



Pengaruh Kuat Arus Listrik Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan Media Pendingin terhadap Kekuatan Tarik Baja ST-37

Effect of Shielded Metal Arc Welding Electric Current Value With Cooling Media on Tensile Strength of ST-37

Alief Muhammad^{1,a)}, Dani Hari Tunggal Prasetyo²⁾, Djoko Wahyudi³⁾

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Panca Marga

^{a)}Corresponding author: aliefmuhammad@upm.ac.id

Abstrak

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dominan digunakan pada sambungan struktural, bejana tekan, dan dalam pekerjaan preservasi dan restorasi. Teknik ini biasanya digunakan dalam banyak jenis produksi karena fleksibilitas, kegunaan, dan penggunaan di dalam dan di luar ruang. Kuat arus dan media pendingin menjadi faktor utama yang dapat mempengaruhi hasil akhir dari pengelasan. Maka penelitian tentang pengaruh kuat arus pengelasan dengan menggunakan media pendingin menggunakan radiator coolant terhadap kekuatan mekaniknya perlu dilakukan. Penelitian ini jenis baja yang digunakan adalah baja ST-37 dengan standar ukuran pengujian tarik JIS Z 2201 1981 posisi 1G/PA flat position menggunakan sudut kampuh 60° jenis sambungan Single V-Groove. Beban tarik Maksimum terbesar terjadi pada sampel 110 A yang mengalami peningkatan sebesar 6,9% dari sampel 100 A menjadi 4880 kgf. Tegangan tarik maksimum tertinggi juga terjadi pada sampel 110 A dengan nilai 50,83 kgf/mm².

Kata Kunci: SMAW; arus; kekuatan tarik

Abstract

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) is predominantly used in structural joints, pressure vessels, and preservation and restoration work. This technique is commonly used in many types of products because of its versatility, usability, and indoor and outdoor use. Strong current and cooling medium are the main factors that can affect the final result of welding. So research on the effect of strong welding currents using cooling media using radiator coolant on the mechanical strength needs to be done. In this study, the type of steel used was ST-37 steel with a standard tensile test size of JIS Z 2201 1981 position 1G/PA flat position using a 60° joint angle with Single V-Groove connection type. The largest maximum tensile load occurred in the 110 A sample which increased by 6.9% from the 100 A sample to 4880 kgf. The highest maximum tensile stress also occurs in the 110 A sample with a value of 50.83 kgf/mm².

Keywords: SMAW; current; tensile strength

PENDAHULUAN

Fokus penting dalam perkembangan produksi manufaktur saat ini adalah teknologi pengelasan (*welding*) dan pengecoran (*casting*) [1]. Efisiensi dalam pengelasan dan pengecoran menjadi yang paling diutamakan pada era *Industry 4.0* ini karena berkaitan erat terhadap biaya produksi [2-4]. Dalam mendapatkan hasil yang efisien tersebut maka optimasi dan analisis data yang lebih dalam sangat diperlukan [5-7]. Namun, agar akurasi dari hasil optimasi dapat dijalankan maka diperlukan sejumlah data dari banyak sampel. Oleh sebab itu, untuk mengumpulkan

sampel data tentang pengelasan dan pengecoran diperlukan banyak penelitian dan riset agar mampu terciptanya era *Industry 4.0* yang lebih cepat pada sektor produksi logam [2], [5], [8-10].

Salah satu jenis pengelasan yang sering digunakan adalah *Shielded Metal Arc Welding (SMAW)* atau pada umumnya disebut sebagai pengelasan busur [11-17]. SMAW dominan digunakan pada sambungan struktural, bejana tekan, dan dalam pekerjaan preservasi dan restorasi. Teknik ini biasanya digunakan dalam banyak jenis produksi karena fleksibilitas, kegunaan, penggunaan di dalam dan di luar ruang [18-20]. Faktor-

faktor yang dapat mempengaruhi pengelasan adalah prosedur pengelasan yang merupakan salah satu rencana untuk melakukan penelitian [21]. Hal tersebut meliputi bagaimana membuat konstruksi pengelasan sesuai dengan rencana dan spesifikasi untuk menentukan semua hal yang akan dibutuhkan dalam pelaksanaannya. Salah satu hal yang dikhawatirkan dalam peningkatan pengelasan adalah waktu pembuatan, alat, dan bahan yang akan digunakan, cara pembuatan, urutan pelaksanaan, rencana pembuatan pengelasan (beserta pemilihan alat las, spesifikasi jejak pengelasan yang akan digunakan, tantangan tukang las, dan jenis sampel yang digunakan) [22].

