



## Optimisasi Jarak Titik *Spot welding* Terhadap *Tensile Strength* Sambungan *Stainless Steel*

Sobron Lubis<sup>1\*</sup>, Aghastya Wiyoso<sup>2</sup>, Jhon Michel<sup>3</sup>, Benaya<sup>4</sup>  
<sup>1,3,4</sup>Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Tarumanagara  
<sup>2</sup>FSRD Universitas Tarumanagara  
sobronl@ft.untar.ac.id

### Abstract

Spot welding is a metal joining technique that can produce high joint strength according to the desired design. Spot welding, using current through the weld point with two electrodes to melt the metal and combine it. In joining two plates, if you want to produce a better joint, more than one welding point can be done, but the distance between one and the other needs to be considered in order to produce a joint that has high tensile strength. Therefore, in the study, the distance of the point connection was varied with the aim of finding the optimal connection point to produce high tensile strength. The study was conducted using a spot-welding machine in the Mechanical Engineering Study Program laboratory, stainless steel plate material was connected with a current voltage of 1.75 V and 2.20 V, and variations in the distance of the welding point were 10, 20 and 30 mm. The welding specimens were tested for tensile strength using a tensile test in the engineering materials laboratory. The results of the study showed that the highest tensile strength value of 3835.08 MPa was obtained at a current voltage of 2.20 V and a welding point distance of 10 mm. The further the welding point, the greater the electrical resistance, which causes the distribution of heat and current to be uneven. As a result, not all parts required for the formation of the joint will be optimally affected by heat and pressure.

Key words: tensile strength, spot welding, welding distance

### Abstrak

Pengelasan titik merupakan suatu teknik penyambungan logam yang dapat menghasilkan kekuatan sambungan yang tinggi sesuai dengan perancangan yang diinginkan. Pengelasan titik (*spot welding*), menggunakan arus melalui titik las dengan dua elektroda untuk melelehkan logam dan menggabungkannya. Pada penyambungan dua buah pelat, jika ingin menghasilkan sambungan yang lebih baik, dapat dilakukan lebih dari satu titik pengelasan, namun jarak antara satu dan lainnya perlu dipertimbangkan agar dapat menghasilkan sambungan yang memiliki *tensile strength* tinggi. Oleh karena itu, dalam penelitian ini, jarak sambungan titik divariasikan dengan tujuan untuk mengetahui jarak sambungan yang optimal dalam menghasilkan kekuatan tarik (*tensile strength*) yang tinggi. Penelitian dilakukan di laboratorium Program Studi Teknik Mesin menggunakan mesin *spot welding*. Bahan yang digunakan adalah plat stainless steel, yang disambung dengan tegangan arus sebesar 1,75 V dan 2,20 V, serta variasi jarak titik pengelasan sebesar 10 mm, 20 mm, dan 30 mm.. Spesimen hasil pengelasan dilakukan uji tarik menggunakan *tensile test* yang terdapat dilaboratorium material teknik. Hasil penelitian di peroleh bahwa nilai *tensile strength* tertinggi sebesar 3835,08 MPa diperoleh pada tegangan arus 2.20 V dan jarak titik pengelasan 10 mm. Semakin jauh titik pengelasan, semakin besar resistansi listriknya, yang menyebabkan distribusi panas dan arus menjadi tidak merata. Akibatnya, tidak semua bagian yang diperlukan untuk pembentukan sambungan terpengaruh secara optimal oleh panas dan tekanan.

Kata kunci : kekuatan tarik, pengelasan titik, jarak pengelasan.

## 1. Pendahuluan

Metode pengelasan titik (*spot welding*) digunakan dengan alasan memiliki kelebihan mudah dioperasikan karena tidak dibutuhkan keahlian khusus seperti metode pengelasan lainnya, waktu lebih singkat, sehingga akan meningkatkan kecepatan produksi massal, suplai panas yang diberikan cukup akurat dan reguler, sifat mekanik hasil las kompetitif dengan logam induk dan tidak memerlukan kawat las.

Bahan *stainless steel* 316L memiliki karakteristik tersendiri sehingga sangat populer dalam berbagai aplikasi industri, terutama yang memerlukan ketahanan terhadap korosi dan kekuatan mekanis yang baik. *Stainless steel* 316L memiliki ketahanan yang sangat baik terhadap korosi, termasuk korosi akibat *pitting* dan korosi akibat retak *stress*. Ini membuatnya sesuai untuk lingkungan dengan kelembaban tinggi atau yang terpapar bahan kimia. Karena kadar karbon yang rendah, *stainless steel* 316L memiliki kelebihan dalam hal pengelasan yang lebih baik dibandingkan dengan 316. Sehingga ini memudahkan dalam proses pengelasan dan mengurangi risiko pembentukan karbida kromium pada zona pengelasan. Sering digunakan dalam industri farmasi, makanan, dan minuman karena kemampuannya yang baik untuk disterilisasi dan ketahanannya terhadap kontaminasi. *Spot welding* efektif dalam menghasilkan sambungan yang kuat antara dua lembaran logam. Ini penting untuk material seperti *stainless steel* 316L yang sering digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan kekuatan mekanis yang tinggi.

