

Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Baja ST41 Hasil Pengelasan SMAW

Leonard Fandy Tuwo¹, Benyamin Tangaran², Kristiana Pasau³

Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Kristen Indonesia Paulus
Jl. Perintis Kemerdekaan Km 13 Daya Makassar, 90243
Email korespondensi:leoft0728@gmail.com

Abstrak Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Sifat Mekanik Baja ST41 Hasil Pengelasan SMAW (Dibimbing oleh: Benyamin Tangaran, S.T., M.T., dan Kristiana Pasau, S.T., M.T.)
Tujuan studi ini guna melihat pengaruh jenis elektroda pada kekuatan tarik material SS400 yang dilas dengan memakai ASTM E23 dengan memakai prosedur pengelasan SMAW. Materialnya SS400 dengan ASTM E23 mengalami perlakuan dalam mengelas dengan memakai beragam jenis elektroda, yaitu E6013 dan E7016. Temuan memperlihatkan jenis elektroda ada pengaruh pada kekuatan tarik material, dimana jenis elektroda E7016 mempunyai nilai tertinggi 43,33 kgf/mm² dan jenis elektroda E6013 di urutan kedua yaitu 33,02 kgf/mm². Sesuai dengan standar ASTM E8M-01 dan ASTM E23, spesimen akan dibuat dengan memakai benda uji baja karbon ST41 untuk memenuhi tujuan studi. Benda-benda ini lalu akan menjalani pengujian impak dan tarik. Menemukan kekuatan tarik spesimen dilaksanakan dengan pengujian tarik. Kekuatan tumbukan logam dievaluasi memakai pengujian tumbukan. dalam melaksanakan pengujianannya, dipakai “Universal Testing Machine”.

Kata Kunci : Uji Tarik, Uji Impak, SMAW

Abstract Analysis of the Effect of Electrode Type on the Mechanical Properties of ST41 Steel from SMAW Welding Results (Supervised by: Benyamin Tangaran, S.T., M.T., and Kristiana Pasau, S.T., M.T.).

This research goal is to determine how the kind of electrode affects the tensile strength of SS400 material that has been welded using ASTM E23 and the SMAW welding process. SS400 with ASTM E23 is subjected to welding treatment with several kinds of electrodes, namely E6013 and E7016. With the E7016 electrode type having the highest value at 43.33 kgf/mm² and the E6013 electrode type coming in second at 33.02 kgf/mm², the results demonstrate that the kind of electrode affects the material's tensile strength.

To achieve the study's goal, specimens will be created utilizing medium carbon steel test items in compliance with ASTM E8M-01 and ASTM E23 standards. After that, tensile and impact tests will be performed on these items. Through tensile testing, the specimen's tensile strength is determined. Using impact testing, the metal's impact strength is assessed. The exams are conducted using a "Universal Testing Machine."

Keywords: Tensile Test, Impact Test, S

1.Pendahuluan

Pengelasan sangat penting untuk rekayasa dan pemeliharaan logam, sehingga tidak mungkin untuk memisahkannya dari kemajuan konstruksi. Di dunia global saat ini, pengelasan adalah bagian umum dari aktivitas bangunan logam, terkhusus di area desain, dikarenakan sambungan las ialah jenis sambungan yang paling sering digunakan dan secara teknis membutuhkan alat, prosedur, dan keahlian berkualitas tinggi untuk memberikan hasil yang memuaskan [1]. Kapal, jembatan, rangka baja, tangki bertekanan, fasilitas transportasi, kereta api, jaringan pipa, dan banyak lagi adalah beberapa contoh dari berbagai proyek bangunan yang menggunakan proses pengelasan [2]. Proses pembangunan struktur las sesuai dengan cetak biru dan spesifikasi dipengaruhi oleh sejumlah komponen manufaktur yang menentukan semua detail eksekusi yang diperlukan. Proses produksi pengelasan dipengaruhi oleh berbagai faktor yang saling terkait. Faktor-faktor tersebut mencakup perencanaan dan jadwal pengelasan, pemilihan peralatan serta perlengkapan

yang sesuai, serta tahapan pelaksanaannya [3]. Selain itu, persiapan sebelum pengelasan juga memainkan peran penting, termasuk dalam hal pemilihan mesin las yang tepat, penunjukan tenaga kerja yang kompeten, serta pemilihan elektroda dan jenis fillet yang sesuai dengan kebutuhan. Keseluruhan aspek ini berkontribusi langsung terhadap efisiensi, kualitas, dan hasil akhir dari produksi pengelasan [4].