Terdapat beberapa variabel yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan SMAW [14], [21], [23]. Tebal dan kekuatan mekanik dari sambungan las ditentukan oleh ukuran dan jenis elektrodanya. Selain itu, tekstur dan ketebalan sambungan las dari *welding pool* yang sudah mengeras dipengaruhi oleh *travel speed*, sudut elektrode dan posisi pada proses pengelasan. Polaritas dan kuat arus yang digunakan juga dapat mempengaruhi hasil akhir dari pengelasan.

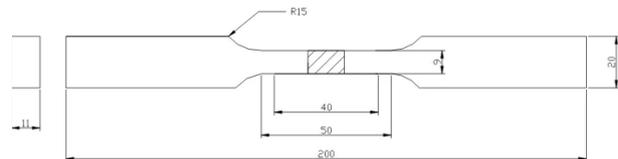
Rekomendasi kuat arus berdasarkan jenis dan ukuran elektrode yang digunakan telah diberikan berdasarkan panduan *American Welding Standard* (AWS) [24]. AWS memberikan rekomendasi dari pengaturan jarak/panjang busur berdasarkan diameter elektrode yang digunakan. AWS memberikan rekomendasi tersebut agar dapat mempermudah proses pengelasan. Namun, kekuatan mekanik hasil dari pengelasan juga harus diperhitungkan pada setiap nilai arus yang digunakan, tidak hanya pada kemudahan proses pengelasan saja. Semakin tinggi kuat arus maka akan mempengaruhi beberapa aspek pada proses pengelasan seperti penyesuaian *travel speed*, kecepatan lebur logam pada *welding pool*, tekstur sambungan, hingga lama waktu pendinginan logam [25].

Lama waktu pendinginan logam merupakan metode perlakuan panas pada saat setelah proses pengelasan (*post welding*) [26]. Umumnya, menggunakan oli dan air sebagai media pendinginnya [7], [20], [21]. Kedua bahan tersebut dapat meningkatkan potensi kecacatan proses pengelasan. Oli dapat berpotensi menyebabkan kecacatan porositas terhadap logam las [27]. Sedangkan air dapat menyebabkan kecacatan pori dan korosi yang tinggi [28]. Oleh karena itu, pada penelitian ini menggunakan radiator *coolant* sebagai media pendingin pada proses perlakuan panas pengelasan.

Berdasarkan pentingnya kuat arus terhadap kualitas hasil pengelasan dan lama waktu pendinginan logam tersebut maka penelitian tentang pengaruh kuat arus pengelasan dengan menggunakan media pendingin menggunakan radiator *coolant* terhadap kekuatan mekaniknya perlu dilakukan.

METODE 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 [29]

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 [30]. ST-37 memiliki kekerasan ± 170 HB dan kekuatan tarik 650 - 800 N/mm² [19].

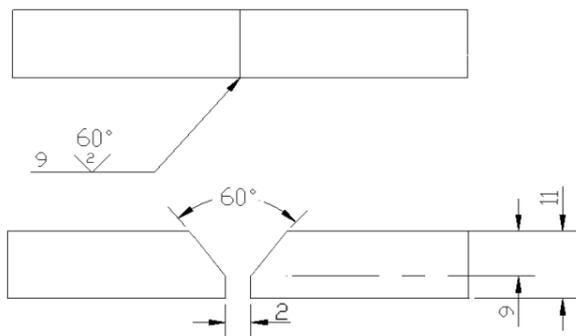


Gambar 2. Posisi pengelasan 1G/PA flat position

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 seperti pada Gambar 2. Kemudian menggunakan sudut kampuh 60° jenis sambungan *Single*

V-Groove seperti pada Gambar 3. Jenis elektrode yang digunakan adalah E6013-1 (1,6 mm / 0,125 inch).

