

## **Analisis Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Material Baja S45c**

### *Analysis of the Effect of Electrode Type on the Tensile Strength of SMAW Welding Result of S45C Steel Material*

**Sandi Gunawan<sup>1</sup>, Karyadi<sup>2</sup>, Muhamad Taufik Ulhakim<sup>3</sup>**

<sup>1,2,3</sup>Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Buana Perjuangan, Karawang, Jl. Ronggo Waluyo Sinarbaya Teluk Jambe Timur Karawang, 41361

\*e-mail: [karyadi@ubpkarawang.ac.id](mailto:karyadi@ubpkarawang.ac.id)

---

#### **Abstrak**

Dalam dunia industri dan konstruksi pengelasan sangat banyak digunakan untuk proses penyambungan logam. Salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan adalah pemilihan jenis elektroda yang baik. Elektroda adalah salah satu benda yang menyebabkan busur api terbakar. Ada banyak jenis elektroda diantaranya adalah jenis E6010 dan E6013. Pada penelitian ini telah dilakukan analisis kekuatan hasil pengelasan menggunakan pengelasan jenis SMAW dari elektroda E6010 dan E6013 pada baja S45C menggunakan pengujian uji tarik. Setelah dilakukan pengujian terhadap kekuatan tarik dari masing-masing spesimen didapatkan hasil untuk nilai keseluruhan kekuatan tarik rata-rata elektroda E6010 sebesar 705,7 MPa, Dimana untuk nilai kekuatan tarik tertingginya didapatkan pada arus 80 Ampere dengan nilai sebesar 265,7 MPa. Sedangkan untuk elektroda E6013 nilai keseluruhan kekuatan tarik rata-rata nya adalah 736,7 MPa. Dimana untuk nilai kekuatan tarik tertingginya didapatkan pada arus 90 Ampere dengan nilai sebesar 265,7 MPa Dengan hasil ini dapat disimpulkan bahwa elektroda E6013 memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dibandingkan dengan elektroda E6010 untuk pengelasan SMAW pada pelat baja S45C.

**Kata kunci:** Pengelasan; Elektroda; Uji Tarik

#### **Abstract**

*In the world of industry and construction, welding is very widely used for metal joining processes. One of the factors that affect the quality of welding results is the selection of a good electrode type. Electrode is one of the objects that causes the arc to burn. There are many types of electrodes among which are the types of E6010 and E6013. In this study, an analysis of the strength of welding results using SMAW type welding of E6010 and E6013 electrodes on S45C steel using tensile testing has been carried out. After testing the tensile strength of each specimen, the results obtained for the overall value of the average tensile strength of the E6010 electrode of 705.7 MPa, where the highest tensile strength value was obtained at a current of 80 Ampere with a value of 265.7 MPa. As for the E6013 electrode, the overall average tensile strength value is 736.7 MPa. Where for the highest tensile strength value obtained at a current of 90 Amperes with a value of 265.7 MPa With these results it can be concluded that the E6013 electrode has better tensile strength compared to the E6010 electrode for SMAW welding on S45C steel plates.*

**Keywords:** Welding; Electrodes; Tensile Test

## 1. PENDAHULUAN

Pengelasan logam adalah proses menyambung dua atau lebih jenis logam melalui pemanasan logam hingga titik lelehnya sebelum menyatukannya dengan atau tanpa penggunaan bahan pengisi logam tambahan. Salah satu pengelasan yang umum digunakan adalah SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), yaitu suatu proses pengelasan yang menggunakan sumber panas listrik dan bahan pengisi atau *filler* berupa elektroda yang dibungkus (Marwanto, 2007). Banyak industri menggunakan pengelasan, seperti konstruksi, manufaktur, dan perkapalan.. Selama proses pengelasan, ada beberapa masalah yang dapat muncul. Retak dapat terjadi karena tegangan termal yang tinggi selama proses pendinginan atau kontraksi material.

Dalam situasi di mana kondisi pengelasan tidak ideal atau logam tidak sempurna, retak dapat terjadi (Arsyad, 2019). Elektroda (kawat las) adalah suatu benda yang digunakan untuk pengelasan listrik yang berfungsi sebagai obor yang menghasilkan busur listrik. Elektroda terdiri dari dua bagian yaitu bagian yang terbungkus (*fluks*) dan bagian telanjang yang merupakan alas batang las. Fungsi arus adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara, menghasilkan gas pelindung, dan menstabilkan busur (Zulfadly & Ghony, 2022). Elektroda terbungkus merupakan kawat biasa yang dibalut arus. Elektroda terbungkus mempunyai sifat yang lebih baik dibandingkan dengan elektroda telanjang, yaitu: mudah terbakar, busur listrik yang dihasilkan lebih stabil, dan lubang las terlindungi dengan baik dari arus.

