

Pengaruh Variasi Arus Pengelasan SMAW Terhadap Kekuatan Mekanis Sambungan Baja Karbon Rendah (SS-400)

Mochamad Miftachur Roziq¹, Andhi Indira Kusuma²

Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya¹²

e-mail: miftachurroziq137@gmail.com

ABSTRACT

The development of science and technology has created rapid progress in various fields, including welding technology in the manufacturing industry. SMAW welding is one of the most widely used welding techniques because SMAW welding applies an easy, economical process, and the results are good. However, the variation of welding current in this process significantly impact the quality of welded joints especially in low-carbon steel materials. Therefore, this study aimed to examine the effect of SMAW welding current variation on the material strength of welded joints in low carbon steel SS-400 material with a thickness of 10 mm and E7018 electrode. The researcher used welding current variations of 75 Ampere, 80 Ampere, and 85 Ampere with a 2G welding position. The researcher tested the mechanical strength of welded joints using the Charpy impact test with ASTM E23 standards. This study stated that welding current affects the value of energy absorbed by the specimen upon impact. At a welding current of 75 Ampere, 60° and 70° angles produced the same energy value of 64.891 J/mm². This result indicated a uniform heat distribution. At a welding current of 80 Ampere, a 70° angle produced a higher energy value (124.375 J/mm²) than 60° (73.003 J/mm²). This indicated that a larger angle provides more effective heat distribution. Meanwhile, the 85 Ampere current and 60° angle produced a higher energy value (64.891 J/mm²) than 70° (50.02 J/mm²). This indicated that the smaller angle of the seam provides better penetration.

Keywords: SMAW welding, Welding current, Low carbon steel, Material strength, welding joint.

ABSTRAK

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi telah menciptakan kemajuan pesat di berbagai bidang, termasuk teknologi pengelasan dalam industri manufaktur. Pengelasan SMAW adalah salah satu teknik pengelasan yang banyak digunakan karena proses yang mudah, ekonomis, dan hasilnya yang baik. Namun, variasi arus pengelasan dalam proses ini memiliki dampak signifikan pada kualitas sambungan las, terutama pada material baja karbon rendah. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh variasi arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan material hasil sambungan las pada material baja karbon rendah SS-400 dengan ketebalan 10 mm dan elektroda E7018. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 75 Ampere, 80 Ampere, dan 85 Ampere dengan posisi pengelasan 2G. Pengujian kekuatan mekanis sambungan las dilakukan menggunakan uji *impact Charpy* dengan standar ASTM E23. Dalam penelitian ini menyatakan bahwa arus pengelasan mempengaruhi nilai energi yang diserap oleh spesimen saat benturan. Pada arus pengelasan 75 Ampere, sudut kampuh 60° dan 70° menghasilkan nilai energi yang sama sebesar 64,891 J/mm², menunjukkan adanya distribusi panas yang seragam. Pada arus 80 Ampere, sudut kampuh 70° menghasilkan nilai energi lebih tinggi (124,375 J/mm²) dibandingkan 60° (73,003 J/mm²), menandakan bahwa sudut kampuh yang lebih besar memberikan distribusi panas yang lebih efektif. Sementara itu, pada arus 85 Ampere, sudut kampuh 60° menghasilkan nilai energi lebih tinggi (64,891 J/mm²) dibandingkan 70° (50,02 J/mm²), menunjukkan bahwa sudut kampuh yang lebih kecil memberikan penetrasi yang lebih baik.

Kata kunci : Pengelasan SMAW, Arus pengelasan, Baja karbon rendah, Kekuatan material, Sambungan las.

PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan metode penyambungan logam elemen mesin dalam suatu konstruksi mesin. Saat ini, pembangunan struktur logam sering kali mengandalkan pengelasan, terutama dalam bidang perancangan, karena proses pengelasan membutuhkan keahlian teknis

yang tinggi untuk menciptakan sambungan yang berkualitas. Sambungan las dapat menjadi lebih kuat dibandingkan material aslinya jika proses pengelasan dilakukan dengan benar menggunakan bahan tambah atau pengisi yang tepat serta metode pengelasan yang sesuai.

