

SMAW Welding Analysis on Ship Steel Plate with Welding Positions 1G, 3G and 4G with Macro Testing and Impact Strength **[Analisa Pengelasan SMAW pada Plat Baja Kapal dengan Posisi Pengelasan 1G, 3G dan 4G dengan Pengujian Makro dan Kekuatan Impak]**

Mohammad Abid Alfayadl¹⁾, Mulyadi*²⁾

^{1), 2)} Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract. *The rapid development of shipbuilding technology has made welding a crucial element in ship construction. The quality of welded joints depends heavily on the selection of appropriate parameters, particularly current strength and welding position. This study aims to determine the optimal parameters in Shielded Metal Arc Welding (SMAW) by varying the current strength (80A, 100A, 120A) and welding positions (1G, 3G, 4G) regarding the quality of ship steel joints. The testing methods included impact tests to determine material toughness and macrostructure examinations to identify defects in the weld results. The results showed that the highest impact value of 0.981 Joules/mm² was obtained in the specimen with a 120A current in the 3G position, where proper penetration of the weld metal resulted in optimal toughness. Conversely, the lowest impact value was found at 80A in the 1G position (0.23 Joules/mm²) due to the current being too low, causing insufficient weld metal filling in the groove. However, from the macrostructure perspective, the 80A current in the 1G position showed the best results without weld defects due to the ease of operation and stable heat control. In contrast, the combination of high current (120A) and a difficult position (4G) produced the poorest macrostructure quality with various defects such as over spatter, overlap, underfill, and undercut. This study concludes that the selection of current must be balanced with the welding position to achieve mechanical strength while minimizing visual defects.*

Keywords - SMAW Welding, Ship Steel Plate, Macro Test, Impact Test.

Abstrak. *Pengembangan teknologi perkapalan yang pesat menjadikan pengelasan sebagai elemen krusial dalam konstruksi kapal. Kualitas sambungan las sangat bergantung pada pemilihan parameter yang tepat, terutama kuat arus dan posisi pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan parameter optimal dalam pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) dengan memvariasikan kuat arus (80A, 100A, 120A) dan posisi pengelasan (1G, 3G, 4G) terhadap kualitas sambungan baja kapal. Metode pengujian yang digunakan meliputi uji impak untuk mengetahui ketangguhan material dan uji makrostruktur untuk mengidentifikasi cacat pada hasil las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa nilai impak tertinggi sebesar 0,981 Joule/mm² diperoleh pada spesimen dengan arus 120A pada posisi 3G, di mana penetrasi logam las yang tepat menghasilkan ketangguhan yang optimal. Sebaliknya, nilai impak terendah ditemukan pada arus 80A posisi 1G (0,23 Joule/mm²) akibat arus yang terlalu rendah sehingga pengisian weld metal pada kampuh tidak maksimal. Namun, dari aspek makrostruktur, arus 80A pada posisi 1G menunjukkan hasil terbaik tanpa cacat las karena posisi pengerjaan yang mudah dan kontrol panas yang stabil. Sebaliknya, kombinasi arus tinggi (120A) dan posisi sulit (4G) menghasilkan kualitas makrostruktur terburuk dengan berbagai cacat seperti over spatter, overlap, underfill, dan undercut. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemilihan arus harus diseimbangkan dengan posisi pengelasan untuk mencapai kekuatan mekanis sekaligus meminimalkan cacat visual.*

Kata Kunci – Pengelasan SMAW, Plat Baja Kapal, Uji Makro, Uji Impak.

I. PENDAHULUAN

Pengembangan teknologi di bidang perkapalan yang semakin maju tidak bisa dipisahkan dari pengelasan karena pembangunan setiap bagian dari kapal yang banyak melibatkan unsur pengelasan, hampir tidak mungkin untuk proses suatu pembangunan suatu kapal tanpa melibatkan unsur pengelasan [1]. maka sangat penting dalam menentukan suatu posisi pengelasan dan kuat arus (Ampere) yang tepat untuk di peroleh hasil pengelasan dengan kualitas yang baik [2]. Teknik pengelasan sangat banyak digunakan dalam pembangunan konstruksi yang mencakup perkapalan, jembatan, rangka baja, bejana tekan, sarana transportasi, rel, pipa saluran dan lain sebagainya [3].

Mesin las SMAW dari arusnya dapat dibedakan menjadi tiga macam yaitu mesin las arus searah atau *Direct Current* (DC), mesin las arus bolak-balik atau *Alternating Current* (AC) dan mesin las arus ganda yg merupakan mesin las yang dapat digunakan buat pengelasan menggunakan arus searah (DC) dan pengelasan dengan arus bolak-balik (AC) [4]. Mesin las arus DC dapat digunakan menggunakan 2 cara yaitu polaritas lurus & polaritas terbalik [5]. Mesin las DC polaritas lurus (DC-) digunakan bila titik cair bahan induk tinggi dan kapasitas besar, untuk pemegang

elektrodanya dihubungkan dengan kutub negatif dan logam induk dihubungkan dengan kutub positif, sedangkan untuk mesin las DC polaritas terbalik (DC+) digunakan bila titik cair bahan induk rendah dan kapasitas kecil, untuk pemegang elektrodanya dihubungkan dengan kutub positif dan logam induk dihubungkan dengan kutub negatif. Penyetelan kuat arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las [6].

Posisi pengelasan 1G, 3G, dan 4G adalah klasifikasi standar dalam pengelasan yang mengacu pada orientasi benda kerja dan jenis sambungan [7]. 1G (Datar) adalah posisi pengelasan paling sederhana di mana benda kerja datar dan pengelasan dilakukan dari atas [8]. 3G (*Vertikal*) adalah posisi ketika benda kerja vertikal dan pengelasan dilakukan ke arah atas atau bawah. 4G (*Over Head*) adalah posisi khusus untuk benda kerja posisi di atas kepala, sehingga pengelasan dilakukan secara vertikal atau horizontal di atas kepala [9].

