

Analisis Pengaruh Variasi Arus dan Keruncingan Sudut Elektroda terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan pada Material Baja ASTM A36 dengan Las TIG

Jose Esteves¹ dan Suheni²

Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya^{1,2}

e-mail: suheni@itats.ac.id²

ABSTRACT

Welding is a way of joining solid objects by melting them through heating. ASTM A36 is included in materials that have sufficient corrosion resistance, strength and weldability. For ASTM welding, TIG welding is very good because tungsten gas will emit oxygen which will create very hard metal oxides. The aim of this research is to analyze the effect of current and electrode angle on the tensile strength and hardness of Rockwell B with TIG welded ASTM A36 steel material. The research method used in this research is an experiment. From this research, the treatment given by the research is welding with current and electrode angle. Welding was carried out using the TIG/GTAW welding method on ASTM A36 material with filler ER 70S-6 with a V seam of 60° and welding position 1G. The highest tensile strength results were found in specimens welded using a welding current of 120 A with an electrode angle of 60°, which obtained a tensile strength of 484.919 MPa. The highest rockwell hardness is found in welding using a current of 120 A with an electrode angle of 60°, which obtains rockwell hardness in the HAZ area of 191.9 HRB. Calculating the width of the HAZ using image-J software, it was found that the widest HAZ was found in a specimen with a welding current of 120 A with an electrode angle of 60° with a value of 1.73 mm.

Keywords: *Welding Current, Electrode Angle, Tensile Strength, Hardness, ASTM A36 Steel Material, TIG Welding*

ABSTRAK

Pengelasan (*welding*) adalah suatu cara menyambung benda padat jalan mencairkannya melalui pemanasan. ASTM A36 termasuk dalam material yang memiliki ketahanan korosi, kekuatan dan kemampuan las yang cukup. Untuk pengelasan ASTM, pengelasan TIG sangat baik karena gas tungsten akan mengeluarkan oksigen yang akan menimbulkan oksida logam yang sangat keras. Tujuan penelitian ini adalah Untuk menganalisa pengaruh arus dan sudut elektroda terhadap kekuatan tarik dan kekerasan *rockwell* B dengan material baja ASTM A36 las TIG. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini berupa eksperimen. Dari penelitian ini perlakuan yang diberikan oleh penelitian adalah pengelasan dengan arus dan sudut elektroda. Pengelasan dilakukan dengan metode las TIG/GTAW pada material ASTM A36 dengan bahan pengisi/*filler* ER 70S-6 dengan kampuh V 60° dan posisi pengelasan 1G. Hasil kekuatan tarik tertinggi terdapat pada spesimen yang dilas menggunakan arus pengelasan 120 A dengan sudut elektroda 60°, yang memperoleh kekutan tarik sebesar 484,919 MPa. Kekerasan *rockwell* yang paling tertinggi terdapat pada pengelasan menggunakan arus 120 A dengan sudut elektroda 60°, yang memperoleh kekerasan *rockwell* pada daerah HAZ 191,9 HRB. Perhitungan lebar HAZ menggunakan *software* image-J, didapatkan HAZ paling lebar terdapat pada sepesimen arus pengelasan 120 A dengan sudut elektroda 60° dengan nilai sebesar 1,73 mm.

Kata kunci: Arus Pengelasan, Sudut Eletroda, Kekuatan tarik, Kekerasan, Material Baja ASTM 36, Las TIG

PENDAHULUAN

Proses pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) melibatkan penggunaan lapisan pelindung gas mulia seperti argon atau helium. Pengelasan TIG ini memiliki beberapa keunggulan, yaitu, kecepatan pengumpanan logam pengisi dapat diatur tanpa terpengaruh oleh besarnya arus listrik, memungkinkan pengaturan penetrasi ke dalam logam pengisi sesuai kebutuhan dan menghasilkan kualitas yang lebih baik pada daerah las [1]. Faktor-faktor pengelasan sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik logam hasil las TIG, seperti diameter elektroda dan kecepatan las yang terbukti mempengaruhi kekuatan tarik dan kekerasan [2]. Faktor lain yang juga berpengaruh terhadap hasil las TIG adalah sudut keruncingan elektroda, arus temperatur, dan jenis kampuh, sebagaimana yang telah diteliti pada penelitian sebelumnya [3], [4].