Variabel bebas yang digunakan untuk melihat pengaruhnya terhadap sifat mekanik hasil pengelasan adalah nilai kuat arus pengelasan yang yang digunakan. Pada penelitian ini kuat arus yang digunakan adalah 80 A, 90 A, 100 A, dan 110 A. Setelah itu dilakukan proses pendinginan menggunakan radiator *coolant* selama 10 menit dengan proses pencelupan. Selanjutnya pada proses pengujian, 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 3. 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

Arus (amper)	Lo (mm)	Lf (mm)	Ao (mm ²)		Af (mm ²)	
			To	Wo	Tf	Wf
80	58,9	61,4	9,5	9,3	8,9	8,8
90	59	61,1	10,5	9,5	8,8	8,6
100	60,3	62,9	10,0	9,9	9,2	9,1
110	60,6	63,4	10	9,6	9,1	8,7

Keterangan:

- Lo : Panjang awal
- Lf : Panjang setelah patah
- Ao : Luas penampang awal
- Af : Luas penampang setelah patah
- To : Tinggi sebelum patah
- Wo : Lebar sebelum patah
- Tf : Tinggi sesudah patah

Wf : Lebar sesudah patah

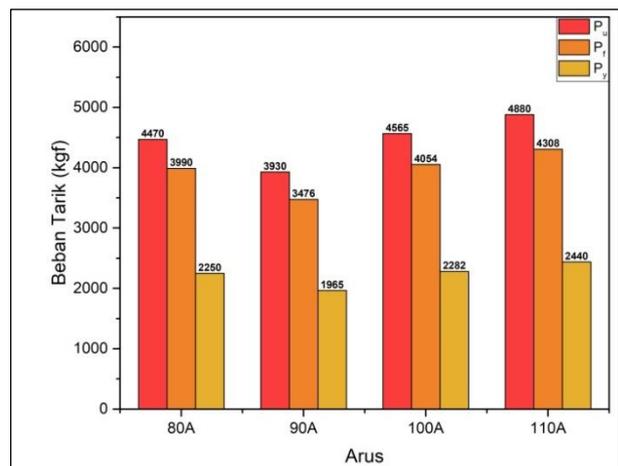
Tabel 2. Hasil nilai beban tarik pada seluruh sampel

Arus	P _u (kgf)	P _f (kgf)	P _y (kgf)
80A	4470	3990	2250
90A	3930	3476	1965
100A	4565	4054	2282
110A	4880	4308	2440

Keterangan:

- P_u : Beban tarik maksimum
- P_f : Beban tarik patah
- P_y : Beban tarik luluh (*yielding*)

Nilai beban tarik seluruh sampel didapat melalui alat pengujian tarik yang dilakukan. Tabel 2. menunjukkan nilai beban tarik pada seluruh sampel. Terdapat tiga jenis beban tarik yaitu, beban maksimum, beban patah, dan beban luluh (*yielding*). Beban tarik maksimum adalah beban tarik terbesar yang terjadi setelah melewati batas elastisitas [12]. Beban tarik patah adalah beban tarik yang terjadi setelah mencapai beban maksimum hingga mengalami patah. Beban tarik luluh adalah beban tarik yang menjadi batas material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Beban luluh merupakan batas kemampuan material dalam menahan deformasi permanen [31].



Gambar 4. Grafik nilai beban tarik pada seluruh sampel

Nilai beban tarik maksimum pada Gambar 4. menunjukkan adanya peningkatan pada sampel 100 A hingga 110 A. Pada sampel 100 A menghasilkan beban tarik maksimal sebesar 4565 kgf. Sedangkan pada 110 A mengalami peningkatan sebesar 6,9% menjadi 4880 kgf. Peningkatan ini terjadi dikarenakan area sambungan dan *Heat Affected Zone* (HAZ) mengalami penurunan temperatur yang lebih lama akibat lebar busur (*arc*) yang dihasilkan dengan arus yang lebih besar [11], [32–34].

Sedangkan hasil berbeda terjadi pada sampel 80 A hingga 90 A yang mengalami penurunan pada beban tarik maksimumnya. Sampel 80 A menghasilkan beban tarik maksimum sebesar 4470 kgf. Kemudian mengalami penurunan pada sampel 90 A sebesar 11,6% menjadi 3950 kgf.

