

Pengaruh Polaritas DCEP dan DCEN pada Pengalasan SMAW terhadap *Weld Profile* dan Kedalaman Penetrasi Baja ASTM A36 Menggunakan Elektroda E6013

Arif Andriyanto^{*1}, Indri Setiani², Mujiyono³

^{1,2,3}Departemen Teknik Mesin, Universitas Negeri Yogyakarta, Indonesia

Email: ¹Arifandriyanto.2022@student.uny.ac.id, ²Indri.setiani@gmail.com, ³mujiyono@uny.ac.id

Abstrak

Perkembangan bidang teknologi yang semakin maju akan membuat bidang lain khususnya industri dan konstruksi juga semakin pesat sehingga melahirkan metode baru khususnya dalam pemrosesan logam. Salah satu yang berkembang dalam bidang tersebut adalah teknik menyatukan logam atau disebut dengan metode pengelasan. Metode pengelasan terus dikembangkan guna mengurangi cacat las agar pekerjaan menjadi lebih efisien. Oleh sebab itu pengujian ini bertujuan untuk mencari metode las terbaik khususnya melalui pengaruh variasi arus 55A, 95A, 145A serta variasi polaritas *Direct Current Electrode Positive* (DCEP) dan *Direct Current Electrode Negative* (DCEN) terhadap *weld profile* dengan pengelasan *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) menggunakan elektroda E6013 di spesimen baja karbon rendah ASTM A36. Metode penelitian yang digunakan merupakan metode eksperimen dengan teknik pengumpulan data melalui observasi langsung dan teknik analisis yang digunakan adalah deskriptif. Pengujian pada penelitian ini menggunakan uji makro grafi pada mikroskop digital untuk mengetahui kedalaman penetrasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan polaritas dan kuat arus yang berbeda akan menghasilkan *weld profile* yang berbeda di mana dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Besar arus yang digunakan berbanding lurus dengan lebar dan kedalaman penetrasi yang dihasilkan, artinya semakin besar arus maka penetrasi juga akan semakin lebar dan dalam begitu juga untuk sebaliknya, (2) Besar arus yang digunakan akan berbanding terbalik dengan tinggi jalur las, artinya semakin rendah arus yang digunakan akan menghasilkan jalur las yang semakin tinggi dan berlaku juga untuk sebaliknya.

Kata kunci: elektroda E6013, DCEP, DCEN, SMAW, *weld profile*.

The Effect of DCEP and DCEN Polarity on SMAW Welding on Weld Profile and Penetration Depth of ASTM A36 Steel Using E6013 Electrode

Abstract

The increasingly advanced development of technology will make other fields, especially industry and construction, also grow rapidly, giving birth to new methods, especially in metal processing. One of the developments in this field is the technique of joining metals or called the welding method. Welding methods continue to be developed to reduce welding defects so that work becomes more efficient. Therefore, this test aims to find the best welding method, especially through the effect of variations in currents of 55A, 95A, 145A and variations in the polarity of *Direct Current Electrode Positive* (DCEP) and *Direct Current Electrode Negative* (DCEN) on the *weld profile* with *Shield Metal Arc Welding* (SMAW) welding using E6013 electrodes on ASTM A36 low carbon steel specimens. The research method used is an experimental method with data collection techniques through direct observation and the analysis technique used is descriptive. Testing in this study uses a macrographic test on a digital microscope to determine the penetration depth. The results of the study show that the use of different polarities and current strengths will produce different *weld profiles*, which can be concluded as follows: (1) The amount of current used is directly proportional to the width and depth of penetration produced, meaning that the greater the current, the wider and deeper the penetration will be, and vice versa. (2) The amount of current used will be inversely proportional to the height of the weld path, meaning that the lower the current used will produce a higher weld path and vice versa.

Keywords: elektroda E6013, DCEP, DCEN, SMAW, *weld profile*,

1. PENDAHULUAN

Perkembangan bidang teknologi yang semakin maju akan membuat bidang lain khususnya industri dan konstruksi juga semakin pesat. Hal ini disebabkan karena melalui perkembangan inovasi teknologi akan membuat sektor industri dan konstruksi menjadi semakin mudah berkembang karena akan muncul metode baru yang jauh lebih efisien dari berbagai aspeknya. Bidang industri dan konstruksi terjadi perkembangan pesat terutama dalam pemrosesan material mentah menjadi material siap pakai baik melalui pembuatan secara langsung maupun hanya menyatukan antar komponen terutama yang berbahan dasar logam. Salah satu perkembangan pada industri pemrosesan logam adalah teknik menyatukan antar logam satu dengan logam lainnya yang dikenal sejak dahulu. Awal mulanya teknik menyatukan logam dilakukan dengan cara dipukul atau ditempa, kemudian seiring perkembangan zaman metode ini dihilangkan dan diganti dengan metode pengelasan.

