

The effect of variation in E7018 electrode current on the bending strength of carbon steel material

Andi Gilang Wira Pratama, Azwinur*, Zaini

Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Lhokseumawe

Kota Lhokseumawe, Aceh 24301, Indonesia

Corresponding author: azwinur@pnl.ac.id

Article Processing Dates:

Received 2024-03-08

Accepted 2024-03-24

Available online 2024-03-30

Keywords:

Welding

SMAW

ASTM A36

Current

Bending

Abstract

Welding is one of the essential metal joining methods in modern industry. In carbon steel welding such as ASTM A36, SMAW is often chosen because of its ability to produce strong joints with economical operating costs. However, the mechanical properties of the welded joints on this steel are greatly influenced by the welding process parameters, such as the type of electrode and the welding current setting. The purpose of this study was to evaluate the effect of variations in welding current with E7018 electrodes on the bending properties of ASTM A36 carbon steel material. The stages of the study were material welding, visual and penetrant non-destructive tests and bending tests. The results of the study showed that the best results were obtained on the cover side with a current of 110A, where the heat generated was sufficient to create a strong and flexible joint against deformation. While on the root pass side the highest bending value was at a current of 120A.

Pengaruh variasi arus elektroda E7018 terhadap kekuatan *bending* material baja karbon

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang esensial dalam industri modern. Dalam pengelasan baja karbon seperti ASTM A36, SMAW sering dipilih karena kemampuannya untuk menghasilkan sambungan yang kuat dengan biaya operasional yang ekonomis. Namun, sifat mekanik hasil sambungan las pada baja ini sangat dipengaruhi oleh parameter proses pengelasan, seperti jenis elektroda dan pengaturan arus pengelasan. Tujuan penelitian untuk mengevaluasi pengaruh variasi arus pengelasan dengan elektroda E7018 terhadap sifat bending material baja karbon ASTM A36. Tahapan penelitian berupa pengelasan material, uji tidak merusak visual dan penetrat serta uji bending. Hasil penelitian diperoleh bahwa pada sisi penutup dengan arus 110A merupakan hasil terbaik, di mana panas yang dihasilkan cukup untuk menciptakan sambungan yang kuat dan fleksibel terhadap deformasi. Sedangkan pada sisi root pass nilai bending tertinggi adalah pada arus 120A.

Kata Kunci: Pengelasan, SMAW, ASTM A36, Arus, Bending

1. Pendahuluan

Pengelasan merupakan salah satu metode penyambungan logam yang esensial dalam industri modern. Proses ini banyak digunakan untuk menghubungkan material dengan kekuatan tinggi, fleksibilitas desain, dan biaya produksi yang relatif ekonomis. Salah satu teknik pengelasan yang paling umum diterapkan adalah Shielded Metal Arc Welding (SMAW), atau sering disebut las busur manual. Metode ini dikenal karena kemudahan operasionalnya, biaya peralatan yang rendah, serta kemampuan untuk diaplikasikan pada berbagai jenis logam, termasuk baja karbon.

Dalam pengelasan baja karbon seperti ASTM A36, SMAW sering dipilih karena kemampuannya untuk menghasilkan sambungan yang kuat dengan biaya operasional yang ekonomis. Namun, proses ini menghasilkan tingkat panas yang signifikan, yang dapat memengaruhi sifat material di sekitar daerah las (Heat-Affected Zone/HAZ).

Pemilihan parameter seperti arus pengelasan dan elektroda sangat penting untuk mengendalikan distribusi panas, sehingga sifat mekanik seperti kekuatan *bending* dan keuletan material tetap terjaga. Keunggulan lain dari SMAW adalah kemampuannya untuk bekerja dengan berbagai jenis elektroda, seperti E7018, yang memberikan ketahanan terhadap retak akibat hydrogen dan menghasilkan struktur mikro yang lebih seragam dibandingkan elektroda umum lainnya [1].