Maka pada penelitian ini perlu dilakukan pengkajian melalui analisis kekuatan hasil pengelasan dengan variasi arus listrik pengelasan SMAW pada baja SS-400 dengan ketebalan 10 mm. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh variasi arus listrik pengelasan terhadap kekuatan *impact* baja SS-400. Material SS-400 tergolong baja karbon dengan kadar karbon dibawah 0,17 % , yang disebut sebagai baja karbon rendah. Baja SS-400 memiliki kandungan unsur-unsur : *Carbon* (C), *Manganese* (Mn), Silikon (Si), Sulfur (S) dan Fosfor (P). Aplikasi baja SS-400 banyak dipergunakan untuk konstruksi bangunan kapal dan konstruksi umum seperti pada pembuatan tangki-tangki (Kurniawan, Suharno and Engineering, 2018) [1]. *fluks*. Fungsi *fluks* atau lapisan elektroda dalam las adalah untuk melindungi logam cair dari lingkungan udara menghasilkan gas pelindung, menstabilkan busur, sumber unsur paduan (Fahrizal, 2016) [2]. Metode las SMAW ini banyak dipilih karena kemudahan prosesnya, efisiensi biaya, kualitas las yang baik baik dari segi mekanik maupun fisik, dan investasi awal yang rendah.

Agar pengelasan berjalan lancar, kita perlu mempertimbangkan beberapa faktor yaitu, pemilihan peralatan seperti mesin las dan jenis elektroda, serta penentuan urutan kerja. Selain itu, pemilihan juru las yang berpengalaman juga sangat penting untuk memastikan hasil akhir yang berkualitas.

TINJAUAN PUSTAKA

Pengelasan SMAW

Pengelasan SMAW adalah teknik pengelasan yang menggunakan tenaga listrik untuk menyalakan elektroda. Pengelasan ini dinilai efektif dan praktis karena hanya memerlukan peralatan sederhana serta elektroda dalam penggunaannya. Oleh karena itu, pengelasan ini sangat cocok diterapkan dalam industri rumah tangga, seperti pembuatan pagar, maupun di lingkungan industri. Secara umum, pengelasan digunakan untuk menyambungkan logam dan sebagai metode perawatan pada konstruksi mesin. Kata *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) mengacu pada proses penyambungan dua logam atau penambahan logam pada permukaan logam yang sudah ada. Setiap kata dalam SMAW memiliki arti khusus, di mana "*shielded*" mengacu pada kemampuan untuk menghilangkan udara di sekitar lasan sehingga lasan terlindungi dari efek-efek yang dapat menurunkan kualitasnya.

Proses *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) melibatkan penggunaan rangkaian listrik untuk membentuk busur pengelasan, di mana daya listrik diubah menjadi energi panas. Busur yang dihasilkan memiliki intensitas panas yang tinggi dan sangat terfokus, sehingga dengan cepat melelehkan sebagian dari benda kerja dan ujung elektroda. Pengelas mengontrol panjang busur dengan mengatur jarak atau celah antara elektroda dan kolam lasan pada benda kerja secara konsisten. Setelah busur dihentikan, material yang meleleh bergabung dan mengeras membentuk logam padat yang memiliki bentuk yang terus menerus.

