

## EVALUASI PENGARUH PENGGUNAAN BERAGAM ELEKTRODA DALAM PENGELASAN SMAW TERHADAP KUALITAS SAMBUNGAN BAJA ST 37

Susi Susmiati<sup>1</sup>, Awaluddin Sitorus<sup>2</sup>, Mukhsin Rasyid<sup>3</sup>  
[susisusmiati77@gmail.com](mailto:susisusmiati77@gmail.com)<sup>1</sup>, [awaluddinboltok@yahoo.com](mailto:awaluddinboltok@yahoo.com)<sup>2</sup>  
Universitas Al Washliyah Medan

### ABSTRAK

Pengelasan merupakan salah satu teknik penyambungan logam yang memiliki peranan penting dalam industri manufaktur, konstruksi, maupun perbaikan peralatan. Metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW) banyak digunakan karena fleksibilitas, kemudahan, serta efisiensinya. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh penggunaan variasi elektroda terhadap kualitas sambungan baja karbon rendah tipe ST 37, khususnya pada sifat mekanik berupa kekuatan tarik. Material uji berupa baja ST 37 dengan ketebalan 3 mm disambung menggunakan elektroda E6010, E6012, dan E7016. Spesimen hasil pengelasan diuji dengan metode uji tarik sesuai standar ASTM E8 menggunakan mesin Universal Testing Machine. Hasil pengujian menunjukkan adanya fluktuasi nilai kekuatan tarik berdasarkan jenis elektroda yang digunakan. Elektroda E6010 menghasilkan nilai tarik terendah sebesar 19,92084 bar karena karakteristiknya yang lebih sesuai untuk pengelasan pipa dibanding plat baja. Elektroda E6012 memberikan nilai tarik tertinggi sebesar 24,08535 bar dengan karakteristik busur stabil, slag mudah dibersihkan, serta menghasilkan manik las yang lebih homogen. Sedangkan elektroda E7016 menghasilkan nilai tarik sebesar 21,2223 bar, lebih tinggi dibanding E6010 namun masih di bawah E6012. Perbedaan tersebut disebabkan oleh faktor karakteristik elektroda, kesesuaian dengan material, kemungkinan cacat las, serta parameter pengelasan yang digunakan. Dengan demikian, E6012 direkomendasikan sebagai elektroda paling optimal untuk pengelasan baja ST 37, khususnya untuk aplikasi pada konstruksi ringan dan rangka kendaraan

**Kata Kunci:** Variasi Elektroda, Pengelesan Smaw, Uji Tarik, Baja St 37.

### ABSTRACT

*Welding is one of the most important metal joining techniques in the manufacturing, construction, and repair industries. The Shielded Metal Arc Welding (SMAW) method is widely used due to its flexibility, simplicity, and efficiency. This study aims to evaluate the effect of electrode variations on the quality of low-carbon steel ST 37 joints, particularly in terms of their mechanical properties such as tensile strength. The test material, ST 37 steel with a thickness of 3 mm, was welded using E6010, E6012, and E7016 electrodes. The welded specimens were tested using the tensile test method according to ASTM E8 standards with a Universal Testing Machine. The test results showed fluctuations in tensile strength values depending on the electrode used. The E6010 electrode produced the lowest tensile strength of 19.92084 bar due to its characteristics, which are more suitable for pipe welding than steel plates. The E6012 electrode provided the highest tensile strength of 24.08535 bar, owing to its stable arc, easy slag removal, and more homogeneous weld bead formation. Meanwhile, the E7016 electrode resulted in a tensile strength of 21.2223 bar, higher than E6010 but lower than E6012. These differences were influenced by electrode characteristics, compatibility with the base material, possible welding defects, and welding parameters. Therefore, the E6012 electrode is recommended as the most optimal choice for welding ST 37 steel, particularly for applications in light construction and vehicle frame structures.*