Pengelasan TIG dapat digunakan untuk penyambungan pada beberapa jenis logam seperti *stainless steel*, aluminum, dan baja karbon [2], [3], [4], [5]. Salah satu jenis baja karbon yang dapat disambung dengan las TIG adalah baja karbon rendah seperti ASTM A36. Baja jenis ini banyak diterapkan dalam berbagai

industri, seperti konstruksi bangunan, pembuatan tanki, atau pipa [6]. Sehingga proses penyambungan dengan las sangat perlu diperhatikan guna menghasilkan hasil las yang berkualitas.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, penelitian ini berfokus pada pengaruh variasi arus dan sudut elektroda terhadap kekuatan tarik, kekerasan, dan struktur makro dengan material baja ASTM A36 dengan las TIG.

TINJAUAN PUSTAKA

Las TIG (*Tungsten Inert Gas*)

Proses pengelasan TIG melibatkan penggunaan lapisan pelindung gas mulia seperti argon atau helium. Dalam proses ini, kawat tambahan digunakan sebagai bahan pengisi untuk membentuk jalur las tanpa menghasilkan terak, kotoran, atau *spatter*. Hal ini mengeliminasi kebutuhan untuk proses pembersihan berat. Pengelasan TIG terbukti sangat efisien ketika diterapkan pada material baja tahan karat, baja karbon, dan aluminium dengan penggunaan *filler* yang sesuai [3], [4], [5]. Hasil las TIG pada logam karbon rendah juga banyak diteliti dengan beberapa jenis baja karbon rendah. Penelitian sebelumnya menyampaikan pengaruh *heat input* pada hasil las baja karbon rendah terhadap kekuatan tarik dan kekerasan [7].

Beberapa faktor yang mempengaruhi sifat mekanik logam hasil las seperti, arus pengelasan dan keruncingan sudut elektroda. Pasau dkk dalam penelitiannya menyatakan bahwa pengelasan GTAW (*Gas tungsten arc welding*) dengan variasi arus yang semakin besar mampu meningkatkan kekuatan tarik baja karbon sebesar 3,47 kgf/mm² dari spesimen tanpa las [8]. Sedangkan keruncingan sudut elektroda terbukti berpengaruh terhadap sifat mekanis, semakin besar keruncingan sudut elektroda, maka semakin getas logam hasil las baja karbon disebabkan oleh penetrasi hasil las yang semakin dalam dan runcing sehingga daerah HAZ (*heat affected zone*) semakin lebar [3], [9].