Dengan demikian, hasil pengelasan dengan menggunakan elektroda terbungkus mempunyai ketangguhan dan kekuatan yang sangat tinggi (Munawar Muthia et al., 2023). Elektroda las Digunakan dalam proses penyambungan logam dengan membentuk busur menyala. Material elektroda las memiliki fungsi sebagai pembakar, sehingga membuat busur menyala. Elektroda karbon Digunakan dalam las listrik yang menggunakan karbon sebagai bahan Elektroda selaput serbuk besi Mengandung serbuk besi untuk menghasilkan las yang kuat (Nasution, 2023). Elektroda hidrogen rendah Mengandung sedikit hidrogen (kurang dari 0,5%), sehingga tidak ada porositas pada massa pengelasan (Afan et al., 2020). Elektroda dapat diambil dari berbagai bahan, seperti kawat las, tongkat, alumunium, tembaga, baja, atau logam, dan dapat juga konduktor yang terbuat dari bahan non-logam (Tulung, 2019). Elektroda E6010 dan E6013 adalah jenis elektroda las yang digunakan dalam proses pengelasan. Keduanya memiliki perbedaan dalam kekuatan tarik dan aplikasi mereka (SURI et al., 2020).

Elektroda E6010 Elektroda ini merupakan jenis elektroda selulosa kalium, digunakan untuk pengelasan vertikal ke bawah pengelasan, seperti AC dan DC memiliki kekuatan tarik yang lebih rendah daripada E6013, sehingga lebih cocok untuk pengelasan pada posisi yang tidak terlalu vertikal (Dody Prayitno, 2023). elektroda E6013. Elektroda ini memiliki kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada E6010 digunakan untuk pengelasan yang melibatkan penyambungan logam dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi E6013 lebih mudah digunakan, memberikan percikan minimal, dan menghasilkan manik las yang lebih bagus (Zayadi et al., 2022).

Perbedaan utama antara elektroda E6010 dan E6013 adalah pada kekuatan tarik dan aplikasi yang mereka tempatkan dalam proses pengelasan. E6010 lebih cocok untuk pengelasan pada posisi yang tidak terlalu vertikal, sementara E6013 lebih cocok untuk penyambungan logam dengan kekuatan tarik yang lebih tinggi (Sc, 2021). Baja S45C merupakan baja karbon sedang dengan kekuatan tarik 570-700 MPa dan kekerasan *Brinell* 170HBW. Baja ini memiliki kemampuan las dan kemampuan mesin yang baik, serta sifat kekuatan dan ketahanan benturan yang baik baik dalam kondisi pengerolan normal maupun panas (Serial & Dan, 2021). Baja S45C juga memiliki kemampuan pengerasan yang rendah dengan ukuran sekitar 60mm yang direkomendasikan. Baja S45C sering digunakan dalam

