

# ***Porosity and Surface Defect Analysis in Dissimilar Metal Welding (DMW) of Carbon Steel and Stainless Steel***

## **[Analisa Porositas dan Cacat Permukaan pada *Dissimilar Metal Welding (DMW) Baja Karbon dan Stainless Steel*]**

Bagus Adi Wiyanto<sup>1)</sup>, Mulyadi\*<sup>2)</sup>

<sup>1),2)</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

\*Email Penulis Korespondensi: [mulyadi@umsida.ac.id](mailto:mulyadi@umsida.ac.id)

**Abstract.** *Welding is an essential process in the construction and metal manufacturing industries, particularly in the joining of dissimilar materials (dissimilar metal welding). One of the most commonly used material combinations is carbon steel and stainless steel, as they offer complementary mechanical properties and corrosion resistance. However, differences in the physical and chemical characteristics of these materials can lead to various welding defects if the process parameters are not properly controlled. This study aims to analyze the effect of welding current variations on the formation of porosity and surface defects in dissimilar metal welding between carbon steel and stainless steel using stainless steel electrodes. The welding currents applied were 80 A, 100 A, and 120 A. The quality of the welded joints was evaluated through liquid penetrant testing to detect surface defects and macrostructural examination to observe internal defects in the weld zone. The results indicate that both excessively low and excessively high welding currents tend to cause welding defects, such as porosity, spatter, and undercut. A welding current of 100 A produced the best weld joint quality compared to 80 A and 120 A, as no defect indications were found in several specimens during both penetrant and macrostructural tests. Therefore, it can be concluded that proper selection of welding current and control of welding speed play a crucial role in minimizing defects and improving the quality of dissimilar metal weld joints between carbon steel and stainless steel.*

**Keywords -** *Dissimilar Metal Welding (DMW), Carbon Steel, Stainless Steel.*

**Abstrak.** *Pengelasan merupakan proses penting dalam industri konstruksi dan manufaktur logam, khususnya dalam penggabungan material yang berbeda jenis (dissimilar metal welding). Salah satu kombinasi material yang banyak digunakan adalah baja karbon dan stainless steel karena memiliki sifat mekanik dan ketahanan korosi yang saling melengkapi. Namun, perbedaan karakteristik fisik dan kimia kedua material tersebut dapat menimbulkan berbagai cacat pengelasan apabila parameter proses tidak dikendalikan dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi arus pengelasan terhadap terbentuknya cacat porositas dan cacat permukaan pada pengelasan dissimilar metal antara baja karbon dan stainless steel menggunakan elektroda stainless steel. Variasi arus pengelasan yang digunakan adalah 80 Ampere, 100 Ampere, dan 120 Ampere. Evaluasi kualitas hasil pengelasan dilakukan melalui pengujian liquid penetrant untuk mendeteksi cacat permukaan serta pengujian makrostruktur untuk mengamati cacat internal pada zona las. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan arus pengelasan yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi cenderung menyebabkan terbentuknya cacat pengelasan, seperti porositas, spatter, dan undercut. Arus pengelasan 100 Ampere menghasilkan kualitas sambungan las yang paling baik dibandingkan arus 80 Ampere dan 120 Ampere, karena pada beberapa spesimen tidak ditemukan indikasi cacat baik pada pengujian penetrant maupun makrostruktur. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa pemilihan arus pengelasan yang tepat serta pengendalian kecepatan pengelasan sangat berperan penting dalam meminimalkan cacat dan meningkatkan kualitas sambungan pada pengelasan dissimilar metal baja karbon dan stainless steel.*

**Kata Kunci –** *Dissimilar Metal Welding (DMW), Baja Karbon, Stainless Steel.*

## **I. PENDAHULUAN**

Seiring dengan perkembangan teknologi dibidang konstruksi, pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri, Karena mempunyai peranan yang sangat penting dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir pada setiap pembangunan suatu konstruksi dengan logam melibatkan unsur pengelasan, karena kemampuannya untuk menggabungkan logam secara permanen [1]. Dalam aplikasi tertentu, seringkali diperlukan penggabungan dua material yang berbeda (*dissimilar metal*) guna mengoptimalkan kekuatan, ketahanan terhadap korosi, serta biaya produksi [2].

*Dissimilar Metal Welding (DMW)* adalah proses pengelasan dua logam yang berbeda jenis, yaitu logam yang memiliki karakteristik fisik, kimia, dan sifat mekanik yang berbeda. Proses ini sering dilakukan untuk memenuhi kebutuhan khusus dalam aplikasi tertentu, seperti menggabungkan keunggulan masing-masing logam. Pengelasan dissimilar sering digunakan ketika diperlukan sifat sambungan yang khusus, misalnya untuk meningkatkan ketahanan

korosi, kekuatan, atau kemampuan hantar panas [3]. *dissimilar metal* sering digunakan untuk menyambung material baja tahan karat dengan material yang lain. Hal tersebut juga sering digunakan karena perubahan sifat mekanik atau performa yang dibutuhkan. Salah satu kombinasi dissimilar metal yang banyak digunakan adalah baja karbon dan stainless steel [4].

Baja karbon adalah logam yang mengandung karbon sebagai unsur utama, memiliki sifat mudah dibentuk dan ketangguhan yang tinggi dan memiliki kekuatan yang baik serta biaya yang lebih rendah, sedangkan stainless steel memiliki ketahanan yang unggul terhadap korosi dan mengandung kromium sebagai unsur utama, sehingga penggabungan keduanya menawarkan karakteristik yang saling melengkapi untuk mendapatkan hasil pengelasan yang kuat dan tahan lama [5]. Penggunaan elektroda stainless steel dalam pengelasan dissimilar metal ini diharapkan dapat mengurangi masalah yang timbul dan memperbaiki kualitas sambungan dengan memperbaiki distribusi elemen paduan pada area las [6].