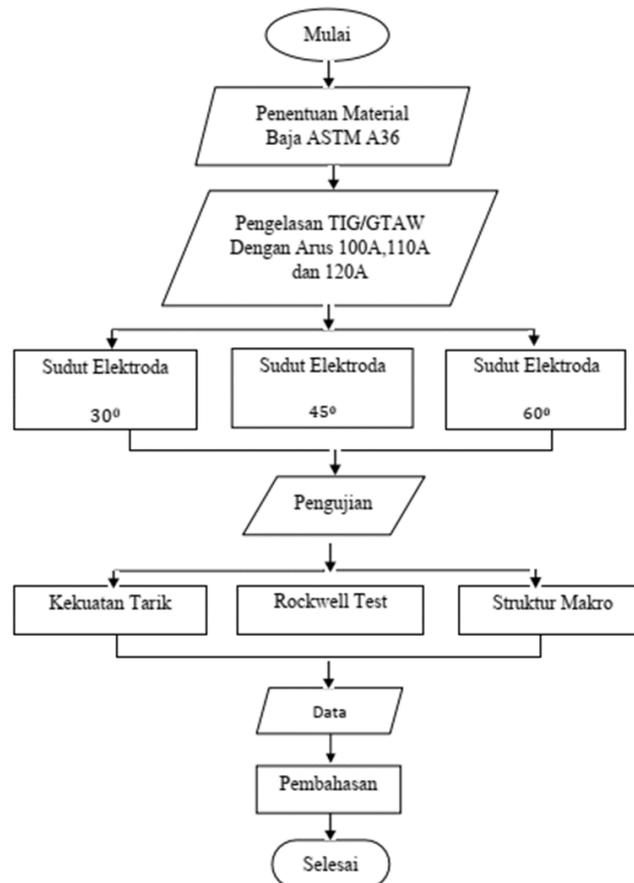
Baja ASTM A36

Baja ASTM A36 termasuk ke dalam kategori baja karbon rendah dengan keuletan tinggi, mudah dimampukan mesin dan banyak diaplikasikan dalam industri konstruksi maritim, bangunan, maupun pipa [10]. Baja ini dimasukkan ke dalam kategori baja karbon rendah karena kandungan karbonnya antara 0,05 – 0,3% [11].

Beberapa penelitian telah dilakukan untuk menganalisis hasil las TIG baja ASTM A36. Seperti yang dilakukan oleh peneliti sebelumnya dengan mengamati hasil las GTAW terhadap kekuatan tariknya [12].

METODE

Material yang dilas adalah baja ASTM A36 ukuran 150 mm x 100 mm x 10 mm dengan kampuh V 60° dan posisi pengelasan 1G. Logam pengisi (*filler*) yang digunakan adalah ER70S-6 diameter 2 mm dan gas pelindung UHP (*Ultra High Purity*) Argon 100%. Kecepatan pengelasan yang digunakan 1,5 mm/detik dengan voltase 18V. Variasi arus 100, 110, dan 120 A, serta variasi keruncingan sudut elektroda 30°, 40°, dan 60°. Diagram alir penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik dengan standar ASME SEC. IX menggunakan mesin *Hydraulic Universal Testing Machine* (maksimum pembebanan 88.25 kN) kecepatan 400mm/min. Hasil sambungan las ASTM A36 dilakukan uji kekerasan di laboratorium uji bahan Kampuh Indonesia menggunakan mesin *Rockwell Hardnes B (HRB)* dengan *test load applied* 980 kN. Uji kekerasan dilakukan masing-masing 3 titik pada setiap daerah hasil las (HAZ, *weld*, dan *base metal*). Pengamatan struktur makro dilakukan sebagai *visual examination* dengan tujuan yang akan mengetahui bentuk batasan antara, *Weld Metal*, *Head Affected Zone (HAZ)* dan *Base Metal*. Perhitungan lebar HAZ dilakukan dengan melakukan analisis foto makro. Dilakukan dengan melakukan proses *grinding* dan poles dengan menggunakan kertas amplas dari grid 100 sampai 5000. Kemudian spesimen direndam dalam larutan etsa asam nitrat selama 80 detik, lalu dibersihkan menggunakan alkohol dan dikeringkan. Hasilnya didokumentasikan kemudian diukur lebar HAZ dengan *software image-J*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

