa bahan yang dipesan mempunyai *mild* sertifikat yang tidak asli. Hal ini ditandai dengan pemakaian suatu produk hasil proses fabrikasi yang tidak cukup lama. Oleh karena itu diperlukan pengujian sesuai standard yang ada untuk mengetahui kualitas dari setiap material yang ingin digunakan. Standard yang biasa digunakan adalah ASTM (*American Society for Testing and Material*) , SNI (Standar Nasional Indonesia), ISO (*International Standardization Organization*), API (*American Petroleum Institute*), ASME (*American Society of Mechanical Engineers*) dan masih banyak lagi.

Pada proses fabrikasi yang dijelaskan di atas, penelitian ini tertuju pada proses sambungan logam yaitu pengelasan. Pengelasan ini mempunyai banyak jenisnya sesuai dengan prinsip kerja dan hasil sambungannya, contohnya pengelasan metalurgi, pengelasan mekanik dan pengelasan kimiawi. Pengelasan yang digunakan pada penelitian ini adalah pengelasan metalurgi dengan jenis las busur yaitu SMAW. Jenis ini paling banyak dipakai dimana-mana untuk hampir semua keperluan pekerjaan pengelasan. Tegangan yang dipakai bisa variatif atau



tergantung keperluan sedangkan untuk pencairan pengelasan dibutuhkan arus hingga 500 Ampere. Namun secara umum yang dipakai berkisar 80 – 200 Ampere. Selain itu pengelasan SMAW ini menggunakan jenis arus AC atau DC.

Pada pasar industri manufaktur masih banyak ditemukan elektroda yang masih di bawah standard pengelasan. Oleh karena itu elektroda ini harus mengalami beberapa pengujian sehingga kesesuaian standard pada elektrodanya bisa memenuhi syarat ataupun diakui. Elektroda yang digunakan pada proses pengelasan untuk penelitian ini dibuat dari jenis elektroda dengan merk yang berbeda yaitu elektroda lokal yang dapat ditemui pada penelitian ini yaitu E480-16 lokal dan elektroda impor E7016 yang memiliki spesifikasi yang hampir sama dengan elektroda lokal. Elektroda ini biasanya digunakan sebagai bahan dasar suatu produk misalnya kendaraan, konstruksi bangunan, pipa, tangki minyak dan lain-lain. Hal ini karena baja mempunyai sifat yang mudah dibentuk. Hampir semua produk yang dihasilkan memerlukan proses penyambungan logam dengan proses pengelasan maka dari itu teknologi pengelasan sangat berperan untuk memperoleh kekuatan sambungan las yang optimal.

Berdasarkan penjelasan yang sudah dibahas, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fluks elektroda yang digunakan dalam proses pengelasan terhadap sifat mekanis, struktur mikro dan cacat logam yang dilas. Untuk dapat mengetahuinya, maka dilakukan pengujian NDT (*Non Destructive Test*) dan DT (*Destructive Test*), yang dilakukan pada baja karbon rendah dengan Standar Nasional Indonesia (SNI) 07-0049-1987 elektroda las terbungkus baja karbon rendah, mutu dan cara uji dari hasil pengelasan dua jenis elektroda yang berbeda

