

# **KETAHANAN BAJA ASTM A36 TERHADAP PENGUJIAN TARIK DAN BENDING DENGAN PROSES PENGELASAN SMAW DAN METALOGRAFI**

**Aditya Faza Al Faridzi<sup>1\*</sup>, Ponidi<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya  
Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya  
Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

\*email : [corresponding\\_adityafazaalfaridzi@gmail.com](mailto:corresponding_adityafazaalfaridzi@gmail.com)

(Received: 25-03-2024; Reviewed: 10-06-2024; Accepted: 13-08-2024)

## **Abstrak**

Pada proses pengelasan, bagian-bagian yang akan dilas menerima panas lokal, terjadi pemuaihan termal, meskipun bagian-bagian yang dingin tidak mengalami perubahan, hal ini menyebabkan tegangan struktur dan dapat terjadi perubahan struktur. Oleh karena itu, pemilihan jenis elektroda secara signifikan mempengaruhi tegangan tarik dan tekuk serta perubahan kandungan struktural. Berdasarkan analisa yang dilakukan, elektroda tipe E6013 dengan nilai tegangan tarik terendah yaitu 455,8707 N/mm<sup>2</sup>. Sedangkan tegangan tarik rata-rata tertinggi pada elektroda tipe E7016 mencapai nilai tarik sebesar 561,47535 N/mm<sup>2</sup>. Nilai Tegangan Tekuk tertinggi sebesar 162,95 (N/mm<sup>2</sup>) untuk elektroda E7016 dan 155,85 (N/mm<sup>2</sup>) untuk elektroda E6013, pada unsur mikrostruktur E6013 kandungan karbon C sebesar 6,92% dan pada sampel E7016 kandungan unsur karbon C sebesar 3,61%. Kandungan hidrogen yang rendah sangat mencegah terjadinya oksidasi pada saat pengelasan, karena ketika baja mempunyai kandungan oksigen yang tinggi maka tegangan tarik dan luluh pada saat bergerak pada saat pengelasan akan berkurang.

**Kata Kunci** : Elektroda, Uji Tarik, Uji Bending, Struktur Mikro, Cacat Las.

## **1. PENDAHULUAN**

Kemajuan ilmu pengetahuan dan inovasi (IPTEK) yang semakin pesat telah memberikan dampak pada berbagai bidang kehidupan, mulai dari kehidupan sosial, finansial, politik, dan pendidikan. Masa globalisasi yang melanda dunia, termasuk Indonesia, menuntut seseorang untuk mempunyai kemampuan dalam mengantisipasi dan mengharapkan adanya keterbukaan yang ada dan akan terjadi di masa depan. (Baehaki, 2009).