Ada banyak aplikasi yang berbeda untuk proses pengelasan dalam konstruksi, seperti kereta api, jaringan pipa, bejana tekan, kapal, jembatan, rangka baja, dan infrastruktur transportasi. Menyambungkan dua komponen logam menjadi satu adalah salah satu dari sekian banyak kegunaan pengelasan. Selain itu, pengelasan dapat digunakan sebagai alat atau media pemotongan. Namun, saat arusnya tinggi, elektroda akan mencairnya cepat, menciptakan penetrasi yang lebih dalam dan permukaannya las yang lebih besar. Hal ini akan mengurangi kekuatan tarik las dan membuatnya lebih rapuh [5].

Biaya yang murah, prosedur yang relatif cepat, berat yang lebih ringan, dan bentuk bangunan yang lebih

beragam merupakan keuntungan lain dari pengelasan. Pengelasan secara umum dipahami sebagai sambungan metallurgi yang dibentuk dalam sambungannya logam saat cair.

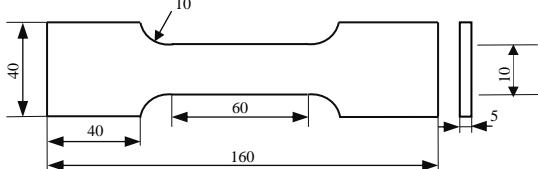
2. Pengujian Tarik

Kekuatan tarik ialah sifat mekanik paling signifikan serta lazim dalam desain dan konstruksi bangunan. Pada tiap material berbeda dalam hal kekerasan, fleksibilitas, dll. Sifat mekanik material harus ditentukan dengan pengujian, dan pengujian tarik ialah pengujian paling sering dilaksanakan. Pengujianannya mempunyai tujuan guna penentuan karakteristik material dan mengevaluasi tingkat kekuatannya[6].

Dalam pengujian tarik, banyak benda uji yang digunakan. Untuk memastikan kekuatan tarik material, pengujian tarik melibatkan pemberian beban (gaya statis) di sepanjang sumbu yang sama baik secara perlahan maupun cepat. Sifat mekanik yang diidentifikasi dalam pengujian ini meliputi kekuatan dan elastisitas material[7].

Uji tarik, proses pembuatan spesimen pengujian tarik adalah sebagai berikut :

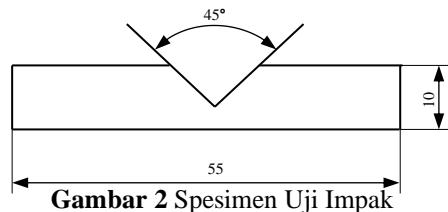
Berbicara tentang standar ASTM E8M-01 untuk pengujian kekuatan tarik. Uji tarik akan dilakukan pada spesimen yang dibuat sesuai dengan ASTM E8M-01 setelah proses pengelasan selesai. Kekuatan tarik dari spesimen yang diuji dipastikan dengan pengujian tarik. Alat yang disebut “*Universal Testing Machine*” digunakan untuk melakukan pengujian[8]. Standar pengujian tarik metrik untuk bahan logam yang diterbitkan pada tahun 2001 disebut sebagai ASTM E8M-01[9]. Standar ini memberikan petunjuk yang tepat untuk melakukan uji tarik dan mengevaluasi karakteristik mekanis material logam. Gambar 1 di bawah ini menunjukkan dimensi uji kekuatan tarik material:



Gambar 1 Spesimen Uji Tarik ASTM E8M-01

3. Pengujian Impak

Dua metode uji benturan yang umum digunakan adalah *izod* dan *charpy*. Energi tumbukan, atau ketangguhan takik, diukur dengan pengujian ini, yang juga menguji kecenderungan logam untuk patah getas. Metode yang paling banyak digunakan adalah *charpy V-notch (CVN)*. Benda uji diposisikan secara horizontal pada metode *charpy* dengan kedua ujungnya digenggam, dan pendulum memukulnya batang uji dari bawah takik[10].