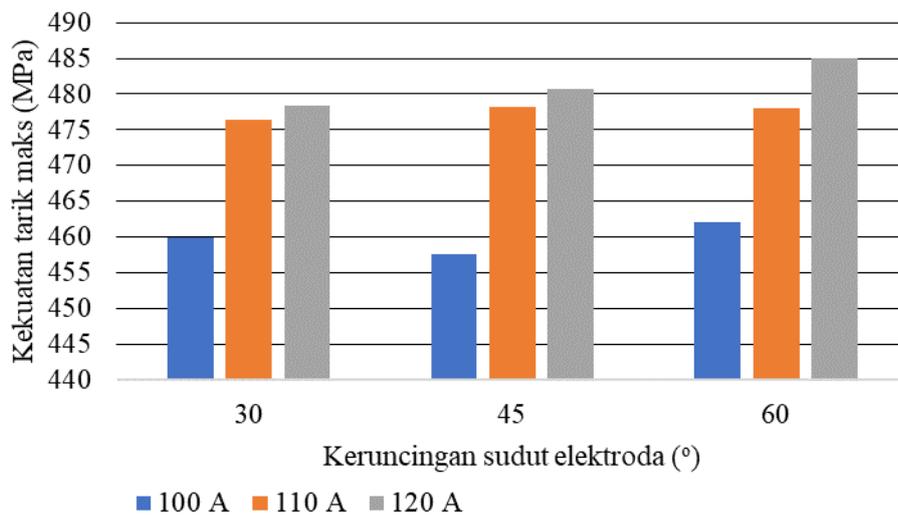
Pengujian Tarik

Berdasarkan hasil uji tarik, didapatkan gaya tarik maksimum. Kemudian dilakukan perhitungan sehingga dapat nilai kekuatan tarik maksimum (UTS), seperti pada Tabel 1. Nilai UTS tertinggi sebesar 484,919 MPa pada variasi arus 120 A dan keruncingan sudut elektroda 60°. Hasil kekuatan tarik maksimum menunjukkan bahwa semakin besar arus pengelasan yang digunakan, maka kekuatan tarik semakin tinggi. Begitu pun dengan sudut elektroda, semakin besar keruncingan sudut elektroda maka kekuatan tarik semakin meningkat.

Kenaikan kekuatan tarik terhadap naiknya arus ini selaras dengan penelitian sebelumnya oleh [8]. Sedangkan sudut keruncingan elektroda menunjukkan kekuatan maksimum dengan tren yang secara umum meningkat seperti halnya penelitian sebelumnya, hal ini dikarenakan oleh keruncingan elektroda mempengaruhi profil lasan yang dihasilkan [3].

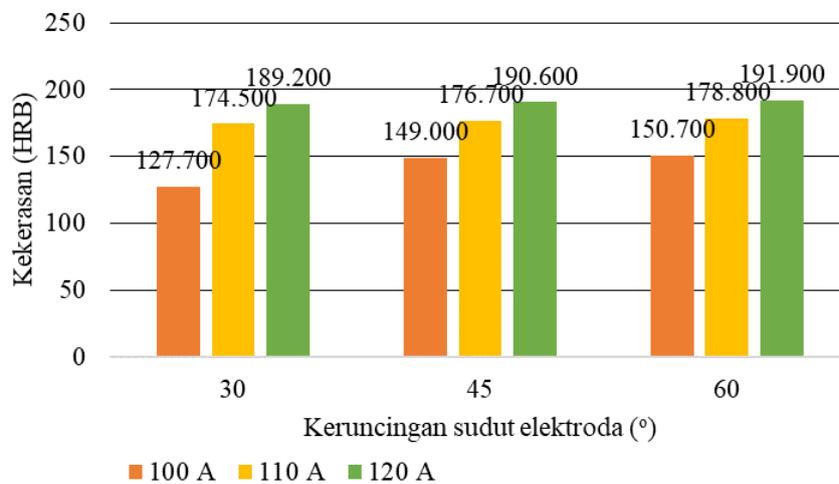
Tabel 1. Data kekuatan tarik maksimum hasil las TIG baja ASTM A36

| Arus (A) | Keruncingan Sudut Elektroda (°) | Gaya Tarik Maksimum (kN) | Kekuatan Tarik Maksimum (MPa) |
|----------|---------------------------------|--------------------------|-------------------------------|
| 100 | 30 | 87,57 | 459,975 |
| | 45 | 87,46 | 457,618 |
| | 60 | 88,25 | 462,042 |
| 110 | 30 | 91,25 | 476,452 |
| | 45 | 92,52 | 478,263 |
| | 60 | 93,46 | 478,007 |
| 120 | 30 | 94,57 | 478,424 |
| | 45 | 95,54 | 480,704 |
| | 60 | 96,46 | 484,919 |



Gambar 2. Kekuatan tarik maksimum hasil las TIG baja ASTM A36 dengan variasi keruncingan sudut dan arus pengelasan