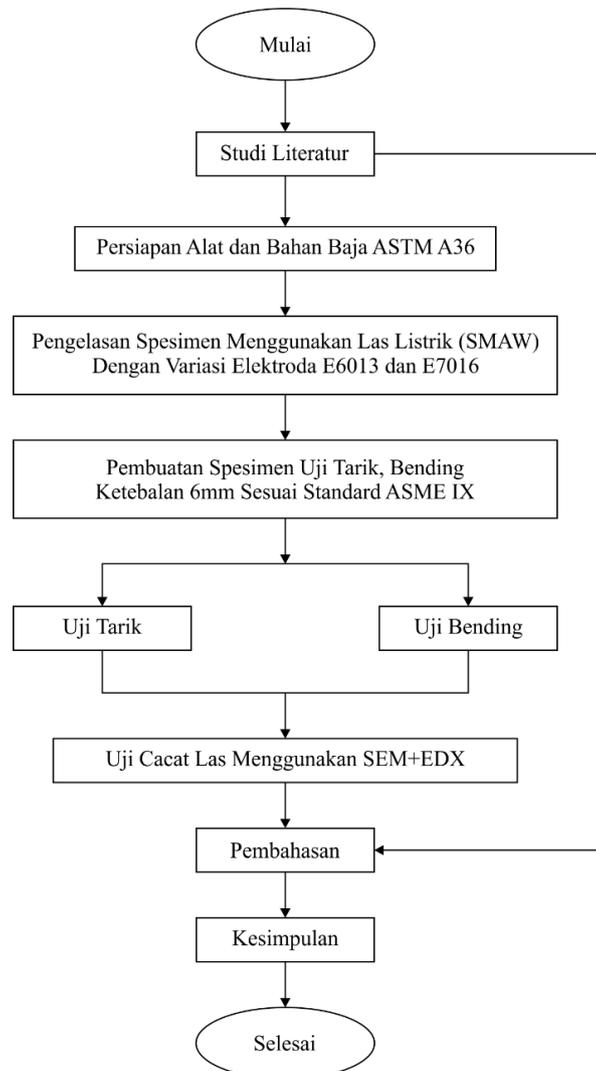
Pengelasan adalah metode penyambungan material yang biasa digunakan dalam konstruksi dan aplikasi mekanis. Parameter pengelasan harus diketahui karena mempengaruhi sifat mekanik kain yang terjadi setelah penyambungan. Dalam penelitian ini strategi pengelasan yang digunakan adalah protected metal bending weld (SMAW). Dalam pengelasan SMAW, fluks digunakan sebagai pelindung logam. Penyusunan contoh pengujian dilakukan dengan cara mengelas sudut/sweep sudut dan pembuatannya 60<sup>0</sup> (VA Setyowati, 2016). Secara umum proses pembuatannya melibatkan suatu proses pengelasan seperti salah satu jenis las Shielded Metal Arc Welding (SMAW) (Widodo, 2016). Proses pengelasan yang merupakan bagian yang diperlukan didalam industri manufaktur, karena proses pengelasan sendiri harus dilakukan dengan logam dan logam pengisi. Tujuan dari kekuatan sambungan las adalah untuk mengetahui seberapa kuat sambungan logam saat dilas. Hal ini sangat

penting karena terdapat resiko jika terjadi cacat pada antarmuka las dapat mengakibatkan kesalahan konstruksi pada bangunan pabrik. Suatu material Baja ini merupakan gabungan besi berupa Fe dan karbon berupa C, dan kandungan karbon baja bisa 2%. Selain kedua unsur tersebut, baja juga mengandung beberapa unsur pendukung seperti mangan (mn), fosfor (p), sulfur (s) dan silikon (si), selain unsur Ni atau nikel, Cr disebut kromium, W disebut tungsten, dan lain-lain bila sesuai. Kekuatan tarik baja yang tinggi bisa dikatakan 40-200 kg/mm<sup>2</sup>. Kandungan baja ini mempunyai sifat yang berbeda-beda, kekuatan dan sifat baja yang dapat diubah, seperti pengendalian kandungan karbon dan komposisi kimianya. Dapat disimpulkan bahwa lebih tinggi unsur kandungan pada baja karbon maka kekuatan dan kekerasan baja tersebut semakin besar, sedangkan durabilitasnya semakin menurun.

Maka hal ini menjadikan penelitian ini yaitu Ketahanan Baja Astm A36 Terhadap Pengujian Tarik Dan Bending Dengan Proses Pengelasan Smaw Dan Metalografi. Adapun fungsi dari adanya pemberian variasi elektroda terhadap baja dengan melakukan pengelasan yaitu untuk mengetahui Tegangan Tarik, bending dan cacat las dengan metode pengelasan SMAW.

## 2. METODOLOGI

Penulis menggunakan metode penelitian yang Dimana peneliti akan menguji sebuah material dengan variasi yang berbeda. Dan mengetahui pengaruh dari suatu material Ketika dilakukan suatu proses pengelasan SMAW. Berikut alir diagram penelitian :



Gambar 2.1 Diagram Alir (doc.pribadi)

Prosedur penelitian yang dilakukan dalam pekerjaan ini adalah sebagai berikut:

1. Persiapan material lembaran yang digunakan sebagai benda uji baja ASTM A36

2. Pemotongan material yang digunakan sebagai benda uji dengan mesin potong gerinda tangan.
3. Pembuatan Kampuh V 60° pada benda uji dengan penggerindaan tangan.
4. Mesin las Nikko Steel E6013 dan Kobelco E7016 dan persiapan kawat las.
5. Pemotongan material menjadi beberapa bagian, berjumlah 8 benda uji lentur dan 4 benda uji tarik untuk benda uji tebal 6 mm berdasarkan Standar ASME BPVC Part IX Gambar 3.7 QW-451.1. Buat profil benda uji untuk bentuk dan ukuran sesuai dengan Gambar 2.11 QW-462.1(a) dan Gambar 2.13 QW-462.3(a) dari ASME BPVC Section IX.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Sebelum melakukan proses pengelasan, bagian pengelasan yaitu: Baja ASTM A36, dibuat dengan Kampuh V terbuka 2 mm pada pelat panjang 450 x 250 mm.