Material baja karbon, seperti ASTM A36, menjadi pilihan utama dalam berbagai aplikasi teknik karena sifat mekaniknya yang baik, seperti kekuatan tarik sedang, keuletan yang memadai, dan kemudahan fabrikasi. ASTM A36 banyak digunakan dalam konstruksi struktural, seperti rangka baja, jembatan, tangki penyimpanan, serta komponen alat berat. Namun, sifat mekanik hasil sambungan las pada

baja ini sangat dipengaruhi oleh parameter proses pengelasan, seperti jenis elektroda dan pengaturan arus pengelasan [2].

Elektroda E7018 adalah salah satu elektroda yang sering digunakan pada pengelasan baja karbon karena kemampuannya menghasilkan sambungan las berkekuatan tinggi dengan ketahanan yang baik terhadap retak. Selain itu, elektroda ini juga menghasilkan endapan las yang bersih dan rapi, menjadikannya pilihan yang ideal untuk aplikasi struktural. Namun, salah satu faktor kritis yang memengaruhi kualitas hasil las adalah pengaturan arus pengelasan, dimana jenis elektroda sangat berhubungan dengan penentuan arus pengelasan [3][4], [5].

Baja karbon ASTM A36 yang dilas menggunakan elektroda E7018 banyak digunakan dalam proyek-proyek konstruksi yang membutuhkan tingkat keandalan tinggi. Contohnya meliputi struktur bangunan, jembatan, dan rangka alat berat yang sering menerima beban dinamis atau tekanan tinggi. Dalam aplikasi ini, sifat *bending* atau kelenturan material menjadi salah satu parameter kunci untuk menjamin ketahanan sambungan terhadap deformasi dan kegagalan saat menerima beban.

Meskipun elektroda E7018 memiliki reputasi sebagai elektroda yang dapat menghasilkan sambungan berkualitas tinggi, keberhasilan proses pengelasan sangat bergantung pada pengaturan parameter teknis, salah satunya adalah arus pengelasan. Jika arus terlalu rendah, penetrasi las tidak akan maksimal sehingga sambungan rentan terhadap kegagalan. Sebaliknya, arus yang terlalu tinggi dapat menghasilkan cacat seperti spatter, deformasi berlebih, dan perubahan mikrostruktur yang merugikan. Pada material seperti ASTM A36, variasi arus pengelasan juga berdampak pada distribusi panas yang memengaruhi sifat mekanik, termasuk kekuatan *bending*. Oleh karena itu, diperlukan penelitian untuk memahami hubungan antara variasi arus pengelasan dengan performa mekanik hasil sambungan las.

Selanjutnya hasil pengelasan material diuji menggunakan *bending test* untuk mengevaluasi kualitas mekanik sambungan las, terutama keuletan dan ketahanannya terhadap deformasi. Uji ini dilakukan dengan melengkungkan spesimen hasil las pada sudut tertentu menggunakan alat uji khusus hingga tercapai deformasi yang signifikan atau hingga spesimen patah. Pada pengujian ini, permukaan sambungan las, termasuk area logam las dan daerah pengaruh panas (Heat-Affected Zone/HAZ), diamati secara cermat untuk mendeteksi adanya cacat seperti retak, kurang fusi, atau porositas.

Bending test bertujuan untuk memastikan bahwa sambungan las memiliki keuletan yang cukup untuk menahan beban lentur tanpa mengalami kegagalan, yang sangat penting dalam aplikasi industri. Seperti pada pengelasan baja karbon ASTM A36, keuletan yang baik menunjukkan bahwa sambungan dapat menahan deformasi plastis yang tinggi tanpa retak. Parameter proses pengelasan, seperti arus pengelasan, sangat memengaruhi hasil uji ini karena distribusi panas selama pengelasan berdampak langsung pada mikrostruktur dan kekuatan mekanik sambungan [6].

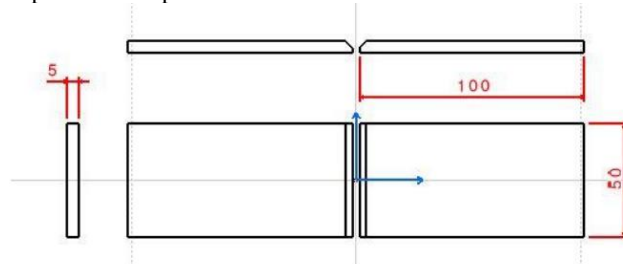
Beberapa penelitian sebelumnya telah mengkaji pengaruh parameter pengelasan terhadap kualitas lasan [6], [7], [8][9], [10], [11]. Jaenal Arifin, dkk dalam penelitiannya menyatakan bahwa arus pengelasan berpengaruh terhadap karakteristik makro, struktur mikro, distribusi kekerasan dan kekuatan tarikannya. Semakin tinggi arus yang dipakai semakin