**Keywords:** Electrode Variation, Smaw Welding, Tensile Test, St 37 Steel

## PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan bagian yang tak terpisahkan dari kemajuan teknologi dalam dunia industri manufaktur, karena banyak proses produksi atau perakitan komponen yang membutuhkan teknik penyambungan ini, terutama dalam bidang desain teknik, rekayasa, dan perbaikan logam. Cakupan pengelasan sangat luas, mulai dari transportasi, bejana tekan, konstruksi rangka baja, sistem perpipaan, pembangunan jembatan, industri kapal, hingga alat berat. Proses penyambungan melalui teknik las memerlukan keterampilan tinggi dari seorang pengelas agar dapat menghasilkan sambungan berkualitas dan sesuai dengan standar teknis yang berlaku. Oleh karena itu, seorang pengelas harus memahami secara mendalam rancangan pengelasan, mulai dari pemilihan jenis material, tipe kampuh sambungan yang tepat, hingga klasifikasi bahan pengisi yang cocok dengan karakteristik material atau struktur yang akan disambung (Salahudin et al., 2021).

Pada umumnya, proses penyambungan logam melalui pengelasan dapat dilakukan dengan dua metode utama, yaitu menggunakan las gas dan las listrik. Salah satu metode pengelasan listrik yang dikenal luas adalah SMAW (Shielded Metal Arc Welding), atau yang lebih dikenal sebagai las listrik, di mana energi listrik digunakan sebagai sumber panas untuk proses pengelasan. Teknik SMAW saat ini banyak digunakan karena memiliki keunggulan dari segi biaya yang lebih ekonomis, kemudahan dalam penggunaan, operasional yang sederhana, serta efisiensi kerja yang tinggi (Saputra et al., 2019).

Dalam kegiatan pengelasan, terdapat sejumlah faktor yang memengaruhi kualitas sambungan las, seperti jenis material yang digunakan, tipe elektroda, serta bentuk kampuh yang dipilih, yang semuanya berpengaruh terhadap sifat mekanik hasil pengelasan. Dalam bidang teknik, sambungan las yang dihasilkan dapat diuji dan dianalisis untuk mengetahui karakteristik mekanik dan fisiknya, melalui pengujian seperti uji kekerasan, uji tarik, serta analisis struktur mikro. Hasil dari berbagai pengujian ini menjadi dasar dalam penetapan standar teknis pengelasan, yang pada gilirannya mendukung perluasan aplikasi sambungan las serta memungkinkan pembuatan konstruksi berukuran lebih besar (Sanjaya & Sutowo, 2007).

Baja ST 37 merupakan jenis baja karbon rendah yang memiliki kekuatan tarik maksimum sebesar 37 kg/mm<sup>2</sup>. Baja ini diproduksi melalui metode Thomas dan Martin, di mana dalam proses Thomas, bagian dalam tungku dilapisi dengan batu tahan api biasa atau dolomit (mengandung kalsium karbonat dan magnesium). Bahan baku yang digunakan adalah besi kasar putih dengan kandungan fosfor (P) sekitar 1,7–2%, mangan (Mn) sebesar 1–2%, dan silikon (Si) berkisar 0,6–0,8% (Siddiq et al., 2019). Karena kadar karbonnya yang kurang dari 0,3%, baja ST 37 banyak dimanfaatkan dalam industri manufaktur, seperti untuk panel bodi kendaraan, pelat timah, serta konstruksi jembatan, dan biasanya disambung menggunakan metode pengelasan SMAW (Munawar, 2016).

Dalam proses SMAW (Shielded Metal Arc Welding), logam dasar meleleh akibat panas dari nyala busur listrik yang terbentuk antara elektroda dan permukaan benda kerja. Jika arus pengelasan terlalu tinggi, maka pencairan logam induk akan berlangsung sangat cepat, yang dapat menyebabkan lebar lasan berlebihan serta penetrasi terlalu dalam. Hal ini dapat menurunkan kekuatan tarik sambungan dan meningkatkan risiko kerapuhan hasil las (Irawan et al., 2020).

