

PENINGKATAN KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN SINGLE V-GROOVE BAJA ST37 DENGAN VARIASI ARUS PENGELASAN SMAW

Alief Muhammad^{1*}, Dani Hari Tunggal Prasetyo¹, Akbar Anugrah Ikhsani², dan Setyo Pambudi³

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Panca Marga, Jl. Raya Dringu, Kota Probolinggo, Jawa Timur 67216

²Program Studi Teknologi Rekayasa Otomotif, PSDKU Politeknik Negeri Malang Kampus Lumajang, Jl. Area Sawah Jogoyudan, Kabupaten Lumajang, Jawa Timur 67316

³Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi dan Bisnis Muhammadiyah Banyuwangi, Jl. Diponegoro No.60, Kabupaten Banyuwangi, Jawa Timur 68465

*Email: aliefmuhammad@upm.ac.id

ABSTRACT

Welding and casting processes have become an important focus in the development of industry 5.0. In improving welding efficiency, increasing the number of tests on many variables is the first step in optimizing production. Welding optimization aims to find the best solution and result in a production process, it takes a lot of welding experimental data to be able to compare it. The Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is becoming very common in all industries. SMAW has several variables that can affect welding results, one of which is the electric current used. This study aims as an effort in the current industrial development is to present data on the effect of SMAW welding electric current on its tensile strength for optimization. In this study, the mechanical strength tested was tensile strength and current susceptibility used was 80 to 140 Ampere commonly used using ST-37 Steel. The highest maximum loading value occurred in the sample with a current of 80 A of 72.78 kN. However, the highest maximum stress, fracture, and yield occurred in the sample with a current of 140 A of 734.66; 594.28; 558.29 MPa.

Keywords: SMAW, welding current, tensile strength

PENDAHULUAN

Era industri 4.0 sudah diterapkan pada banyak negara termasuk Indonesia. Namun, tuntutan perkembangan industri masih akan terus berlanjut tanpa henti. Hal ini ditandai dengan sudah munculnya *Society 5.0* yang merupakan cikal bakal industri 5.0 [1]. Negara Jepang sudah menerapkan industri 5.0 yang terlahir karena semakin banyaknya masyarakat Jepang memiliki pola pikir *Society 5.0* [2]–[4]. Artinya masyarakat di Jepang menuntut untuk adanya kegiatan produksi yang jauh lebih efisien lagi dengan menggunakan analisis dari banyak data penelitian tentang produksi [5].

Pada produksi manufaktur logam, pengelasan dan pengecoran menjadi fokus penting dalam perkembangannya [6]. Jika ingin meningkatkan level industri dari 4.0 menjadi 5.0 maka efisiensi dalam pengelasan dan pengecoran sangat diutamakan. Analisis data dan optimasi merupakan cara untuk mendapatkan hasil yang efisien tersebut [7]. Namun, diperlukan *massive data* penelitian agar akurasi dari optimasi dapat dijalankan. *Massive data* merupakan hasil penelitian dalam jumlah yang sangat besar yang berkaitan namun acak. Sehingga, diperlukan banyak penelitian dan riset untuk mengumpulkan data tentang pengelasan dan pengecoran agar mampu menemukan hasil optimasi baik demi tercapainya era industri 5.0 pada sektor produksi logam.

Pengelasan merupakan salah satu metode paling sederhana dalam menyambungkan logam hingga terbentuk struktur bangun permesinan yang diinginkan

[8]. Terdapat banyak jenis pengelasan mulai dari *solid state welding* hingga *liquid state welding*. Salah satu pengelasan yang umum digunakan dari semuanya adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) yang merupakan jenis dari *liquid state welding* [9]. Selain praktis dan biayanya murah, kostumisasi dari pembentukan struktur las-an sangat variatif hingga dapat digunakan pada semua posisi pengelasan. Berdasarkan hal tersebut SMAW banyak digunakan dalam beberapa pengelasan logam [10]–[12].

SMAW memiliki beberapa variabel yang dapat mempengaruhi hasil pengelasannya [13]–[15]. Ukuran dan jenis elektrode dapat menentukan tebal dan kekuatan mekanik dari sambungan las-nya. *Travel speed*, sudut elektrode dan posisi pada proses pengelasan dapat mempengaruhi tekstur dan ketebalan sambungan las dari *welding pool* yang sudah mengeras. Selain itu, polaritas dan kuat arus yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil akhir dari pengelasan.