Elektroda stainless steel adalah paduan logam yang terutama terdiri dari besi dan kromium dengan kandungan minimal 10.5% kromium. Kromium membentuk lapisan oksida tipis yang melindungi baja dari karat dan korosi. Elektroda stainless steel dikenal karena ketahanan terhadap karat dan noda, menjadikannya pilihan populer untuk berbagai aplikasi pengelasan [7]. Namun, pengelasan dissimilar metal dengan elektroda stainless steel pada baja karbon dan stainless steel memiliki tantangan tersendiri. Perbedaan komposisi kimia, titik leleh, serta sifat fisik kedua logam tersebut dapat menimbulkan masalah dalam proses pengelasan, seperti ketidak sempurnaan pada sambungan dan munculnya cacat pengelasan atau retakan akibat tegangan termal [8].

Penyetelan kuat arus pengelasan juga akan mempengaruhi hasil Pengelasan. Bila arus yang digunakan untuk mengelas terlalu tinggi maka elektroda akan cepat mencair, makin tinggi arus las makin tinggi penembusan dan kecepatan pencairannya. Besar arus pada pengelasan mempengaruhi hasil las bila arus terlalu rendah maka perpindahan cairan dari ujung elektroda yang digunakan sangat sulit dan busur listrik yang terjadi tidak stabil. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa variasi parameter proses seperti arus dan tegangan pengelasan dapat secara signifikan mempengaruhi pembentukan struktur makro pada cacat pengelasannya [9].

Penggunaan arus yang terlalu tinggi dapat meningkatkan resiko terbentuknya porositas, sementara kecepatan pengelasan yang terlalu lambat dapat menyebabkan pembentukan weld metal yang kasar atau tidak sempurna [10]. Oleh karena itu, optimisasi parameter proses pengelasan dissimilar metal tidak hanya memperbaiki sifat mekanis sambungan, tetapi juga mengurangi kemungkinan cacat yang dapat mengurangi keandalan struktural hasil pengelasan [11].

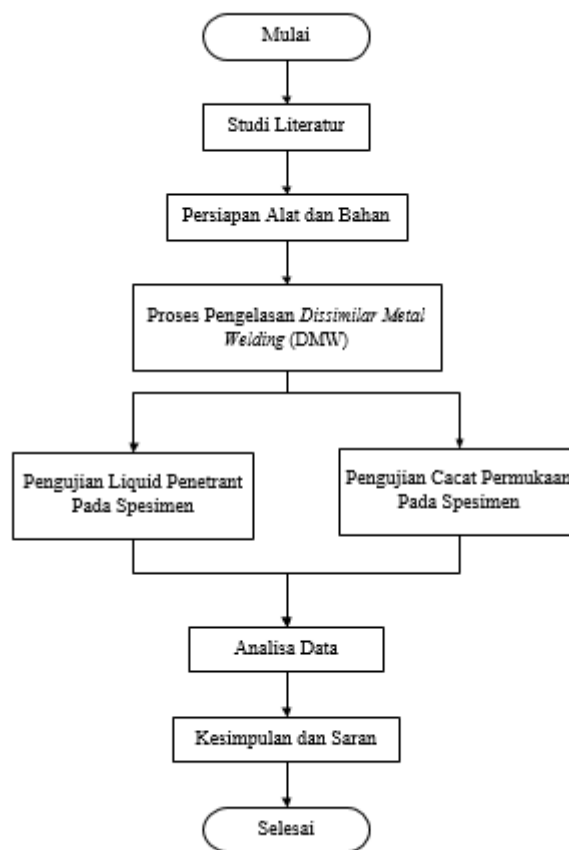
Penelitian ini bertujuan untuk melakukan berbagai kombinasi parameter proses dissimilar metal pada baja karbon dan stainless steel. Penelitian ini berfokus pada pengaruhnya terhadap cacat porositas dan cacat permukaan hasil pengelasan. Melalui analisis mendalam terhadap hasil pengujian, diharapkan dapat ditemukan hubungan yang jelas antara parameter proses dengan karakteristik material yang dihasilkan dalam hal ini adalah uji penetrant dan struktur makro pada zona las. Hasil dari penelitian ini dapat memberikan pemahaman yang lebih mendalam mengenai pengaruh penggunaan elektroda stainless steel dalam pengelasan dissimilar metal antara baja karbon dan stainless steel, serta faktor-faktor yang memengaruhi kekuatan dan kualitas sambungan yang dihasilkan.

## II. METODE

Penelitian ini akan dilakukan dengan tahapan eksperimen untuk mengetahui kekuatan dan kualitas sambungan pengelasan *dissimilar metal* antara baja karbon dan stainless steel menggunakan elektroda stainless steel. Metode penelitian yang digunakan dalam penelitian ini dimulai dengan pemilihan material baja karbon dan stainless steel yang cocok untuk pengelasan menggunakan teknik *Dissimilar Metal Welding (DMW)* [10]. Parameter proses seperti arus pengelasan dipelajari dengan seksama dalam variasi yang terkontrol. Setelah pengelasan selesai, dilakukan proses pengujian liquid penetrant dan uji makro cacat permukaan, data yang dihasilkan kemudian dianalisis statistik untuk mengidentifikasi hubungan parameter proses pengelasan *Dissimilar Metal* dengan karakteristik mekanis sambungan pengelasan baja karbon dan stainless steel [11]. Metode ini diharapkan dapat memberikan wawasan yang mendalam tentang optimalisasi proses pengelasan *Dissimilar Metal* untuk meningkatkan kualitas sambungan baja dalam berbagai aplikasi industri. Langkah-langkah secara detail proses penelitiannya adalah sebagai berikut:

### A. Diagram Alir Penelitian

Metodologi yang digunakan dalam proses penyusunan penelitian ini digambarkan secara sistematis dalam diagram alir (*flowchart*). Berikut merupakan diagram alir penelitian yang dapat dilihat pada **Gambar 1**.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

## B. Studi Literatur

Studi literatur ini dilakukan sebagai tahap awal dan juga sebagai landasan materi 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 tinjauan parameter pengelasan DMW (*Dissimilar Metal Welding*) Terhadap hasil pengujian liquid penetrant dan uji makro cacat permukaan [12].