Metode pengelasan merupakan suatu teknik penyambungan antara dua bagian logam atau lebih dengan menggunakan energi panas [16]. Berdasarkan definisi dari *Deutch Industrie Normen* (DIN) las merupakan suatu ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair [17]. Pengelasan sendiri dapat dikategorikan menjadi berbagai jenis, salah satu yaitu *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW). Teknik ini merupakan proses pengelasan yang menggunakan busur logam yang dipanaskan untuk meleleh menjadi logam cair sebagai bahan tambahan dan menyatu dengan bahan spesimen yang dilas [21].

Popularitas *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) tidak terlepas dari peralatannya yang relatif sederhana, portabel, serta fleksibilitasnya untuk diaplikasikan di berbagai posisi dan lokasi, baik di bengkel maupun di lapangan. Kualitas sambungan las yang dihasilkan oleh proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) sangat krusial karena akan menentukan integritas dan keandalan suatu konstruksi secara keseluruhan. Metode pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) umumnya sering dipakai untuk pengelasan terutama bidang konstruksi pelapisan, pengelasan tabung, pengelasan pipa, dan pengelasan pelat rangka karena dianggap paling mudah dan efisien jika ditinjau dari berbagai parameter pengelasan [3] [4] [18].

Salah satu parameter utama yang secara signifikan mempengaruhi kualitas hasil las, terutama geometri manik las (*weld profile*) dan kedalaman penetrasi, adalah polaritas arus listrik. Pada pengelasan dengan arus searah (*Direct Current*), terdapat dua jenis polaritas, yaitu *Direct Current Electrode Positive* (DCEP) di mana elektroda dihubungkan ke kutub positif dan material induk ke kutub negatif, serta *Direct Current Electrode Negative* (DCEN) yang merupakan kebalikannya. Perbedaan polaritas ini mengubah distribusi panas pada busur listrik. Pada *Direct Current Electrode Positive* (DCEP) sekitar dua pertiga panas terkonsentrasi pada ujung elektroda, sementara pada *Direct Current Electrode Negative* (DCEN), panas lebih terfokus pada material induk. Karakteristik distribusi panas yang berbeda ini secara langsung berdampak pada proses pelelehan logam, *fluiditas weld pool*, dan pada akhirnya membentuk profil las serta seberapa dalam penetrasi las ke dalam logam induk [7] [8].

Baja ASTM A36 merupakan kategori baja karbon rendah yang banyak digunakan untuk berbagai aplikasi konstruksi umum, permesinan, dan komponen otomotif karena kekuatan dan kemampuan lasnya yang baik. Pengelasan pada baja ASTM A36 umumnya menggunakan jenis elektroda E6013 karena memiliki karakteristik busur yang halus dan kemampuan penetrasi yang tergolong mudah sehingga memudahkan proses pengerjaan untuk menghasilkan fabrikasi yang baik [21]. Fabrikasi yang baik menandakan tidak adanya kegagalan pada sambungan pengelasan karena kegagalan pada sambungan pengelasan sangat bersifat fatal karena sambungan yang tidak sesuai termasuk dalam kegagalan produk dan jika tidak diperbaiki akan berakibat fatal pada keselamatan pengguna.

Kegagalan las atau biasa disebut cacat las (*welding defect*) merupakan kondisi di mana pengelasan yang dilakukan tidak sesuai dengan standar yang telah ditetapkan sehingga akan menyebabkan penurunan kualitas sambungan, perubahan sifat material dasar, atau penyimpangan struktur dasar las [9] [10] [15]. Oleh sebab itu, dalam pengelasan sebisa mungkin harus menghindari adanya cacat las agar menghasilkan suatu produk yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Salah satu upaya untuk mengurangi risiko cacat las adalah dengan penerapan metode pengelasan sebaik mungkin, karena akan menghasilkan hasil pengelasan yang semakin baik sehingga perlu adanya kajian terkait teknik dan metode sesuai dengan jenis las dan bahan yang digunakan [5]. Berdasarkan kajian dari penelitian terdahulu penggunaan polaritas DECP dan DCEN pada proses SMAW dapat menghasilkan sambungan las yang berbeda akan tetapi belum sepenuhnya dijelaskan hasil spesifiknya terutama pada bagian *weld profile* dan kedalaman penetrasi pada sudut pengelasan tertentu. Hal ini juga menegaskan bahwa polaritas berperan penting dalam menentukan geometri las, oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh DCEP dan DCEN dengan variasi arus terhadap kondisi *weld profile* khususnya pada material ASTM A36 dengan elektroda E6013.