Cacat atau kerusakan pada hasil pengelasan umumnya timbul akibat kurangnya pemahaman dalam pemilihan jenis elektroda sesuai dengan posisi pengelasan yang

digunakan. Posisi pengelasan sendiri berpengaruh terhadap kualitas mekanik, seperti kekuatan tarik dan kekuatan impak. Misalnya, elektroda tipe E7018 dianggap kurang cocok untuk posisi bawah tangan dan penetrasi tertentu. Penelitian oleh Fadhil (2018) membandingkan performa elektroda E7016 dan E7018 dalam berbagai posisi pengelasan.

Sementara itu, studi oleh Ramadhan et al. (2020) mengenai penggunaan elektroda E6013 dalam pengelasan SMAW baja karbon rendah dengan variasi arus (100 A, 130 A, dan 160 A) menunjukkan bahwa kekuatan tarik tertinggi tercapai pada arus 130 A, yaitu sebesar 382,81 MPa. Hasil ini berbeda dengan penelitian oleh Shomad dan Mushfi (2017) yang membandingkan elektroda E6013 dan E7018 pada baja karbon rendah tipe SS400. Mereka menemukan bahwa kekuatan tarik tertinggi, yakni 402,49 MPa, diperoleh dari elektroda E7018 pada arus 130 ampere.

Berdasarkan hasil uji tarik pada sambungan rangka yang dilakukan oleh Rokhmani (2020), diperoleh beban maksimum rata-rata sebesar 27,03 kN dengan nilai kuat tarik rata-rata mencapai 328,07 MPa. Pengujian dilakukan menggunakan arus sebesar 120 ampere, yang sesuai dengan standar arus pada proses pengelasan. Dalam penelitian tersebut, tipe sambungan yang digunakan adalah kampuh V, dan pengujian spesimen tarik mengikuti ketentuan standar ASTM E8.

Dengan latar belakang tersebut, dilakukan sebuah penelitian berjudul “Evaluasi Pengaruh Penggunaan Beragam Elektroda Dalam Pengelasan SMAW Terhadap Kualitas Sambungan Baja ST 37”. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana pengaruh variasi jenis elektroda terhadap sifat mekanik, seperti kekuatan tarik, kekerasan, serta struktur mikro pada hasil sambungan las baja ST 37. Diharapkan dari hasil penelitian ini dapat ditemukan alternatif sambungan terbaik berdasarkan kombinasi elektroda dan kampuh yang digunakan, yang nantinya bisa diterapkan dalam proses pengelasan rangka atau sasis sepeda motor.

## **METODE PENELITIAN**

Penelitian ini dilaksanakan selama 1 bulan, pengelasan dan pembuatan spesimen uji dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin (S1), Fakultas Teknik, Universitas Al Wasliyah Medan. Uji Tarik, Uji struktur mikro serta uji kekerasan dilaksanakan di Laboratorium Program Studi Teknik Mesin (S1), Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara.

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Hasil Pembuatan Spesimen**

1. Mempersiapkan bahan spesimen uji dengan jenis baja konstruksi yang memiliki ketangguhan baja lunak
2. Memotong bahan spesimen menggunakan mesin gerinda tangan dengan ukuran panjang pemotongan 50mm seperti yang terlihat pada gambar 4.2



Gambar 1 Memotong Spesimen

1. Mempersiapkan spesimen sebelum pengelasan yang sudah di bentuk kampuh
2. Mempersiapkan kawat las dengan variasi Elektroda E6010, E6012 dan E7016 seperti yang terlihat pada gambar 4.4.



Gambar 2 variasi Elektroda E6010, E6012 dan E7016

3. Mengelas spesimen uji yang telah dipersiapkan dengan menggunakan variasi Elektroda E6010, E6012 dan E7016 seperti yang terlihat pada gambar 4.5.



Gambar 3 Mengelas specimen

4. 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 4.6.