## C. Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang dibutuhkan untuk melakukan pengelasan DMW (*Dissimilar Metal Welding*) juga pengujian liquid penetrant dan uji makro cacat permukaan spesimen yaitu sebagai berikut.

1. Plat Baja ASTM A36 dan Plat Stainless Steel 316

Material yang digunakan untuk proses pengelasan *Dissimilar Metal* digunakan yaitu baja karbon ASTM A36 dan stainless steel 316. Dimensi plat yang digunakan yaitu 150 x 100 x 5 mm.

Tabel 1. Material Properti Baja Karbon ASTM A36 Dan Stainless Steel 316

Material	Yield Point (Mpa)	Tensile Strength (Mpa)	Modulus of Elasticity (Gpa)	Density (Kg/m <sup>3</sup> )	Temperature Melting (°C)
ASTM A36 Steel	250	515	193	7.850	1.425 – 1.540
Stainless Steel 316	332	673	165	8.000	1.375 – 1.400

2. Mesin Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*)

Mesin las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) pada penelitian ini digunakan untuk proses pengelasan dengan menyambungkan antar plat baja ASTM A36 dengan Plat Stainless Steel 316 menggunakan elektroda stainless steel diameter 2,5 mm, sehingga membentuk spesimen dengan menggunakan parameter yang telah ditentukan [13]. Parameter yang dirubah dari mesin las yaitu kuat arusnya yaitu 80 A, 100 A, 120 A.

### 3. Elektroda Stainless Steel

Elektroda stainless steel adalah kawat las yang digunakan untuk mengelas baja tahan karat. Elektroda ini dirancang khusus untuk jenis baja tahan karat tertentu. Pada penelitian ini elektroda digunakan sebagai penyambung antara plat baja ASTM A36 dengan Plat Stainless Steel 316 [14]. Elektroda stainless steel yang digunakan diameter 2,5 mm.

### 4. 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.

### 5. Liquid Penetrant

Cairan pengujian penetrant adalah cairan khusus dengan daya kapilaritas tinggi yang digunakan dalam metode inspeksi *non-destruktif* (NDT) untuk menemukan cacat permukaan terbuka seperti retakan atau porositas, dengan cara meresap ke dalam celah tersebut, kemudian diangkat kembali oleh developer agar cacat terlihat jelas sebagai indikasi warna kontras atau berpendar di bawah sinar UV.

## D. Proses Pengelasan *Dissimilar Metal Welding* (DMW)

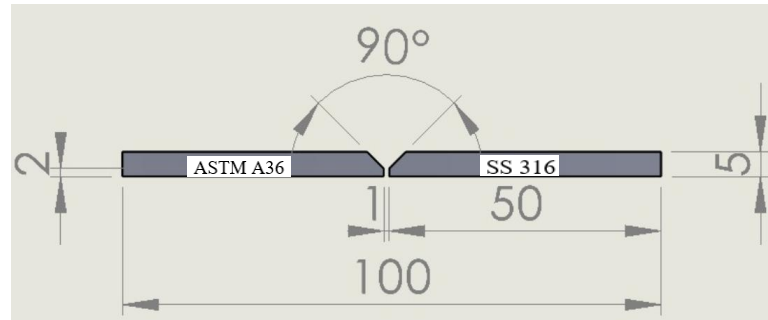
Spesimen plat baja ASTM A36 dan stainless steel akan dilas dengan posisi 1G dengan beberapa parameter yang akan menjadi acuan variasi yaitu variasi kuat arus pengelasan dan pengulangan percobaan 1,2 dan 3 setelah pengelasan.

**Tabel 2.** Parameter Proses pengelasan *Dissimilar Metal Welding*.

No, spc	Kuat Arus (A)	Pengelasan	Uji Liquid Penetrant	Uji Cacat Pengelasan
1	80	1	-	-
2	80	2	-	-
3	80	3	-	-
4	100	1	-	-
5	100	2	-	-
6	100	3	-	-
7	120	1	-	-
8	120	2	-	-
9	120	3	-	-

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

1. Siapkan mesin las SMAW, elektroda, meja untuk pengelasan plat baja ASTM A36 dan plat stainless steel yang akan digunakan.
2. Jig atau klem plat plat baja ASTM A36 dan plat stainless steel yang telah disiapkan untuk mencegah terjadinya proses pemuaiian pada plat.
3. Atur Parameter mesin las SMAW sesuai dengan parameter yang telah ditentukan.
4. Lakukan proses pengelasan pada plat plat baja ASTM A36 dan plat stainless steel sebanyak 9 kali.
5. Pada setiap hasil pengelasan lakukan pendinginan pada hasil pengelasan sesuai dengan parameter pendingin yang ditentukan.
6. Kemudian lakukan pembersihan pada hasil pengelasan di area pengelasan dan memberikan nomer specimen sesuai dengan nomer parameter.
7. Apabila semua proses pengelasan sudah selesai lakukan pembersihan lingkungan sekitar pengelasan dan pembersihan pada alat dan bahan pengelasan.