merk. Pengaruh hasil penelitian yang dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari komposisi fluks sifat mekanik dan struktur mikro pada jenis elektroda lokal dan impor yang akan diteliti apakah sudah memenuhi kriteria sesuai dengan standar SNI 07-0049-1987. Hipotesis dari penelitian ini adalah karakteristik dari komposisi unsur pada fluks elektroda lokal dan impor yang akan mempengaruhi hasil sambungan las dimana cacat pengelasan, hasil dari kekuatan mekanik dan struktur mikro pada sambungan las dijadikan dilakukan.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah dirumuskan, didapat rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh fluks serta variasi arus terhadap jenis dan kuantitas dari cacat pengelasan sesuai standard kriteria SNI 07-0049-1987 dengan pengelasan SMAW.
2. Bagaimana pengaruh fluks serta variasi arus terhadap sifat mekanik sambungan las yang meliputi kekuatan tarik, impak dan *bending* pada perbandingan elektroda las dengan metode pengelasan SMAW.
3. Bagaimana pengaruh fluks serta variasi arus terhadap struktur mikro dengan pengelasan SMAW.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian secara umum adalah untuk mengetahui perbandingan elektroda lokal dan elektroda impor pada hasil las dan sifat mekanik menggunakan metode pengelasan SMAW. Tujuan khusus yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh fluks serta variasi arus terhadap jenis dan kuantitas dari cacat pengelasan sesuai standard kriteria SNI 07-0049-1987 dengan pengelasan SMAW.
2. Mengetahui pengaruh fluks serta variasi arus terhadap sifat mekanik sambungan las yang meliputi kekuatan tarik, impak dan *bending* pada perbandingan elektroda las dengan metode pengelasan SMAW.
3. Mengetahui pengaruh fluks serta variasi arus terhadap struktur mikro dengan pengelasan SMAW.

#### **1.4 Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup pada penelitian ini adalah:

1. Penelitian ini dilakukan di BBPVP Serang dan dilanjutkan di Laboratorium Kekuatan Teknologi Struktur BRIN Serpong.
2. Bahan yang digunakan yaitu baja karbon ASTM A36 dengan ketebalan bahan 10 mm.
3. Spesimen yang digunakan akan dipotong untuk dilakukan karakterisasi
4. Pengelasan ini menggunakan jenis pengelasan SMAW dengan menggunakan elektroda lokal dan impor.
5. Jenis sambungan yang digunakan yaitu sambungan V *butt joint* dengan variasi sudut 60°.
6. Pengelasan yang dilakukan pada posisi 3G (*Up-Hill*)

#### **1.5 Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan skripsi ini terdiri atas lima bab. Bab I menjelaskan tentang latar belakang adanya penelitian mengenai pengelasan SMAW, rumusan

masalah merupakan dasar penelitian ini, tujuan penelitian, ruang lingkup penelitian, hipotesis dan sistematika penulisan. Bab II menjelaskan tentang teori mengenai, Pengelasan, Pengelasan SMAW, Baja ASTM A 36, Elektroda lokal dan impor, macam-macam sambungan las dan juga karakterisasi yang digunakan pada penelitian ini juga dibahas pada bab II. Karakterisasi yang digunakan adalah XRF, Uji Radiografi, Uji Impak, Uji *Bending*, Uji Tarik dan Uji OM. Bab III berisi metodologi penelitian yang akan menjelaskan mengenai diagram alir penelitian, alat serta bahan yang digunakan saat penelitian, serta prosedur saat melakukan penelitian. Bab IV berisi tentang hasil dan pembahasan dari data kuantitatif yang didapatkan berdasarkan pengujian yang telah dilakukan. Bab V berisi tentang kesimpulan dari penelitian dan saran yang dapat dilakukan untuk penelitian selanjutnya. Selanjutnya ada lampiran dimana lampiran A berisi tentang lembar perhitungan, lampiran B berisi tentang lampiran hasil pengujian dan lampiran C berisi tentang gambar alat.