Pengujian Kekerasan Rockwell B

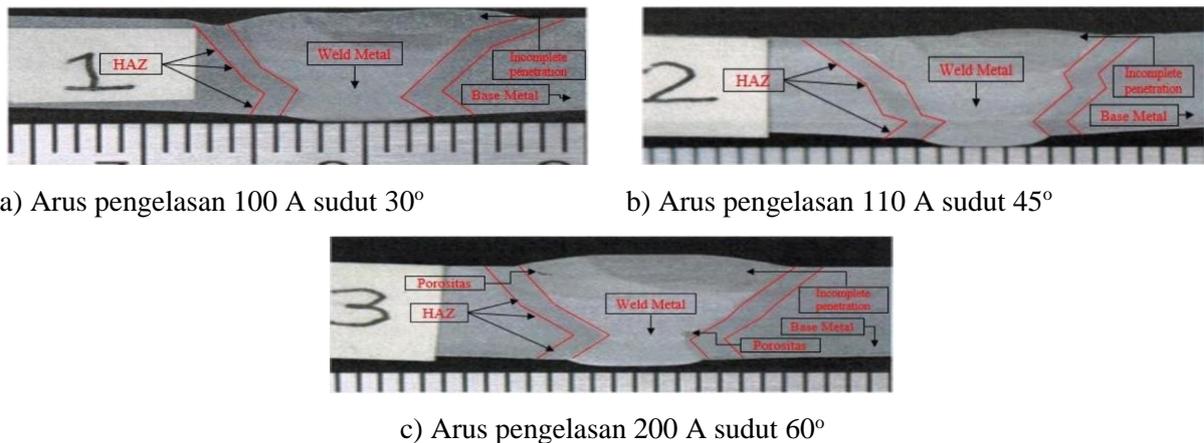


Gambar 3. Kekerasan rockwell hasil las TIG baja ASTM A36 dengan variasi keruncingan sudut dan arus pengelasan

Hasil kekerasan *rockwell* yang disajikan adalah nilai kekerasan pada daerah logam HAZ (Gambar 3). Kekerasan tertinggi 191,9 HRB didapatkan pada spesimen dengan variasi arus 120 A dan keruncingan sudut elektroda 60°. Hasil kekerasan yang dihasilkan sebanding dengan kekuatan tarik maksimum yang dihasilkan dari uji tarik. Hal ini mengindikasikan bahwa kekerasan yang semakin meningkat sesuai dengan kekuatan tarik yang meningkat juga. Kekerasan yang semakin meningkat seiring dengan arus yang semakin meningkat diakibatkan oleh masukan panas yang dihasilkan saat proses pengelasan.

Perhitungan Lebar HAZ

Lebar HAZ didapatkan dari hasil analisis struktur makro, kemudian lebar diukur menggunakan *software image-J*. Contoh hasil foto struktur makro disajikan pada Gambar 4.



Gambar 4. Sampling hasil foto struktur makro dengan variasi keruncingan sudut dan arus pengelasan

Tabel 2. Data lebar HAZ hasil las TIG baja ASTM A36 dengan variasi keruncingan sudut dan arus pengelasan

| Arus (A) | Keruncingan Sudut Elektroda (°) | Rata-rata Lebar HAZ (mm) |
|----------|---------------------------------|--------------------------|
| 100 | 30 | 1,7 |
| | 45 | 1,71 |
| | 60 | 1,72 |
| 110 | 30 | 1,71 |
| | 45 | 1,71 |
| | 60 | 1,72 |
| 120 | 30 | 1,72 |
| | 45 | 1,73 |
| | 60 | 1,73 |

Nilai lebar HAZ terbesar 1,73 mm pada variasi spesimen arus 120 A dengan keruncingan sudut elektroda 45° dan 60°. Secara umum, lebar HAZ semakin besar dengan bertambah besarnya arus pengelasan. Begitu pula dengan sudut keruncingan elektroda, semakin besar sudut maka lebar HAZ secara umum semakin besar. Lebar HAZ diakibatkan oleh penetrasi leleh logam pengisi yang lebih sempurna pada arus yang lebih tinggi. Sehingga hal ini berakibat pada meningkatnya sifat mekanik, sesuai pada hasil pengujian tarik dan kekerasan yang telah dibahas di sub sebelumnya.