**Gambar 3. 1** Pembuatan Kampuh V (doc.pribadi)

Pengelasan menggunakan elektroda E6013 dan E7016 dengan baja ASTM A36. Pengelasan 1 kali berupa face. Kecepatan lasan face 3,58 mm/s dengan ampere 95 A. dengan metode SMAW.



**Gambar 3. 2** Hasil Pengelasan. (doc.pribadi)

Potong sampel dengan gerinda tangan bevel cutter, potongan 30 mm untuk Spesimen Uji Bending 30 mm dan 30 mm untuk uji Tarik. Spesimen dengan ketebalan 6 mm di potong menjadi beberapa bagian. Sebanyak 12 benda uji yang digunakan berupa 8 Spesimen uji Bending dan 4 Spesimen uji Tarik yang sesuai seperti terlihat pada Gambar 3.8 Tabel Standar ASME BPVC Section IX QW-451.1.



**Gambar 3. 3** Hasil Pemotongan Spesimen (doc.pribadi)

Pembuatan profil uji tarik dengan gerinda tangan digunakan sebagai sarana untuk menghasilkan benda uji dengan dimensi dan ukuran Spesimen Uji Tarik Standar ASME Section IX QW-462.1 dan Spesimen Uji Bend Test Standar ASME Section IX QW- 462.3. individu Siapkan benda uji yang dihasilkan untuk pengujian kuat tarik dan lentur sesuai bentuk dan ukuran standar ASME IX.



Gambar 3. 4 Spesimen Uji Tarik & Bending (doc.pribadi)

### 3.1 PENGAMBILAN DATA

Jenis Bahan	=	<b>Baja ASTM A36</b>
Tegangan	=	95 Volt
Arus	=	20 Ampere
Tebal Las	=	6 Mm
Panjang Pengelasan	=	30 Mm
Tahanan	=	20 Ohm
Waktu Pengelasan	=	2,43 Detik
Faktor Daya	=	0,8 $\cos \alpha$
Tegangan Geser	=	35,5 $\text{Kg/mm}^2$

#### 3.1.1 Rumus Perhitungan

1. Heat Input (P)

$$P = V.I.\cos \alpha \text{ (W)}$$

Dimana :

V = Tegangan (Volt)

I = Besar Arus (Ampere)

$\cos \alpha$  = Faktor Daya

$$P = 95 \times 20 \times 0,8$$

$$P = 1520 \text{ W}$$

2. Kekuatan Las (Po)

$$Po = 2.h.L.\sigma \text{ (Kg)}$$

Dimana :

h = Tebal Las (mm)

L = Panjang Pengelasan (mm)

$\sigma$  = Tegangan geser ijin ( $\text{Kg/mm}^2$ )

$$Po = 2 \times 6 \times 30 \times 35,5$$

$$Po = 12.780 \text{ Kg}$$

3. Panas yang Timbul (Q)

$$Q = 0,24.I^2.R.T \text{ (Kalori)}$$

Dimana :

R = Tahanan (Ohm)

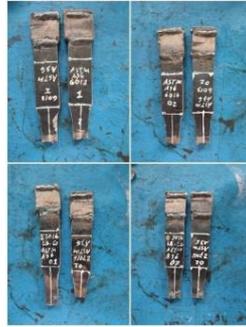
t = Waktu Pengelasan (Detik)

$$Q = 0,24 \times 20^2 \times 20 \times 2,43$$

$$Q = 4665,6 \text{ Kalori}$$

### 3.2 HASIL PENGUJIAN

Bab ini memperkenalkan pengolahan data penelitian, yang diolah sesuai dengan data yang diterima. Data yang ditampilkan meliputi hasil pengujian sampel yang diuji dengan mesin uji lentur dan tarik. Hasil pengujian rata-rata 4 benda uji tarik dan 8 benda uji lentur ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 3. 5 Spesimen Sesudah Uji Tarik. (doc.pribadi)