## DAFTAR PUSTAKA

- Acarer, M., Gülenç, B., & Findik, F. (2003). Investigation Of Explosive Welding Parameters And Their Effects On Microhardness And Shear Strength. *Materials And Design*, 24(8), 659–664. [https://doi.org/10.1016/S0261-3069\(03\)00066-9](https://doi.org/10.1016/S0261-3069(03)00066-9)
- Affi, J., & Gunawarman. (2007). Pengaruh Lapisan Oksida Tambahan pada Elektroda E 6013 terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro Lasan Baja Karbon Rendah. *TeknikA*, 1(28), 13–20.
- Allen, L. (1995). *The Effect of Varying the MnO content of the Flux Used For The Submerged ARC Welding of Navy HY-100 Steel*.
- American Society For Testing And Materials (ASTM) . (2005). ASTM: A 36/A 36m-05 Standard Specification For Carbon Structural Steel. *ASTM A36*, 1–4. [Www.Astm.Org](http://www.astm.org),
- ASTM International, 2003. *ASM Handbook : Welding And Brazing*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc..
- ASTM, 2005. *Standard Specification For Carbon Structural Steel – A36*. Pennsylvania: Astm International.
- AWS A5.1, 2012. Aws A5.1/ A5.1:2012 An American National Standard. In: 8667 Doral Blvd & F. 3. Doral, Eds. *Spesification For Carbon Steel Electrode For Shielded Metal Arc Welding*. Amerika: American Welding Society, P. 16.
- AWS, D. 1.1 (1981). Structural Welding Code - Steel. In *American National*

*Standards Institute, Standards.*

Azdkar, M. S., Pratikno, H., & Titah, H. S. (2019). Analisis Pengelasan Smaw Pada Baja Astm A36 Dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Dan Ketahanan Biokorosi Di Lingkungan Laut. *Jurnal Teknik Its*, 7(2).  
<https://doi.org/10.12962/J23373539.V7i2.32118>

Azwinur & Muhazir, 2019. Pengaruh Jenis Elektroda Pengelasan Smaw Terhadap Sifat Mekanik Material Ss400. *Jurnal Polimesin*, Pp. Volume 17, Nomor 1.

Boumerzoug, Z., Derfouf, C., & Baudin, T. (2010). Effect Of Welding On Microstructure And Mechanical Properties Of An Industrial Low Carbon Steel. *Engineering*, 02(07), 502–506.  
<https://doi.org/10.4236/Eng.2010.27066>

Caballero, F. G., 2022. *Encyclopedia Of Material : Metals And Alloys*. Madrid: Elsevier.

Callister Jr, W. D., & Rethwisch, D. G. (2018). Characteristics, Application, and Processing of Polymers. In *Materials Science and Engineering - An Introduction*.

Detech, 2020. *Bending Test : Pengertian, Jenis, Prosedur Dan Acceptance*. [Online] Available At: <https://www.detech.co.id/bending-test/> [Accessed 8 Desember 2022].

Dmitry Mishchenkoigor, Goncharovigor Goncharov, V. S. Sudavtsova, & Volodimir Galinich. (2019). *Methods Of Control Of Silicon Oxide Activity In Slagmelts*.  
[https://www.researchgate.net/publication/330385219\\_Methods\\_of\\_Control\\_of\\_Silicon\\_Oxide\\_Activity\\_In\\_Slag\\_Melts#fulltextfilecontent](https://www.researchgate.net/publication/330385219_Methods_of_Control_of_Silicon_Oxide_Activity_In_Slag_Melts#fulltextfilecontent).