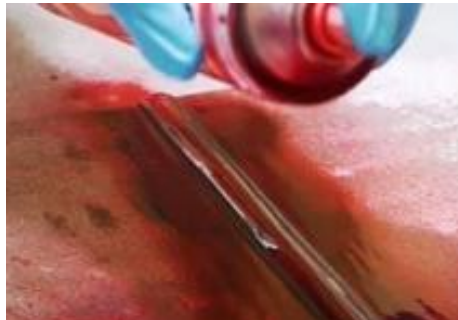


Gambar 2. Desain Bentuk Join Dissimilar Metal Welding

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengujian Liquid Penetrant

Uji liquid penetrant merupakan suatu metode NDT (*Non Destructive Test*) yang cepat dan handal untuk melihat secara visual cacat las pada permukaan yang terbuka dari hasil pengelasan. Uji liquid penetrant ini dapat digunakan untuk mendeteksi diskontinuitas halus pada permukaan seperti retak, bocor halus dan berlubang, dalam pengujian ini menggunakan prinsip kapilaritas yaitu masuk dan keluarnya cairan penetrant kedalam diskontinuitas dan dari diskontinuitas ke permukaan. Prinsip kerja uji penetrant adalah cairan penetrant yang masuk kedalam diskontinuitas kemudian akan keluar ke permukaan dengan bantuan *Developer* (pengembang). *Developer* ini harus mempunyai warna yang kontras dengan cairan penetrant agar saat pendeteksiaan cacat permukaan dapat dilakukan dengan mudah dan benar



Gambar 3. Pengujian Liquid Penetrant

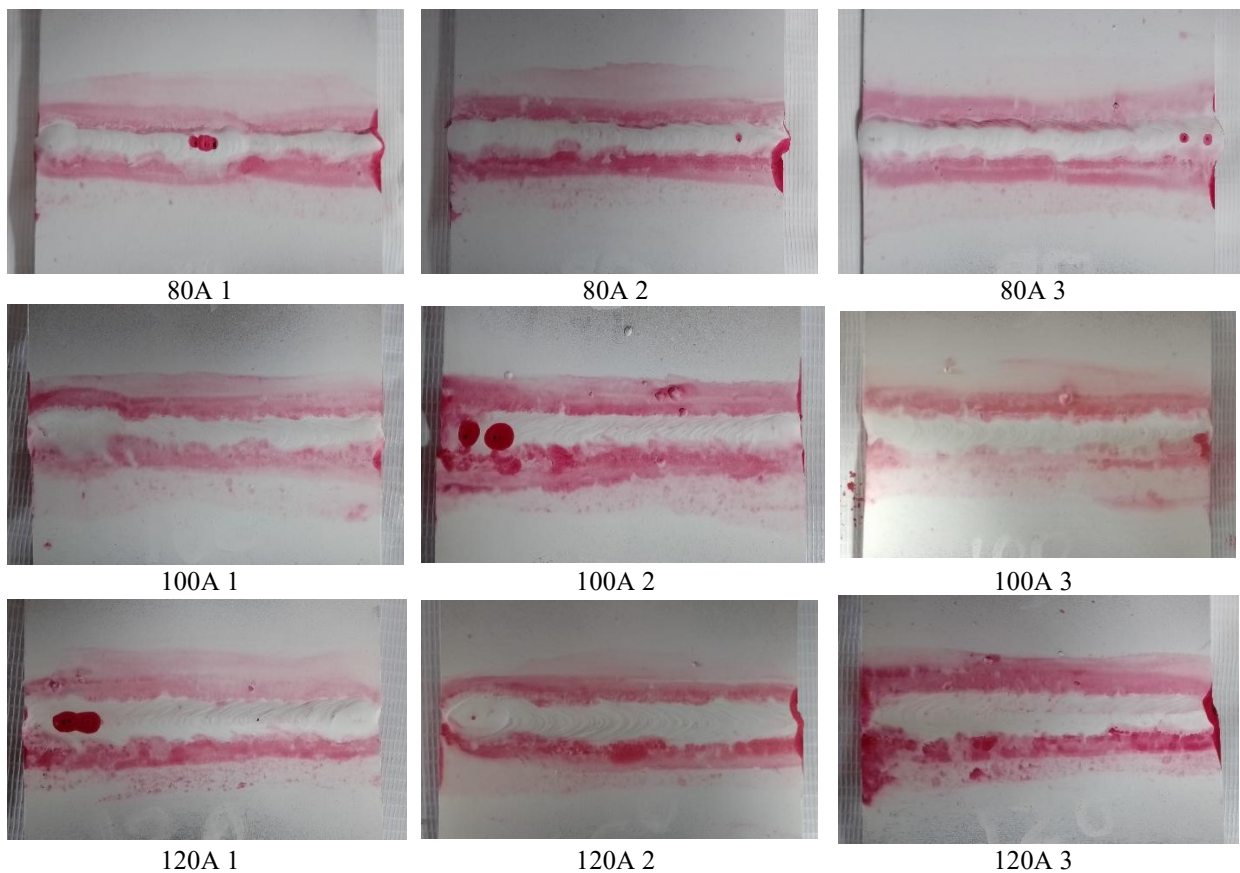
Berikut merupakan langkah-langkah pengujian liquid penetrant:

1. Menyiapkan alat dan bahan
  - Cairan Penetrant : Membuat tanda bekas berwarna merah pada benda uji
  - Cairan Cleaner/Remover : Membersihkan kotoran pada benda uji
  - Cairan Developer : Membuat bercak warna putih pada benda uji
  - Penggaris ; mengukur besaran diskontinuitas pada benda uji
  - Kain Majun/ Tisu : Membersihkan permukaan benda uji
  - Lightmeter : mengukur intensitas cahaya
  - Masker dan sarung tangan
2. Menyemprotkan *Cleaner* pada benda uji secara merata dan membersihkan benda uji menggunakan sikat besi (*pre Cleaning*).
3. Lap menggunakan tisu bersih atau majun.
4. Semprotkan *liquid red penetrant* ke dalam wadah, kuaskan pada permukaan benda uji.
5. Permukaan benda uji harus rata tidak ada yang menebal dan menipis cairan di suatu tempat.
6. Menunggu proses larutan penetrant menyerap waktu tunggu 10-15 menit.
7. *Cleaning* (pembersihan *penetrant* sisa) mengambil tisu atau majun kemudian dibersihkan *secara searah*. Setelah sampai ujung dibersihkan dengan majun atau tisu yang baru. Pembersihan terakhir dengan cara tisu kering disemprotkan cairan *cleaner* kemudian dibersihkan kembali.
8. Aplikasikan cairan *developer* pada permukaan benda uji
9. Tunggu 10-15 menit untuk interpretasi hasil akhir.