Gambar 3. 6 Spesimen Sesudah Uji Bending (doc.pribadi)

#### 3.2.1 Uji Tarik

Berikut data dan hasil pengujian Uji Tarik dengan variasi Elektroda E6013 dan E7016 :

**Tabel 3. 1** Data hasil pengujian Tarik dengan variasi elektroda E6013 dan E7016.

Spesimen	Luas Benda Uji (mm)	Tegangan Luluh (Fy)			Tegangan Tarik (Fe)			Tegangan Putus (%)	Rata-Rata (N/mm <sup>2</sup> )
		Kg	Kg/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>	Kg	Kg/mm <sup>2</sup>	N/mm <sup>2</sup>		
ST 1	90	3343,5	37,15	364,44	4182,3	46,47	455,87	57	455,8707
ST 2	90	3249	36,1	354,14	4182,3	46,47	455,87	83	
ST 3	90	3555,9	39,51	387,59	4590	51	500,31	75	561,4753
ST 4	90	4060,8	45,12	442,62	5712,3	63,47	622,64	75	

Keterangan :

ST 1 , 2 = Spesimen Uji tarik ASTM A36 dengan sambungan Eletrode Las E6013

ST 3 , 4 = Spesimen Uji tarik ASTM A36 dengan sambungan Eletrode Las E7016

**Tabel 3. 2** Perbandingan tegangan Tarik dan tegangan luluh dengan hasil uji dan sertifikat pabrikan.

Kategori	Teganga Luluh (Ys) N/mm <sup>2</sup>	Tegangan Tarik (Ts) N/mm <sup>2</sup>
Certificate	292	416
UJI	ST1	364,4415
	ST2	354,141
	ST3	387,5931
	ST4	442,6272

Keterangan :

ST1-ST2 = Spesimen Uji Tarik ASTM A36 dengan sambungan elektroda E6013

ST3-ST4 = Spesimen Uji Tarik ASTM A36 dengan sambungan elektroda E7016

Dari perbandingan di atas diketahui bahwa hasil uji Tarik Baja ASTM A36 dengan sambungan elektroda E6013 dan E7016 memiliki nilai tegangan luluh dan tegangan Tarik melebihi standarisasi yang dikeluarkan oleh sertifikasi pabrikan. Bisa disimpulkan bahwa material yang di uji telah memenuhi standar dari sertifikat dan layak untuk di aplikasikan.

### 3.3 Uji Bending

Berikut data pengujian bending dengan dengan variasi elektroda E6013 dan E7016.

**Tabel 3. 3** Data pengujian bending dengan dengan variasi elektroda E6013 dengan E7016.

Spesimen		Gaya Tekan / Force (N)	Panjang Spesimen ( mm )	Lebar Spesi men (mm)	Tebal Spesi men (mm)	Tegangan Bending (N/mm <sup>2</sup> )	Rata - Rata (N/mm <sup>2</sup> )
E6013	Face 1	11223	80	30	6	124,7	155,85
	Face 2	16317	80	30	6	181,3	
	Root 1	17343	80	30	6	192,7	
	Root 2	16317	80	30	6	181,3	
E7016	Face 1	15300	80	30	6	170	162,95
	Face 2	15570	80	30	6	173	
	Root 1	13257	80	30	6	147,3	
	Root 2	14535	80	30	6	161,5	

Tabel 3.3 menunjukkan data hasil dari pengujian bending dengan dengan variasi elektroda E6013 dengan E7016. Dari hasil uji tegangan bending dengan elektroda E7016 Root bend Spesimen 2 didapatkan nilai tegangan bending sebesar  $\sigma_b = 161,5 \text{ N/mm}^2$ .

Tabel 3.3 menunjukkan nilai kekuatan lentur yang dihitung untuk varian elektroda E6013 dan E7016. Nilai tertinggi dicapai dengan elektroda E7016 dengan nilai rata-rata 162,95 (N/mm<sup>2</sup>) dan terendah dengan elektroda E6013 dengan 155,85 (N/mm<sup>2</sup>).