Pada *American Welding Standard* (AWS) telah diberikan rekomendasi kuat arus berdasarkan jenis dan ukuran elektrode yang digunakan [8]. AWS memberikan rekomendasi agar dapat mempermudah proses pengelasan dengan dapat mengatur jarak/panjang *arc* yang digunakan berdasarkan diameter elektrode yang digunakan. Namun, tidak hanya faktor kemudahan dalam pengoperasian saja yang diperhitungkan. Kekuatan

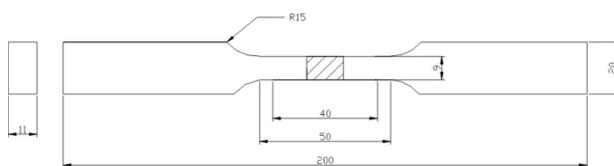
mekanik hasil dari pengelasan juga harus diperhitungkan pada setiap nilai arus yang digunakan. Karena semakin tinggi kuat arus maka akan mempengaruhi hampir segala aspek pada proses pengelasan seperti kecepatan lebur logam pada *welding pool*, penyesuaian *travel speed*, lama waktu pendinginan logam, hingga tekstur sambungan [16].

Sejauh ini penelitian tentang pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap hasil kekuatan mekanik pada baja ST-37 hanya terbatas hingga maksimal 110 ampere. Sehingga masih terdapat data yang perlu telusuri mengenai karakteristik hasil SMAW pada baja ST-30 dengan arus di atas 110 ampere [17]–[27]. Berdasarkan arus tersebut menghasilkan nilai tegangan sebesar 305,4 MPa [19]. Jika data-data tersebut dikumpulkan dalam tabel hasil penelitian maka masih terdapat kekurangan. Kekurangan data tersebut perlu dilengkapi untuk dapat menghasilkan optimasi yang baik dalam meningkatkan level industri saat ini.

Berdasarkan uraian sebelumnya tentang pengelasan SMAW dan variabel pentingnya, maka penelitian tentang pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan mekaniknya perlu dilakukan. Pada penelitian ini, kekuatan mekanik yang diuji adalah kekuatan tarik. Material yang digunakan adalah baja ST-37 dengan sambungan *Single V-Groove*. Rentang arus yang digunakan adalah yang umum dipakai yaitu 80, 100, 120, dan 140 Ampere.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dengan menyiapkan bahan sampel yang sudah diberi perlakuan berdasarkan variabel yang sudah ditentukan. Kemudian sampel diujikan dengan alat uji untuk mendapatkan nilai karakteristik yang valid. Setelah data diperoleh dari pengujian selanjutnya data akan dianalisis untuk mengetahui keterkaitan antar variabel dan beberapa variabel penting yang memiliki pengaruh besar terhadap hasil pengujian.



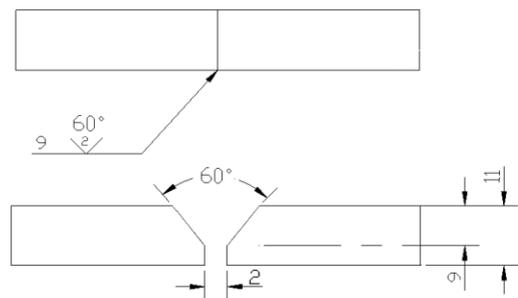
Gambar 1. Dimensi JIS Z 2201 1981 (Sumber: Metode Pengujian dengan Standard JIS [28])

Pada Penelitian ini jenis baja yang digunakan adalah baja ST-37. Pelat baja ST-37 merupakan bahan material yang kuat dan cukup ulet dengan struktur butir yang halus. Baja ST 37 memiliki spesifikasi setara dengan AISI 1045, dengan komposisi kimia Karbon sebesar 0.5 %, Mangan 0.8 %, Silikon 0.3 % ditambah unsur lainnya [25]. ST-37 memiliki kekerasan ± 170 HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm² [26].