rendah nilai kekerasan dan kekuatan tarik. Hasil yang didapat pada perbedaan elektroda nilai kekerasan yang paling tinggi menggunakan elektroda E7018 dengan variasi arus 70A yaitu 105 HRB, dan nilai tertinggi pada pengujian tarik pengelasan menggunakan elektroda E6013 dengan variasi arus 110A yaitu 34,697MPa [12]. Rizki Wahyudi, dkk dalam penelitiannya untuk mengetahui pengaruh jenis elektroda terhadap kekuatan tarik pengelasan material ASTM A36 dengan AISI 1050 menggunakan proses pengelasan SMAW. Material ASTM A36 dengan AISI 1050 diberi perlakuan pengelasan dengan variasi jenis elektroda yaitu E7016, E7018 dan E7016 + E7018. Dari hasil penelitian maka dapat dijelaskan bahwa jenis elektroda berpengaruh terhadap kekuatan tarik material dimana nilai kekuatan tarik yang paling tinggi terdapat pada jenis elektroda E7016 + E7018 yaitu sebesar 55.06 kgf/mm² selanjutnya diikuti oleh elektroda E7016 yaitu sebesar 54.29 kgf/mm² dan terakhir dengan nilai terendah menggunakan elektroda E7018 yaitu sebesar 51.81 kgf/mm².

Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan penelitian dengan tujuan untuk mengevaluasi pengaruh variasi arus pengelasan dengan elektroda E7018 terhadap sifat *bending* material baja karbon ASTM A36. Dengan memanfaatkan metode pengelasan SMAW, penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi yang relevan untuk menentukan parameter arus pengelasan yang optimal, sehingga menghasilkan sambungan dengan kualitas mekanik terbaik. Hasil penelitian ini juga diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi industri konstruksi dan manufaktur, terutama dalam penerapan teknik pengelasan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan struktur baja karbon.

2. Metode Penelitian

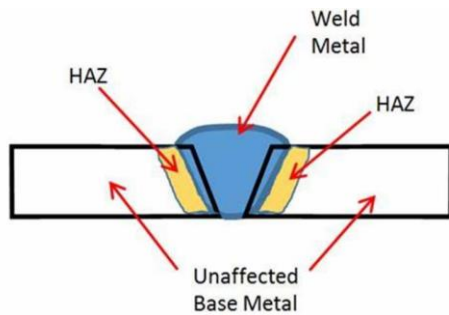
Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja karbon ASTM A36 dengan ketebalan 5 mm. Material dipersiapkan dalam bentuk pelat untuk proses pengelasan seperti desain pada Gambar 1.



Gambar 1. Persiapan material

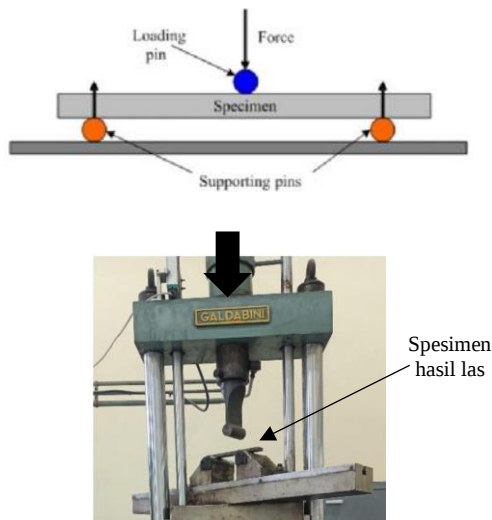
Elektroda yang digunakan adalah jenis E7018 dengan diameter 3,2 mm. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 100 A, 110 A, 120 A. Polaritas yang digunakan adalah DCEP dengan teknik pengelasan ayunan. Pengelasan diawali dengan pengelasan akar, kemudian dilanjutkan dengan hotpass dan filler pass dan diakhiri dengan penutup. Variasi arus pada hotpass, filler pass dan penutup, sedangkan las akar arusnya sama sebesar 60A.