4 Pengujian Tarik

#### Prosedur Pengujian

1. Mempersiapkan mesin uji tarik dan kelengkapannya, mesin ini memiliki kapasitas 100000 Nm seperti yang terlihat pada gambar 4.7



Gambar 5 Mesin Uji Tarik dan Kelengkapannya

2. Mempersiapkan PC/Komputer yang akan digunakan untuk mendapatkan data hasil pengujian dari pengujian tarik memiliki spesifikasi seperti yang terlihat pada gambar 4.8



Gambar 6 Pc/Komputer

3. Mempersiapkan cekam (*Jig*) sebagai alat untuk mengikat spesimen seperti yang terlihat pada gambar 4.9.



Gambar .7 Cekam (*Jig*)

4. Mempersiapkan spesimen hasil pengelasan yang akan diuji tarik sesuai dengan bentuk dan ukuran menurut ASTM E8/E8M
5. Mengikat spesimen pada cekam yang ada pada mesin uji tarik seperti yang terlihat pada gambar 4.11.



Gambar 8 Mengikat Spesimen

6. Melakukan pengujian tarik terhadap spesimen yang telah di las menggunakan mesin uji tarik (Uniersal Testing Material) seperti yang terlihat pada gambar 4.12.





Gambar 9 Pengujian Tarik

7. Menyatukan patahan spesimen yang telah dilakukan pengujian tarik untuk mengukur perubahan panjang yang terjadi

### 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 dibawah ini :

Hasil pengujian yang diperoleh berupa grafik tegangan-regangan yang dapat dibaca dan di analisis. Tegangan ( $\sigma$ ) adalah beban maksimum ( $F_{maks}$ ) dibagi luas penampang awal ( $A_0$ ). Satuan untuk  $F_{maks}$  adalah Newton (dimana 1 Kgf= 9,81 N) dan satuan  $\sigma$  adalah beban MPa (dimana 1 N/mm<sup>2</sup> = 1 MPa). Persamaan untuk mencari kekuatan tarik maks menggunakan persamaan seperti pada contoh perhitungan Spesimen E6010, Spesimen E6012 dan Spesimen E7016 sebagai berikut :

$$F_{maks} = F \text{ (Kgf)} \times g$$

$$F_{maks} = \text{Tegangan Maksimal (N)}$$

$$F = \text{Gaya Tarik (Kgf)}$$

$$G = 9,81$$

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_0}$$

Dimana :

$\sigma$  = Kekuatan Tarik (MPa)

$F_{maks}$  = Tegangan Maksimal (N)

$A_0$  = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

$P$  = Panjang (mm)

$t$  = Lebar (mm)

1. Spesimen E6010

Diketahui :  $F_{maks} = F \text{ (Kgf)} \times g$

= 1218,4 Kgf x 9,81

= 11952,5 N

:  $A_0 = L \text{ (mm)} \times t \text{ (mm)}$

= 200 mm x 30 mm

= 6000 mm<sup>2</sup>

Ditanya :  $\sigma = \dots$  (MPa)

Jawab

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_o}$$

$$\sigma = \frac{11952,5 \text{ N}}{6000 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 1,992084 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 1,992084 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 19,92084 \text{ Bar}$$

## 2. Spesimen E6012

Diketahui : F maks = F (Kgf) x g

$$= 1473,11 \text{ Kgf} \times 9,81$$

$$= 14451,21 \text{ N}$$

$$: A_o = L (\text{mm}) \times t (\text{mm})$$

$$= 200 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$$

$$= 6000 \text{ mm}^2$$

Ditanya :  $\sigma = \dots$  (MPa)

Jawab

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_o}$$

$$\sigma = \frac{14451,21 \text{ N}}{6000 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 2,408535 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 2,408535 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 24,08535 \text{ Bar}$$