Selain beban tarik maksimum, terdapat beban tarik patah dan luluh. Beban tarik patah adalah beban tarik yang terjadi setelah mencapai beban maksimum hingga mengalami patah. Beban tarik patah tertinggi terjadi pada sampel 110 A dengan nilai 4308 kgf. Kemudian pada sampel 100 A memiliki beban tarik patah sebesar 4054 kgf. Sedangkan pada sampel 80 A dan 90 A adalah 3990 dan 3476 kgf. Nilai tegangan tarik patah pada sampel 90 A menjadi nilai yang terkecil dari seluruh sampel.

Terakhir merupakan beban tarik luluh, beban tarik luluh adalah beban tarik yang menjadi batas material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Beban tarik luluh tertinggi masih terjadi pada sampel 110 A dengan nilai 2440 kgf. Sedangkan beban tarik patah terendah juga tetap terjadi pada sampel 90 A dengan nilai 1965 kgf. Sehingga pada sampel 90 A mengalami penurunan hingga menjadi sampel dengan nilai beban tarik paling kecil dibanding sampel lainnya. Hal ini kemungkinan terjadi akibat adanya kesalahan pada proses pengelasannya. Pada proses preparasi sampel, penyambungan pelat dengan arus 90 A cukup sulit untuk dikendalikan. Walaupun dilakukan 3 kali pengulangan, secara keseluruhan sampel 90 A mengalami kesulitan yang sama jika menggunakan jenis elektrode E6013-1. Pada saat pengelasan juga beberapa kali *arc* mengalami putus hingga dilakukan pengulangan mulai awal. Sehingga, kemungkinan terdapat tingkat kecocokan yang rendah antara arus 90 A dengan karakteristik elektrode E6013-1. Hal ini sering juga terjadi pada penelitian lain dengan arus yang berbeda dan jenis elektrode yang berbeda pula [35–37].

Tabel 3. Hasil nilai tegangan tarik pada seluruh sampel

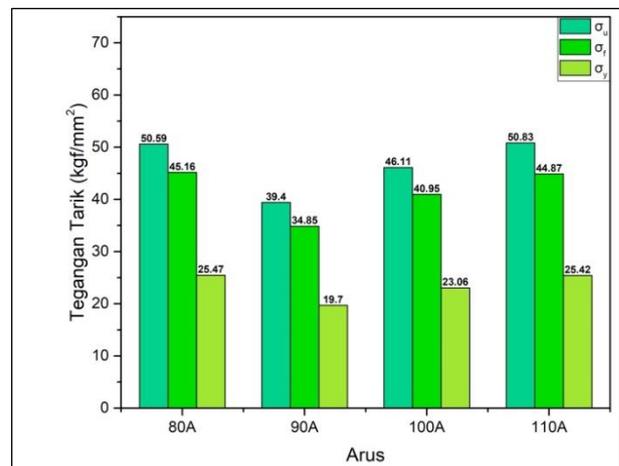
Arus	σ_u (kgf/mm ²)	σ_f (kgf/mm ²)	σ_y (kgf/mm ²)
80A	50,59	45,16	25,47
90A	39,40	34,85	19,70
100A	46,11	40,95	23,06
110A	50,83	44,87	25,42

Keterangan:

- σ_u : Tegangan tarik maksimum
- σ_f : Tegangan tarik patah
- σ_y : Tegangan tarik luluh (*yielding*)

$$\sigma = \frac{P}{A} \quad (1)$$

Setelah diketahui nilai beban tariknya selanjutnya dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai tegangan tariknya berdasarkan rumus tegangan. Terdapat 3 jenis tegangan yaitu, tegangan tarik maksimum, tegangan tarik patah, dan tegangan tarik luluh. Tegangan tarik maksimum adalah Tegangan tarik terbesar yang terjadi setelah melewati batas elastisitas. Tegangan tarik patah adalah Tegangan tarik yang terjadi setelah mencapai beban maksimum hingga mengalami patah. Tegangan tarik luluh adalah Tegangan tarik yang menjadi batas material akan terus mengalami deformasi tanpa adanya penambahan beban. Tegangan luluh merupakan batas kemampuan material dalam menahan deformasi permanen.