4.1 Perhitungan Pengujian Tarik

Biasanya, karakteristik tegangan, regangan, dan reduksi penampang adalah hasil dari pengujian tarik. Data pengujianannya dipakai guna melaksanakan prosedur komputasi dan analisis data berikut ini: Data spesimen asli yang digunakan dalam perhitungan data uji tarik yakni:

- Panjang awal spesimen (L_o) = 60 mm
- Lebar spesimen (W_o) = 20 mm
- Tebal spesimen (t_o) = 5 mm
- Luas penampang (A_o) = 100 mm²

Untuk perhitungan digunakan salah satu data pada spesimen normal (Tanpa pengelasan sebagai berikut:

- Beban tarik maksimum (F_u) = 4157 kgf
- Pertambahan panjang (ΔL_{Maks}) = 17 mm

4. Spesimen Normal

Data I

1. Tegangan tarik maksimum (σ_u)

$$\sigma_u = \frac{F_u}{A_o} \dots \dots \dots (1)$$

$$\sigma_u = \frac{4157 \text{ kgf}}{100 \text{ mm}^2}$$

$$\sigma_u = 41,57 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$

Regangan (ϵ_u)

$$\epsilon_u = \frac{\Delta L_{Maks}}{L_o} \times 100\% \dots \dots \dots (2)$$

$$\epsilon_u = \frac{17 \text{ mm}}{60 \text{ mm}} \times 100\%$$

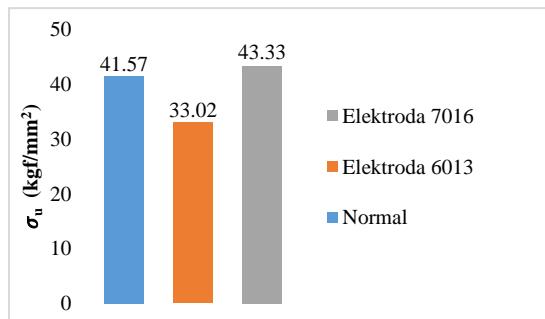
$$\epsilon_u = 0,283 \approx 28,3 \%$$

Nilai elastisitas (E_u)

$$E_u = \frac{\sigma_u}{\epsilon_u} \dots \dots \dots (3)$$

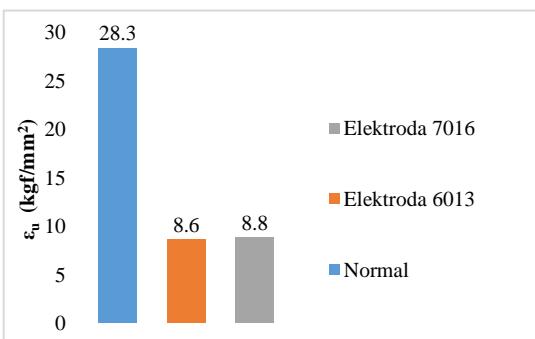
$$E_u = \frac{41,57 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}}{0,283}$$

$$E_u = 146,7 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$$



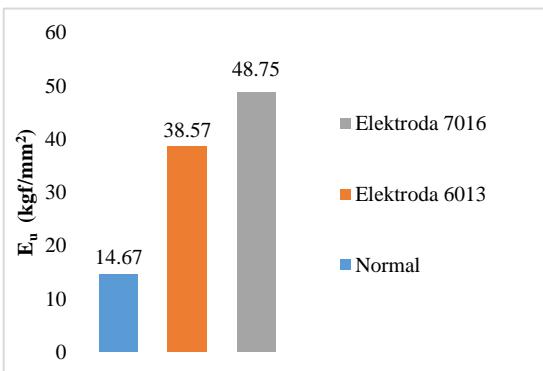
Gambar 3 Diagram Tegangan Tarik Maksimum vs Jenis Elektroda

Kekuatan tarik maksimum spesimen normal yakni $41,57 \text{ kgf/mm}^2$. Kekuatan tarik maksimum rata-rata elektroda E6013 yakni $33,02 \text{ kgf/mm}^2$. Di sisi lain, kekuatan tarik maksimum rata-ratanya elektroda E7016 adalah $43,33 \text{ kgf/mm}^2$.



Gambar 4 Diagram Regangan vs Jenis Elektroda

Nilai regangan pada spesimen normal 28,3 % rata-rata pada regangan E6013 yakni 8,6 %, rata-rata regangan pada elektroda E7016 yakni 8,8 %.



Gambar 5 Nilai elastisitas vs Jenis Elektroda

Spesimen normal memiliki nilai elastisitas $14,67 \text{ kgf/mm}^2$. Dengan nilai rata-ratanya $38,57 \text{ kgf/mm}^2$, spesimen elektroda E6013 lebih tinggi 23,9 kgf dari spesimen normal. Sebagai perbandingan, spesimen elektroda E7016 mempunyai nilai elastisitas rata-ratanya $48,75 \text{ kgf/mm}^2$.