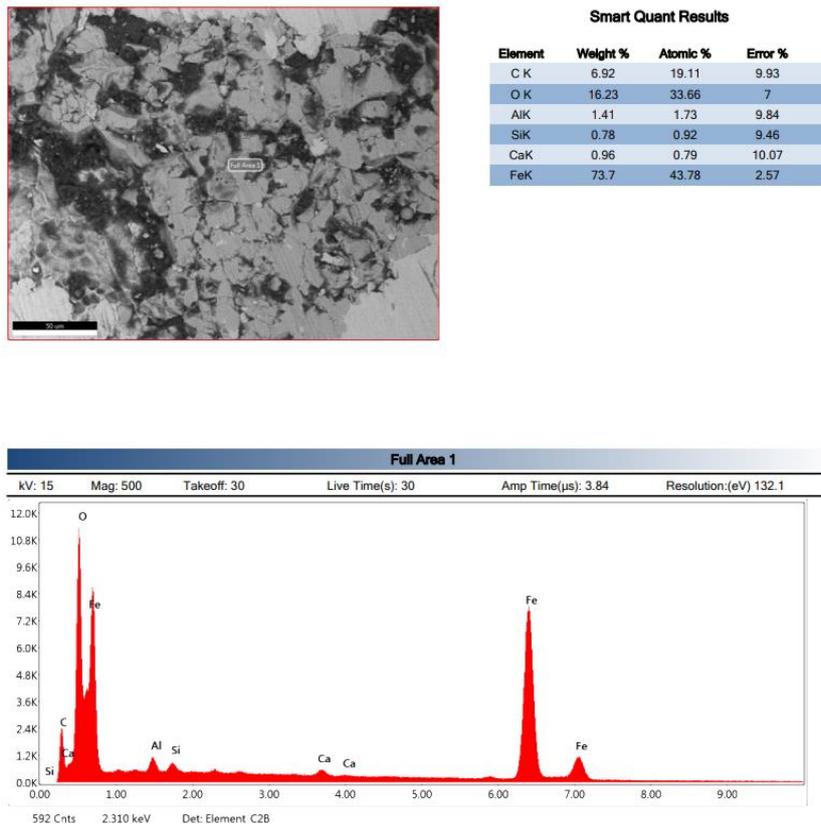
Pengujian bending ini tidak dibandingkan dengan sertifikat dari baja ASTM A36. Karena sertifikat dari pabrikan tidak mengeluarkan standarisasi untuk nilai tegangan Bending. Jadi untuk hasil pengujian bending ini hanya untuk mencari berapa nilai tegangan bending dari pengujian itu sendiri.

### 3.4 Hasil Analisa Metalografi

#### 3.4.1 Hasil Uji SEM-EDX Spesimen E6013

Pada pengujian *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) didapatkan line analysis SEM-EDX seperti pada Gambar 3.7 yang menunjukkan munculnya beberapa unsur penyusun fasa. Untuk data prosentase komposisi fasa , dapat dilihat juga Pada gambar 3.7 menunjukkan adanya unsur C (Carbon) sebesar 6.92% berat dan diikuti unsur O (Oxygen) sebesar 16.23% berat, serta unsur Al (Aluminium) 1.41% berat, unsur Si (Silicon) sebesar 0.78% berat. Unsur Ca (Kalsium) sebesar 0.96% berat, unsur Fe (Besi) sebesar 73.7% berat. Kandungan Fe (Besi) pada fasa lebih besar dari pada unsur lainnya.