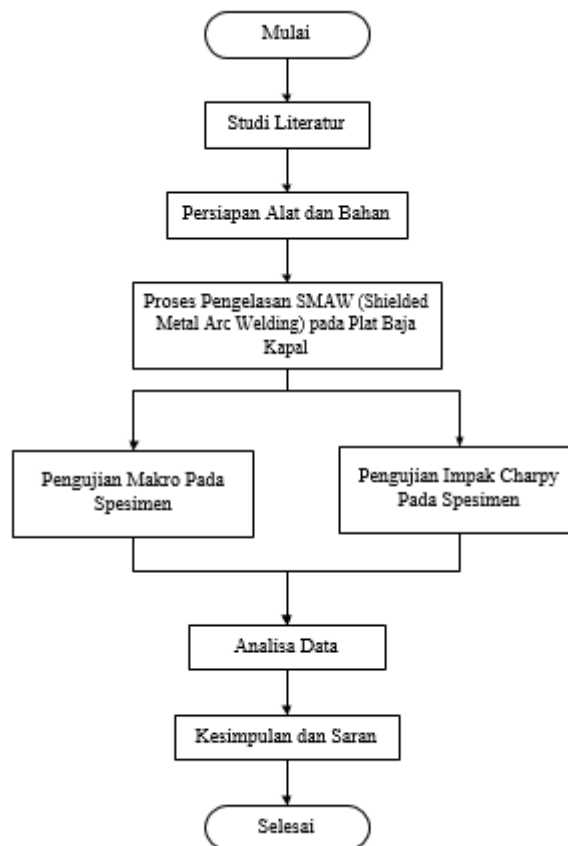
Pengelasan baja kapal membutuhkan perhatian khusus karena kesalahan dalam pemilihan parameter proses seperti jenis elektroda, arus pengelasan, dan posisi las dapat menyebabkan cacat pada sambungan [10]. Cacat seperti *undercut*, porositas, atau *incomplete fusion* dapat melemahkan kekuatan sambungan dan membahayakan pengendara. Oleh karena itu, pemahaman mendalam tentang teknik pengelasan yang tepat sangat dibutuhkan dalam praktik perawatan maupun rekondisi pada kapal melalui sambungan pengelasannya [11].

Parameter Penelitian ini adalah pengaruh variasi arus dan posisi pengelasan terhadap kualitas sambungan pada baja kapal. Melalui penelitian ini, diharapkan dapat ditemukan parameter optimal yang menghasilkan sambungan las dengan kekuatan dan kualitas terbaik. Hasil penelitian ini tidak hanya akan memberikan kontribusi pada bidang akademik, tetapi juga akan sangat aplikatif di lapangan, khususnya bagi teknisi, mekanik, dan pelaku industri dunia perkapalan [12].

II. METODE

A. Diagram Alir Penelitian

Metodologi yang digunakan pada proses menyusun serta proses urutan pada saat penelitian ini digambarkan dalam diagram alir (*flowchart*). Berikut ini merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 1.** berikut:



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

B. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan penelitian dengan mempelajari beberapa referensi dari jurnal, artikel, buku, tugas akhir yang berkaitan, pengamatan secara langsung di lapangan, juga dari media internet, dan diskusi dengan dosen pembimbing yang ada kaitannya dengan besar perencanaan parameter proses pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) Terhadap hasil pengujian makro dan kekuatan impact [13]. Pada penelitian terdahulu (Sembiring, B. I., Budiarto, U., & Manik, P) dengan judul Analisis Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Posisi Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) Terhadap Kekuatan Material Baja Karbon Sedang. Mendapatkan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa nilai rata-rata tegangan tarik tertinggi terdapat pada arus listrik 100A dan posisi 2G sebesar 798,29 MPa, dengan nilai regangan paling tinggi sebesar 4,30%. Selain itu, nilai modulus elastisitas tertinggi terdapat pada arus listrik 100A dan posisi 3G, yaitu sebesar 143,49 GPa. Nilai impact terbaik dihasilkan dari arus listrik 100A pada posisi 2G sebesar 1,37 J/mm² [14].

Berdasarkan penelitian terdahulu diatas dengan mempertimbangkan kebutuhan terhadap perbaikan berkualitas dan peningkatan keselamatan struktur kapal, maka penelitian ini menjadi sangat relevan. Diharapkan bahwa hasilnya dapat digunakan sebagai referensi dalam proses pengelasan kapal ataupun lambung kapal [15].

C. Persiapan Alat dan Bahan

1. Alat

Berikut merupakan alat yang disiapkan untuk melakukan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) juga pengujian makro dan kekuatan impact pada spesimen.

- Mesin las listrik SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Mesin las listrik SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah proses pengelasan manual yang menggunakan busur listrik dari elektroda berlapis fluks untuk mencairkan logam dasar dan elektroda, menciptakan sambungan kuat, di mana fluks menghasilkan gas pelindung dan kerak (terak) untuk mencegah kontaminasi udara pada lasan. Proses ini juga dikenal sebagai "las stik" atau "*stick welding*" [16]. Parameter yang dirubah dari mesin las yaitu kuat arusnya yaitu 80 A, 100 A, 120 A.

- Alat Uji Impact

Alat uji impact ini digunakan untuk mengetahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. Dimana material uji dikatakan ulet jika patahan yang terjadi pada bidang patah tidak rata dan tampak berserat-serat [17]. Nilai impact dipengaruhi temperatur Karena temperatur dapat mempengaruhi material uji maka dalam melakukan pengujian, sebaiknya dilakukan pada suhu kamar. Alat yang digunakan adalah charpy test. Ada dua jenis batang uji standar yang digunakan, yaitu tarikan berbentuk V dan U [18]. Dalam pengujian ini menggunakan tarikan berbentuk V. Bentuk material yang digunakan tarik berbentuk V karena dapat melokalisasi energi patahan.