10. Interpretasi dan hasil akhir terlihat diskontinuitas apa tidak. Ukurlah diskontinuitas menggunakan penggaris besi. Sket pada lembar *report* (laporan) yang disediakan
11. *Post cleaning* (pembersihkan permukaan benda uji) semrot dengan *cleaner* dan bersihkan dengan sikat besi.
12. Tahap terakhir bersihkan dengan tisu atau majun kering.

**Tabel 3.** Data Pengujian Liquid Penetrant

No. Spc	Indikasi Rounded (Diameter mm)	Indikasi Linier (Panjang dan Lebar mm)	Kesimpulan
80A (1)	Cacat Rounded L = 10 mm, W = 5 mm	-	Relevan Semua
80A (2)	$\varnothing = 2$ mm Cacat Rounded, $\varnothing = 3$ mm	-	Non Relevan
80A (3)	Cacat Rounded, $\varnothing = 3$ mm	-	Non Relevan
100A (1)	- Cacat Rounded, $\varnothing = 6$ mm	-	Tidak Ada Indikasi
100A (2)	Cacat Rounded, $\varnothing = 8$ mm	-	Relevan Semua
100A (3)	-	-	Tidak Ada Indikasi
120A (1)	Cacat Rounded, L = 12mm, W = 6 mm	-	Relevan Semua
120A (2)	Cacat Rounded, $\varnothing = 1$ mm	-	Non Relevan
120A (3)	-	-	Tidak Ada Indikasi



**Gambar 4.** Hasil Pengujian Liquid Penetrant pada Spesimen

Pada **Tabel 3**. Menunjukkan bahwa kuat arus dan pengulangan pengelasan pada proses pengelasan sangat berpengaruh terhadap cacat permukaan spesimen pengelasan *Dissimilar Metal Welding* (DMW). Hasil pengujian liquid penetrant dari 9 spesimen didapatkan pada spesimen 80A percobaan 1 terdapat indikasi cacat rounded dengan panjang 10 mm dan lebar 5 mm, kemudian pada spesimen 80A percobaan 2 terdapat indikasi cacat rounded dengan diameter 2 mm, pada spesimen 80 A percobaan 3 terdapat 2 indikasi cacat rounded dengan kedua cacat tersebut berdiameter 3 mm, pada spesimen 100A percobaan 1 tidak terdapat indikasi cacat, pada spesimen 100A percobaan 2 terdapat 2 indikasi cacat rounded pada cacat rounded 1 berdiameter 6 mm dan pada cacat rounded 2 berdiameter 8 mm, pada spesimen 100A percobaan 3 tidak terdapat indikasi cacat, pada spesimen 120A percobaan 1 terdapat inndikasi cacat rounded dengan lebar 6 mm dan panjang 12 mm, pada spesimen 120A percobaan 2 terdapat inndikasi cacat rounded dengan diameter 1 mm, pada spesimen 120A percobaan 3 tidak terdapat indikasi cacat.

### B. Pengujian Makrostruktur Cacat Pengelasan

Pengujian Makrostruktur dilakukan dengan kamera DSLR menggunakan lensa makro pembesaran 50 x. Berikut hasil dari pengambilan makrostruktur pengelasan *stainless steel* pada *dissimilar metal welding* plat baja ASTM A36 dan plat stainless steel. Berikut dibawah ini adalah hasil uji makrostruktur dari proses pengelasan *dissimilar metal welding* (DMW).

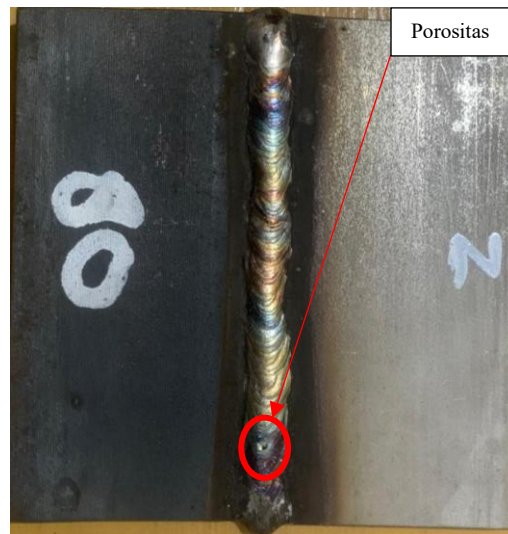
#### 1. Spesimen 1 (80 Ampere Percobaan 1)



**Gambar 5.** Makrostruktur Spesimen 1

Sesuai dengan **Gambar 5**. Berdasarkan parameter 80 Ampere percobaan pengelasan 1, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan porositas yaitu lubang kecil pada weld metal, cacat porositas ini terjadi karena ampere yang terlalu rendah. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

#### 2. Spesiment 2 (80 Ampere Percobaan 2)



**Gambar 6.** Makrostruktur Spesimen 2

Sesuai dengan **Gambar 6**. Berdasarkan parameter 80 Ampere percobaan pengelasan 2, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan porositas yaitu lubang kecil pada weld metal, cacat porositas ini terjadi karena ampere yang terlalu rendah dan titik leleh elektroda stainless steel. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