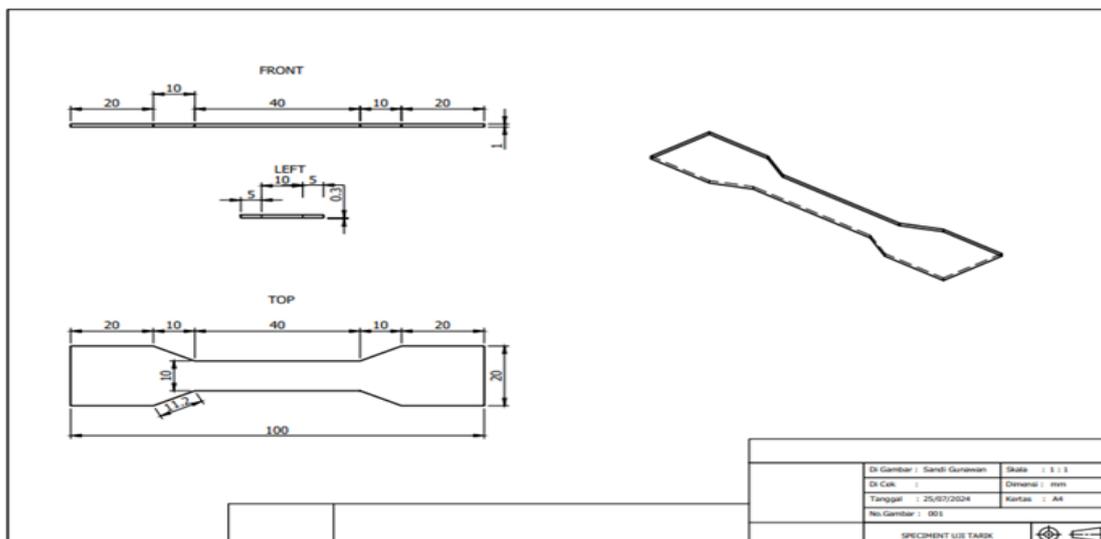
pembuatan roda gigi, *coupling*, *pulley*, poros, dan komponen mesin lainnya. Alasan pemilihan material Baja S45C adalah karena memiliki kekuatan tarik yang cukup tinggi (570-700 MPa) dan kekerasan *Brinell* yang memadai (antara 170HBW) (Kurniawan, 2018). Selain itu material baja karbon atau S45C sangat sering digunakan, selain lebih murah dan mudah didapat dibandingkan material lainnya (Rizal Ainur Rachman & Mahendra Sakti, 2020).

## 2. METODE

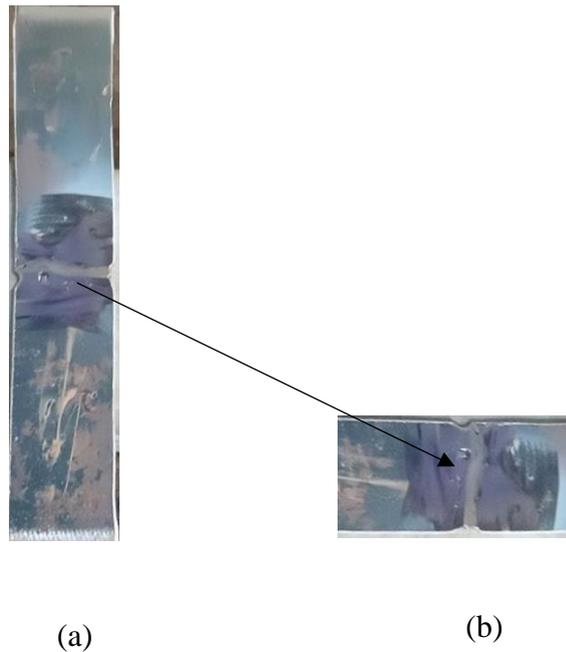
Penelitian ini membahas terkait analisis kekuatan tarik pada hasil pengelasan SMAW pada material baja S45C menggunakan elektroda E6010 dan E6013, dengan melakukan pengujian uji kekuatan tarik pada tiap spesimen kemudian membandingkan kekuatan tarik dari hasil pengelasan kedua elektroda tersebut. Penelitian ini dilakukan menggunakan profil baja S45C dengan dimensi spesimen pada saat pengelasan adalah 100 mm x 20 mm x 1 mm. Posisi pengelasan menggunakan posisi pengelasan mendatar atau bawah tangan, Arus yang digunakan dalam proses pengelasan pada penelitian ini adalah 70, 80, dan 90 Ampere, Dengan tegangan 230V, menggunakan kampuh I. Adapun gambar untuk spesimen uji yang dibuat ditunjukkan pada Gambar 1. Dan untuk diameter elektroda yang digunakan adalah  $\varnothing$  2.00 mm.

Setelah melakukan pengelasan kemudian dilakukan pembentukan gaugelength pada spesimen untuk dilakukan pengujian uji tarik yaitu dengan dimensi 40 mm x 10 mm. Dalam penelitian ini Langkah-langkah yang dilakukan adalah dimulai dari menyiapkan alat dan bahan yang akan digunakan untuk penelitian seperti Mesin Las, Elektroda jenis E6010 dan E6013, Baja S45C, Mesin Gerinda tangan dan mesin uji tarik. Untuk mesin las yang digunakan adalah mesin Las merek Morris 125 DC 120 Ampere. Kemudian membuat 18 spesimen uji 9 spesimen pengelasan menggunakan elektroda E6010 dan 9 spesimen uji menggunakan elektroda E6013 dengan cara melakukan pengelasan jenis SMAW pada spesimen uji adapun proses pembuatan spesimen uji ditunjukkan pada Gambar 2 dan 3 kemudian melakukan analisis dengan menggunakan pengujian uji tarik seperti ditunjukkan pada Gambar 4.