Harga impact dapat dicari dengan persamaan :

$$E = W \cdot R (\cos \beta - \cos \alpha) \dots\dots\dots (1)$$

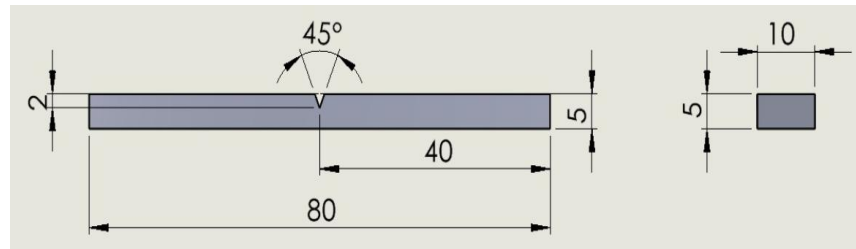
Dimana :

E = Energi Impact yang terserap (*Joule*)
 W = Luas Penampang (mm²)
 R = Radius (m)
 β = Sudut akhir (°)
 α = Sudut awal (°)

$$IS = \frac{E}{F} \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

IS = Nilai *Impact* (*Joule*/mm²)
 E = Energi Impact yang terserap (*Joule*)
 F = Luas Penampang (mm²)



Gambar 2. Dimensi Spesimen Uji Impact

- Alat Uji Makrostruktur

Alat uji makrostruktur menggunakan kamera DSLR dengan lensa makro untuk melihat cacat struktur pengelasan dari spesimen yang diuji dan untuk penelitian ini dilakukan dengan pembesaran 50 x pada permukaan weld metal spesimen [19].

2. Bahan

Berikut merupakan bahan yang disiapkan untuk melakukan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) juga pengujian makro dan kekuatan impak pada spesimen.

- Plat Baja Kapal

Plat baja kapal adalah bahan spesimen yang digunakan dalam penelitian ini dengan menggunakan kampuh V. Sesuai dengan banyaknya parameter proses pengelasan yaitu 9 spesimen dengan dimensi 100 mm x 50 mm x 5 mm.

- Elektroda E6013

Elektroda las adalah batang atau kawat logam yang berfungsi menghantarkan arus listrik dari mesin las untuk menciptakan busur api yang melelehkan logam dasar dan bahan pengisi, menyatukan dua potong logam menjadi satu sambungan las, serta melindungi area las dari kontaminasi udara, dengan jenis utamanya adalah habis pakai (meleleh) dan tidak habis pakai [20]. Elektroda yang digunakan pada penelitian pengelasan SWAW adalah tipe E6013 dengan diameter 2.6 mm.

D. Desain Eksperimen Pengelasan SMAW Pada Plat Baja Kapal

Spesimen plat baja kapal akan dilas dengan posisi 1G, 3G dan 4G dengan beberapa parameter yang akan menjadi acuan variasi yaitu variasi kuat arus 80A, 100A dan 120A pada pengelasan.

Tabel 1. Variasi Parameter Proses Pengelasan

No. spc	Kuat Arus (A)	Posisi Pengelasan	Uji Makro	Uji Impak Charpy
1.	80	1 G	-	-
2.	80	3 G	-	-
3.	80	4 G	-	-
4.	100	1 G	-	-
5.	100	3 G	-	-
6.	100	4 G	-	-
7.	120	1 G	-	-
8.	120	3 G	-	-
9.	120	4 G	-	-

E. Langkah – Langkah Pengelasan SMAW Pada Plat Baja Kapal

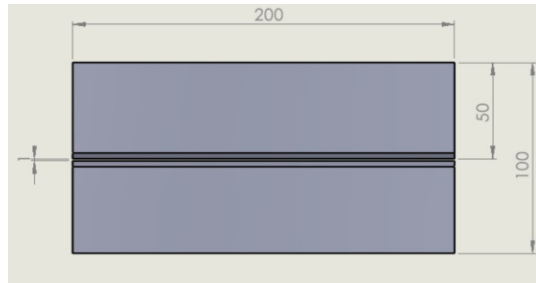
Pada penelitian ini proses Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dilakukan sebanyak 9 kali dengan perbedaan parameter yang telah ditentukan. Berikut adalah langkah –langkah proses Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) :

1. Siapkan plat baja kapal dan lakukan pemotongan sesuai dengan dimensi spesimen yang telah ditentukan.
2. Lakukan bevel pada plat baja kapal dengan sudut 30°.
3. Siapkan mesin las, elektroda, meja untuk pengelasan dan plat baja kapal yang akan digunakan.
4. Jig atau klem plat baja kapal yang telah disiapkan untuk mencegah terjadiya proses pemuaiian pada plat.
5. Atur Parameter mesin las SMAW sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
6. Lakukan proses pengelasan pada plat aluminium sebanyak 9 kali.

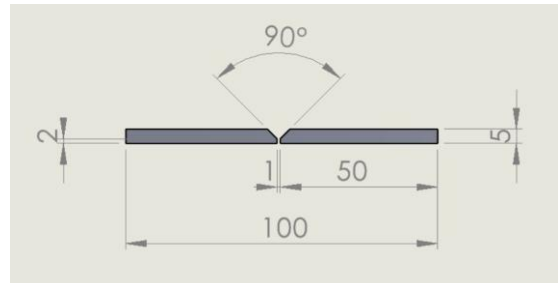
Copyright © Universitas Muhammadiyah Sidoarjo. This preprint is protected by copyright held by Universitas Muhammadiyah Sidoarjo and is distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY). Users may share, distribute, or reproduce the work as long as the original author(s) and copyright holder are credited, and the preprint server is cited per academic standards.

Authors retain the right to publish their work in academic journals where copyright remains with them. Any use, distribution, or reproduction that does not comply with these terms is not permitted.