- T. S. C. (N.D.). *Exhibit 151 Part 1 Astm A36 : Standard Specification For Carbon Structural Steel*. 1–187.
- Gandy, D. (2007). Carbon Steel Handbook. *Carbon*, 3(3), 172.
- Grubb, D. T. (2012). 2.17 - Optical Microscopy. In *Polymer Science: A Comprehensive Reference: Volume 1-10* (Vols. 1–10). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-53349-4.00035-2>
- Hashimi, S., 2014. Welding Processes And Technologies. In: *Comprehensive Material Processing*. New York: Elsevier, Inc, Pp. 3-48.
- Khurmi, R., 2005. *A Textbook Of Machine Design*. New Delhi: Schand.Kou, S., 2003. *Welding Metallurgy*. New Jersey: Wiley.
- Kumar, V., Chhibber, R., & Mahajan, S. (2023). Investigations on wetting and structural behavior using CaF<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub>-CaO-22.5%TiO<sub>2</sub> SMAW electrode coating for AUSC applications. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L: Journal of Materials: Design and Applications*, 237(8), 1861–1873. <https://doi.org/10.1177/14644207231159833>
- Llewellyn, D., 1992. *Metallurgy And Application*. S.L.:Elsevier Ltd..
- Li, H., Liu, S., Ma, Q., Wang, P., Liu, D., & Zhu, Q. (2021). Investigation of Process Stability and Weld Quality of Underwater Wet Flux-Cored Arc Welding of Low-Alloy High-Strength Steel with Oxy-Rutile Wire. *Polish Maritime Research*, 28(3), 100–109. <https://doi.org/10.2478/pomr-2021-0037>
- Mahajan, S., & Chhibber, R. (2019). Design And Development Of Cao–Sio<sub>2</sub>–Caf<sub>2</sub> And Cao–Sio<sub>2</sub>–Al<sub>2</sub>o<sub>3</sub> Based Electrode Coatings To Weld Low Alloy Ferritic

Steels For Power Plant Applications. *Ceramics International*, 45(18), 24154–24167. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.08.124>

Mansjur, Z., Sumual, H. M., & Tamba, I. P. (2019). The effect of groove welding on mechanical properties and microstructure of wear resistance steel pelate by Submerged Arc Welding. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 694(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/694/1/012027>

Mapossa, J. B. (2018). IDENTIFIKASI KANDUNGAN UNSUR LOGAM MENGGUNAKAN XRF DAN OES SEBAGAI PENENTU TINGKAT KEKERASAN BAJA PADUAN. In *New England Journal of Medicine* (Vol. 372, Issue 2). <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/7556065><http://www.pubmedcentral.nih.gov/articlerender.fcgi?artid=PMC394507><http://dx.doi.org/10.1016/j.humphath.2017.05.005><https://doi.org/10.1007/s00401-018-1825-z><http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27157931>

Mahieux, C. A., 2006. Flexural Testing. In: *Environmental Degradation Of Industrial Composites*. Paris: Elsevier Etd..

Moalli, J., 2001. *Plastic Failure Analysis And Prevention*. New York: William Andrew.

Nata, O. D., Hidayat, M., & Rohman, S. A. (2021). Analisis Kekuatan Uji *Bending* Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Material Ss400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik. *Hexagon Jurnal Teknik Dan Sains*, 2(1), 12–15. <https://doi.org/10.36761/Hexagon.V2i1.871>



- Nata, O. D., Hidayat, M., & Rohman, S. A. (2021). Analisis Kekuatan Uji *Bending* Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (Smaw) Material Ss400 Menggunakan Kawat Las E6013 Berbagai Variasi Arus Listrik. *Hexagon Jurnal Teknik Dan Sains*, 2(1), 12–15. <https://doi.org/10.36761/hexagon.v2i1.871>
- Paniagua-Mercado, A. M., Lopez-Hirata, V. M., Dorantes-Rosales, H. J., Estrada Diaz, P., & Diaz Valdez, E. (2009). Effect of TiO<sub>2</sub>-containing fluxes on the mechanical properties and microstructure in submerged-arc weld steels. *Materials Characterization*, 60(1), 36–39. <https://doi.org/10.1016/j.matchar.2008.06.003>
- Preedawiphat, P., Mahayotsanun, N., Sa-ngoan, K., Noipitak, M., Tuengsook, P., Sucharitpwatskul, S., & Dohda, K. (2020). Mechanical investigations of astm a36 welded steels with stainless steel cladding. *Coatings*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/coatings10090844>
- Rajeswari, V. B., Paramashivan, S. S., Mohan, S., Albert, S. K., & Rahul, M. (2020). Effect of substituting fine rutile of the flux with nano TiO<sub>2</sub> on the improvement of mass transfer efficiency and the reduction of welding fumes in the stainless steel SMAW electrode. *High Temperature Materials and Processes*, 39(2020), 117–123. <https://doi.org/10.1515/htmp-2020-0030>
- Preedawiphat, P., Mahayotsanun, N., Sa-Ngoan, K., Noipitak, M., Tuengsook, P., Sucharitpwatskul, S., & Dohda, K. (2020). Mechanical Investigations Of Astm A36 Welded Steels With Stainless Steel Cladding. *Coatings*, 10(9). <https://doi.org/10.3390/Coatings10090844>