Kelebihan dan Kekurangan Pengelasan SMAW

Las SMAW memiliki beberapa kelebihan antara sifatnya yang serbaguna, harganya relatif murah, dan jenis pengelasan yang sering digunakan karena paling sederhana, pengelasan SMAW juga dapat mengolah berbagai macam tipe material, sehingga dapat digunakan untuk mengelas berbagai jenis logam termasuk baja dan besi tuang. Elektroda mudah didapat dalam banyak ukuran dan diameter, Peralatan yang digunakan sederhana, murah dan mudah dibawa kemana-mana, kebisingan rendah (*rectifier*)

Selain kelebihan, kekurangan pun juga terdapat pada pengelasan ini, diantaranya yaitu proses las harus berhenti ketika elektroda habis, slag atau terak yang dihasilkan dari sisa pengelasan harus dihilangkan, laju pengisian arus relatif lebih rendah, dan banyak memakan waktu karena harus menggantikan elektroda lama dengan elektroda baru tidak dapat digunakan untuk pengelasan bahan baja *non ferrous*, Diameter elektroda tergantung dari tebal pelat dan posisi pengelasan (Soedarmadji, 2020) [3].

Klasifikasi Baja

Baja adalah material yang banyak digunakan dalam konstruksi mesin, karena memiliki sifat ulet mudah dibentuk, kuat maupun keras. Selain itu baja dengan unsur utama Fe dan C bisa dipadukan dengan unsur lain seperti Cr, Ni, Ti dan sebagainya, untuk mendapatkan sifat mekanik seperti yang diinginkan (Prayogi and Suhardiman, 2019) [4]. Baja karbon merupakan salah satu jenis baja paduan yang terdiri atas unsur besi (Fe) dan karbon (C). Dimana besi merupakan unsur dasar dan karbon sebagai unsur paduan utamanya (Prayogi and Suhardiman, 2019) [4]. Baja karbon mengandung karbon dalam besi dengan rentang kisaran antara 0,2% hingga 2,14%. Kandungan karbon ini berperan sebagai unsur penguat dalam struktur baja. Berdasarkan jumlah persentase kandungan kimia karbon, baja dibagi menjadi 3 diantaranya yaitu :

1. Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*): Baja dengan kandungan karbon kurang dari 0,3% C.
2. Baja Karbon Sedang (*Medium Carbon Steel*): Baja dengan kandungan karbon antara 0,3% C dan 0,59% C.
3. Baja Karbon Tinggi (*High Carbon Steel*): Baja dengan kandungan karbon antara 0,6% C dan 1,4% C.

Baja karbon rendah dimanfaatkan dalam pembuatan kawat, profil baja, Sekrup, ulir, dan baut. Baja karbon sedang digunakan untuk membuat rel kereta api, poros roda gigi, dan suku cadang yang memerlukan kekuatan atau kekerasan sedang hingga tinggi. Sementara itu, baja karbon tinggi digunakan untuk alat potong seperti pisau, *milling cutter*, *reamers*, *tap*, serta komponen yang harus tahan terhadap gesekan. Baja karbon rendah adalah baja paduan yang mempunyai kadar karbon sama dengan baja lunak tetapi ditambah sedikit dengan unsur-unsur paduan. Penambahan unsur ini dapat meningkatkan kekuatan baja tanpa mengurangi keuletannya. Baja paduan banyak digunakan untuk kapal, jembatan, tanki-tanki serta konstruksi bangunan dan dalam permesinan (Asmaun, Arodi and Devi, 2020) [5].

Baja SS-400

Baja SS-400 (*Structural Steel 400*) adalah jenis baja karbon yang mempunyai kadar karbon rendah yaitu dibawah 0,3 %. Pada bidang perkapalan baja karbon rendah merupakan bahan utama untuk pembuatan konstruksi kapal, seperti pada konstruksi lambung kapal (Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Wilma, 2019) [6]. Baja SS-400 menunjukkan kekuatan tarik yang signifikan dan keuletan yang memadai, membuatnya sesuai untuk aplikasi yang mengharapakan kombinasi kekuatan dan ketahanan yang baik. Evaluasi kualitas sambungan pengelasan pada baja SS-400 dapat dilakukan melalui uji ketangguhan. Hal ini bertujuan untuk memastikan bahwa sambungan pengelasan memenuhi standar yang berlaku, serta memiliki kekuatan dan ketahanan yang memadai.