Gambar 5. Grafik nilai tegangan tarik pada seluruh sampel

Tidak berbeda jauh dengan grafik beban tarik, tegangan tarik tertinggi juga terjadi pada sampel 110 A dengan nilai 50,83 kgf/mm². Namun, nilai tertinggi kedua bukan pada sampel 100 A dan 90 A, melainkan pada sampel 80 A. Perbedaan muncul ketika perhitungan tegangan dilakukan dengan memasukkan variabel luas penampang. Sampel 80 A memiliki nilai tegangan tarik maksimum sebesar 50,59 kgf/mm². Berbeda sangat tipis jika dibanding dengan sampel 90 A dan 100 A yang bernilai 39,40 dan 46,11 kgf/mm².

Hal unik terjadi pada nilai tegangan patahnya, nilai tegangan patah terbesar terjadi pada sampel 80 A dengan nilai 45,16 kgf/mm². Hasil ini tidak berbeda jauh dengan sampel 110 A yang memiliki nilai 44,87 kgf/mm², namun terkesan unik karena beban patah terbesar terjadi pada sampel 110 A. Hal ini menandakan bahwa seluruh kekuatan arus pada sampel penelitian ini, arus 80 A jauh menghasilkan material yang memiliki karakteristik lebih tahan patah pada rentang 80 hingga 110 A [36].

Nilai tegangan tarik luluh merupakan batas material/bahan sebelum mengalami deformasi secara permanen. Pada penelitian ini, sampel 80 A memiliki nilai tegangan tarik luluh terbesar dibanding seluruh sampel dengan nilai 25,47 kgf/mm² yang sebenarnya juga tidak berbeda jauh dengan sampel 110 A. Sampel dengan arus 110 A memiliki tegangan tarik luluh sebesar 25,42 kgf/mm². Dengan nilai tegangan luluh terbesar pada sampel 80 A, dapat disimpulkan bahwa pengelasan menggunakan jenis elektrode E6013-1 dan radiator *coolant* dapat menghasilkan material baja ST-37 yang lebih bersifat memiliki ketahanan elastisitas tertinggi [38].

PENUTUP

Simpulan

Penelitian tentang pengaruh kuat arus listrik SMAW dengan media pendingin terhadap kekuatan tarik baja ST-37 telah berhasil dilakukan. Beban tarik Maksimum terbesar terjadi pada sampel 110 A sebesar 4880 kgf. Beban tarik patah tertinggi terjadi pada sampel 110 A dengan nilai 4308 kgf. Beban tarik luluh tertinggi masih terjadi pada sampel 110 A dengan nilai 2440 kgf. Sedangkan beban tarik patah terendah juga tetap terjadi pada sampel 90 A dengan nilai 1965 kgf. Tegangan tarik tertinggi juga terjadi pada sampel 110 A dengan nilai 50,83 kgf/mm². Nilai tegangan patah terbesar terjadi pada sampel 80 A dengan nilai 45,16 kgf/mm². Sampel 80 A juga memiliki nilai tegangan tarik luluh terbesar dibanding seluruh sampel dengan nilai 25,47 kgf/mm². Dengan nilai tegangan luluh terbesar pada sampel 80 A, sehingga pengelasan menggunakan jenis elektrode E6013-1 dan radiator *coolant* dapat menghasilkan material baja ST-37 yang lebih bersifat memiliki ketahanan elastisitas tertinggi.

Saran

Pada penelitian ini hanya mengaitkan variasi sampel dengan kekuatan mekanik saja. Tentunya kekuatan mekanik juga memiliki keterkaitan kuat terhadap karakteristik mikrostrukturnya, sehingga penelitian lebih lanjut terhadap karakteristik mikrosutrukturanya sangat dibutuhkan. Hal ini dikarenakan indikasi munculnya kekuatan mekanik dapat dilihat dari macam-macam jenis mikro struktur apa saja yang terkandung akibat adanya perlakuan arus dan pendingin. Selain itu, memperbanyak variabel pendingin juga dapat menambah keberagaman dan eksplorasi sampel untuk dapat dilakukan optimasi menggunakan metode ANOVA.

DAFTAR PUSTAKA

[1] S. Teitel, "Manufacturing Industry," *Technol. Ski.*

Zimbabwe's Manuf., pp. 18–25, 2000, doi: 10.1057/9780230514027_2.