KESIMPULAN

Besar arus dan keruncingan sudut elektroda pada pengelasan TIG pada logam ASTM A36 mempengaruhi sifat mekanik logam hasil lasan. Nilai UTS (*Ultimate tensile strength*) dan kekerasan tertinggi masing-masing sebesar 484,919 MPa dan 191,9 HRB pada spesimen variasi arus 120 A dan keruncingan sudut elektroda 60°. Semakin besar arus dan sudut keruncingan, sifat mekanik yang dihasilkan semakin meningkat.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, 7th ed. Balai Pustaka, 2010.
- [2] A. A. Rosidah, S. Suheni, and E. W. Anarki, "Analisis Pengaruh Diameter Elektroda dan Kecepatan Las terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Makro pada Baja AISI 1050 dengan Proses Pengelasan TIG," *Pros. SENASTITAN Semin. Nas. Teknol. Ind. Berkelanjutan*, vol. 1, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2021.
- [3] B. Bukhari *et al.*, "Pengaruh Sudut Keruncingan Elektroda Tungsten Terhadap Penetrasi Hasil Lasan GTAW," *Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe*, vol. 5, no. 1, pp. 66–70, 2021.
- [4] A. R. Adam, S. Jokosisworo, and S. Samuel, "PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK, TEMPERATUR DAN VARIASI SUDUT KAMPUH TERHADAP KEKUATAN IMPACT ALUMUNIUM 5083 PENGELASAN GTAW DENGAN GAS PELINDUNG HELIUM," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 4, no. 1, Art. no. 1, Jan. 2016, Accessed: Jan. 19, 2024. [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/13646>
- [5] G. Gundara and A. A. Biggunah, "Analisis Kekuatan Arus Terhadap Ketangguhan dan Ketahanan Sambungan Pada Proses Las Tig," *J. Multidisiplin Madani*, vol. 1, no. 3, Art. no. 3, 2021, doi: 10.55927/mudima.v1i3.50.
- [6] G. Fauzi, M. D. Gumelar, G. Taqwatomo, and R. T. Waluyo, "Pengaruh Konsentrasi Oksigen Terlarut Terhadap Laju Korosi Pada Baja ASTM 36," *J. Inov. Dan Teknol. Mater.*, vol. 2, no. 2, Art. no. 2, Dec. 2021, doi: 10.29122/jitm.v2i2.5142.
- [7] M. F. P. Fadil, Wartono, and J. Pitoyo, "STUDI PENGARUH HEAT INPUT TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN KEKERASAN VICKERS SAMBUNGAN TIG PADA BAJA KARBON RENDAH," *CENDEKIA Mek.*, vol. 3, no. 1, Art. no. 1, Mar. 2022.
- [8] K. Pasau, S. Salu, and A. Ariyanto, "PENGARUH VARIASI ARUS PENGELASAN GTAW TERHADAP SIFAT MEKANIK PADA MILD STEEL," *J. Energy Mater. Manuf. Technol.*, vol. 2, no. 02, Art. no. 02, Jul. 2023, doi: 10.61844/jemmtec.v2i02.494.
- [9] Z. Zulfiadi, S. Bahri, and N. Nurlaili, "Analisa ketangguhan dan kekerasan pada pengelasan GTAW pelat baja AISI 1050 terhadap pengaruh sudut keruncingan elektroda tungsten," *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 2, pp. 47–51, Dec. 2021, doi: 10.30811/jowt.v3i2.2523.
- [10] M. H. Humaidi, A. F. Suryono, and H. Hestiawan, "PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK TERHADAP NILAI KEKERASAN HASIL LASAN BAJA ASTM A36," *Rekayasa Mek.*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, Apr. 2022, doi: 10.33369/rekayasamekanika.v6i1.25451.
- [11] M. S. Ali, H. Praktikno, and W. L. Dhanistha, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Blasting Dengan Coating Campuran Epoxy dan Aluminium Serbuk terhadap Kekuatan Adhesi, Prediksi Laju Korosi, dan Morfologi pada Plat Baja ASTM A36," *J. Tek. ITS*, vol. 8, no. 1, pp. G64–G70, Jun. 2019, doi: 10.12962/j23373539.v8i1.39068.
- [12] H. Pratikno, H. Abiyyuda, and W. L. Dhanista, "Comparative Analysis of GTAW, GMAW, and FCAW Welding Results on A36 Steel Against Tensile Test and Macrostructure," *Int. J. Offshore Coast. Eng. IJOCE*, vol. 6, no. 1, Art. no. 1, May 2022, doi: 10.12962/j25800914.v6i1.14555.