Ukuran pelat baja disesuaikan dengan standar ukuran pengujian tarik JIS Z 2201 1981 dengan tebal 11 mm, panjang 200 mm dan lebar 20 mm seperti pada Gambar 1. Selanjutnya dilakukan pemotongan pada titik tengah plat tersebut dan dilakukan pengelasan dengan posisi 1G/PA flat position. Posisi 1G/PA merupakan posisi pengelasan plat dengan posisi datar.

Kemudian menggunakan sudut kampuh 60° jenis sambungan Single V-Groove seperti pada Gambar 2. Jenis elektrode yang digunakan adalah E6013-1 (2.6 mm / 0.125 inch).

Variabel bebas yang digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat mekanik hasil pengelasan adalah nilai kuat arus pengelasan yang digunakan. Pada penelitian ini kuat arus yang digunakan adalah 80 A, 100 A, 120 A, dan 140 A. Hal ini berada diluar dari rekomendasi yang diberikan oleh *American Welding Standard* (AWS) yang seharusnya adalah 125A jika menggunakan elektrode E6013-1, namun rekomendasi tersebut hanya digunakan untuk proses manufaktur. Sehingga tidak menutup kemungkinan pada penelitian untuk melakukan di luar rekomendasi dengan tujuan untuk memperoleh data lebih eksploratif. Selain itu, sebagai pembanding dan pembuktian dalam pengaruhnya arus pengelasan terhadap hasil uji tariknya. Penelitian ini menggunakan alat pengujian tarik standar JIS Z2241 ; SNI 8389-2017 merek GOTECH AI – 7000 LA 10 Servo Control Computer System Universal Tensile Machine kapasitas 10 Ton dengan 3 kali pengulangan pada setiap sampelnya kemudian diambil nilai rata-ratanya.



Gambar 2. Dimensi jenis sambungan Single V-Groove

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian tarik yang dilakukan dengan standar JIS Z 2201 1981 seperti pada Tabel 1 dan Tabel 2. Kemudian dilakukan pengukuran secara bertahap pada setiap fase pengujian tarik. Sehingga menghasilkan perbedaan ukuran sebelum pengujian dan setelah pengujian tarik.

Tabel 1 Dimensi Pengujian Tarik Seluruh Sampel

No	Arus (ampere)	Lo (mm)	L _f (mm)	A _o (mm ²)		A _f (mm ²)	
				T _o	W _o	T _f	W _f
1	80	61.0	64.4	10.0	10.5	9.1	8.7
2	100	61.0	64.5	9.7	10.5	9.0	10.2
3	120	62.0	67.0	10.0	10.2	9.0	10.0
4	140	62.0	65.5	9.6	8.6	9.6	8.6

Keterangan:

Lo : Panjang awal

L_f : Panjang setelah patah

A_o : Luas penampang awal

A_f : Luas penampang setelah patah

T_o : Tinggi sebelum patah

W_o : Lebar sebelum patah
 T_f : Tinggi sesudah patah
 W_f : Lebar sesudah patah

Pada pengujian tarik beban maksimum tertinggi terjadi pada sampel dengan arus 80 A, sedangkan beban minimum terjadi pada sampel 100 A. Namun, beban patah dan leleh (*yielding*) tertinggi terjadi pada sampel yang lebih tinggi yaitu pada sampel 140 A. Berdasarkan data hasil uji tarik Tabel 2, beban terendah terjadi pada arus 100 A hingga 120 A. Untuk mengetahui batas atas dan bawah lebih detail maka diperlukan penelitian sampel lebih banyak.

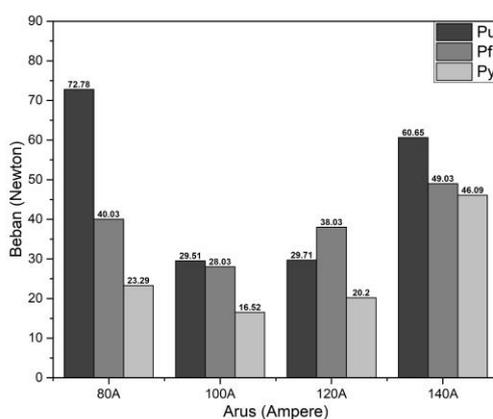
Tabel 2 Hasil Nilai kekuatan tarik pada seluruh sampel