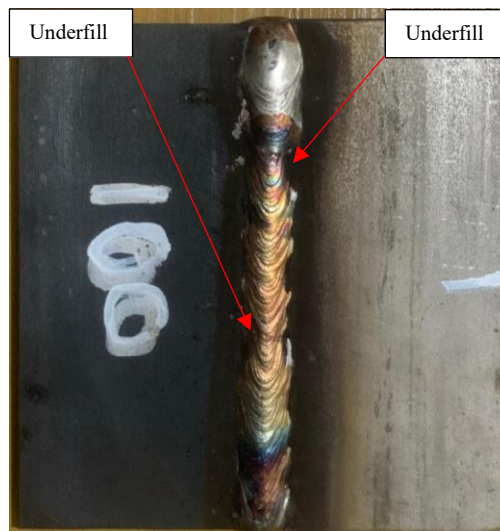
3. Spesimen 3 (80 Ampere Percobaan 3)



**Gambar 7.** Makrostruktur Spesimen 3

Sesuai dengan **Gambar 7**. Berdasarkan parameter 80 Ampere percobaan pengelasan 3, hasil makrostrukturnya tidak terdapat cacat pengelasan pada spesimen, ini terjadi karena kuat arus yang digunakan tepat dan titik leleh elektroda yang tepat dengan kecepatan pengelasannya.

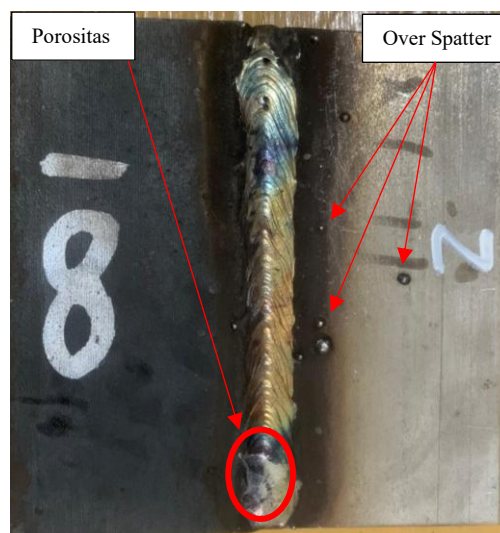
## 4. Spesiment 4 (100 Ampere Percobaan 1)



**Gambar 8.** Makrostruktur Spesimen 4

Sesuai dengan **Gambar 8**. Berdasarkan parameter 100 Ampere percobaan pengelasan 1, hasil makrostrukturnya tidak terdapat cacat pengelasan underfill yaitu logam las tidak mengisi sambungan dengan cukup. Cacat ini terjadi karena arus pengelasan rendah dan kecepatan las lambat. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

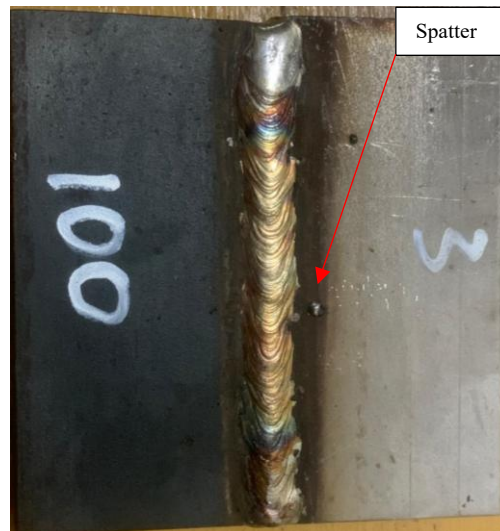
## 5. Spesiment 5 (100 Ampere Percobaan 2)



**Gambar 9.** Makrostruktur Spesimen 5

Sesuai dengan **Gambar 9**. Berdasarkan parameter 100 Ampere percobaan pengelasan 2, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan porositas yaitu lubang kecil pada weld metal dan cacat pengelasan over spatter yaitu cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal*. Cacat ini terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las lambat. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

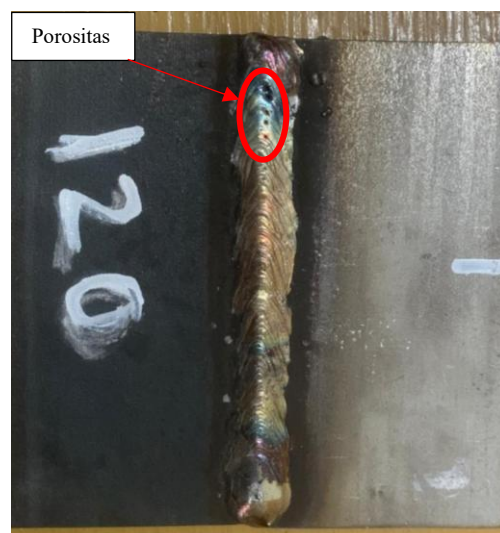
## 6. Spesiment 6 (100 Ampere Percobaan 3)



**Gambar 10.** Makrostruktur Spesimen 6

Sesuai dengan **Gambar 10**. Berdasarkan parameter 100 Ampere percobaan pengelasan 3, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan spatter yaitu benjolan atau bitnik logam cair lelehan elektroda yang berhamburan dan mengeras pada *base metal*. Cacat ini terjadi karena arus pengelasan tinggi. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

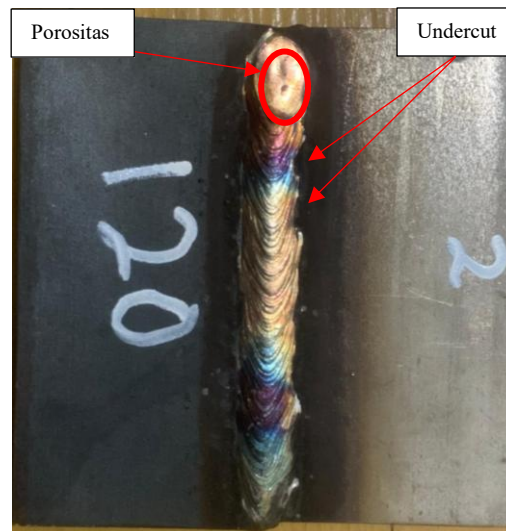
## 7. Spesiment 7 (120 Ampere Percobaan 1)