7. Kemudian lakukan pembersihan pada hasil pengelasan di area pengelasan dan memberikan nomer specimen sesuai dengan nomer parameter.
8. Apabila semua proses pengelasan sudah selesai lakukan pembersihan lingkungan sekitar pengelasan dan pembersihan pada alat dan bahan pengelasan.



a). desain plat baja yang akan di las



b). desain bentuk join pengelasan

Gambar 3. Dimensi Sambungan Pengelasan

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Uji Makrostruktur

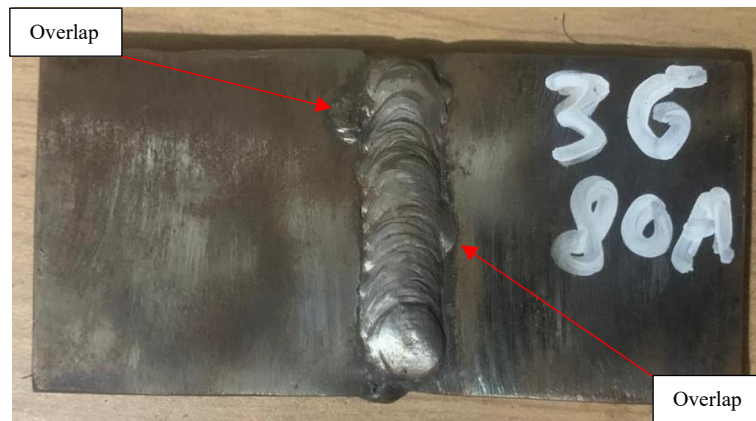
Pengujian Makrostruktur dilakukan pada 9 spesimen pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan menggunakan variasi kuat arus dan variasi posisi pengelasan. Pengujian Makrostruktur menggunakan lensa kamera makro dengan pembesaran 50 x. Berikut dibawah ini merupakan hasil dari pengambilan makrostruktur pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) pada material baja kapal.

1. Spesimen 1 (80 Ampere posisi pengelasan 1G)

**Gambar 4.** Makrostruktur Spesimen 1

Pada **Gambar 4.** Menunjukkan spesimen 1 parameter 80 ampere dan posisi pengelasan 1G, hasil makrostrukturnya tidak terdapat cacat pada spesimen pengelasan.

2. Spesimen 2 (80 Ampere posisi pengelasan 3G)



Gambar 5. Makrostruktur Spesimen 2

Pada **Gambar 5**. Menunjukkan spesimen 2 parameter 80 ampere dan posisi pengelasan 3G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan *overlap* pada sisi kanan dan sisi kiri *weld metal*. Cacat pengelasan *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh, cacat ini terjadi karena arus pengelasan rendah dan kecepatan las lambat.

3. Spesimen 3 (80 Ampere posisi pengelasan 4G)



Gambar 6. Makrostruktur Spesimen 3

Pada **Gambar 6**. Menunjukkan spesimen 3 parameter 80 ampere dan posisi pengelasan 4G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan *overlap* pada sisi kanan dan sisi kiri *weld metal*. Cacat pengelasan *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh, cacat ini terjadi karena arus pengelasan rendah dan kecepatan las lambat.

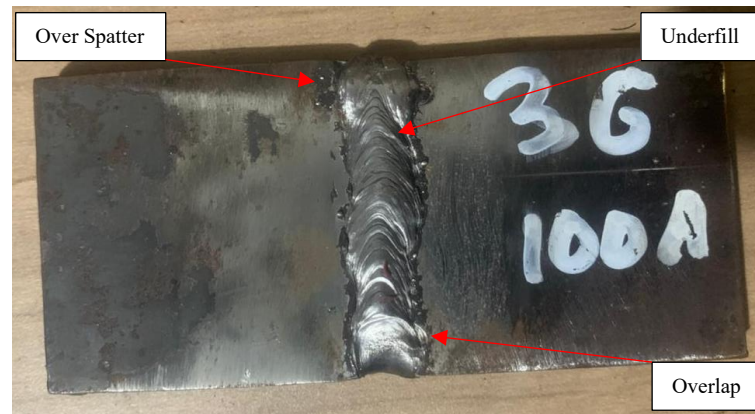
4. Spesimen 4 (100 Ampere posisi pengelasan 1G)



Gambar 7. Makrostruktur Spesimen 4

Pada **Gambar 7**. Menunjukkan spesimen 4 parameter 100 ampere dan posisi pengelasan 1G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan *overlap* pada sisi kanan *weld metal* dan cacat pengelasan *underfill* pada sisi kiri. Cacat pengelasan *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh, sedangkan cacat pengelasan *underfill* yaitu logam las tidak mengisi sambungan dengan cukup. Cacat pengelasan *overlap* dan *underfill* terjadi karena arus pengelasan rendah dan kecepatan las lambat.

5. Spesimen 5 (100 Ampere posisi pengelasan 3G)



Gambar 8. Makrostruktur Spesimen 5

Pada **Gambar 8**. Menunjukkan spesimen 5 parameter 100 ampere dan posisi pengelasan 3G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan *over spatter* pada sisi kiri, cacat las *underfill* pada sisi kanan atas dan cacat las *overlap* pada sisi kanan bawah. Cacat pengelasan *over spatter* adalah cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal*, cacat *underfill* yaitu logam las tidak mengisi sambungan dengan cukup dan *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh. Cacat pengelasan *over spatter*, *underfill* dan *overlap* terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las lambat.

6. Spesimen 6 (100 Ampere posisi pengelasan 4G)



Gambar 9. Makrostruktur Spesimen 6

Pada **Gambar 9**. Menunjukkan spesimen 6 parameter 100 ampere dan posisi pengelasan 4G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan cacat las *undercut* pada sisi kiri, *over spater* pada sisi kanan atas dan cacat las *overlap* pada sisi kanan tengah. Cacat pengelasan *undercut* yaitu pengikisan *weld metal* akibat pengelasan, cacat las *over spatter* adalah cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal* dan *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh. Cacat pengelasan *undercut*, *over spatter* dan *overlap* terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las lambat.