## 3. Spesimen E7016

Diketahui : F maks = F (Kgf) x g

$$= 1298 \text{ Kgf} \times 9,81$$

$$= 12733,38 \text{ N}$$

$$: A_o = L (\text{mm}) \times t (\text{mm})$$

$$= 200 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$$

$$= 6000 \text{ mm}^2$$

Ditanya :  $\sigma = \dots$  (MPa)

Jawab

$$\sigma = \frac{F_{maks}}{A_o}$$

$$\sigma = \frac{12733,38 \text{ N}}{6000 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma = 2,12223 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma = 2,12223 \text{ MPa}$$

$$\sigma = 21,2223 \text{ Bar}$$

Hasil dari perhitungan dengan cara yang sama pada tiap spesimen di tulis pada table1

Tabel 1 Hasil Perhitungan Pengujian Tarik

| NO | VARIABEL SPESIMEN | DIMENSI SPESIMEN (mm) |    | g (m/s) | A0   | F (KgF) | Fmaks (N) | $\sigma$ (Mpa) | $\sigma$ (Bar) |
|----|-------------------|-----------------------|----|---------|------|---------|-----------|----------------|----------------|
|    |                   | P                     | L  |         |      |         |           |                |                |
| 1  | E6010             | 200                   | 30 | 9.81    | 6000 | 1218.4  | 11952.5   | 1.992084       | 19.92084       |



|   |       |     |    |      |      |         |          |          |          |
|---|-------|-----|----|------|------|---------|----------|----------|----------|
| 2 | E6012 | 200 | 30 | 9.81 | 6000 | 1473.11 | 14451.21 | 2.408535 | 24.08535 |
| 3 | E7016 | 200 | 30 | 9.81 | 6000 | 1298    | 12733.38 | 2.12223  | 21.2223  |

Rata-rata hasil perhitungan nilai kekuatan tarik pada tabel 4.1 kemudian di buat grafik yang menunjukkan pengaruh elektroda yang dipakai dalam pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) terhadap kekuatan tarik pada setiap sampel spesimen. Hasil uji tarik variasi elektroda pengelasan ditunjukkan pada gambar 4.14.



Gambar 10 Grafik Kekuatan Tarik.

Merujuk pada pada tabel 1 menunjukn bahwa nilai kekuatan tarik pada baja karbon ST 37 yang di las dengan kuat arus 90 ampre dengan variasi elektroda Spesimen E6010, Spesimen E6012 dan Spesimen E7016 menunjukan, bahwa nilai tertinggi yaitu 24,08535 Bar dengan elektroda pengelasan Spesimen E6012. Titik terendah kekuatan Tarik ada pada Spesimen E6010 dengan nilai 19,92084 Bar, hasil ini disebabkan karena karakteristik Spesimen elektroda E6010 kurang bagus untuk pengelesan plat ST 37 karena elektroda jenis ini lebih cocok untuk pengelasan pipa, posisi vertical dan overhead, bukan untuk plat atau lembaran. Dimana, jenis elektroda pengelasan sangat berpengaruh pada kekuatan tarik suatu material, jenis elektroda yang bagus mengakibatkan ukuran butir lasan kecil sehingga ikatan pada sambungan las lemah dan dan kurang maksimal. Kemudian, dengan pemilihan jenis elektroda untuk pengelasan maka ukuran butir lasan makin membesar sehingga ikatannya menguat serta kekuatan tarik mengalami peningkatan. Hasil pengelasan dengan variasi elektroda Spesimen E6010, Spesimen E6012 dan Spesimen E7016 menunjukkan fluktuasi terhadap nilai kekuatan tarik dari variasi elektroda Spesimen E6010 dengan nilai 19.92084 bar, kemudian mengalami kenaikan nilai kekuatan Tarik pada variasi Spesimen E6012 dengan nilai 24.08535 bar. Nilai kekuatan tarik pada variasi elektroda Spesimen E7016 mengalami sedikit penurunan kekuatan tariknya yaitu 21.2223 bar.