Dengan melakukan uji tarik pada spesimen hasil pengelasan, kita dapat langsung mengetahui bagaimana sampel bereaksi terhadap gaya tarik dan seberapa memanjang material tersebut. Alat uji untuk uji tarik ini harus mempunyai daya rekat yang kuat dan kekakuan yang tinggi.

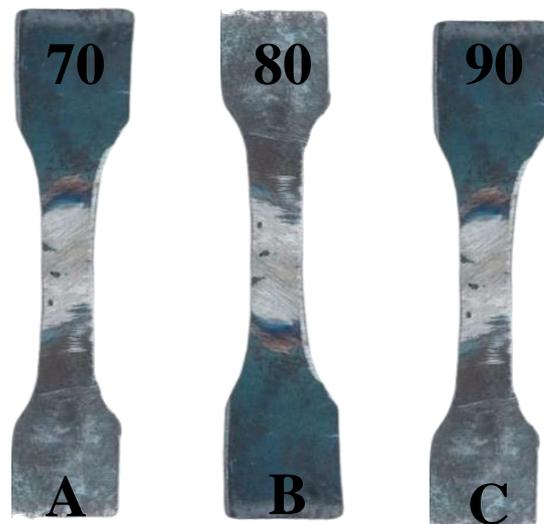


Gambar 1 Spesimen Uji Tarik



Gambar 2 (a) Spesimen Setelah dikenai Pengelasan (b) Titik baja yang dikenai Pengelasan

Profil pelat baja S45C yang digunakan untuk pengujian sebelum dilakukan pembentukan spesimen uji. Material pelat baja S45C yang telah dipotong sesuai dengan dimensi sample yakni 100 mm x 20 mm x 1 mm, kemudian dilakukan pemotongan ditengah dengan membagi panjang kiri dan kanan nya sama rata yakni sisi kiri 50 mm dan sisi kanan 50 mm kemudian dilakukan pembentukan kampuh I dan dilanjutkan dengan melakukan pengelasan.



Gambar 3 Pembentukan Spesimen untuk Uji Tarik

Setelah dilakukan pengelasan pada pelat kemudian pelat dibentuk menjadi ukuran panjang pelat 100 mm dengan panjang *gaugelength* 40 mm dan lebar 10mm untuk selanjutnya

akan dilakukan analisis kekuatan tarik antara dua jenis elektroda las yang digunakan menggunakan persamaan (1) untuk mengetahui nilai regangan (Maulana, 2016) , dan persamaan (2) untuk mengetahui kekuatan tarik maksimum (Amir et al., 2022).

Persamaan (1) digunakan untuk regangan .

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0} \times 100\% \quad \text{Persamaan (1)}$$

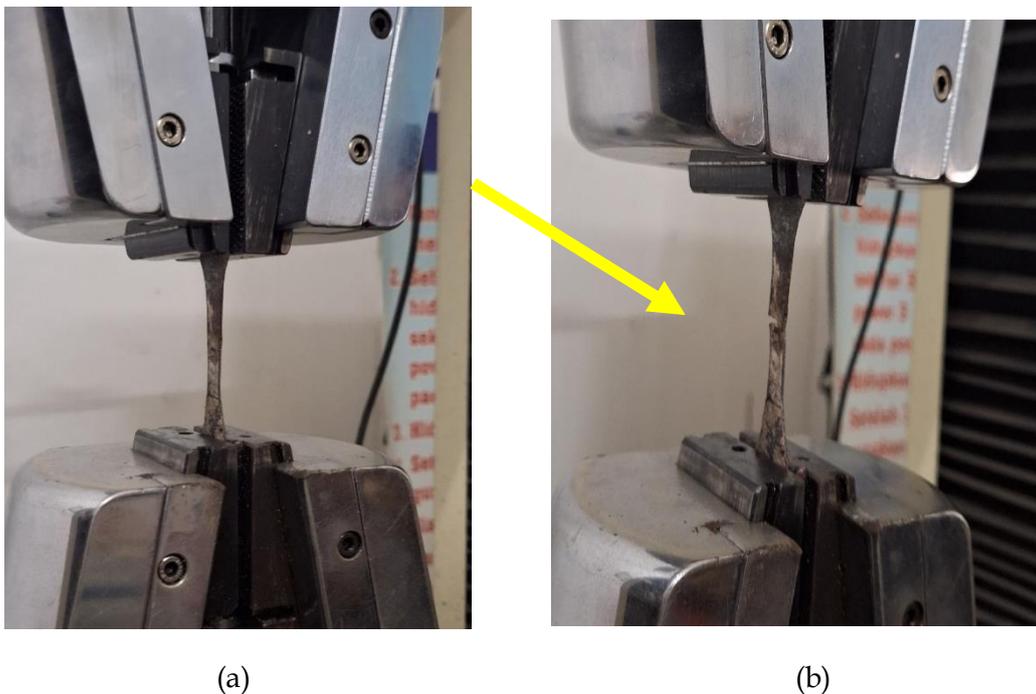
Dimana  $\varepsilon$  adalah regangan yang dinyatakan dalam persentase (%),  $\Delta L$  merupakan panjang awal dalam milimeter (mm), dan  $L_0$  adalah pertambahan panjang dalam milimeter (mm).