Arus	P_u (kN)	P_f (kN)	P_y (kN)	σ_u (MPa)	σ_f (MPa)	σ_y (MPa)
80A	72.78	40.03	23.29	458.93	394.39	229.47
100A	29.51	28.03	16.52	335.29	281.93	166.19
120A	29.71	38.03	20.20	396.09	372.81	198.05
140A	60.65	49.03	46.09	734.66	594.28	558.29

Keterangan:

P_u : Beban maksimum
 P_f : Beban patah
 P_y : Beban leleh (*yielding*)
 σ_u : Tegangan maksimum
 σ_f : Tegangan patah
 σ_y : Tegangan leleh (*yielding*)

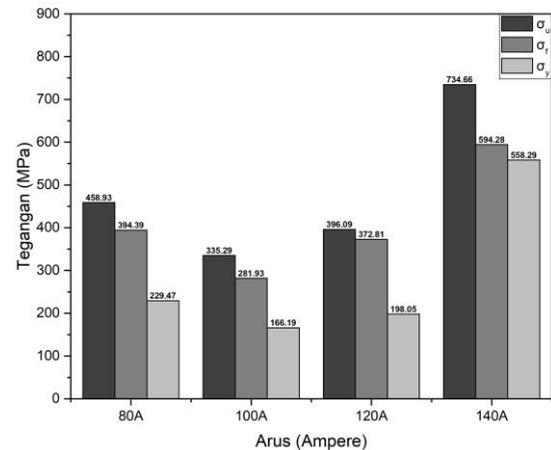
Nilai tegangan tertinggi secara keseluruhan terjadi pada sampel dengan arus 140 A. Tidak jauh berbeda dengan nilai pembebanan, nilai tegangan yang rendah terjadi pada rentang sampel dengan arus 100-120 A. Dengan adanya data tersebut dapat kita ketahui bahwa dengan pengelasan menggunakan elektrode E6013-1 pada baja ST-37 arus yang lebih rendah dan lebih tinggi dari standar AWS dapat menghasilkan sifat kekuatan tarik yang lebih tinggi.



Gambar 3. Grafik jenis-jenis beban pada pengujian tarik setiap sampel

Pada Gambar 3, grafik sampel dengan arus 80 A memiliki rentang tertinggi pada beban maksimalnya. Namun, pada beban patah dan beban leleh tidak melebihi sampel 140 A. Hal ini menandakan, sampel dengan arus 80 A dapat diaplikasikan untuk dapat menerima beban lebih banyak dibanding sampel dengan arus lainnya. Jika sambungan ditujukan untuk menahan

beban patah dan beban leleh maka sampel dengan arus 140 A jauh lebih baik untuk diaplikasikan.



Gambar 4. Grafik jenis-jenis tegangan pada pengujian tarik setiap sampel

Pada Gambar 4, nilai tertinggi dari seluruh tegangan terjadi pada sampel 140 A. Mulai dari tegangan maksimum, tegangan patah dan tegangan leleh, penggunaan arus 140 A memiliki potensi untuk dapat menahan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan *feed speed* dari proses pengelasan dapat lebih cepat dan lebih dalam [14], [29]–[31]. Akibat arus yang tinggi, proses pendinginan jauh lebih lambat karena *welding pool* menjadi lebih besar akibat *arc* yang diciptakan oleh arus tinggi. Namun akibat efek arus yang tinggi, pengendalian jarak *arc* jadi lebih susah sehingga proses pengelasan menjadi lebih sulit [15], [32], [33].