Hasil uji tarik spesimen pengelasan baja ST 37 dengan tiga jenis elektroda menunjukkan adanya fluktuasi nilai kekuatan tarik. Spesimen yang dilas menggunakan elektroda **E6012** menghasilkan nilai tarik tertinggi sebesar **24,08535 bar**, disebabkan oleh sifat elektroda rutila yang stabil, mudah digunakan, dan menghasilkan manik las yang lebih bersih serta minim cacat. Sebaliknya, nilai tarik terendah diperoleh pada elektroda **E6010** yaitu **19,92084 bar**. Elektroda selulosa ini memang memiliki penetrasi dalam, namun lebih sulit dikendalikan dan cenderung menimbulkan cacat seperti porositas atau undercut, sehingga menurunkan kekuatan sambungan. Sementara itu, elektroda **E7016** menghasilkan nilai tarik sebesar **21,2223 bar**, lebih tinggi daripada E6010 namun masih di bawah E6012. Hal ini kemungkinan dipengaruhi oleh perlakuan elektroda yang tidak optimal, misalnya kelembapan atau teknik pengelasan yang kurang tepat, sehingga kekuatan yang dihasilkan tidak maksimal meskipun secara teoritis elektroda low hydrogen ini mampu menghasilkan logam las berkualitas tinggi. Dengan demikian, fluktuasi nilai uji tarik tersebut terutama dipengaruhi oleh karakteristik masing-masing elektroda,

kondisi proses pengelasan, serta kemungkinan terjadinya cacat las yang berbeda pada tiap spesimen.

### **Pembahasan Penelitian**

Pengujian tarik dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi elektroda terhadap kekuatan tarik sambungan las pada baja karbon rendah ST 37 dengan metode Shielded Metal Arc Welding (SMAW). Tiga jenis elektroda digunakan, yaitu E6010, E6012, dan E7016. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan nilai kekuatan tarik yang cukup signifikan antar spesimen.

#### **Elektroda E6010**

Nilai kekuatan tarik terendah diperoleh pada spesimen yang dilas menggunakan elektroda E6010 yaitu 19,92084 bar. Elektroda jenis selulosa sodium ini dirancang untuk pengelasan pipa dengan posisi vertikal maupun overhead, sehingga kurang sesuai bila diaplikasikan pada plat baja ST 37. Karakteristik E6010 yang memiliki penetrasi sangat dalam cenderung menimbulkan cacat seperti porositas, undercut, maupun permukaan las yang tidak rata apabila tidak dikerjakan dengan teknik khusus. Hal ini berpengaruh terhadap turunnya nilai uji tarik.

#### **Elektroda E6012**

Spesimen dengan elektroda E6012 menghasilkan nilai kekuatan tarik tertinggi yaitu 24,08535 bar. Elektroda rutila ini memiliki sifat busur stabil, slag mudah dibersihkan, dan manik las lebih rata. Kondisi tersebut memungkinkan terbentuknya sambungan dengan ikatan yang lebih homogen dan minim cacat, sehingga kekuatan tarik yang dihasilkan lebih optimal. Hal ini membuktikan bahwa E6012 lebih sesuai digunakan untuk pengelasan baja ST 37 dibandingkan E6010 maupun E7016.

#### **Elektroda E7016**

Pengelasan dengan elektroda E7016 menghasilkan nilai kekuatan tarik sebesar 21,2223 bar, lebih tinggi daripada E6010 tetapi lebih rendah dibandingkan E6012. Elektroda jenis low hydrogen sebenarnya mampu menghasilkan sambungan berkualitas tinggi dengan ketahanan retak yang baik. Namun, kelembapan elektroda, teknik pengelasan, serta parameter arus yang kurang optimal dapat mengurangi kualitas ikatan las. Hal ini menjelaskan mengapa nilai tariknya berada di antara E6010 dan E6012.