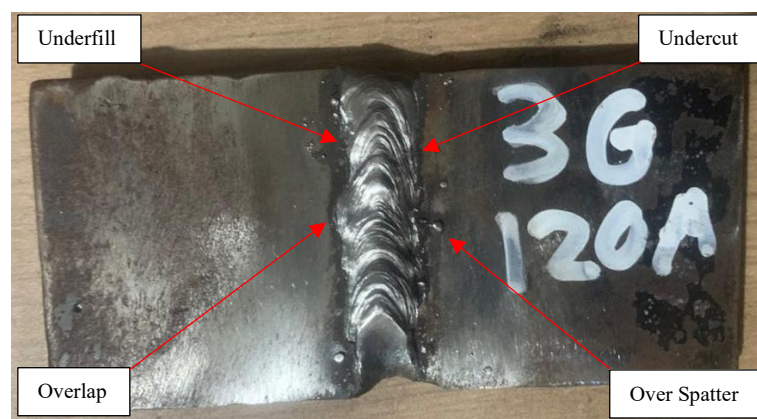
7. Spesimen 7 (120 Ampere posisi pengelasan 1G)



Gambar 10. Makrostruktur Spesimen 7

Pada **Gambar 10**. Menunjukkan spesimen 7 parameter 120 ampere dan posisi pengelasan 1G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan cacat las *underfill* pada sisi kiri atas dan tengah, *over spater* pada sisi kanan atas dan cacat las *undercut* pada sisi kanan bawah. Cacat pengelasan *underfill* yaitu logam las tidak mengisi sambungan dengan cukup, cacat las *over spatter* adalah cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal* dan *undercut* yaitu pengikisan *weld metal* akibat pengelasan. Cacat pengelasan *underfill*, *over spatter* dan *undercut* terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las lambat.

8. Spesimen 8 (120 Ampere posisi pengelasan 3G)



Gambar 11. Makrostruktur Spesimen 8

Pada **Gambar 11**. Menunjukkan spesimen 8 parameter 120 ampere dan posisi pengelasan 3G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan cacat las *underfill* pada sisi kiri atas, *overlap* pada sisi kiri bawah, cacat las *undercut* pada sisi kanan atas dan *over spater* pada sisi kanan tengah sampai bawah. Cacat pengelasan *underfill* yaitu logam las tidak mengisi sambungan dengan cukup, cacat las *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh cacat las, *undercut* yaitu pengikisan *weld metal* akibat pengelasan dan *over spatter* adalah cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal*. Cacat pengelasan *underfill*, *overlap*, *undercut* dan *over spatter* terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las lambat.

9. Spesimen 9 (120 Ampere posisi pengelasan 4G)



Gambar 12. Makrostruktur Spesimen 9

Pada **Gambar 12.** Menunjukkan spesimen 9 parameter 120 ampere dan posisi pengelasan 4G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan *over spatter* pada sisi kiri atas dan tengah, *overlap* pada sisi kiri tengah, cacat las *underfill* pada sisi kanan atas dan tengah dan cacat las *undercut* pada sisi kanan atas sampai tengah. Cacat pengelasan *over spatter* adalah cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal*, cacat las *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh cacat las, cacat pengelasan *underfill* yaitu logam las tidak mengisi sambungan dengan cukup dan *undercut* yaitu pengikisan *weld metal* akibat pengelasan. Cacat pengelasan *over spatter*, *overlap*, *underfill* dan *undercut* terjadi karena arus pengelasan tinggi, kecepatan las lambat dan posisi pengelasan yang sulit untuk dilakukan.

B. Uji Kekuatan Impak

Pengujian spesimen uji impak dilakukan di Laboratorium Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Uji ini bertujuan untuk mengetahui sifat ketangguhan suatu material baik dalam wujud liat maupun ulet serta getas. Dengan catatan bahwa apabila nilai atau harga impact semakin tinggi maka material tersebut memiliki keuletan yang tinggi. pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) pada baja kapal menggunakan pengujian impact type Charpy.

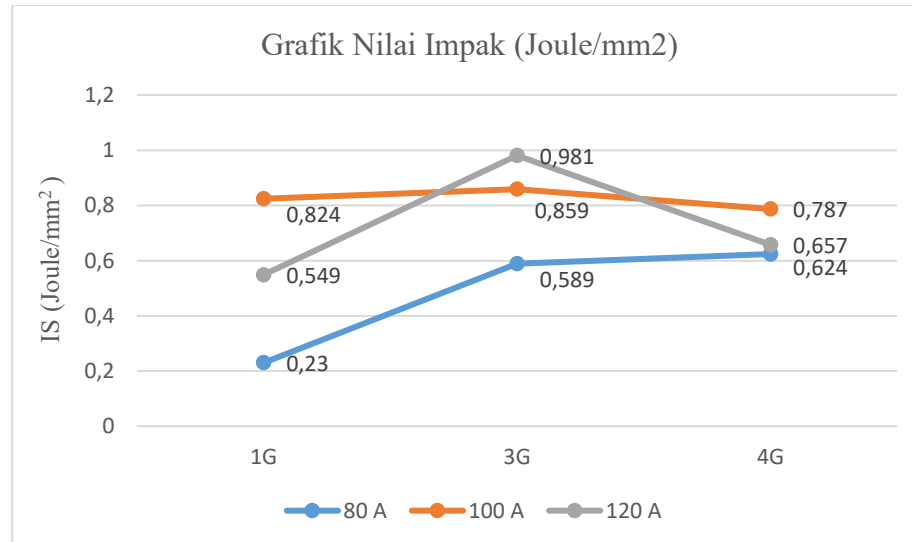


Gambar 13. Pengujian Kekuatan Impak

Tabel 2. Hasil Pengujian Impact dan Hasil Perhitungan Impact

No. Spc	Kuat Arus (A)	Posisi Pengelasan	E (Joule)	IS (Joule/mm ²)
1.	80	1G	9.220	0.230
2.	80	3G	23.559	0.589
3.	80	4G	24.968	0.624
4.	100	1G	32.953	0.824
5.	100	3G	34.342	0.859
6.	100	4G	31.470	0.787
7.	120	1G	21.976	0.549
8.	120	3G	39.227	0.981
9.	120	4G	26.289	0.657

Sesuai data pada **Tabel 2**, hasil pengujian Impact dari 9 spesimen dengan parameter proses yang di uji diperoleh nilai tertinggi pada spesimen 8 dengan parameter kuat arus 120A dengan posisi pengelasan 3G memperoleh hasil energi impact 39,227 Joule dan nilai kekuatan impact sebesar 0,981 Joule/mm². Nilai terendah ada pada spesimen 1 dengan parameter kuat arus 80A dengan posisi pengelasan 1G memperoleh hasil energi impact 9,220 Joule dan nilai kekuatan impact sebesar 0,230 Joule/mm².