5. Perhitungan Pengujian impak

Tujuan pengujian tumbukan atau ketangguhan ialah guna memastikan harga tumbukan serta energi tumbukan. Rumusnya uji Charpy yang bisa dipakai dalam penentuan harga dan energi tumbukan yakni:

6. Spesimen normal

Data 1

- Massa bandul (m) = $7,2 \text{ kg}$
- Panjang bandul (R) = $0,7 \text{ m}$
- Sudut tumbuk (α) = 135°
- Sudut setelah mematahkan spesimen (β) = 104°

Tinggi bandul untuk mematahkan spesimen (h_1)

$$h_1 = R + R \sin(135^\circ - 90^\circ)$$

$$h_1 = 0,78 \text{ m} + 0,78 \text{ m} \times \sin(45^\circ)$$

$$h_1 = 0,78 \text{ m} + (0,78 \text{ m} \times \sin(0,707))$$

$$h_1 = 0,78 \text{ m} + (0,78 \text{ m} \times 0,707)$$

$$h_1 = 0,78 \text{ m} + 0,494$$

$$\mathbf{h_1 = 1,331 \text{ m}}$$

- a. Usaha untuk mematahkan spesimen (U_1)

$$U_1 = m \times g \times h_1$$

$$U_1 = 7,2 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1,331 \text{ m}$$

$$U_1 = 70,632 \text{ kg} \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 1,331 \text{ m}$$

$$\mathbf{U_1 = 94,01 \text{ Joule}}$$

- b. Simpangan bandul setelah mematahkan spesimen (h_2)

$$h_2 = R + R \sin(\beta - 90^\circ)$$

$$h_2 = 0,78 \text{ m} + 0,78 \text{ m} \sin(104^\circ - 90^\circ)$$

$$h_2 = 0,78 \text{ m} + (0,78 \text{ m} \times \sin(14^\circ))$$

$$h_2 = 0,78 \text{ m} + (0,78 \text{ m} \times (0,241))$$

$$h_2 = 0,78 \text{ m} + 0,187$$

$$\mathbf{h_2 = 0,96 \text{ m}}$$

- c. Usaha sesudah mematahkan spesimen (U_2)

$$U_2 = m \times g \times h_2$$

$$U_2 = 7,2 \text{ kg} \times 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 0,967 \text{ m}$$

$$\mathbf{U_2 = 68,30 \text{ Joule}}$$

- d. Usaha mematahkan spesimen (U)

$$U = U_1 - U_2$$

$$U = 94,01 \text{ Joule} - 68,30 \text{ Joule}$$

$$\mathbf{U = 25,71 \text{ Joule}}$$

- e. Luas penampang efektif spesimen (A)

$$A = b \times t_c$$

$$A = 5 \text{ mm} \times 10 \text{ mm}$$

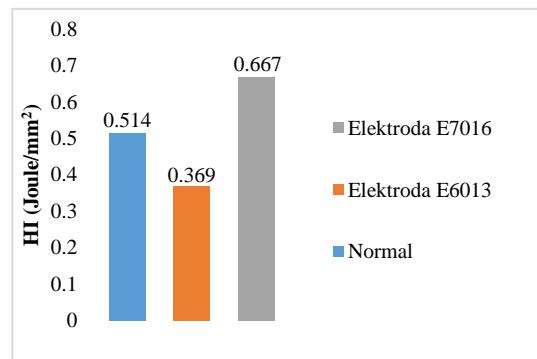
$$A = 50 \text{ mm}^2 \approx 50 \times 10^{-6} \text{ m}^2$$

f. Harga *impact* bahan (Hi)

$$Hi = \frac{U}{A}$$

$$Hi = \frac{25,71 \text{ joule}}{50 \times 10^{-6} \text{ m}^2}$$

$$Hi = 0,514 \times 10^6 \frac{\text{Joule}}{\text{m}^2}$$



Gambar 6 Grafik Hubungan Antara Jenis Elektroda Vs Harga Impak

Melihat hal tersebut bisa dikatakan hubungan antara HI dan jenis elektroda memperlihatkan Nilai rata-rata HI pada spesimen normal yakni $0,514 \text{ Joule/mm}^2$, Nilai rata-rata HI pada spesimen elektroda E6013 memakai arus 90A besarnya $0,369 \text{ Joule/mm}^2$, Nilai rata-rata HI pada spesimen dengan elektroda E7016 memakai arus 90A besarnya $0,677 \text{ Joule/mm}^2$.