Sedangkan untuk kekuatan tarik maksimum Analisis Perhitungan Beban dapat dilihat seperti persamaan dibawah ini:

$$UTS = \frac{F}{A} \text{ kgf/mm}^2 \quad \text{Persamaan (2)}$$

Dimana *UTS (Ultimate Tensile Strength)* adalah kekuatan tarik maksimum yang dinyatakan dalam  $\text{kgf/mm}^2$ ,  $F$  merupakan beban tarik maksimum dalam  $\text{kgf}$ , dan  $A$  adalah luas penampang dalam  $\text{mm}^2$ .

#### PROSES PENGUJIAN



Gambar 4 (a) Spesimen sebelum patah (b) Spesimen sesudah patah

Spesimen yang telah dilas dan dibentuk kemudian dianalisis dengan menguji kekuatan tarik hasil pengelasan dari kedua elektroda yang digunakan. Mesin uji tarik yang

digunakan adalah merek Hung Ta tipe HT- 9102 dengan kapasitas 50 kN dan tegangan 330V, dengan kecepatan tarik disetel pada 20 mm/s. Hasil analisis akan disimpulkan dengan membandingkan rata-rata kekuatan tarik tiap spesimen dari kedua jenis elektroda, untuk menentukan elektroda mana yang memiliki kekuatan tarik yang lebih baik dan lebih kuat.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Analisis Hasil Uji Tarik Menggunakan Elektroda E6010

Dari hasil analisis penelitian terhadap spesimen pengujian, didapatkan hasil uji tarik menggunakan elektroda E6010 dengan variasi arus 70, 80, dan 90 A. Kekuatan tarik tertinggi ditemukan pada arus 80 A, dengan hasil pada sampel 1 sebesar 298 MPa, sampel 2 sebesar 298 MPa, dan sampel 3 sebesar 201 MPa. Dengan nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yang didapatkan. Seperti yang ditampilkan pada table 1.

Tabel 1 Data Hasil Pengujian Uji Tarik Elektroda E6010

	Arus (Ampere)								
	70			80			90		
<b>Max Force (kgf)</b>	136	223	238	304	304	205	177	361	214
<b>Kekuatan Tarik (kgf/mm<sup>2</sup>)</b>	13,6	22,3	23,8	30,4	30,4	20,5	17,7	36,1	21,4
<b>Kekuatan Tarik (MPa)</b>	133	218	233	298	298	201	173	354	209
<b>Rata-rata</b>	194,7			265,7			245,3		

Berdasarkan Tabel.1 didapatkan kekuatan tarik tertinggi pada arus 80 ampere. Hal ini disebabkan panas yang masuk ke area las lebih stabil dibandingkan dengan variasi arus 70 dan 90 A. Pada arus 80 A, distribusi panas ke area las berada dalam rentang yang optimal. Panas yang terlalu rendah (70 A) mungkin tidak cukup untuk mencairkan logam dasar dan elektroda dengan baik, sehingga menghasilkan sambungan las yang lemah. Sebaliknya, panas yang terlalu tinggi (90 A) dapat menyebabkan *overheating*, menciptakan cacat seperti porositas, retak, atau deformasi yang mengurangi kekuatan tarik sambungan. Arus 80 A memungkinkan penetrasi yang tepat dan cukup dalam tanpa menyebabkan pembakaran berlebihan pada logam dasar. Penetrasi yang baik memastikan fungsi yang baik antara logam dasar dan logam pengisi, yang meningkatkan kekuatan sambungan las. Pada arus 80 A, laju pendinginan dan pembekuan logam las berada dalam kisaran yang optimal, yang membantu mengurangi risiko terbentuknya cacat las seperti retak panas, porositas, dan inklusi terak.