Variasi penggunaan arus pengelasan perlu disesuaikan dengan kondisi media yang digunakan karena jika arus tidak sesuai akan menyebabkan cacat pengelasan yang serius. Hal ini disebabkan karena arus pengelasan akan mempengaruhi *hardeness* dan *annular distortion* sehingga risiko cacat akan semakin tinggi terutama pada

kualitas sambungan yang berkaitan dengan *brittleness* [1] [2] [13]. Oleh sebab itu, maka fokus penelitian ini penelitian adalah menganalisis perbedaan yang dihasilkan pada *weld profile* yang meliputi lebar penetrasi, tinggi jalur las, dan kedalaman penetrasi melalui variasi arus yang digunakan pada polaritas yang berbeda sehingga diharapkan dapat memberikan referensi dalam memilih polaritas dan arus yang tepat khususnya pada pengelasan material ASTM A36 dengan elektroda E6013 untuk mencapai kualitas sambungan yang diinginkan sesuai dengan aplikasi spesifik di lapangan.

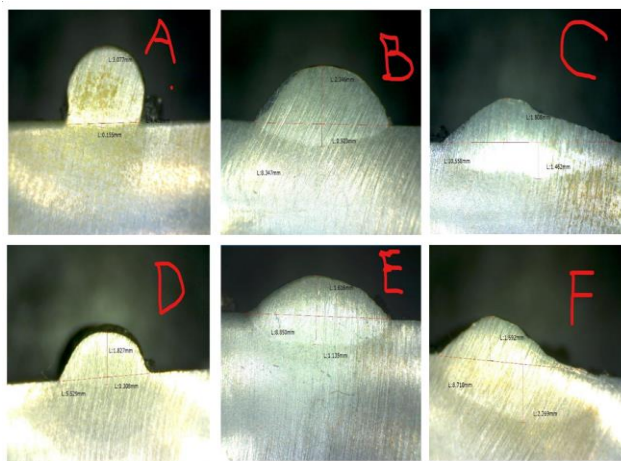
2. METODE PENELITIAN

Penelitian eksperimen ini dilaksanakan di *Workshop* Fabrikasi, Departemen Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Yogyakarta dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh polaritas DCEN dan DCEP pada pengelasan SMAW terhadap kedalaman penetrasi. Material berupa pelat baja karbon rendah ASTM A36 setebal 7 mm dengan elektroda E6013 diameter 3,2 mm dan sudut busur 70°. Variasi arus yang digunakan adalah 55A, 95A, dan 145A.

Pengujian makro grafi dilakukan dengan mikroskop digital setelah spesimen melalui proses pemotongan, pengampelasan hingga 400 grit, dan etsa menggunakan larutan etanol 98% dan asam nitrat 2%. Data yang diperoleh berupa perbandingan kedalaman penetrasi antara kedua polaritas pada setiap variasi arus, yang kemudian dianalisis secara deskriptif.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari pengujian yang sudah dilaksanakan didapatkan *weld profile* sebagai berikut:



Gambar 1. Weld Profile

Berdasarkan hasil pada gambar 1, dapat diasumsikan bahwa perbedaan polaritas dengan variasi kuat arus akan menghasilkan *weld profile* yang berbeda. Adapun hasil perhitungan pengelasan yang digunakan sebagai berikut:

Tabel 1. Perhitungan pengelasan

Spesimen	Polaritas	A	v	T (s)	l (mm)	T (min)	V (mm/min)	Heat Input
A	DCEN	55	17	36	50	0,6	83,3	7,3
B		95	24	22	50	0,37	136,4	10,9
C		145	32	17	50	0,28	176,5	17,1
D	DCEP	55	18	30	50	0,5	100	6,4
E		95	23	22	50	0,37	136,4	10,4
F		145	31	17	50	0,28	176,5	16,6

Berdasarkan tabel 1, maka dapat diketahui hasil perhitungan dalam pengelasan baik untuk polaritas DCEN maupun DCEP. Adapun hasil pengujian pada *weld profile* didapatkan data sebagai berikut:

Tabel 2. Hasil pengujian *weld profile*

Spesimen	Polaritas	A	Dalam Penetrasi (mm)	Lebar penetrasi (mm)	Tinggi jalur las (mm)
A	DCEN	55	0,155	4,405	3,077
B		95	0,923	8,348	2,346
C		145	1,462	10,558	1,808
D	DCEP	55	0,308	5,529	1,827
E		95	1,135	8,85	1,616
F		145	2,269	8,71	1,692

Dari tabel 2, dapat diartikan bahwa polaritas DCEP dan DCEN akan menghasilkan *weld profile* yang berbeda. Secara umum, polaritas DCEN akan menghasilkan kedalaman dan lebar penetrasi yang lebih kecil daripada polaritas DCEP. Akan tetapi polaritas DCEN cenderung menghasilkan jalur pengelasan yang lebih tinggi daripada DCEP. Hal ini mengindikasikan bahwa polaritas dan besar arus yang digunakan akan mempengaruhi hasil dari pengelasan khususnya pada bagian *weld profile*. Adapun perbandingan antar *weld profile* antar spesimen secara ringkas sebagai berikut:

Tabel 3. Perbandingan antar spesimen

Polaritas	A	Selisih kedalaman spesimen		
		A:D	B:E	C:F
DCEN	55	0,15	0,21	0,81
	95	Penetrasi	Penetrasi	Penetrasi
	145	D	E	F
DCEP	55	lebih dalam	lebih dalam	lebih dalam
	95			
	145			

Dari tabel 3, dapat disimpulkan secara keseluruhan bahwa semakin tinggi arus yang digunakan maka akan menghasilkan penetrasi semakin dan juga semakin dalam. Hal ini berlaku baik di polaritas DCEN dan DCEP. Selisih ini disebabkan karena polaritas akan berpengaruh terhadap ukuran butir fasa *pearlite* berubah menjadi lebih halus dibandingkan dengan daerah *base metal* [19]. Selain itu, selisih kedalaman ini juga diakibatkan karena pengaruh beban yang lebih tinggi sehingga tegangan geser juga akan lebih cepat naik seiring kenaikan arus [6] [12] [14]. Selain itu, semakin tinggi arus juga akan menyebabkan energi panas yang dihasilkan semakin besar, menyebabkan difusi, dan evaporasi elemen pengikat yang mempercepat aliran material ke daerah fusi sehingga meningkatkan diameter *nugget* dan mengubah struktur mikro [5] [14] [20]. Tetapi, arus yang terlalu tinggi juga akan berakibat fatal karena akan menurunkan kemampuan material menahan beban geser akibat degradasi struktur mikro yang disebabkan oleh meningkatnya porositas, retakan, dan penurunan *modulus elastisitas* pada daerah fusi akibat masukan panas berlebih sehingga tegangan geser juga akan [6] [20].