Gambar 14. Grafik Nilai Impact

Berdasarkan pada **Gambar 14**, Grafik hasil pengujian kekuatan impact dari 9 spesimen dengan parameter proses diperoleh nilai tertinggi pada spesimen 8 dengan parameter kuat arus 120A dengan posisi pengelasan 3G memperoleh hasil nilai impact sebesar 0,981 Joule/mm² karena dengan ampere pengelasan yang tepat dan posisi pengelasan yang tepat maka menjadikan pengelasan cenderung lebih baik sehingga mendapatkan hasil yang baik juga pada uji impact. Nilai impact terendah pada spesimen 1 dengan parameter kuat arus 80A dengan posisi pengelasan 1G memperoleh hasil nilai impact sebesar 0,23 Joule/mm² karena dengan ampere pengelasan yang terlalu rendah menjadikan isi weld metal pada kampuh kurang maka menjadikan pengelasan cenderung kurang lebih baik sehingga mendapatkan hasil yang rendah pada uji impact.

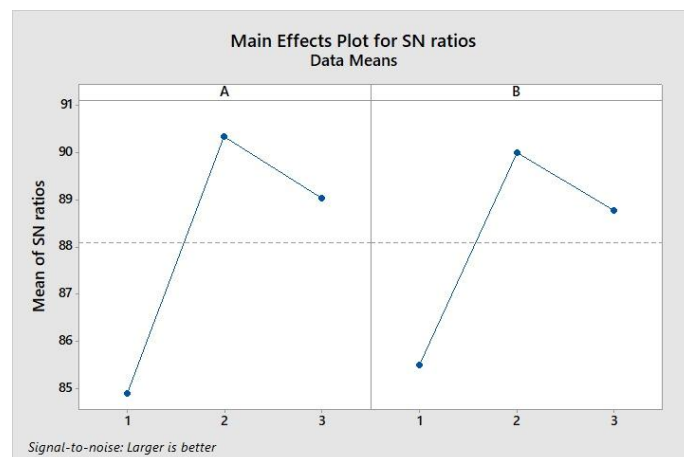
C. Analisa dan Pembahasan Hasil Pengujian Makro dan Pengujian Impact

Analisa dan pembahasan bertujuan untuk memudahkan pemahaman pada data hasil pengujian makrostruktur dan kekuatan impact pada spesimen pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*).

Tabel 3. Analisa Variasi Parameter Proses Pengelasan Metode Anova

Source	DF	Seq SS	Adj SS	Adj MS	F - Value	P - Value
Posisi Las	2	48,55	48,55	24,273	3,45	0,135
Ampere	2	32,61	32,61	16,304	2,32	0,215
Error	4	28,13	28,13	7,034		
Total	8	109,29				

Dari tabel analisis variansi diatas, untuk true stress, faktor "posisi las" memberikan Seq SS dan Adj SS sebesar 48,55 dengan Adj MS 24,273, F-Value 3,45 dan P-Value 0,135, sedangkan "Ampere" hanya memberikan Seq SS dan Adj SS sebesar 32,61 dengan Adj MS 16,304, F-Value 2,32 dan P-Value 0,215. Meskipun faktor "posisi las" memiliki kontribusi terbesar dalam kedua kasus, sebagian besar variansi dijelaskan oleh error menunjukkan adanya faktor lain yang mempengaruhi hasil yang tidak terukur dalam model ini.



Gambar 15. Grafik SN ratio Pengujian Impak

Berdasarkan **Gambar 15.** Grafik Main Effects Plot untuk rasio SN di atas, dengan parameter "larger is better", optimalisasi posisi pengelasan dan kuat arus yang menghasilkan rasio SN tertinggi adalah posisi pengelasan 3G dan 120 Ampere yang terbaik dari semua posisi.



Posisi pengelasan 1G



Posisi pengelasan 3G



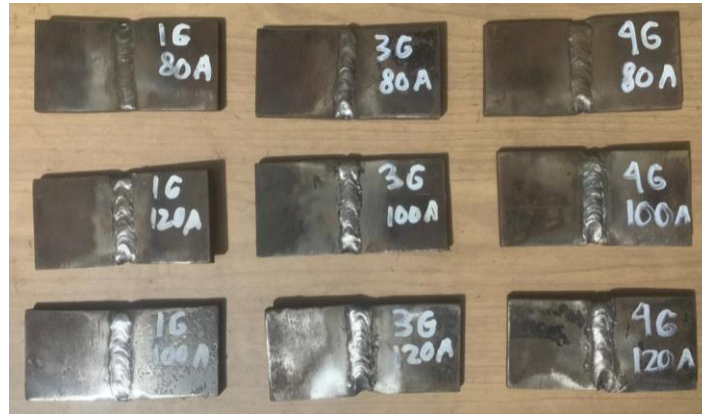
Posisi pengelasan 4G

Gambar 16. Proses Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Pada **Gambar 16.** Proses Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) adalah posisi pengelasan 1G, 2G dan 3G. Posisi 1G adalah pengelasan posisi datar, di mana benda kerja diletakkan horizontal dan pengelasan dilakukan dari atas. Posisi ini paling umum digunakan pada tahap awal pembelajaran pengelasan. Posisi pengelasan 1G termasuk paling mudah dibanding posisi lain, logam cair stabil karena dibantu gaya gravitasi, risiko cacat las relatif kecil.

Posisi 3G adalah pengelasan posisi vertikal, di mana pengelasan dilakukan pada bidang tegak, baik dari bawah ke atas (*vertical up*) maupun dari atas ke bawah (*vertical down*). Kesulitan pengelasan posisi 3G adalah logam cair mudah mengalir ke bawah karena gravitasi, membutuhkan kontrol arus dan ayunan elektroda yang baik, risiko cacat seperti undercut dan slag inclusion lebih tinggi.

Posisi 4G adalah pengelasan posisi di atas kepala (*overhead*), di mana benda kerja berada di atas pengelas dan pengelasan dilakukan dari bawah. Kesulitan pengelasan posisi 3G adalah termasuk posisi paling sulit dalam SMAW, logam cair dan terak dapat menetes ke bawah, membutuhkan teknik, konsentrasi, dan keselamatan kerja tinggi, risiko cacat las dan kecelakaan kerja lebih besar.