Cacat-cacat ini dapat signifikan mengurangi kekuatan tarik sambungan las. Arus 80 A seringkali memberikan stabilitas busur yang baik, yang berarti busur listrik yang digunakan untuk mencairkan logam lebih stabil dan konsisten. Stabilitas busur ini menghasilkan manik las yang lebih seragam dan berkesinambungan, yang secara keseluruhan meningkatkan kualitas dan kekuatan sambungan las. Arus 80 A mungkin menyediakan keseimbangan optimal antara energi masukan (*heat input*) dan laju pendinginan. Energi masukan yang tepat memastikan bahwa logam dasar dan logam pengisi mencair dan bergabung dengan baik, sementara laju pendinginan yang sesuai mencegah terjadinya struktur mikro yang rapuh atau tidak diinginkan yang dapat mengurangi kekuatan tarik.

**B. Analisis Hasil Uji Tarik Menggunakan Elektroda E6013**

Hasil uji tarik tertinggi pada elektroda E6013 ditemukan pada arus 90 A dengan hasil pada sample 1 sebesar 294 MPa, sample 2 sebesar 284 MPa dan sample 3 sebesar 219 MPa. Dengan nilai kekuatan tarik rata-rata tertinggi yang didapatkan seperti yang ditampilkan pada tabel 2. Hal ini dapat dianalisis dengan mempertimbangkan beberapa faktor yang mempengaruhi proses pengelasan dan kualitas sambungan las.

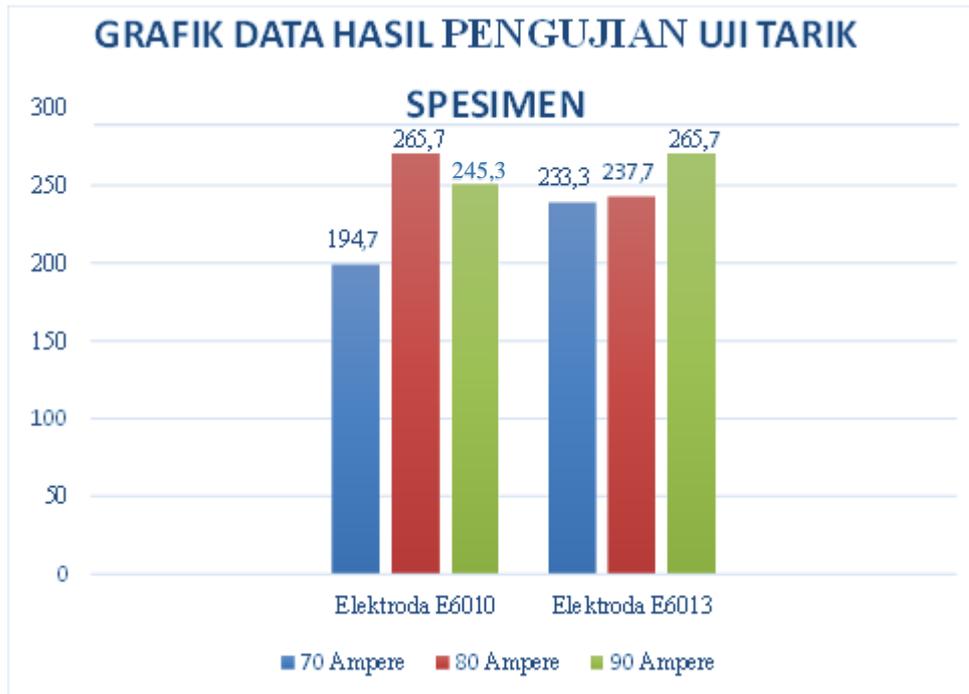
Tabel 2 Data Hasil Pengujian Uji Tarik Elektroda E6013

		Arus (Ampere)							
		70			80			90	
<b>Max Force (kgf)</b>	210	268	238	258	147	323	300	290	224
<b>Kekuatan Tarik (kgf/mm<sup>2</sup>)</b>	21	26,8	23,8	25,8	14,7	32,3	30	29	22,4
<b>Kekuatan Tarik (MPa)</b>	205	262	233	253	144	316	294	284	219
<b>Rata-rata</b>		233,3			237,7			265,7	