Selanjutnya dilakukan NDT dengan visual dan penetrant test untuk melihat potensi cacat las permukaan. Jenis penetrant yang digunakan adalah metode solven removal dengan mengikuti dwell time sesuai standar. Pengamatan dilakukan pada area weld metal dan HAZ seperti pada Gambar 2.



Gambar 2. Terminologi Pengelasan

Hasil NDT yang telah diterima dilakukan uji *bending* untuk mengevaluasi kualitas mekanik sambungan las, terutama keuletan dan ketahanannya terhadap deformasi. Uji ini dilakukan dengan melengkungkan spesimen hasil las pada sudut tertentu menggunakan alat uji khusus hingga tercapai deformasi yang signifikan atau hingga spesimen patah. Pada pengujian ini, permukaan sambungan las, termasuk area logam las dan daerah pengaruh panas (Heat-Affected Zone/HAZ), diamati secara cermat untuk mendeteksi adanya cacat seperti retak, kurang fusi, atau porositas. Ilustrasi pengeujian *bending* seperti Gambar 3.



Gambar 3. Pengujian *bending* 3 titik.

3. Hasil dan Pembahasan

Hasil pengelasan material diuji menggunakan *bending* test untuk mengevaluasi kualitas mekanik sambungan las, terutama keuletan dan ketahanannya terhadap deformasi. Uji ini dilakukan dengan melengkungkan spesimen hasil las pada sudut tertentu menggunakan alat uji khusus hingga tercapai deformasi yang signifikan atau hingga spesimen patah. Pada pengujian ini, permukaan sambungan las, termasuk area logam las dan daerah pengaruh panas (Heat-Affected Zone/HAZ), diamati secara cermat untuk mendeteksi adanya cacat seperti retak, kurang fusi, atau porositas.

Bending test bertujuan untuk memastikan bahwa sambungan las memiliki keuletan yang cukup untuk menahan beban lentur tanpa mengalami kegagalan, yang sangat penting dalam aplikasi industri. Pada penelitian ini material yang *dibending* adalah hasil pengelasan baja karbon ASTM A36 seperti pada Gambar 4 dengan nilai *bending* seperti pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengujian *bending*

BAHAN UJI	SAMPEL	Penampang	Jarak Tumpuan Distance (mm)	F_u Kg	σ_u Kg/mm ²	ϵ %	Keterangan
Materials AISI 1041	Specimen	Suction (mm)					Remarks
Pengelasan Arus 100	1.1	50 x 5	120	882.60	127.09	4.04	-
	1.2	50 x 5	120	786.38	113.24	5.20	-
Pengelasan Arus 110	2.1	50 x 5	120	970.33	139.73	4.87	-
	2.2	50 x 5	120	984.48	141.77	5.09	-
Pengelasan Arus 120	3.1	50 x 5	120	823.17	118.54	5.25	-
	3.2	50 x 5	120	1046.74	150.73	4.75	-



Gambar 4. Hasil *bending* test

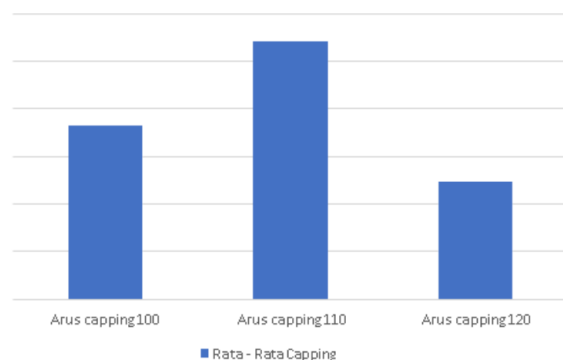
Berdasarkan hasil pada Gambar 4, spesimen yang dilas dengan arus rendah (100A) cenderung menunjukkan kegagalan pada uji *bending*. Hal ini disebabkan oleh penetrasi yang kurang optimal akibat panas yang tidak mencukupi selama proses pengelasan, sehingga menghasilkan area sambungan dengan fusi rendah. Kekurangan tersebut menyebabkan area di sekitar sambungan menjadi titik lemah yang memicu retak saat spesimen diberi deformasi lentur.