Uji Impact Charpy

Uji *Impact* atau uji ketangguhan adalah jenis pengujian yang dilakukan untuk mengetahui seberapa besar kekuatan material tersebut. Ada 2 metode uji *Impact* yang biasa dilakukan dalam dunia industri, yaitu uji *Impact Charpy* dan uji *Impact Izod*. Alat uji *impact* beroperasi dengan cara memukul objek yang akan diuji kekuatannya menggunakan pendulum

yang bergerak bolak-balik (Munawir, Nazaruddin and Zufadli, 2021) [7]. Pendulum ditarik ke ketinggian tertentu sebelum dilepaskan, menyebabkan benturan pendulum dengan objek uji hingga terjadi kerusakan. Berikut ini merupakan komponen dari alat uji *Impact Charpy*.

Persiapan material

Langkah awal yang dilakukan meliputi pemilihan material, yaitu baja karbon rendah tipe SS-400 dengan spesifikasi uji ketebalan 10 mm, panjang 65 mm, dan lebar 10 mm, dengan total 12 spesimen. Jumlah sampel dalam penelitian ini terdiri dari 6 kategori yang berbeda, yaitu material pengelasan yang masing-masing diberi arus 75 Ampere (A), 80A, dan 85A. menggunakan proses pengelasan SMAW. Populasi sampel dalam penelitian ini mencakup semua hasil pengelasan material baja karbon rendah SS-400 dengan metode SMAW, menggunakan elektroda *KOBE STELL E7018* berdiameter 2,6 mm. Jenis sambungan pengelasan yang dipakai adalah sambungan (*butt joint*).

Proses pengelasan dengan posisi 2G (*Horizontal*)

Sebelum melakukan pengelasan atau pengujian, material yang akan disambungkan atau diuji harus dipastikan bersih dari kotoran seperti terak yang terbentuk selama proses pemotongan, minyak, karat, dan lainnya. Jika tidak dibersihkan dengan baik, ini dapat mengganggu hasil pengelasan dan bahkan menyebabkan cacat pada hasil akhirnya. Selanjutnya, spesimen dilas sesuai dengan arus yang telah ditentukan, yaitu:

- a. Pengelasan SMAW dengan 75 A
- b. Pengelasan SMAW dengan 80 A
- c. Pengelasan SMAW dengan 85 A

Langkah-langkah uji impact

Setelah proses pengelasan selesai menggunakan metode SMAW selanjutnya dilakukan proses uji *impact carphy* dengan standar pengujian ASTM E23. Langkah-langkah uji sebagai berikut:

- 1) Pada tahap awal ini bahan dipotong dengan panjang 65 mm, lebar 10 mm, dan ketebalan 10 mm.
- 2) Menyamakan atau meratakan alur pengelasan menggunakan mesin frais.
- 3) Lalu spesimen diletakkan ke Alat uji *Impact Charpy*.
- 4) Memastikan jarum penunjuk pada posisi nol pada saat godam menggantung bebas. *this study aimed*
- 5) Meletakkan bahan uji di atas penopang.
- 6) Pastikan godam tepat memukul bagian tengah tarikan.
- 7) Menaikan godam ke ketinggian awal (h).
- 8) Godam dilepaskan dan menghantam spesimen.
- 9) Setelah benturan, catat ketinggian akhir (h') yang dicapai oleh godam.




HASIL DAN PEMBAHASAN

Proses Pengelasan

Pada penelitian ini material yang digunakan adalah baja SS-400 (*Structural Steel 400*) dengan menggunakan ketebalan 10mm. Pengelasan pada material Baja SS-400 dilakukan dengan menggunakan parameter arus 75A, 80A, 85A, dengan menggunakan elektroda E7018 dalam

posisi pengelasan 2G. Jenis pengelasan yang dipakai adalah (*Butt Joint*). Berikut adalah hasil pengelasan dari material Baja SS-400.