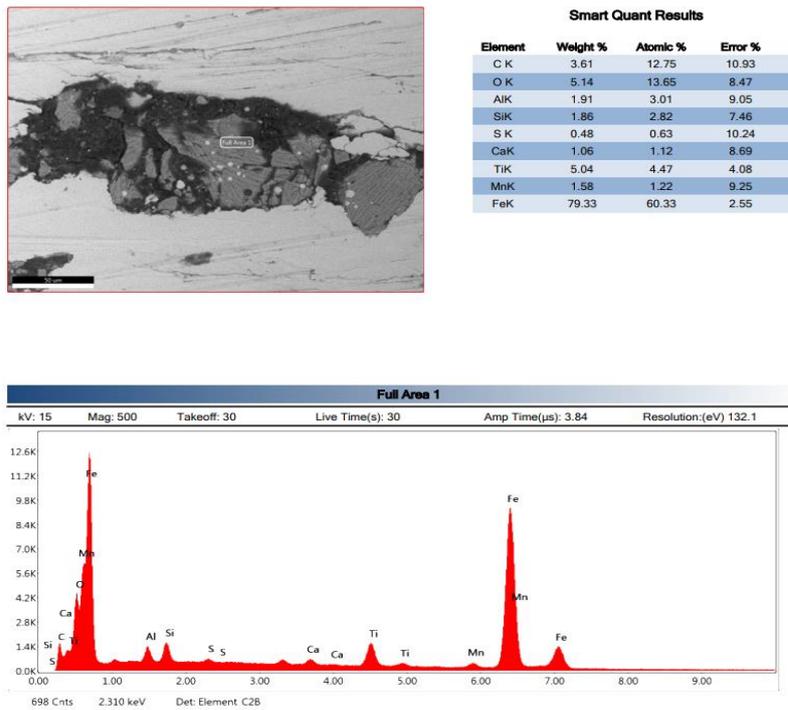
Hasil dari pengujian SEM-EDX dengan spesimen E6013 bisa dilihat pada gambar dibawah ini :



Gambar 3. 7 Hasil Uji SEM-EDX Spesimen E6013

### 3.4.2 Hasil Uji SEM-EDX Spesimen E7016

Hasil dari pengujian SEM-EDX dengan spesimen E7016 bisa dilihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 3. 8 Hasil dari uji SEM-EDX Spesimen E7016

Pada pengujian *Scanning Electron Microscope-Energy Dispersive X-Ray* (SEM-EDX) Spesimen E7016 didapatkan line analysis SEM-EDX seperti pada Gambar 3.8 yang menunjukkan munculnya beberapa unsur penyusun fasa. Untuk data prosentase komposisi fasa, dapat dilihat juga Gambar 3.8 Pada tabel menunjukkan adanya unsur C (Carbon) sebesar 3.61% berat dan diikuti unsur O (Oxygen) sebesar 5.14% berat, serta unsur Al (Aluminium) 1.91% berat, unsur Si (Silicon) sebesar 1.86% berat. Unsur S (Sulfur) sebesar 0.48% berat. Unsur Ca (Kalsium) sebesar 1.06% berat, unsur Ti (Titanium) sebesar 5.04% berat, unsur Mn (Mangan) sebesar 1.58% berat, unsur Fe (Besi) sebesar 79.33% berat. Kandungan Fe (Besi) pada fasa lebih besar dari pada unsur lainnya, yang artinya hampir keseluruhan merupakan unsur Fe (Besi).

### 3.5 Perbandingan Komposisi Elektroda

Dari hasil pengujian unsur kimia yang dilakukan dengan uji SEM-EDX akan dibandingkan dengan unsur kimia yang terkandung di dalam Elektroda E6013 dan E7016. Jika hasil uji melebihi batas maksimal standar yang terkandung didalam elektroda, maka yang akan terjadi adalah Tingkat kekuatan tegangan dan regangan akan menurun. Yang mengakibatkan material menjadi rentan getas.

**Tabel 3. 4** Komposisi Kimia yang terkandung dalam Elektroda E6013 (Yunita Sari, 2019)

Tabel 1. Komposisi Elektroda E6013

Kode Sampel	C (%)	Si (%)	Mn (%)	P (%)	S (%)	Cr (%)	Mo (%)
E60	0,08	0,3	0,5	0,02	0,02	0,03	0,01
	Ni (%)	Al (%)	Cu (%)	Nb (%)	Ti (%)	V (%)	Fe (%)
	0,04	-	-	-	-	0,01	Bal

**Tabel 3. 5** Komposisi Kimia yang terkandung dalam Elektroda E7016 Sumber : (Wijoyo, 2018)

Chemical composition of deposited metal %

E7016	C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V
Standard	≤0.15	≤1.60	≤0.75	≤0.035	≤0.035	≤0.30	≤0.20	≤0.30	≤0.08
Typical	0.069	1.110	0.530	0.020	0.007	0.013	0.037	0.002	0.010