Pada arus 90 A, distribusi panas yang lebih tinggi memungkinkan pencairan yang lebih baik dari logam dasar dan elektroda. Hal ini menghasilkan sambungan las yang lebih kuat karena fusi antara logam dasar dan logam pengisi terjadi secara lebih menyeluruh. Pada arus yang lebih rendah seperti 70 A dan 80 A, panas yang dihasilkan mungkin tidak cukup untuk mencairkan logam secara optimal, yang menghasilkan sambungan las yang kurang kuat. Arus 90 A memberikan penetrasi yang lebih mendalam, yang berarti bahwa logam pengisi menembus lebih dalam ke logam dasar. Penetrasi yang mendalam ini memastikan sambungan las yang lebih kuat karena area kontak antara logam dasar dan logam pengisi lebih besar. Pada arus yang lebih rendah, penetrasi mungkin kurang memadai, sehingga mengurangi kekuatan tarik sambungan las.

Dengan arus yang lebih tinggi seperti 90 A, laju pencairan dan pembekuan logam las bisa lebih optimal, mengurangi kemungkinan terbentuknya cacat seperti porositas dan retak. Cacat- cacat ini cenderung lebih sedikit pada arus yang lebih tinggi dibandingkan dengan arus yang lebih rendah, dimana laju pencairan dan pembekuan mungkin tidak seimbang, menyebabkan cacat yang mengurangi kekuatan tarik. Pada arus 90 A, busur las mungkin lebih stabil dan konsisten dibandingkan dengan arus yang lebih rendah. Stabilitas busur ini penting untuk menghasilkan manik las yang seragam dan bebas cacat. Busur yang tidak stabil pada arus yang lebih rendah dapat menyebabkan variasi dalam kualitas sambungan las, yang mengarah pada kekuatan tarik yang lebih rendah. Elektroda E6013 dirancang untuk memberikan busur yang halus dan stabil, serta manik las yang rapi.

Pada arus 90 A, elektroda ini mungkin beroperasi dalam rentang optimalnya, menghasilkan hasil pengelasan yang paling efektif. Pada arus yang lebih rendah, elektroda ini mungkin tidak mencapai kinerja optimalnya, menghasilkan sambungan yang kurang kuat. Secara keseluruhan, arus 90 A memberikan kondisi optimal bagi elektroda E6013 untuk mencapai kekuatan tarik tertinggi. Panas yang lebih tinggi memastikan pencairan yang lebih baik dan penetrasi yang lebih dalam, yang mengurangi cacat dan meningkatkan kualitas sambungan las. Sebaliknya, arus 70 A dan 80 A mungkin tidak menyediakan panas yang cukup untuk memastikan fusi dan penetrasi yang optimal, sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang lebih rendah.



**Grafik 1:** Data Hasil Pengujian Uji Tarik Spesimen

Grafik diatas menunjukkan untuk nilai kekuatan tarik tertinggi untuk elektroda E6010 adalah diangka 265,7 MPa yakni didapat pada ampere 80, sedangkan untuk elektroda E6013 didapatkan kekuatan tarik tertingginya pada ampere 90 dengan nilai kekuatan tarik diangka 265,7 MPa.

#### 4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil pengujian, terlihat bahwa jenis elektroda dan kekuatan arus yang digunakan selama proses pengelasan mempengaruhi kualitas dan kekuatan kerekatan las. Data hasil pengujian elektroda E6010 menunjukkan nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi yaitu pada arus 80 Ampere dengan nilai 265,7 Mpa. Dan untuk nilai rata-rata kekuatan tarik keseluruhannya sebesar 705,7 MPa. Sementara itu, hasil pengujian elektroda E6013 didapatkan nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi pada arus 90 Ampere dengan nilai sebesar 265,7 MPa. Sedangkan untuk nilai kekuatan tarik rata-rata keseluruhannya sebesar 736,7 MPa. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik elektroda E6013 lebih baik dibandingkan dengan elektroda E6010 saat digunakan untuk pengelasan pada pelat baja S45C dengan metode SMAW. Oleh karena itu, disarankan untuk menggunakan elektroda E6013 jika hendak melakukan pengelasan pada pelat baja S45C untuk kebutuhan konstruksi atau pembuatan objek benda lainnya dalam kehidupan sehari-hari.