- [2] M. F. Anshori, "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, 2020, doi: 10.25077/ajis.9.1.61-82.2020.
- [3] M. Benakis, C. Du, S. Member, and A. Patran, "Welding Process Monitoring Applications and Industry 4.0," 2019.
- [4] G. Posch, J. Bruckner, and H. Ennsbrunner, "Industry 4.0 in welding," *Biul. Inst. Spaw.*, vol. 2018, no. 5, pp. 97–105, 2018, doi: 10.17729/ebis.2018.5/11.
- [5] V. Özdemir and N. Hekim, "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, 2018, doi: 10.1089/omi.2017.0194.
- [6] L. S. S. K. Weerasekeralage, M. Karunaratne, and S. D. Pathirana, "Optimization of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) process for mild steel," *J. Eng.*, no. August, pp. 1–7, 2019, doi: 10.13140/RG.2.2.23458.58560.
- [7] H. Istiqlaliyah, A. Mufarrih, and G. Gundara, "Analisa Kekuatan Tarik Baja ST 37 Dengan Variasi Kuat Arus, Media Pendingin dan Jenis Elektroda," *J. Ilm. Inov.*, no. 1, pp. 33–36, 2018.
- [8] S. Nahavandi, "Industry 5.0—A Human-Centric Solution," *Sustainability*, vol. 11, pp. 43–71, 2019.
- [9] K. A. Demir, G. Döven, and B. Sezen, "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.
- [10] M. Fukuyama, "Society 5.0: Aiming for a New Human-Centered Society," *Japan SPOTLIGHT*, no. August, pp. 47–50, 2018, [Online]. Available: https://www.jef.or.jp/journal/pdf/220th_Special_Article_02.pdf.
- [11] D. Prayitno, H. D. Hutagalung, and D. P. B. Aji, "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, 2018, doi: 10.21831/dinamika.v3i1.19109.
- [12] V. A. Setyowati and S. Suheni, "Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan Pada Material Austenitic Stainless Steel 304 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Strukturmakro," *J. IPTEK*, vol. 20, no. 2, p. 29, 2016, doi: 10.31284/j.ipitek.2016.v20i2.40.
- [13] Syaripuddin, "Karakteristik Hasil Pengelasan Pipa Dengan Beberapa Variasi Arus Las Busur Listrik," *J. Konversi Energi dan Manufaktur*, vol. 2, no. 1, pp. 75–80, 2017.