Pada arus pengelasan 110A, deformasi spesimen terlihat lebih merata, dengan hasil uji *bending* yang menunjukkan deformasi plastis yang baik tanpa adanya retak signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa arus 110A menghasilkan kondisi pengelasan yang optimal, dengan penetrasi yang cukup dan fusi yang baik antara logam las dan logam dasar.

Sebaliknya, arus pengelasan tinggi (120A) menyebabkan overheating, yang mengakibatkan perubahan struktur mikro pada zona pengaruh panas (HAZ). Pada kondisi ini, apabila dilihat secara struktur mikro pertumbuhan butir yang signifikan (grain growth) terjadi, yang membuat daerah tersebut menjadi lebih rapuh. Selain itu, cooling rate yang cepat setelah overheating berpotensi menghasilkan martensit di HAZ, sebuah fase yang bersifat keras tetapi getas, sehingga bisa meningkatkan risiko retak selama uji *bending*. Kondisi ini terlihat dari spesimen dengan arus 120A yang menunjukkan kerentanan terhadap retak, meskipun memiliki penetrasi yang lebih dalam dibandingkan dengan arus yang lebih rendah.

Elektroda E7018 yang digunakan memiliki sifat low hydrogen, yang membantu meminimalkan risiko retak akibat hydrogen, namun efektivitasnya bergantung pada parameter arus pengelasan yang digunakan. Pada arus rendah, fluks elektroda tidak mencair dengan sempurna, sehingga perlindungan terhadap oksidasi menjadi kurang optimal. Sementara itu, pada arus tinggi, fluks meleleh terlalu cepat, yang berpotensi menyebabkan cacat seperti porositas atau slag inclusion. Faktor-faktor ini memengaruhi kualitas sambungan las, yang pada akhirnya tercermin dalam hasil uji *bending*.

Secara keseluruhan, arus 110A memberikan hasil pengelasan terbaik untuk material ASTM A36, dengan kemampuan menahan deformasi lentur tanpa kegagalan. Sebaliknya, arus 100A dan 120A menunjukkan kelemahan yang signifikan, baik akibat penetrasi yang kurang optimal maupun perubahan mikrostruktur yang merugikan. Hal ini menegaskan pentingnya pemilihan parameter arus yang tepat untuk menghasilkan kualitas sambungan las yang baik. Hal ini dapat dilihat pada hasil *bending* pada sisi capping atau penutup seperti pada Gambar 5.



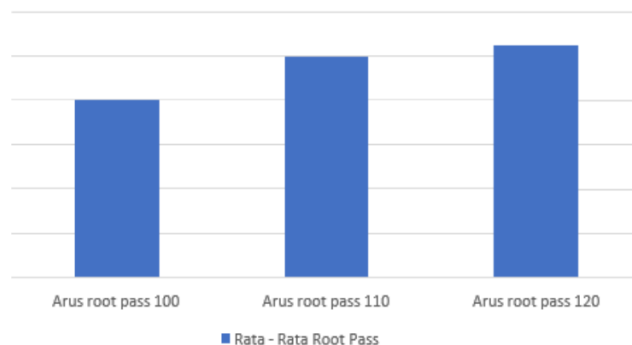
Gambar 5. *Bending* pada sisi penutup atau capping

Berdasarkan Gambar 5 pada arus rendah (100A), rata-rata nilai *bending* lebih rendah dibandingkan arus 110A. Hal ini disebabkan oleh penetrasi yang tidak optimal karena panas yang dihasilkan tidak cukup untuk mencairkan logam dasar secara maksimal. Akibatnya, fusi pada sambungan las menjadi kurang baik, sehingga kekuatan sambungan terhadap beban *bending* menurun.

Pada arus 110A, hasil *bending* menunjukkan nilai tertinggi. Kondisi ini menunjukkan bahwa arus 110A memberikan panas yang cukup untuk menghasilkan penetrasi yang optimal dan fusi yang baik antara logam dasar dan logam las. Struktur mikro pada sambungan capping cenderung seragam, dengan distribusi ferrit dan perlit yang ideal, sehingga meningkatkan kemampuan deformasi plastis tanpa retak selama pengujian *bending*.