**Tabel 4. 6** Perbandingan unsur kimia hasil uji dan unsur kimia yang terkandung didalam elektroda E6013 dan E7016.

Element	Sertifikat E6013	Sertifikat E7016	Hasil Uji E6013	Hasil Uji E7016
C	0.08 %	0.15 %	6.92 %	3.61 %
Si	0.3 %	0.75 %	0.92 %	1.86 %
S	0.02 %	0.035 %	00.00 %	0.48 %
Mn	0.5 %	1.60 %	00.00 %	1.22 %
P	0.02 %	0.035 %	00.00 %	00.00 %

Dari hasil perbandingan di atas elektroda E6013 tidak ditemukan unsur yang terkandung seperti S, Mn, P. dan unsur kimia yang signifikan adalah elektroda jenis E7016. Melainkan Unsur Fe yang lebih besar. Menurunnya nilai unsur kimia disebabkan kandungan dari Fe yang mampu mengisi area dari kandungan unsur lain yang terdapat rongga dan mengganti unsur kimia lain menjadi unsur Fe. Karena Fe (besi) itu mempunyai sifat yang lunak. Maka dengan mudah Ketika proses pengelasan dan terjadi pemansan suhu yang terlalu tinggi. Disitulah unsur fe menutupi daerah dengan rongga yang kosong. Dan terdapat juga unsur Oksigen (O) yang disebabkan terjadinya korosi pada material karena lingkungan yang terlalu lembab sehingga dapat mempercepat terjadinya korosi.

### 4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil yang disampaikan peneliti pada penelitian diatas maka diperoleh hasil terkait pengujian pengaruh kuat tarik pada pengelasan tipe SMAW. Rangkuman hasil atau kesimpulan dapat diuraikan sebagai berikut:

1. Nilai dari tegangan tarik yang tertinggi adalah elektroda E7016 dengan rata-rata 561,47535 N/mm<sup>2</sup> sedangkan elektroda E6013 mendapatkan rata-rata 455,8707 N/mm<sup>2</sup>. Hasil uji Tarik telah di bandingkan dengan sertifikat pabrik. Untuk tegangan luluh yang ditentukan sertifikat material ASTM A36 adalah 292 N/mm<sup>2</sup> dan untuk tegangan Tarik nya 416 N/mm<sup>2</sup>. Sementara itu hasil dari uji Tarik itu sendiri memperoleh nilai yang lebih tinggi dibandingkan dengan standar dari sertifikat. Maka material baja ASTM A36 dengan Elektroda E6013 dan E7016 layak untuk di aplikasikan.
2. Nilai dari kekuatan Bending yang tertinggi adalah elektroda E7016 162,95 (N/mm<sup>2</sup>) dan terendah dengan elektroda E6013 dengan 155,85 (N/mm<sup>2</sup>). Hasil uji bending tidak di bandingkan dengan sertifikat dari material baja ASTM A36. Karena sertifikat pabrikan tidak mengeluarkan standar nilai tegangan pada uji bending. Hanya mengetahui dan dibandingkan nilai dari uji bending dengan dua variasi elektroda yang berbeda.
3. Komposisi yang terkandung dalam Elektroda E6013 dan E7016 memiliki kandungan yang hampir sama dengan komposisi yang ada di Baja ASTM A36 menurut sertifikat Elektroda dan material. Sehingga elektroda tersebut dan material Baja ASTM A36 layak di aplikasikan.
4. Hasil yang diperoleh dari identifikasi material metode uji EDX untuk mengetahui dan perbandingan unsur kimia yang terkandung didalam elektroda hasil uji dan komposisi asal. Menghasilkan kesimpulan bahwa komposisi kimia material daerah las berubah akibat terjadinya korosi pada lapisan yang disebabkan oleh Oksigen (O) yang terjadi karena lingkungan lembab yaitu mengandung uap air dan diinduksi oleh gas.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Andi Pramono, T. (2014). Pengaruh Kuat Arus dan Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Sambungan Las SMAW.
- Anggaretno, G. (2012). Analisa Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Laju Korosi pada Pengelasan Pipa API 5L Grade X65. *Jurnal Teknik ITS*, 1, 3-7.
- Arifin, J., Purwanto, H., & Syafa'at, I. (2017). Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan. *Momentum*, 27-31.
- ASME Section IX. (2019). ASME Section IX Boiler and Pressure Vessel Code. *The American Society of Mechanical Engineers*, 433-455.
- Azwinur, M. (2006). PENGARUH JENIS ELEKTRODA PENGELASAN SMAW TERHADAP SIFAT MEKANIK MATERIAL SS400. 56-70.
- Baehaki, S. (2009). Ilmu Pengetahuan dan Teknologi (IPTEK). *Journal Information*, 10, 1-16.
- Gumara, Rizaldi Achmad. (2021). PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PENGELASAN METAL INERT GAS (MIG) TERHADAP. *JURNAL TEKNIK MESIN*, 09, 65-68.
- Haider, S. F., Quazi, M. M., Bhatti, J., Nasir Bashir, M., & Ali, I. (2019). Effect of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) parameters on mechanical properties of low-carbon, mild and stainless-steel welded joints: A review. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 5(5), 191-198.
- HAJAR ISWORO. (2018). *MEKANIKA KEKUATAN MATERIAL 1 (HMKK319)*. Universitas Lambung Mangkurat. doi:DIKTAT\_MKM\_full.pdf
- Hristo Anggigi, U. B. (2019). Analisa Pengaruh Temperatur Normalizing Pada Sambungan Las SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Terhadap Kekuatan Tarik , Tekuk dan Mikrografi Baja Karbon Rendah. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 504-513.
- KURNIAWAN, D. (2019). Pengelasan Smaw Sambungan Logam Baja Jis G 3131 Sphc Dengan Baja Aisi Ss 201 Terhadap Sifat Pengelasan Smaw Sambungan Logam Baja Jis G 3131 Sphc Dengan Baja Aisi Ss 201 Terhadap Sifat.
- Makasudede, Y. (1953). Bab 2 tinjauan pustaka. 8-45.
- Meutia Faradilla Firdausy, D. W. (2018). STUDI KASUS PENGARUH DIAMETER DAN VARIASI MATERIAL PEGAS PADA TRAINER APLIKASI HUKUM HOOKE. *JRM*, 04(03), 99-107.