KESIMPULAN

Penelitian tentang pengaruh kuat arus pengelasan SMAW pada baja ST-37 terhadap kekuatan tariknya telah berhasil dilakukan. Nilai pembebanan maksimal tertinggi terjadi pada sampel dengan arus 80 A. Namun, beban patah dan leleh tertinggi terjadi pada sampel dengan arus 140 A. Pada nilai tegangannya, seluruh jenis tegangan tertinggi terjadi pada sampel dengan arus penggunaan arus 140 A memiliki potensi untuk dapat menahan kekuatan tarik yang lebih tinggi. Hal ini dapat terjadi dikarenakan *feed speed* dari proses pengelasan dapat lebih cepat dan lebih dalam. Akibat arus yang tinggi, proses pendinginan jauh lebih lambat karena *welding pool* menjadi lebih besar akibat *arc* yang diciptakan oleh arus tinggi. Namun di samping itu efek arus yang tinggi, pengendalian jarak *arc* jadi lebih susah sehingga akurasi proses pengelasan menjadi lebih sulit secara keseluruhan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Nahavandi. 2019. Industry 5.0—A Human-Centric Solution. *Sustainability*, vol. 11, pp. 43–71.
 [2] K. A. Demir, G. Döven, and B. Sezen. 2019. Industry 5.0 and Human-Robot Co-working. *Procedia Comput. Sci.*, vol. 158, pp. 688–695, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.09.104.