Pada arus 120A menghasilkan nilai *bending* yang lebih rendah dibandingkan arus 110A. Hal ini disebabkan oleh overheating yang memengaruhi zona pengaruh panas (Heat-Affected Zone/HAZ) dan logam las. Overheating dapat menyebabkan pertumbuhan butir (grain growth) yang signifikan, sehingga struktur mikro menjadi lebih kasar dan kurang tahan terhadap deformasi. Selain itu, cooling rate yang cepat setelah overheating dapat menyebabkan pembentukan martensit di zona HAZ, yang bersifat keras tetapi getas, sehingga rentan retak saat diberi beban *bending*.

Hasil terbaik pada sisi penutup diperoleh pada arus 110A, di mana panas yang dihasilkan cukup untuk menciptakan sambungan yang kuat dan fleksibel terhadap deformasi. Arus 100A menghasilkan sambungan dengan penetrasi yang kurang optimal, sehingga kekuatannya lebih rendah. Arus 120A menghasilkan struktur mikro yang kurang ideal akibat overheating, yang menurunkan kemampuan sambungan untuk menahan beban *bending*. Secara keseluruhan, grafik ini menegaskan bahwa arus pengelasan yang digunakan sangat memengaruhi kualitas sambungan capping, khususnya dalam menghadapi deformasi lentur.



Gambar 6. *Bending* pada sisi root

Berdasarkan Gambar 6. yang menunjukkan hasil pengujian *bending* pada sisi root pass, terlihat bahwa nilai kekuatan *bending* paling rendah terdapat pada arus 100A, kemudian meningkat pada arus 110A, dan mencapai nilai tertinggi pada arus 120A. Fenomena ini dapat dijelaskan dengan mempertimbangkan pengaruh arus pengelasan terhadap penetrasi, distribusi panas, dan struktur mikro pada sambungan las.

Pada arus 100A, panas yang dihasilkan relatif rendah, sehingga penetrasi pada sisi root pass tidak optimal. Penetrasi yang dangkal menyebabkan area sambungan menjadi lemah karena ikatan antara material induk dan material las kurang kuat. Selain itu, kurangnya energi panas pada arus ini dapat memicu terbentuknya porositas atau kekosongan kecil pada logam las, yang selanjutnya mengurangi kekuatan sambungan ketika diuji *bending*.

Ketika arus dinaikkan ke 110A, panas yang dihasilkan menjadi lebih cukup untuk menciptakan penetrasi yang lebih dalam dan seragam. Hal ini memungkinkan terbentuknya sambungan dengan ikatan yang lebih kuat di sisi root pass. Distribusi panas yang lebih baik pada arus ini juga mendukung pembentukan struktur mikro yang lebih seragam, dengan zona pengaruh panas (HAZ) yang memiliki distribusi ferrit dan perlit yang optimal. Sebagai hasilnya, kekuatan *bending* meningkat secara signifikan dibandingkan arus 100A.

Pada arus 120A, kekuatan *bending* terus meningkat dan mencapai nilai tertinggi. Penambahan arus menghasilkan panas yang lebih besar, sehingga penetrasi menjadi lebih dalam. Penetrasi yang dalam ini memperkuat ikatan logam las di sisi root pass, meningkatkan kemampuan sambungan untuk menahan deformasi lentur. Namun, meskipun hasil *bending* menunjukkan kekuatan tertinggi pada arus 120A, perlu diperhatikan bahwa arus yang terlalu tinggi juga memiliki potensi risiko, seperti overheating yang dapat menyebabkan pertumbuhan butir berlebihan pada zona HAZ. Pertumbuhan butir yang terlalu besar dapat mengurangi sifat mekanis logam secara keseluruhan. Namun, dalam kasus ini, efek negatif tersebut belum terlihat dominan, sehingga kekuatan *bending* masih menunjukkan peningkatan pada arus 120A.