- Muhammad Raihan A. (2022). Pengaruh Jenis Elektroda Dan Besar Ampere Untuk Uji Kekuatan Tarik Pada Pengelasan Smaw ( Shield Metal Arc Welding ) Terhadap Besi Hollow 1 . 2 Mm.
- Muthia Munawar, H., Nugraha Gusniar, I., & Hanafi, R. (2023). Pengaruh Jenis Elektroda Las SMAW Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(1), 93-119.
- Nur, A. I. (2023). Pengaruh variasi diameter elektroda terhadap kekuatan tarik dan cacat las pada proses pengelasan smaw.
- Pradana, M. S. (2020). Analisa Pengaruh Diameter Kawat Las Pada Pengelasan Smaw Terhadap Kekuatan Tarik. 2, 41-49.
- Pratama, Y., Basuki, M., & Pranatal, E. (2020). Pada Material Baja Kapal Ss 400 Terhadap Cacat Pengelasan. *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMATAN)*, 2(1), 1-7.
- Rahmawati, A. Y. (2020). Perkembangan Ilmu Pengetahuan dan Teknologi di Indonesia terus berkembang. 1-23.
- SAFI'I, R. (2022). Analisa Variasi Elektroda E NiCrMo-13 Dan E 2594-17 Pada Baja UNS N08031 Terhadap Kekuatan Bending Dan Tarik Dengan Metode Las SMAW.
- VA Setyowati, S. S. (2016). Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Makro. *Jurnal Iptek*, 29-36.
- Widodo, E. W. (2016). Pengaruh Kuat Arus Listrik Dan Jenis Kampuh Las Terhadap Kekerasan Dan Strukturmakro Pada Pengelasan Stainless Steel Aisi 304. *Jurnal IPTEK*, 47.
- Wijoyo, K. (2018). *PENGARUH KECEPATAN PENGELASAN DAN JENIS ELEKTRODA TERHADAP SIFAT FISIS DAN MEKANIS HASIL PENGELASAN SMAW BAJA S45C*. Yogyakarta: INSTITUT SAINS & TEKNOLOGI AKPRIND.
- Yunita Sari, C. D. (2019). *PENGARUH PENAMBAHAN CARBONDAN PROSES QUENCHINGDENGANCOOLANTPADA HASIL PENGELASANELEKTRODA E6013 TERHADAP TINGKAT KEKERASAN*. *Jurnal Konversi Energi dan Manufaktur UNJ*.