Tabel 1. Hasil Pengelasan





Arus Pengelasan	Sudut Kampuh	Gambar Spesimen
75 Ampere	Sisi sudut 30° dan total sudutnya 60°	
	Sisi sudut 35° dan total sudutnya 70°	
80 Ampere	Sisi sudut 30° dan total sudutnya 60°	
	Sisi sudut 35° dan total sudutnya 70°	
85 Ampere	Sisi sudut 30° dan total sudutnya 60°	
	Sisi sudut 35° dan total sudutnya 70°	

Persiapan pembuatan spesimen

Persiapan spesimen uji merupakan langkah awal yang sangat penting dalam berbagai jenis pengujian material. Spesimen yang dibuat dengan tepat dan berkualitas tinggi akan memberikan data yang akurat dan dapat diandalkan, sehingga mendukung kesimpulan pengujian yang valid. Berikut ini adalah Tabel. 2 untuk pembuatan spesimen uji.

Tabel 2. Pembuatan Spesimen

Arus Pengelasan	Sudut Kampuh	Gambar Spesimen
75 A	Sisi sudut 30° dan total sudutnya 60°	
	Sisi sudut 35° dan total sudutnya 70°	

80 A	Sisi sudut 30° dan total sudutnya 60°	
	Sisi sudut 35° dan total sudutnya 70°	
85 A	Sisi sudut 30° dan total sudutnya 60°	
	Sisi sudut 35° dan total sudutnya 70°	

Pada Tabel 2 menunjukkan bahwa Spesimen uji dari baja SS-400 telah dibuat dengan menggunakan berbagai kombinasi arus pengelasan (75A, 80A, 85A) dan sudut kampuh (60°,70°) untuk mengeksplorasi pengaruh parameter pengelasan terhadap ketangguhan material.

Analisa Hasil Uji Impact

Rumus energi menggunakan sudut

$$E = m \cdot g \cdot \lambda \cdot (\cos(\theta) - \cos(\theta')) \dots (1)$$

Dimana

- E** : Energi yang diserap oleh material (Joule)
- m** : Massa pendulum (Kg)
- g** : Percepatan gravitasi (m/s²)
- λ** : Panjang lengan pendulum
- Cos (θ)** : Sudut ayunan sebelum benturan (°)
- Cos (θ')** : Sudut ayunan setelah benturan (°)

Energi yang diserap oleh spesimen dalam uji impact Charpy dapat dihitung menggunakan rumus yang melibatkan tinggi pendulum sebelum dan sesudah benturan, serta massa pendulum.

Hasil Uji Impact Tiap Ampere

Tabel 3. Hasil uji impact 75A

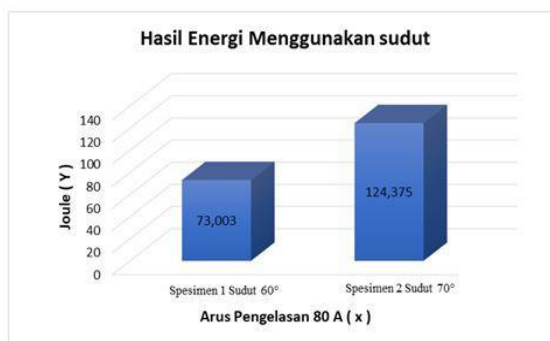
Arus	Sudut Kumpuh	Hasil Uji Impact	
		Sudut Awal	Sudut Akhir
75 (A)	60°	121°	58.8°
	70°	121°	68.1°



Dari Proses pengujian *Impact* Pada **Gambar 1**, didapatkan hasil energi sudut spesimen 1 dan 2 menggunakan arus pengelasan 75A dengan sudut kumpuh 60° dan 70° menghasilkan nilai yang sama, yakni sebesar (64,891 J/mm²). Hal ini disebabkan oleh kesamaan nilai energi sudut yang dihasilkan pada kedua spesimen dapat diterangkan oleh konsistensi dalam sudut kumpuh dan arus pengelasan yang digunakan. Kedua faktor ini adalah parameter utama yang mempengaruhi distribusi panas dan akhirnya nilai energi yang terlibat dalam proses pengelasan.