- Restu, E. W., 2016. Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Jenis Kampuh Las Terhadap Kekerasan Dan Struktur Makro Terhadap Pengelasan Aisi Stainless Steel 304. *Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya*, 1(1), Pp. 55-69.
- Rusjdi, H., Pramono, A. W. & Faathir, W. B., 2016. Pengaruh Perlakuan Panas Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro Pada Baja Aisi 4340. *Jurnal Power Plant*, Vol. 4, No. 2, Senin Mei, 4(Issn : 2356-1513), Pp. Issn : 2356-1513.
- Rusnaldy, R., & Maulana, M. E. (2017). Pengujian Mampu Las Baja Karbon Astm A36 Dengan Proses Las Busur Listrik. *Rotasi*, 19(4), 226. <https://doi.org/10.14710/Rotasi.19.4.226-230>
- Santoso, T. B., Solichin & Hutomo, P. T., 2015. Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016. *Jurnal Teknik Mesin*, Tahun 23, No. 1, April, Pp. 56-64.
- Singh, V. K., Jaswal, B. S., Sharma, J., & Rai, P. K. (2020). Analysis Of Stones Formed In The Human Gall Bladder And Kidney Using Advanced Spectroscopic Techniques. *Biophysical Reviews*, 12(3), 647–668. <https://doi.org/10.1007/s12551-020-00697-2>
- Shahab, A. (2010). Kekasaran dan Morfologi Hasil Pengelasan TIG Baja Tahan Karat 316 dengan Kadar Sulfur Berbeda. *Jurnal Teknik Mesin*, 12(1), 27–34. <https://doi.org/10.9744/jtm.12.1.27-34>
- Singh, V. K., Jaswal, B. S., Sharma, J., & Rai, P. K. (2020). Analysis of stones formed in the human gall bladder and kidney using advanced spectroscopic techniques. *Biophysical Reviews*, 12(3), 647–668. <https://doi.org/10.1007/s12551-020-00697-2>
- Sulistiyo, W., Perkasa, M., Irawadi, Y., Fitriyana, B., & Sumarsono, D. A. (2019).

Konsep Keterbaruan Desain Alat Uji Berat Kereta Portabel. *Piston: Journal of Technical Engineering*, 2(2), 16–23.  
<https://doi.org/10.32493/pjte.v2i2.3609>

Swain, J., Widom, A., & Srivastava, Y. N. (2014). Asymptotic High Energy Total Cross Sections and Theories with Extra Dimensions. *Science*, 6.

Wang, H., Qin, R., & He, G. (2016). SiO<sub>2</sub> and CaF<sub>2</sub> Behavior During Shielded Metal Arc Welding and Their Effect on Slag Detachability of the CaO-CaF<sub>2</sub>-SiO<sub>2</sub> Type ENiCrFe-7-Covered Electrode. *Metallurgical and Materials Transactions A: Physical Metallurgy and Materials Science*, 47(9), 4530–4542. <https://doi.org/10.1007/s11661-016-3629-x>

Wardani, C. U., 2019. Analisis Pengujian Impak Metoda Izod Dan Charpy Menggunakan Benda Uji Aluminium Dan Baja St37. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Majalengka*.

Weman, K., 2012. *Welding Processes Handbook*. London: Elsevier, Inc.

Wirjosumarto, H., 2000. Teknologi Pengelasan Logam. *Corresponden Inspektur Pt. Pradnya Paramita*.