### **Faktor Penyebab Fluktuasi Nilai Uji Tarik**

Fluktuasi nilai uji tarik yang diperoleh dari ketiga elektroda dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu:

- Karakteristik masing-masing elektroda (jenis flux, stabilitas busur, dan penetrasi).
- Kesesuaian elektroda terhadap material dasar (ST 37 sebagai baja karbon rendah lebih cocok dengan elektroda rutila).
- Kemungkinan terjadinya cacat las seperti porositas, lack of fusion, dan undercut.
- Parameter proses pengelasan seperti arus, polaritas, serta kecepatan gerak.
- Kondisi penyimpanan elektroda, khususnya pada E7016 yang sensitif terhadap kelembapan.

### **Interpretasi Hasil**

Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa elektroda E6012 adalah yang paling optimal digunakan pada pengelasan plat baja ST 37, karena memberikan hasil kekuatan tarik tertinggi dan permukaan las yang lebih baik. Sebaliknya, penggunaan E6010 kurang direkomendasikan untuk plat karena lebih ditujukan untuk sambungan pipa. Sedangkan

E7016 memiliki potensi menghasilkan kualitas tinggi, namun membutuhkan kontrol proses dan perlakuan elektroda yang lebih ketat.

### KESIMPULAN

1. Variasi elektroda berpengaruh signifikan terhadap kekuatan tarik hasil pengelasan baja ST 37.
2. Elektroda E6012 menghasilkan kekuatan tarik tertinggi (24,08535 bar) karena sifatnya stabil dan cocok untuk plat baja karbon rendah.
3. Elektroda E6010 memberikan kekuatan tarik terendah (19,92084 bar) karena kurang sesuai untuk aplikasi pada plat baja.
4. Elektroda E7016 memiliki potensi menghasilkan sambungan berkualitas, namun sensitif terhadap kelembapan dan teknik pengelasan.

### DAFTAR PUSTAKA

- Achmadi. (2022). Macam-Macam Cacat Las dan Penyebab Serta Cara Mengatasi. Diambil dari website: <https://www.pengelasan.net/cacat-las/>.
- AWS D,1,1/D,1,1M. (2015), “Struktural Welding Code – Steel, ANSI 2”, 550 N, W Lejeune Road Miami, FL, 33126.
- Mufti, M. S., Suwarno, Pandi, & Novherryon. (2016). Modul Pelatihan Guru. In DIREKTORAT JENDRAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN.
- Munawar, M. (2016). Pengaruh Bentuk Kampuh Dan Jenis Elektroda Pada Pengelasan SMAW Terhadap Sifat Mekannik Material Baja ST 37. Teknik Mesin, 1–8.
- Ramadhan, F., Irawan, A., & Kurniawan, F. A. (2020). Arus Pengelasan Terhadap Tarik Las SMAW Elektroda E6013 Pada Baja Karbon Rendah. Jurnal SiMeTRi Rekayasa, 2(2), 116–122.
- Rokhmani, F. (2020). Analisa Kekuatan Pengelasan Dengan Uji Tarik Pada Rangka Mobil Listrik Black Bull
- Salahudin, X., Ihza, Y., Pramono, C., & Widodo, S. (2021). Analisis Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah Hasil Pengelasan SMAW Dengan Variasi Bentuk Kampuh Las. Journal of Mechanical Engineering, 5(1), 8–14.
- Sanjaya, A., & Sutowo, C. (2007). Pengaruh Hasil Pengelasan Gtaw Dan Smaw Pada Pelat Baja Sa 516 Dengan Kampuh V Tunggai. Jurnal Teknik, 1, 10–16.
- Saputra, L. I., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2019). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Akibat dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi P Tarik, Kekuatanengelasan. Jurnal Teknik Perkapalan, 7(4), 215–226.
- Saripuddin, M. & Umar Lauw, Dedi., 2013, Pengaruh Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan, Kekerasan dan Struktur Mikro Baja St 42, ILTEK , 8 (15):1063- 1067.
- Siswanto. 2011. Konsep Dasar Teknik Las (Teori dan Praktik). Jakarta: P.T. Prestasi Pustakarya.