Gambar 17. Hasil Pengelasan 1G, 3G dan 4G SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Berdasarkan pada **Gambar 17**. Hasil pengujian makro terbaik pada spesimen 1 parameter 80 ampere dan posisi pengelasan 1G, hasil makrostrukturnya tidak terdapat cacat pada spesimen pengelasan. Ini terjadi karena spesimen 1 parameter 80 ampere dan posisi pengelasan 1G hasil makrostrukturnya tidak terdapat cacat pada spesimen pengelasan ini terjadi karena penggunaan ampere yang tepat dan posisi pengelasan yang mudah untuk dilakukan. Sedangkan hasil terburuk pada spesimen 9 parameter 120 ampere dan posisi pengelasan 4G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan *over spater* pada sisi kiri atas dan tengah, *overlap* pada sisi kiri tengah, cacat las *underfill* pada sisi kanan atas dan tengah dan cacat las *undercut* pada sisi kanan atas sampai tengah. Cacat pengelasan *over spater* adalah cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal*, cacat las *overlap* adalah pengelasan yang melebihi kampuh cacat las, cacat pengelasan *underfill* yaitu logam las tidak mengisi sambungan dengan cukup dan *undercut* yaitu pengikisan *weld metal* akibat pengelasan. Cacat pengelasan *over spater*, *overlap underfill* dan *undercut* terjadi karena arus pengelasan tinggi, kecepatan las lambat dan posisi pengelasan yang sulit untuk dilakukan.



Gambar 18. Hasil Pengujian Impak Pengelasan 1G, 3G dan 4G SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Pada **Gambar 18**. Hasil pengujian impak nilai impak tertinggi pada spesimen 8 dengan parameter kuat arus 120A dengan posisi pengelasan 3G memperoleh hasil nilai impact sebesar 0,981 Joule/mm² karena dengan ampere pengelasan yang tepat dan posisi pengelasan yang tepat maka menjadikan pengelasan cenderung lebih baik sehingga mendapatkan hasil yang baik juga pada uji impak. sedangkan nilai impak terendah pada spesimen spesimen 1 dengan parameter kuat arus 80A dengan posisi pengelasan 1G memperoleh hasil nilai harga impact sebesar 0,23 Joule/mm² karena dengan ampere pengelasan yang terlalu rendah menjadikan isi weld metal pada kampuh kurang maka menjadikan pengelasan cenderung kurang lebih baik sehingga mendapatkan hasil yang rendah pada uji impak.

Berdasarkan pengelasan plat baja kapal pada posisi 1G (datar), 3G (vertikal), dan 4G (di atas kepala) dan kuat arus 80, 90, 100 ampere, pengujian impact dan pengujian makro saling berkaitan untuk menentukan integritas mekanis dan kualitas metalurgi sambungan. Hubungan antara pengujian impact dengan pengujian makro Adalah pada cacat makro dapat menurunkan nilai energi serap pada uji impact. Kemudian melalui uji makro, kita bisa mengukur lebar daerah HAZ. Pada posisi 3G dan 4G, kontrol suhu lebih sulit. Jika daerah HAZ tampak sangat lebar pada uji makro, ini mengindikasikan terjadinya pertumbuhan butir yang besar, yang secara ilmiah terbukti menurunkan nilai ketangguhan (toughness) pada uji impact.

IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Analisa Pengelasan SMAW pada Plat Baja Kapal dengan Posisi Pengelasan 1G, 3G dan 4G dengan Pengujian Makro dan Kekuatan Impact” dengan ini dapat diambil kesimpulan yaitu

1. Hasil pengujian kekuatan impact dari 9 spesimen menunjukkan nilai impact tertinggi pada spesimen 8 dengan parameter kuat arus 120A dengan posisi pengelasan 3G memperoleh hasil nilai impact sebesar 0,981 Joule/mm² karena dengan ampere pengelasan yang tepat dan posisi pengelasan yang tepat maka menjadikan pengelasan cenderung lebih baik sehingga mendapatkan hasil yang baik juga pada uji impact. sedangkan nilai impact terendah pada spesimen spesimen 1 dengan parameter kuat arus 80A dengan posisi pengelasan 1G memperoleh hasil nilai harga impact sebesar 0,23 Joule/mm² karena dengan ampere pengelasan yang terlalu rendah menjadikan isi weld metal pada kampuh kurang maka menjadikan pengelasan cenderung kurang lebih baik sehingga mendapatkan hasil yang rendah pada uji impact.
2. Hasil Pengujian Makrostruktur pengelasan dari 9 spesimen terbaik pada spesimen 1 parameter 80 ampere dan posisi pengelasan 1G hasil makrostrukturnya tidak terdapat cacat pada spesimen pengelasan ini terjadi karena penggunaan ampere yang tepat dan posisi pengelasan yang mudah untuk dilakukan. Sedangkan hasil terburuk pada spesimen 9 parameter 120 ampere dan posisi pengelasan 4G, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan *over spater* pada sisi kiri atas dan tengah, *overlap* pada sisi kiri tengah, cacat las *underfill* pada sisi kanan atas dan tengah dan cacat las *undercut* pada sisi kanan atas sampai tengah. Cacat pengelasan *over spatter*, *overlap* *underfill* dan *undercut* terjadi karena arus pengelasan tinggi, kecepatan las lambat dan posisi pengelasan yang sulit untuk dilakukan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada Progam Studi Teknik Mesin Universitas Muhammadiyah Sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta orang tua, mahasiswa teknik mesin angkatan 2019 dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