- [14] L. N. Atmaja, H. B. Santoso, and A. Komari, "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, 2019.
- [15] H. Helanianto, E. Epriyandi, and H. Rahmadi, "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekerasan Logam Induk Dan Logam Las," *Elem. J. Tek. Mesin*, vol. 7, no. 2, pp. 138–147, 2020, doi: 10.34128/je.v7i2.148.
- [16] Maryadi, P. Hartono, and U. Lesmanah, "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, 2021.
- [17] A. Hasanah, "Pengaruh Variasi Arus Listrik dan Pola Gerakan Elektroda Terhadap Uji Tarik Material ST-37 Pada Penyambungan Las SMAW," Universitas Sriwijaya, 2021.
- [18] H. K. Rahman, "Pengaruh Arus Smaw Terhadap Kekuatan Tarik Dan Impak Baja Konstruksi Iwf Jis G3101 Ss400," vol. 6, 2021.
- [19] Y. Nasrul, H. Suryanto, and A. Qolik, "Pengaruh Variasi Arus Las SMAW terhadap Kekerasan dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar SS304 dan ST37," *J. Tek. Mesin.*, vol. 24, no. 1, 2016.
- [20] A. Muhammad and D. I. Tsamroh, "Analisis Pengaruh Variasi Arus SMAW dengan Media Pendingin Oli Terhadap Sifat Mekanik Baja ST-37," *TRANSMISI*, vol. 17, pp. 194–199, 2021, doi: 10.26905/jtmt.v17i2.7342.
- [21] A. F. Y. Lakum, NA Mufarida, "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, 2017.
- [22] F. Handrika, "Analisis Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekuatan Pengelasan Pada Perancangan Casis Dino Test," Universitas Pancasakti Tegal, 2019.
- [23] 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.
- [24] H. Yudo, S. Jokosisworo, S. Welding, and P. Vessel, "Prosedur pengelasan," vol. 6, no. 2, pp. 123–125, 2009.
- [25] C. W. Utomo, "Pengaruh Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Tekuk Pada Sambungan Las Baja ST 41," pp. 1–4, 2000.
- [26] E. Wahyudi, "Penurunan Kekuatan Impact Baja ST 37 Akibat Pengelasan SMAW," *Otopro*, vol. 14, no. 2, p. 64, 2019, doi: 10.26740/otopro.v14n2.p64-70.
- [27] Y. M. Zulaida, M. I. Kusuma, and T. Triana, "Pengelasan Flux Core Arc Welding Untuk Aplikasi Pengelasan Pelat Lambung Kapal," *Tek. J. Sains dan Teknol.*, vol. 14, no. 2, p. 119, 2018, doi: 10.36055/tjst.v14i2.5867.
- [28] C. Genet, M. J. Ile Menu, O. Gavard, F. Ansart, M. Gressier, and R. Montpellaz, "Innovative formulation combining Al, Zr and Si precursors to obtain anticorrosion hybrid sol-gel coating," *Molecules*, vol. 23, no. 5, 2018, doi: 10.3390/molecules23051135.
- [29] M. Outline, "Technical White Paper: JIS Z 2801: 2000," *Reading*, vol. 2000, no. 3264423, pp. 2000–2002, 2005.
- [30] O. Ferenza, Tuparjono, and Sugiyarto, "Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan Baja ST37 Menggunakan Las Shield Metal Arc Welding (SMAW) Dengan Posisi Pengelasan 3F," *Syntax Idea*, vol. 3, no. 8, 2021.
- [31] I. Pujo and Sarjito, "Analisis Kekuatan Sambungan Las Smaw (Shielded Metal Arc Welding) Pada Marine Plate ST 42 Akibat Faktor Cacat Porositas Dan Incomplete Penetration," *J. Progr. Stud. Tek. Perkapalan, Fak. Tek. Univ. Diponegoro*, vol. 5, no. 2, pp. 102-113–113, 2012, doi: 10.12777/kpl.5.2.102-113.
- [32] A. Nugroho and E. Setiawan, "Pengaruh Variasi Kuat Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Kekerasan Sambungan Las Plate Carbon Steel ASTM 36," *J. Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 3, no. 2, pp. 134–142, 2018.
- [33] R. A. S. Akbar, "Pengaruh Variasi Arus Dan Sudut Kampuh V Pengelasan SMAW Pada Plat Baja ST37 Pada Uji Mikrostruktur," Universitas Muhammadiyah Jember, 2015.
- [34] T. B. Santoso, Solichin, and P. T. Hutomo, "Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Dan Struktur Mikro Las Smaw Dengan Elektroda E7016," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 15, no. 1, p. 20, 2020.
- [35] M. Rizki, N. Erizon, B. Syahri, and R. E. Jr, "The Effect of Current Strength Towards ABREX Steel 400 Pulling Strength by Using SMAW Welding with Electrode E7018," *Teknomekanik*, vol. 3, no. 2, pp. 36–42, 2020, doi: 10.24036/teknomekanik.v3i2.5972.
- [36] A. Wisnujati and J. Andryansyah, "Analysis Of Mechanical Properties SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Welding Joints Of Portable Electric Hydraulic Jack Frame," *INTEK J. Penelit.*, vol. 7, no. 2, p. 155, 2021, doi: 10.31963/intek.v7i2.2134.
- [37] M. A. Pratomo, J. Jasman, N. Erizon, and Y.

Fernanda, "The Variation Effect of Electric Current Toward Tensile Strength on Low Carbon Steel Welding with Electrode E7018," *Teknomekanik*, vol. 3, no. 1, pp. 9–16, 2020, doi: 10.24036/tm.v3i1.5572.

- [38] S. Faidillah, Kosjoko, and A. Irawan, "Pengaruh Pendinginan Cairan Radiator Coolant (RC) AHM Terhadap Kekuatan Tarik Hasil Pengelasan Smaw Pada Plat Baja ST 37," *J. Skripsi Progr. Stud. Tek. Mesin Fak. Tek. UMM Jember*, vol. 2015, no. 1, pp. 1–11, 2015.