Tabel 4. Hasil uji impact 80A

Arus	Sudut Kumpuh	Hasil Uji Impact	
		Sudut Awal	Sudut Akhir
80 (A)	60°	121°	60.5°
	70°	121°	50.5°



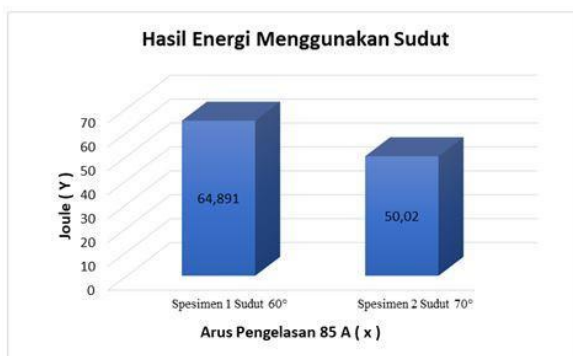
Gambar 2. Hasil uji Spesimen Arus 80A dengan sudut kumpuh 60° dan 70°

Dari Proses pengujian *Impact* Pada **Gambar 2**, didapatkan hasil energi sudut spesimen 1 dan 2 menggunakan arus pengelasan 80A dengan sudut kumpuh 60° dan 70°. Masing-masing spesimen menghasilkan nilai yang berbeda pada spesimen 1 menghasilkan nilai (73,003 J/mm²) lalu pada spesimen 2 menghasilkan nilai (124,375 J/mm²). Hal ini disebabkan oleh Sudut kumpuh yang lebih besar (70° pada spesimen 2) memungkinkan distribusi panas yang lebih seragam dan penetrasi pengelasan yang lebih optimal, Untuk menghasilkan sambungan yang lebih kuat. Hal ini dapat mengurangi konsentrasi tegangan dan meningkatkan kemampuan menyerap energi. Sebaliknya, sudut kumpuh yang lebih kecil (60° pada spesimen 1) cenderung menghasilkan konsentrasi tegangan yang lebih tinggi dan distribusi panas yang kurang merata,

sehingga menghasilkan sambungan yang lebih lemah dengan kemampuan menyerap energi yang lebih rendah.

Tabel 5. Hasil uji impact 85A

Arus	Sudut Kumpul	Hasil Uji Impact	
		Sudut Awal	Sudut Akhir
85 (A)	60°	121°	44.1°
	70°	121.6°	72.0°