- [3] M. Fukuyama. 2018. Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society. *Japan SPOTLIGHT*, no. August, pp. 47–50, 2018.
- [4] M. Rahmawati, A. Ruslan, and D. Bandarsyah. 2021. The Era of Society 5.0 as the unification of humans and technology: A literature review on materialism and existentialism,” *J. Sociol. Dialekt.*, vol. 16, no. 2, p. 151, 2021
- [5] M. F. Anshori. 2020. Globalisasi Society 5.0 Jepang: Studi Kasus Hasil Pencarian Google di Luar Jepang Tahun 2019. *Andalas J. Int. Stud.*, vol. 9, no. 1, p. 61.
- [6] S. Teitel. 2000. Manufacturing Industry. *Technol. Ski. Zimbabwe's Manuf.*, pp. 18–25.
- [7] V. Özdemir and N. Hekim. 2018, Birth of Industry 5.0: Making Sense of Big Data with Artificial Intelligence, ‘the Internet of Things’ and Next-Generation Technology Policy. *Omi. A J. Integr. Biol.*, vol. 22, no. 1, pp. 65–76.
- [8] H. Yudo, S. Jokosisworo, S. Welding, and P. Vessel. 2009. Prosedur pengelasan,” vol. 6, no. 2, pp. 123–125.
- [9] Y. M. Zulaida, M. I. Kusuma, and T. Triana. 2018. Pengelasan Flux Core Arc Welding Untuk Aplikasi Pengelasan Pelat Lambung Kapal. *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 2, p. 119.
- [10] Syaripuddin. 2017. Karakteristik Hasil Pengelasan Pipa Dengan Beberapa Variasi Arus Las Busur Listrik. *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 2, no. 1, pp. 75–80.
- [11] D. Prayitno, H. D. Hutagalung, and D. P. B. Aji. 2018. Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekerasan Lapisan Lasan pada Baja ASTM A316. *J. Din. Vokasional Tek. Mesin*, vol. 3, no. 1, pp. 1–6..
- [12] V. A. Setyowati and S. Suheni. 2016. Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Strukturmakro,” *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, p. 29.
- [13] L. N. Atmaja, H. B. Santoso, and A. Komari. 2019. Analisa Pengaruh Sudut Pengelasan Dan Kuat Arus Terhadap Kekuatan Pada Pengelasan Plat (Square Plat) Menggunakan SMAW. *JURMATIS J. Ilmial Mhs. Tek. Ind.*, vol. 1, no. 2, pp. 131–140.
- [14] A. F. Y. Lakum, NA Mufarida. 2017. Analisa Hasil Pengelasan Smaw (Shielded Metal Arc Welding) Dan Gtaw (Gas Tungsten Arc Welding) Dengan Variasi Media Pendingin Terhadap Kekerasan Stainless Steel Aisi 304,” *J-Protection*, vol. 1, no. 2, pp. 17–20.
- [15] A. Sam and C. Nugraha, “Kekuatan Tarik Dan Bending Sambungan Las Pada Material Baja Sm 490 Dengan Metode Pengelasan Smaw Dan Saw,” *J. Mek. Januari*, vol. 6, no. 2015, pp. 550–555, 2015.
- [16] C. W. Utomo. , 2000. Pengaruh Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Sambungan Las Baja ST 41. pp. 1–4.
- [17] E. Wahyudi. 2019. Penurunan Kekuatan Impact Baja ST 37 Akibat Pengelasan SMAW,” *Otopro*, vol. 14, no. 2, p. 64.
- [18] A. Hasanah. 2021. Pengaruh Variasi Arus Listrik dan Pola Gerakan Elektroda Terhadap Uji Tarik Material ST-37 Pada Penyambungan Las SMAW. Universitas Sriwijaya.
- [19] Djamaludin. 2011. Pengaruh Variasi Arus Pada Hasil Pengelasan Baja ST 37 Terhadap Kekuatan Tarik,” Universitas Negeri Semarang..
- [20] F. Handrika. , 2019. Analisis Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekuatan Pengelasan Pada Perancangan Casis Dino Test. Universitas Pancasakti Tegal.
- [21] M. Sirottudin. 2015. Pengaruh Variasi Arus, Pergerakan Elektroda dan Pendingin Pada Pengelasan SMAW Terhadap Kekerasan Material Baja ST 37,” Universitas Nusantara PGRI KEDIRI.
- [22] H. Helianto, E. Epriyandi, and H. Rahmadi. 2020. Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekerasan Logam Induk Dan Logam Las. *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 138–147.
- [23] Maryadi, P. Hartono, and U. Lesmanah. 2021. Analisis Pengelasan Stainless Steel 316 dan Baja ST 37 Menggunakan SMAW Dengan Variasi Arus. *J. Sains dan Teknol. Tek. Mesin UNISMA*, vol. 16, no. 1.
- [24] H. Istiqlaliyah, A. Mufarrih, and G. Gundara. 2018. Analisa Kekuatan Tarik Baja ST 37 Dengan Variasi Kuat Arus, Media Pendingin dan Jenis Elektroda. *J. Ilm. Inov.*, no. 1, pp. 33–36.
- [25] O. Ferenza, Tuparjono, and Sugiyarto. 2021. Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan Baja ST37 Menggunakan Las Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dengan Posisi Pengelasan 3F. *Syntax Idea*, vol. 3, no. 8.
- [26] Y. Nasrul, H. Suryanto, and A. Qolik. 2016. Pengaruh Variasi Arus Las SMAW terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar SS304 dan ST37. *J. Tek. Mesin.*, vol. 24, no. 1.
- [27] R. A. S. Akbar. 2015. Pengaruh Variasi Arus Dan Sudut Kampuh V Pengelasan SMAW Pada Plat Baja ST37 Pada Uji Mikrostruktur. Universitas Muhammadiyah Jember.
- [28] M. Outline. 2005, Technical White Paper: JIS Z 2801: 2000. *Reading*, vol. 2000, no. 3264423, pp. 2000–2002.
- [29] S. E. Purwanto, M. Mustakim, T. Triyono, and N. Muhyat. 2019. Pengaruh Waktu Pengelasan Terhadap Reaksi Antarmuka Pada Sambungan Aluminium Al6061 Dan Baja Galvanis,” *Kurvatek*, vol. 4, no. 2, pp. 25–36.
- [30] I. Nitya Santhiarsa and I. Budiarsa. 2008. Pengaruh posisi pengelasan dan gerakan elektroda terhadap kekerasan hasil las baja JIS SSC 41. *J. Energi Dan Manufaktur*, vol. 3, no. 2.
- [31] W. T. Bhirawa, P. Studi, T. Industri, and U. Suryadarma. 2003. Proses Pengelasan Menggunakan Electric Welding Machine,” pp. 72–83.

- [32] W. Soedarmadji. 1967. Pengaruh Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Mild Steel S45C di Daerah HAZ dengan Pengujian Metalografi. *Angew. Chemie Int. Ed.*, vol. 6, no. 11, pp. 951–952.
- [33] Y. R. Pratiwi and S. S. Wibowo. 2019. Pengaruh Jenis Elektroda Dan Jumlah Pass Terhadap Uji Kekerasan Hasil Pengelasan Dan Struktur Mikro Pada Proses Pengelasan Shielded Metal Arch Welding. *Briliant J. Ris. dan Konseptual*, vol. 4, no. 2, p. 159.