Secara keseluruhan, peningkatan arus dari 100A ke 120A menunjukkan tren peningkatan kekuatan *bending* pada sisi root pass. Ini menegaskan bahwa penetrasi yang lebih dalam akibat arus pengelasan yang lebih tinggi memainkan peran penting dalam meningkatkan performa sambungan saat diuji *bending*. Pemilihan arus yang tepat, seperti 120A, menjadi penting untuk memastikan sambungan las memiliki kekuatan maksimum, terutama untuk aplikasi yang memerlukan ketahanan terhadap deformasi lentur.

4. Kesimpulan.

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa arus pengelasan mempengaruhi nilai *bending* dimana pada sisi penutup dengan arus 110A merupakan hasil terbaik, di mana panas yang dihasilkan cukup untuk menciptakan sambungan yang kuat dan fleksibel terhadap deformasi. Sedangkan pada sisi root pass nilai *bending* tertinggi adalah pada arus 120A..

References.

- [1] W. Karmawan *et al.*, “Analisa Kekuatan Variasi Arus Las SMAW Dengan Elektroda E 7018 Bahan Baja ST 42 Terhadap Sifat Mekanis,” *J. Mesin Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 1, no. 1, pp. 19–23, 2020.
- [2] A. Azwinur, S. Syukran, A. Akhyar, N. H. Tho, and J. Jaswir, “Effect of welding repair on mechanical properties of ASTM A36 carbon steel weld joints,” *J. Polimesin*, vol. 20, no. 2, pp. 217–221, 2022.
- [3] Y. N. I. Saputro, “PENGARUH ARUS PENGELASAN TERHADAP KEKUATAN TARIK SAMBUNGAN LAS SMAW DENGAN ELEKTRODA E 7018,” *RESULTAN J. Kaji. Teknol.*, vol. 13, no. 2, pp. 24–31, 2011.
- [4] Tarkono, “Studi Penggunaan Jenis Elektroda Las Yang Berbeda Terhadap Sifat Mekanik Pengelasan SMAW Baja AISI 1045,” *MECHANICAL*, vol. 3, no. 2, Sep. 2012, doi: 10.23960/MECH.V3I2.2012.169.
- [5] S. Azwinur, “The Effect of Electrode Type on The Tensile Strength Characteristics of Welded Joints Between SA. 240 Tp. 304 Stainless Steel and SA. 36 Carbon Steel Alloys through SMAW Welding Process,” *Int. J. Integr. Eng.*, vol. 14, no. 4, pp. 35–42, 2022.
- [6] A. Azwinur and M. Muhazir, “Pengaruh jenis elektroda pengelasan SMAW terhadap sifat mekanik material SS400,” *J. POLIMESIN*, vol. 17, no. 1, pp. 19–25, Feb. 2019, doi: 10.30811/JPL.V17I1.870.
- [7] J. Arifin, H. Purwanto, and I. Syafa’at, “PENGARUH JENIS ELEKTRODA TERHADAP SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN SMAW BAJA ASTM A36,” *J. Ilm. MOMENTUM*, vol. 13, no. 1, Jul. 2017.
- [8] Akhyar *et al.*, “Evaluation of welding distortion and hardness in the A36 steel plate joints using different cooling media,” *Sustainability*, vol. 14, no. 3, p. 1405, 2022.
- [9] Y. Singla, “Mechanical Properties Study of Copper/Stainless Steel Dissimilar Weld Joints,” *Mod. Approaches Mater. Sci.*, vol. 2, no. 4, pp. 271–273, 2020, doi: 10.32474/mams.2020.02.000144.
- [10] W. Chuaiphan, S. Chandra-Ambhorn, S. Niltawach, and B. Sornil, “Dissimilar welding between AISI 304 stainless steel and AISI 1020 carbon steel plates,” in *Applied Mechanics and Materials*, 2013, pp. 283–290. doi: 10.4028/www.scientific.net/AMM.268-270.283.
- [11] A. Azwinur, A. S. Ismy, R. Nanda, and F. Ferdiansyah, “Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050,” *J. Weld. Technol.*, vol. 2, no. 1, pp. 1–7, 2020.
- [12] J. Arifin, H. Purwanto, and I. Syafa’at, “Pengaruh Jenis Elektroda terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan SMAW Baja ASTM A36,” *J. Ilm. MOMENTUM*, vol. 13, no. 1, 2017.