Variabilitas dalam nilai efek terlihat jelas dari data studi. Sedangkan spesimen dengan elektroda E7016 yang menggunakan arus 90A memiliki harga impak terbesar, dengan nilai rata-rata $0,667 \text{ Joule/mm}^2$, spesimen dengan elektroda E6013 yang menggunakan arus 90A mempunyai HI terendah, dengan nilai rata-ratanya $0,369 \text{ Joule/mm}^2$. Hal ini bisa dibuat simpulan jenis elektroda E7016 lebih unggul dari jenis elektroda E6013 dari harga impak yang tinggi dari yang pertama dan harga impak yang rendah dari yang kedua.

7. Kesimpulan

Melihat pemamparan temuan pengujian serta pembahasannya, maka simpulan dalam studi ini yakni

- Spesimen yang memakai elektroda E6013 memiliki kekuatan tarik maksimum rata-ratanya terendah $33,02 \text{ kgf/mm}^2$, sedangkan pengelasan yang memakai elektroda E7016 memiliki kekuatan tarik rata-ratanya $43,33 \text{ kgf/mm}^2$. Hasil pengujian dapat kita lihat bahwa variasi elektroda dalam pengelasan memiliki dampak signifikan terhadap sifat mekanik baja ST41. Elektroda E7016 menunjukkan performa yang lebih baik dibandingkan dengan elektroda E6013 dalam

pengujian tarik, yang menjadikannya pilihan lebih baik untuk aplikasinya.

- Elektroda E7016 memiliki kekuatan impak rata-ratanya ($0,667 \text{ joule}$) ketika dipakai dalam pengelasan, sedangkan elektroda E6013 memiliki kekuatan impak rata-rata terendah ($0,369 \text{ joule}$). Hasil pengujian impak menunjukkan bahwa variasi elektroda dalam proses pengelasan memiliki pengaruh signifikan terhadap sifat mekanik baja ST41. Elektroda E7016 memberikan performa lebih baik dibandingkan dengan elektroda E6013 dalam ketangguhannya, menjadikannya pilihan yang lebih baik untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap ketangguhan.

Oleh karena itu, pemilihan elektroda yang tepat sangat penting untuk memastikan kekuatan dan daya tahan material las yang optimal.

8. Saran

Sesudah melaksanakan studi ini, terdapat sarannya bagi studi lanjutan seperti teknik pengelasan secara optimal hingga tidak adanya hal gagal saat pengambilan data, diharapkan dapat meningkatkan kualitas sambungan las pada baja ST41 dan memperpanjang umur serta keandalan struktur yang menggunakan material ini. Pemilihan elektroda yang tepat, disertai dengan pemahaman yang mendalam tentang sifat material, akan menghasilkan proses *welding* yang lebih efisien dan efektif dalam teknik dan industri.

9. Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada kedua orang tua, saudara, serta semua pihak yang telah memberikan dukungan, baik secara langsung maupun tidak langsung, dalam proses penelitian ini. Tanpa dukungan kalian, penelitian ini tidak akan dapat diselesaikan dengan baik. Dukungan, doa, dan dorongan yang diberikan sangat berarti. Tuhan Yesus Memberkati kita semua.

Puji Tuhan Tugas akhir ini dapat terselesaikan dengan baik.

10. Daftar Pustaka

- [1] Gunawan, Y. Dkk (2017). Analisa pengaruh pengelasan listrik terhadap sifat mekanik baja karbon rendah dan baja karbon tinggi. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Teknik Mesin*.
- [2] Yendri, O. (2024). SIFAT DAN BENTUK BAJA. *Struktur Baja*, 40.
- [3] Abdul, H. (2016). Analisa Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan.

- [4] uspian, G., Nanang, E., & Bayu, H. A. (2017). Analisa Pengaruh Pengelasan Listrik Terhadap Sifat Mekanik Baja Kerbon Rendah Dan Baja Karbon Tinggi.
- [5] Arifin. (1997). Las Listrik dan Otogen. Jakarta: Ghalia.
- [6] Wiryosumarto. (2000). Teknologi Pengelasan Logam
- [7] Santoso, J. (2006). Pengaruh Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Ketangguhan Las SMAW dengan Elektroda E7018. Skripsi.
- [8] Nur, Y. M., Rifelino, R., Jasman, J., & Nurdin, H. (2021). ANALISIS KEKUATAN TARIK HASIL SAMBUNGAN PENGEELASAN GESEK PADA BAJA ST42. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 3(2), 41-46.
- [9] Santoso, dkk. (2015). Pengaruh kuat arus listrik pengelasan terhadap kekuatan tarik dan struktur mikro las SMAW dengan elektroda E7016. *Jurnal Teknik Mesin Universitas Negeri Malang*, 23(1), 141149.
- [10] Firmansyah. (2024). *Tensile Test : Pengertian, Prosedur, Acceptance dan Standard*.