REFERENSI

- [1] R. Y. Pratama, M. Basuki, and E. Pranatal, "Pengaruh variasi arus pengelasan smaw untuk posisi pengelasan 1g pada material baja kapal ss 400 terhadap cacat pengelasan," in *Prosiding Seminar Teknologi Kebumihan dan Kelautan (SEMITAN)*, vol. 2, no. 1, Jul. 2020, pp. 203-209.
- [2] B. I. Sembiring, U. Budiarto, and P. Manik, "Analisis Pengaruh Variasi Kuat Arus Listrik dan Posisi Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Terhadap Kekuatan Material Baja Karbon Sedang," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 12, no. 2, 2024.
- [3] E. Pranatal, "Analisa Cacat Pengelasan SMAW Pada Posisi 2G Pada Baja Material A36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan," *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMITAN)*, vol. 1, no. 1, pp. 257-263, 2022.
- [4] H. Herizal, H. Hasrin, and H. Hanif, "Analisa Pengaruh Proses GTAW Dan SMAW Terhadap Ketangguhan Sambungan Pengelasan Material AISI 1050," *Journal of Welding Technology*, vol. 2, no. 1, pp. 19-24, 2020.
- [5] T. Endramawan, E. Haris, F. Dionisius, and Y. Prinka, "Aplikasi Non Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT) Untuk Analisis Hasil Pengelasan Smaw 3g Butt Joint," *JTT (Jurnal Teknologi Terapan)*, vol. 3, no. 2, 2024.
- [6] T. M. Endramawan, E. Haris, Y. Prika, and F. Dionisius, "Analisa Hasil Pengelasan SMAW 3G Butt Joint Menggunakan Non Destructive Test Penetrant Testing (NDT-PT) Berdasarkan Standar ASME," in *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, vol. 8, Jul. 2024, pp. 8-12.

- [7] A. Muflih, R. Sangadji, A. Hamid, S. Sutrisno, and M. I. Wa'addulloh, "Analisa Pengaruh Variasi Bevel Dan Penggunaan Backing Ceramic Terhadap Kekuatan dan Defect Material Baja Grade A Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW)," *Jurnal Universal Technic*, vol. 4, no. 1, pp. 40-50, 2025.
- [8] N. Syamsuddin, M. H. Asiri, and M. Mardin, "Pengujian Kekuatan Sambungan Las SMAW Baja Karbon ST 37 untuk Aplikasi Struktur Lambung Kapal," *Jurnal Mekanova: Mekanikal, Inovasi dan Teknologi*, vol. 11, no. 1, pp. 88-96, 2025.
- [9] M. Mulyadi and D. S. Purwohadi, "The Effect of Time Variation and Number of Fiberglass Layers in the Composite Material Manufacturing Process on Tensile Strength, Bending and Surface Flatness," *REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal*, vol. 10, no. 1, pp. 71-80, 2020.
- [10] A. F. Arfiansyah and A. H. A. Rasyid, "ANALISIS PENGARUH VARIASI ARUS PADA PENGELASAN SMAW BAJA ST 60 TERHADAP KEKUATAN TARIK DAN POROSITAS," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 11, no. 3, pp. 53-58, 2023.
- [11] H. Anggigi and U. Budiarto, "Analisa pengaruh temperatur normalizing pada sambungan las smaw (shielded metal arc welding) terhadap kekuatan tarik, tekuk dan mikrografi baja karbon rendah," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, 2019.
- [12] G. D. Maylano, U. Budiarto, and A. W. B. Santosa, "Analisis Pengaruh Variasi Sudut Kampuh Double V Pada Sambungan Las SMAW (Shield Metal Arc Welding) Baja St 37 Terhadap Kekuatan Tarik, Tekuk dan Impact," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 10, no. 1, pp. 17-23, 2022.
- [13] A. Fazadima, H. Pratikno, and H. Ikhwan, "Analisis Pengaruh Variasi Heat Input terhadap Uji Impact, Uji Metalografi, dan Laju Korosi pada Pengelasan SMAW Sambungan Pelat Baja A36 dengan Baja Structural Steel 400 (SS400)," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 11, no. 3, pp. G38-G43, 2022.
- [14] S. Y. Waranugraha, "Pengaruh Variasi Posisi Pengelasan 1G, 2G dan 3G terhadap Kekuatan Tarik dan Kekuatan Impak dengan Metode Pengelasan SMAW," *TURBINE Journal Technology Urgency Breakthrough in Engineering*, vol. 4, no. 1, pp. 120-131, 2025.
- [15] A. T. Wibowo, M. K. Al Amin, D. Saputro, and E. Aprilian, "Analisis Variasi Polaritas Shield Metal Arc Welding Dan Build-Up Root Gap Terhadap Diskontinuitas, Metalografi, Dan Nilai Ketangguhan Pada Material Baja SS400 Untuk Struktur Bangunan Kapal," *Jurnal Teknologi dan Riset Terapan (JATRA)*, vol. 7, no. 1, pp. 46-51, 2025.
- [16] M. Shobirin and M. Mulyadi, "Analisa Pengaruh Variasi Arus pada Pengelasan GTAW ditinjau dari Pengujian Tarik pada Material Plat ASTM A36," *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, vol. 3, no. 1, pp. 10-10, 2024.
- [17] U. Pandapotan and M. Mulyadi, "Pengaruh Media Pendingin terhadap Porositas dan Kekuatan Tarik menggunakan Pengelasan SMAW DCSP pada Material Pipa Baja Karbon SCH40," *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, vol. 3, no. 3, pp. 8-8, 2024.
- [18] M. Mulyadi, A. R. Fahrudin, R. Firdaus, and A. Ahfas, "STUDY OF UNDERWATER FRICTION STIR WELDING PROCESS PARAMETERS ON AA6005-T6 MATERIAL FOR MARINE INDUSTRY AND UNDERWATER STRUCTURE APPLICATIONS," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 2, pp. 721-733, 2025.
- [19] H. B. Sektiawan and A. R. Fahrudin, "Analysis of Tensile Strength of Inert Gas Metal Welding on Aluminum 5083 with Variations in Argon Gas Current and Discharge: Analisa Kekuatan Tarik Hasil Las Metal Inert Gas pada Aluminium 5083 dengan Variasi Kuat Arus dan Debit Gas Argon," *Indonesian Journal of Innovation Studies*, vol. 14, pp. 10-21070, 2021.
- [20] I. Iswanto, "Pengaruh Viskositas Cairan Pendingin Pasca Pengelasan Smaw Terhadap Sifat Fisik Baja St 37," *ROTASI*, vol. 23, no. 1, pp. 13-17, 2021.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.