Gambar 3. Hasil uji Spesimen Arus 85A dengan sudut kumpul 60° dan 70°

Dari Proses pengujian *Impact* pada **Gambar 3.** didapatkan hasil energi sudut spesimen 1 dan 2 menggunakan arus pengelasan 85A dengan sudut kumpul 60° dan 70°. Masing-masing spesimen menghasilkan nilai yang berbeda pada spesimen 1 menghasilkan nilai (64,891 J/mm²) lalu pada spesimen 2 menghasilkan nilai (50,02 J/mm²). Hal ini disebabkan oleh Sudut kumpul yang lebih kecil (60° pada spesimen 1) dapat memusatkan panas lebih intensif di area lasan, Sehingga meningkatkan penetrasi dan menghasilkan sambungan yang lebih kuat dan seragam. Ini dapat meningkatkan kemampuan menyerap energi. Sebaliknya, sudut kumpul yang lebih besar (70° pada spesimen 2) mungkin menyebarkan panas lebih luas namun dengan penetrasi yang kurang efektif, yang dapat menyebabkan sambungan yang lebih lemah dan kemampuan menyerap energi yang lebih rendah.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian *Impact Charpy* terhadap kekuatan mekanis sambungan material baja SS- 400 dengan variasi arus pengelasan dan sudut kumpul, dapat disimpulkan bahwa penggunaan sudut kumpul 70° dengan arus pengelasan 80 Ampere (A) menghasilkan nilai *impact* tertinggi yakni (124,375 J/mm²), menunjukkan distribusi panas yang optimal dan menghasilkan sambungan las terkuat. Kemudian, arus pengelasan 80A dengan sudut kumpul 70° adalah yang paling optimal karena menghasilkan nilai *Impact* tertinggi (124,375 Joule/mm²), menunjukkan distribusi panas yang merata dan kekuatan sambungan yang superior. Kombinasi ini memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan arus dan sudut kumpul lainnya yang diuji. Untuk mengidentifikasi pengaruh arus terhadap ketangguhan dan kualitas sambungan las serta menentukan batas arus optimal untuk hasil terbaik, maka disarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut dengan posisi pengelasan 3G (*vertical*) menggunakan 4 variasi arus 90A, 95A, 100A, 105A. Selain itu penggunaan sudut kumpul yang berbeda Seperti kumpul X atau kumpul U, Untuk mengevaluasi dampaknya terhadap kekuatan dan ketangguhan sambungan las.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kurniawan, A., Suharno, S. and Engineering, I.W.-J. of M. (2018) ‘THE EFFECT OF VARIATIONS IN THE SHAPE OF THE SEAM ON MICROSTRUCTURE, HARDNESS AND TENSILE STRENGTH IN THE WELDING PROCESS OF’,

- jurnal.uns.ac.id* AN Kurniawan, S Suharno, I Widiastuti *Journal of Mechanical Engineering and Vocational Education (JoMEVE)* *jurnal.uns.ac.id*, 1(2), p. 75. Available at: <https://doi.org/10.20961/jomeve.v1i2.27282>.
- [2] Fahrizal, M. (2016) ‘Analisa Hasil Sambungan Las Metode Pengelasan SMAW Menggunakan Material SA 36 yang Sebelumnya Terbakar dengan Suhu 700°C dan 900°C Selama 4 Jam’, *Institut Teknologi Sepuluh November* [Preprint].
- [3] Soedarmadji, W. (2020) ‘PENGARUH PENGELASAN SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW) PADA MILD STEEL S45C DI DAERAH HAZ DENGAN PENGUJIAN METALOGRAFI’, *Journal Mechanical and Manufacture Technology (JMMT)*, 1(1). Available at: <https://jurnal.yudharta.ac.id/v2/index.php/jmmt/article/view/1876> (Accessed: 10 December 2023).
- [4] Prayogi, A. and Suhardiman (2019) ‘Analisa pengaruh variasi media pendingin pada perlakuan panas terhadap kekerasan dan struktur mikro baja karbon rendah (Effect of cooling media variations on heat treatment on hardness and micro carbon structure of low carbon steel)’, *Jurnal Polimesin*, 17(2), pp. 29–36.
- [5] Asmaun, A., Arodi, A. and Devi, D. (2020) ‘ANALISA PENGARUH VARIASI ARUS LISTRIK PADA PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKERASAN DAN BENDING PADA BAJA KARBON RENDAH’, *TEKNIKA: Jurnal Teknik*, 7(2), pp. 243–254. Available at: <https://doi.org/10.35449/TEKNIKA.V7I2.151>.
- [6] Mathews Yose Pratama, Untung Budiarto, Wilma, S.J. (2019) ‘Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux- Cored Arc Welding) dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan’, *Teknik Perkapalan*, 7(2), pp. 152–160.
- [7] Munawir, A., ... N.N.-J.I.T. and 2021, undefined (no date) ‘Kajian Eksperimental Proses Las Smaw Pada Logam Baja Jis S45C Dengan Variasi Elektroda Terhadap Sifat Mekanis’, *ejournal.unida-aceh.ac.id* [Preprint]. Available at: <https://ejournal.unida-aceh.ac.id/index.php/jitu/article/view/190> (Accessed: 13 December 2023).