**Gambar 11.** Makrostruktur Spesimen 7

Sesuai dengan **Gambar 11**. Berdasarkan parameter 120 Ampere percobaan pengelasan 1, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan porositas yaitu lubang kecil pada weld metal, cacat porositas ini terjadi karena ampere yang terlalu tinggi dan kecepatan las cepat. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

## 8. Spesiment 8 (120 Ampere Percobaan 2)



**Gambar 12.** Makrostruktur Spesimen 8

Sesuai dengan **Gambar 12**. Berdasarkan parameter 120 Ampere percobaan pengelasan 2, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan porositas yaitu lubang kecil pada weld metal dan cacat pengelasan *undercut* yaitu pengikisan *weld metal* akibat pengelasan. Cacat ini terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las cepat. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

## 9. Spesiment 9 (120 Ampere Percobaan 3)

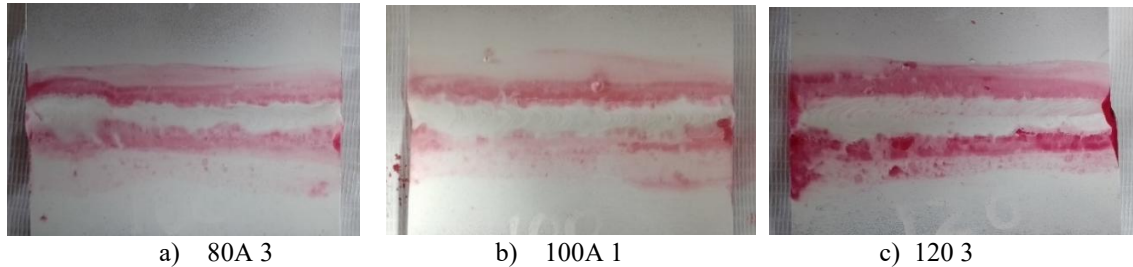


**Gambar 13.** Makrostruktur Spesimen 9

Sesuai dengan **Gambar 13**. Berdasarkan parameter 120 Ampere percobaan pengelasan 3, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan over spatter yaitu cacat banyaknya *spatter* pada *weld metal*. Cacat ini terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las lambat. Penggunaan elektroda stainless steel pada spesimen dengan material ASTM A36 dan stainless steel berbeda titik lelehnya dimana titik leleh stainless steel lebih rendah dari pada ASTM A36 mengakibatkan proses peleburan pada proses pengelasan berjalan lambat dan harus tepat pada kecepatan tarikan lasnya sehingga tidak terjadi banyak cacat pengelasannya.

### C. Analisa dan Pembahasan Pengujian *Liquid Penetrant* dan Makrostruktur

Tujuan dari analisa dan pembahasan yaitu untuk memudahkan pemahaman pada data dari hasil pengujian *liquid penetrant* dan pengujian makrostruktur yaitu dengan menampilkan gambar pengujian terbaik dan terburuk kemudian dilakukan proses analisa pada hasil pengelasan *Dissimilar Metal Welding* (DMW).



**Gambar 14.** Hasil Terbaik Pengujian *Liquid Penetrant*

Pada **Gambar 14.** Menunjukkan hasil terbaik pengujian *liquid penetrant* yaitu spesimen 80 ampere pengelasan ke 3, spesimen 100 ampere pengelasan ke 1 dan spesimen 120 ampere pengelasan ke 3. Pada spesimen tersebut tidak terdapat cacat pengelasan



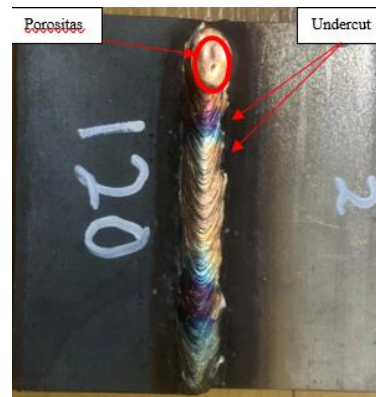
**Gambar 15.** Hasil Terburuk Pengujian *Liquid Penetrant*

Pada **Gambar 15.** Menunjukkan hasil terburuk pengujian *liquid penetrant* yaitu spesimen 120 ampere pengelasan ke 1, pada spesimen ini terdapat cacat rounded dengan panjang = 12mm dan lebar = 6 mm.



**Gambar 16.** Hasil Terbaik Pengujian Makrostruktur

Pada **Gambar 16.** Menunjukkan hasil terbaik pengujian makrostruktur yaitu spesimen 80 ampere pengelasan ke 3, ini terjadi karena kuat arus yang digunakan tepat dan titik leleh elektroda yang tepat dengan kecepatan pengelasannya.



**Gambar 17.** Hasil Terburuk Pengujian Makrostruktur

Pada **Gambar 17.** Menunjukkan hasil terburuk pengujian makrostruktur yaitu spesimen 120 ampere pengelasan ke 2, hasil makrostrukturnya terdapat cacat pengelasan porositas yaitu lubang kecil pada weld metal dan cacat pengelasan *undercut* yaitu pengikisan *weld metal* akibat pengelasan. Cacat ini terjadi karena arus pengelasan tinggi dan kecepatan las cepat dan titik leleh elektroda stainless steel yang rendah dari pada ASTM A36.