#### UCAPAN TERIMAKASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Laboratorium Manufaktur Fakultas Teknik Universitas Buana Perjuangan Karawang dan Laboratorium Teknik STT Wastukencana

Purwakarta. yang telah menyediakan kesempatan untuk peneliti melakukan penelitiannya dengan serius.

## DAFTAR RUJUKAN

- Afan, M. Bin, Purwantono, P., Mulianti, M., & Rahim, B. (2020). Pengaruh Suhu Penyimpanan Elektroda Low Hydrogen E7016 terhadap Hasil Uji Tekuk Sambungan Las Pelat Baja Karbon SS400. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 15(1), 20. <https://doi.org/10.32497/jrm.v15i1.1823>
- Amir, A., Murtalim, M., Ramdani, R., & ... (2022). Analisis Perubahan Arus Las Pada Las Gas Tungsten Arc Welding Terhadap Elastitas Dan Plastisitas Hasil Penelasan Baja Ss400. *Prosiding ...*, 66–78. <https://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/ProsidingKNPP/article/view/2448%0Ahttps://journal.ubpkarawang.ac.id/index.php/ProsidingKNPP/article/download/2448/1575>
- Arsyad, Z. I. (2019). *Pengaruh Variasi Rapat Arus dan Elektroda Dari Pengelasan SMAW Pada Material ASTM A213 Terhadap Struktur Mikro dan Distribusi Kekerasan Hasil Pengelasan*.
- Dody Prayitno, M. Z. (2023). *Pengaruh Quenching Oli Setelah Proses Karburasi Terhadap Kekerasan Baja C45C*. 64–71.
- Kurniawan, A. H. (2018). Analisa Kekuatan Sambungan Las SMAW Pada Material Baja ST 37. *Jurnal Mer-C No.3*, 1(3).
- Marwanto, A. (2007). Shield metal arc welding. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Yogyakarta*, 1, 1–9.
- Maulana, Y. (2016). Analisis Kekuatan Tarik Baja St37 Pasca Pengelasan Dengan Variasi Media Pendingin Menggunakan Smaw. *Jurnal Teknik Mesin UNISKA*, 02(01), 1–8.
- Munawar Muthia, H., Gusniar Nugraha, I., & Hanafi, R. (2023). Pengaruh Jenis Elektroda Las SMAW Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 11(1), 93–110. <http://10.0.93.79/jptm.v11i1.56007>.
- Nasution, A. H. (2023). Pengaruh Variasi Elektroda Pengelasan SMAW Pada Baja AISI SS201 Terhadap Hasil Uji Tarik. *Prosiding Seminar Nasional Teknik UISU (SEMNASTEK)*, 1–3.
- Rizal Ainur Rachman, M., & Mahendra Sakti, A. (2020). Analisa Perbedaan Kekerasan dan Kekuatan Tarik Baja S45C dengan Perlakuan Quenching dan Tempering. *Jtm*, 8(2), 89–94.
- Sc, P. B. (2021). *C selama 30menit), kemudian di quenching pada media air atau minyak kelapa (suhu kamar 28*. 70–75.
- Serial, M., & Dan, T. (2021). 65 <https://publikasi.kocenin.com>. 65–69.
- Suri, H. M., Harlin, H., & Sari, D. P. (2020). *Pengaruh Variasi Elektroda Dan Variasi Lingkungan Korosif Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan Plat Baja Lunak*.

<https://repository.unsri.ac.id/40868/>

Tulung, F. J. (2019). Modul praktek pengelasan smaw. *Politeknik Negeri Manado*, 1-74.  
<http://mesin.polimdo.ac.id/wp-content/uploads/2019/02/Modul-Pengelasan-SMAW.pdf>

Zayadi, A., Sungkono, Masyhudi, & Setyawan T, E. (2022). Pengaruh Waktu Tempering terhadap Karakter Baja s45c Pasca Quenching pada 950oc dan Tempering 500 C. *Jurnal Teknologi Kedirgantaraan*, 7(1), 34-65. <https://doi.org/10.35894/jtk.v7i1.53>

Zulfadly, Z., & Ghony, M. A. (2022). Variasi Ampere Terhadap Kekuatan Tarik Pada Hasil Pengelasan Dengan Posisi Down Hand. *Hexatech: Jurnal Ilmiah Teknik*, 1(01), 39-50. <https://doi.org/10.55904/hexatech.v1i01.75>