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilaksanakan maka dapat disimpulkan bahwa penggunaan polaritas dan kuat arus yang berbeda akan menghasilkan *weld profile* yang berbeda di mana dapat disimpulkan sebagai berikut: (1) Besar arus yang digunakan berbanding lurus dengan lebar dan kedalaman penetrasi yang dihasilkan, artinya semakin besar arus maka penetrasi juga akan semakin lebar dan dalam begitu juga untuk sebaliknya, (2) Besar arus yang digunakan akan berbanding terbalik dengan tinggi jalur las, artinya semakin rendah arus yang digunakan akan menghasilkan jalur las yang semakin tinggi dan berlaku juga untuk sebaliknya.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adigun, O., A. et al. (2025). The Effect of Welding Parameter on the Tensile and Impact Properties of Weldments. *American Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 9(1), 37-42. <https://doi.org/10.11648/j.ajmme.20250901.14>
- [2] Afzal, S., M. et al. (2025). Optimization of process parameters for shielded metal arc welding for ASTM A 572 grade 50. *Journal of Engineering Research*, 13(2), 1072-1088. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2024.01.005>
- [3] Alamsyah, B. N., & Suastianti, D. (2025). Analisis kerusakan produk pengelasan shielded metal arc welding (SMAW) berbasis material plat baja ASTM A36 untuk aplikasi body kapal. *Laporan Penelitian Institut Teknologi Indonesia*. <http://repository.iti.ac.id/handle/123456789/2989>
- [4] Ammarullah, M. I. (2024). Preventing environmental and health problems due to LPG transport tank leaks: Fatigue and crack behavior of heat-treated steel investigation. *Journal of Advanced Research in Applied Mechanics*, 11(1). http://sustech.caswiz.com/handle/2SGJ60CL/788742?mode=full&submit_simple=Show+full+item+record
- [5] Benchadli, I. et al. (2024). Effect of welding parameters on critical stress intensity factor for coach peel and tensile shear joints of 316L stainless steel. Research Square Platform LLC. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-4496053/v1>
- [6] Fadelan, et al. (2024). The effect of welding current on shear test and microstructure TIG brazing of cemented carbide and steel. *Journal of Physics: Conference Series*, 2739(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2739/1/012041>
- [7] Huo, G., & Yu, B. (2024). Numerical simulation of welding temperature field and stress field of offshore high-strength steel. In *ADIPEC. SPE*. <https://doi.org/10.2118/222321-MS>
- [8] Kumar, M. et al. (2024). Effect of welding current and electrode polarity on weld bead geometry and shape relationships in gravity-assisted mechanized contact shielded metal arc welding. In *Proceedings of the International Conference on Industrial and Manufacturing Systems (CIMS-2022)*. Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-97-3654-6_22
- [9] Kurnianto, R., & Suastiyanti, D. (2025). Analisa cacat pengelasan pada komponen boom hydraulic excavator kelas 40 ton (PC400) di PT. Komatsu Indonesia [Laporan Penelitian]. Institut Teknologi Indonesia. <http://repository.iti.ac.id/handle/123456789/3030>
- [10] Lestari, R. D. (2026). Cacat las: Jenis, pencegahan, definisi dan klasifikasinya. PT Allpro Mirai Indonesia. <https://www.allpro.co.id/cacat-las/>
- [11] Nizar, H. (2014). Analisa sifat mekanik dan struktur mikro hasil las bawah air dengan variasi jenis elektroda pada material ASTM A36. *Tugas Akhir*. Repository ITS. <http://repository.its.ac.id/1519/>
- [12] Noor, M. I. P, & Yunus. (2020). Pengaruh Tegangan Listrik Dan Waktu Pengelasan Terhadap Karakteristik Fisik Dan Mekanik Sambungan Las Titik 3 Lapis Stainless Steel 304, 316, Dan 317. *JTM I*(9): 77-83.
- [13] Nurdin, et al. (2021). Effect of SMAW welding current variations on mechanical propertiesin ASTM A240 grade 304L. *Journal of Welding Technology*, 7(2), 29-33.
- [14] Ramdani, S. et al. (2023). Comparison of penetration depth based on effect of DCEP and DCEN polarity on SMAW process using E6013 with ASTM A36. *VII INTERNATIONAL CONFERENCE "SAFETY PROBLEMS OF CIVIL ENGINEERING CRITICAL INFRASTRUCTURES"*. <https://doi.org/10.1063/5.0114540>
- [15] Rapid-Protos. (2025). Types of welding defects: An engineering guide to all external and internal flaws. Rapid-Protos Engineering Resources. <https://www.rapid-protos.com/it/types-of-welding-defects/StandardizationAdminist>
- [16] Shobri, M., & Pardi. (2019). Pengaruh Arus Pengelasan terhadap Kekuatan pada Proses Las SMAW Menggunakan Elektroda Type E6013. *Jurnal Inovtek Polbeg* 9(2), 378-402.

-
- [17] Sultanul A. M., *et al.* (2018). Analisis Pengelasan SMAW pada Baja ASTM A36 dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanik dan Ketahanan Biokorosi di Lingkungan Laut. *Jurnal Teknik ITS* 7(2): 180-186.
- [18] Utomo, S. P. (2025). The stress corrosion cracking (SCC) susceptibility of the dissimilar ASTM A36 steels and 316L stainless steels welding in varied temperature of FeCl₂. *Mechanical Engineering for Society and Industry*, 5(1)
- [19] Wa'adulloh, M. (2023). Analisis Pengaruh Arus dan Tegangan Pengelasan 3G Conveyor Terhadap Struktur dan Sifat Baja. *Ocean Engineering : Jurnal Ilmu Teknik dan Teknologi Maritim* 2(3), 229-241.
- [20] Wang, R., *et al.* (2025). Effects of welding current on microstructure evolution and mechanical behavior of WC-Co/X32 steel joints by resistance spot welding. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*, 128(1). <https://doi.org/10.1016/j.ijrmhm.2025.107048>
- [21] Yulianto, T., & Prasetya, D. A. (2023). Peningkatan sifat mekanik sambungan las SMAW baja ASTM A36 dengan penambahan nikel (Ni). *SINTEK JURNAL: Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 17(1), 45–52.