#### IV. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan analisa dari “Analisa Porositas dan Cacat Permukaan pada *Dissimilar Metal Welding* (DMW) Baja Karbon dan *Stainless Steel*” dapat disimpulkan bahwa parameter arus pengelasan yang terlalu rendah maupun terlalu tinggi sama-sama menyebabkan munculnya cacat pengelasan, baik yang terdeteksi pada permukaan melalui liquid penetrant maupun secara internal melalui pengujian makrostruktur. Parameter arus 100 Ampere menunjukkan hasil yang relatif paling baik dibandingkan 80 Ampere dan 120 Ampere, karena pada beberapa percobaan mampu menghasilkan sambungan las tanpa indikasi cacat. Oleh karena itu, pemilihan arus pengelasan yang tepat dan pengendalian kecepatan pengelasan sangat penting untuk meminimalkan cacat dan meningkatkan kualitas hasil pengelasan.

#### 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 rekan aslab, himpunan mahasiswa dan teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini.

#### REFERENSI

- [1] E. Wiseno, "Pengujian non-destructive variasi arus GTAW terhadap sifat pada dissimilar metal welding AISI 1020 dan AISI 304," *Jurnal Ilmiah Flash*, vol. 10, no. 1, 2024.
- [2] H. Kadir, R. Riswanda, A. S. Alfauzi, and B. Sumiyarso, "Pengaruh kondisi parameter pengelasan MAG sambungan las baja tidak sejenis terhadap struktur mikro dan kekerasan daerah HAZ," *Jurnal Rekayasa Mesin*, vol. 16, no. 3, pp. 457–466, 2021.
- [3] A. T. Wiratno, *Analisa pengelasan stainless steel 304 dengan carbon steel menggunakan jenis pengelasan SMAW, GTAW dan kombinasi terhadap sifat mekanik material*, Doctoral dissertation, Universitas Tridianati Palembang, 2021.
- [4] A. Sebayang, E. Tarigan, and L. Tarigan, "Pengaruh Variasi Arus Pengelasan 120 A, 130 A, 140 A, dan 150 A terhadap Kekuatan Tarik pada Material ST 37 dengan Metode Pengelasan Metal Inert Gas (MIG)," *Jurnal Pustaka Cendekia Hukum dan Ilmu Sosial*, vol. 2, no. 1, pp. 118-124, 2024.
- [5] Y. R. Fauzi and M. Arsyad, "Pengaruh Post Weld Heat Treatment Proses Pengelasan MIG Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon AISI 1045," *Journal of Energy, Materials, & Manufacturing Technology*, vol. 3, no. 02, pp. 9-14, 2024.
- [6] M. M. Rizwan, E. Prahesta, and D. Supriyatna, "Analisis Pengaruh Ampere Terhadap Defect Pengelasan Pada Material Atsm 36" *Scientica: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, vol. 2, no. 8, pp. 258-263, 2024.
- [7] A. F. Al Faridzi, "Ketahanan Baja Astm A36 Terhadap Pengujian Tarik Dan Bending Dengan Proses Pengelasan Smaw Dan Metalografi," *Rekayasa Sistem Energi dan Manufaktur (ReSEM)*, vol. 2, no. 2, pp. 109-118, 2024.

- [8] A. F. Al Faridzi, "Ketahanan Baja Astm A36 Terhadap Pengujian Tarik Dan Bending Dengan Proses Pengelasan Smaw Dan Metalografi," *Rekayasa Sistem Energi dan Manufaktur (ReSEM)*, vol. 2, no. 2, pp. 109-118, 2024.
- [9] R. H. Aruan, H. Pratikno, and Y. S. Hadiwidodo, "Analisis Pengaruh Suhu Material Pada Pengaplikasian Coating Epoxy Terhadap Kekuatan Adhesi Baja A36," *Jurnal Teknik ITS*, vol. 12, no. 1, pp. F34-F40, 2023.
- [10] Setiawan, A. Penelitian Stainless Steel 304 Terhadap Pengaruh Pengelasan Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) Untuk Variasi Arus 50 A, 100 A dan 160 A Dengan Uji Komposisi Kimia, Uji Struktur Mikro, Uji Kekerasan Dan Uji Impact (Doctoral dissertation, Universitas Muhammadiyah Surakarta). 2019.
- [11] Soleh, M. Z. A., & Mulyadi, M. Design and Build JIG Design on Friction Stir Welding Using Fillet Connection on AA6061-T6 Material. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 14, 10-21070. 2021.
- [12] Wardana, A. I., & Mulyadi, M. Analysis of Underwater Friction Stir Welding (UFSW) Process Joint on AA6005-T6 Series Alumunium Alloy on Tensile Strength and Macro Structure: Analisa Sambungan Proses Underwater Friction Stir Welding (UFSW) pada Paduan Aluminium Seri AA6005-T6 terhadap Kuat Tarik dan Struktur Makro. 2023.
- [13] Mulyadi, R. Firdaus, and R. S. Untari, "Optimization of Friction Stir Welding Parameters for AA6061-T651 Aluminum Alloy: Defect Analysis and Process Improvement," *Acad. Open*, vol. 8, no. 1, pp. 1–13, doi: 10.21070/acopen.8.2023.6665. 2023.
- [14] R. Ramadan, Analisa kekuatan impak dan struktur mikro pengelasan logam berbeda ASTM A36 dan AISI 316L setelah PWHT, M.S. thesis, Universitas Hasanuddin, 2023.
- [15] Subkhan, M. F., & Mulyadi, M. Confirmation Experiment of Friction Stir Welding Process on Aluminum Alloy Aa-6061-T6561 on Tensile Strength and Weld Penetration: Eksperimen Konfirmasi Proses Friction Stir Welding pada Material Alumunium Alloy Aa-6061-T6561 Terhadap Kekuatan Tarik dan Penetrasi Las. 2023.

**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.*