Menurut Habib [1], pengelasan titik adalah proses penyatuan dua atau lebih lembaran logam di area terlokalisasi di mana pemanasan yang disebabkan oleh hambatan aliran arus listrik menyebabkan peleburan dan penggabungan sejumlah kecil material. Biasanya, metode ini digunakan untuk mendapatkan sambungan tumpu pada bagian lembaran logam. Digunakan baja tahan karat DP450, TRIP700, dan HSLA350; dengan ukuran lembaran 140 mm x 40 mm, spesimen digabungkan sebagai sambungan tumpu melalui pengelasan titik tipe DALEX [1,2].

*Spot welding* menghasilkan sedikit panas yang tersebar dengan cepat, sehingga mengurangi risiko deformasi atau perubahan struktural pada logam, khususnya pada *stainless steel* yang sensitif terhadap perubahan sifat mekanik akibat panas. Parameter pengelasan, seperti arus listrik dan waktu pengelasan, sangat mempengaruhi kekuatan tarik sambungan las. Tipe *stainless steel* yang berbeda menunjukkan variasi dalam kekuatan tariknya [4]. Karena permukaan pelat yang terhubung ditekan di antara elektroda saat arus listrik dialirkan, permukaan logam menjadi panas

dan mencair karena resistansi listrik [3].

Arus las yang digunakan selama proses pengelasan sangat mempengaruhi kekuatan tarik sambungan. Arus yang lebih tinggi cenderung meningkatkan ukuran dan kekuatan sambungan las, tetapi arus yang terlalu tinggi bisa menyebabkan cacat pada sambungan [4-6].

Dalam kendaraan modern, terdapat sekitar 2000 hingga 5000 titik peleburan. Untuk menyambung lembaran logam, menggunakan las titik, teknik penyambungan modern. Las titik banyak digunakan oleh perusahaan mobil, khususnya mobil, untuk merakit bagian mobil yang berbeda jenis sambungan dan sejenis [7,8].

Karena las yang dihasilkan tidak mengandung terak las, proses las titik ini lebih cepat dan lebih rapi dibandingkan dengan las asetelin dan las busur listrik. Lamanya waktu pengelasan menyebabkan hasil yang berbeda pada sambungan plat. Oleh karena itu, diharapkan bahwa kekuatan titik yang menghasilkan gumpalan (*nugget*) dapat ditingkatkan dengan mengubah waktu pengelasan dan diameter elektroda. Mikrostruktur suatu *nugget* dapat ditentukan berdasarkan paduan dasar dan perubahan termalnya [9-11].

Kombinasi optimal dari parameter pengelasan berhasil ditentukan, menghasilkan peningkatan signifikan dalam kekuatan tarik sambungan las. Model jaringan saraf tiruan yang dikembangkan menunjukkan kemampuan prediksi yang baik terhadap kekuatan tarik berdasarkan parameter pengelasan yang digunakan [12].

Sebelum memulai proses pengelasan, pastikan mesin las spot memiliki dua dial penting: satu untuk arus pengelasan dan yang lain untuk durasi pengelasan. Untuk mendinginkan elektroda selama proses pengelasan, pasokan air untuk elektroda adalah langkah penting lainnya sebelum memulai proses pengelasan.

Pengelasan titik sangat efektif dan dapat dilakukan secara otomatis, namun terbatas hanya pada ketebalan sambungan pelat 3 mm. Pada penyambungan dua buah pelat, jika ingin menghasilkan sambungan yang lebih baik, dapat dilakukan lebih dari satu titik pengelasan, namun jarak antara satu dan lainnya perlu dipertimbangkan agar dapat menghasilkan sambungan yang kuat [13,14].

Penggunaan parameter yang tidak sesuai dengan bahan las menyebabkan waktu dan tenaga yang tidak efisien. Menurut Firmansyah [15] dan Lippold [16] Dalam penelitian yang mereka lakukan untuk plat baja karbon S45C tebal 1 mm dilas pada arus tegangan 2.2 V dengan gaya penekanan 300 N.

Pada proses penyambungan *spot welding*, untuk menghasilkan sambungan yang kuat perlu kiranya menentukan jarak pengelasan yang dikenal dengan titik pengelasan. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui jarak pengelasan titik yang kuat pada proses *spot welding*. Pengelasan dilakukan terhadap bahan plat *stainless steel* dengan mengatur jarak pengelasan 10 mm, 20 mm dan 30 mm. Dua variasi tegangan arus yang digunakan yaitu 1.75 V dan 2.00 V.

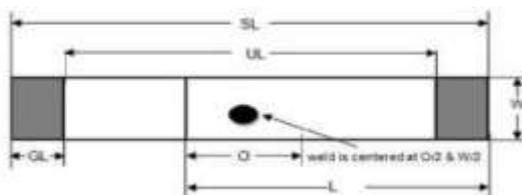
## 2. Metode Penelitian

Penelitian dilakukan secara eksperimental dengan menggunakan mesin *spot welding* di laboratorium teknik mesin, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Tegangan arus yang digunakan yaitu 1,75 V dan 2.00 V. Dengan waktu *holding time* 2 detik



Gambar 1. Mesin *Spot welding*

Bahan yang disambung adalah plat *stainless steel* 316L. Spesimen uji tarik ditetapkan berdasarkan standart AWS D8.9-97 seperti yang terlihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Standart AWS D8-97

Pengelasan dilakukan pada plat *stainless steel* 316L pada yang menghasilkan dua buah *nugget* dengan varias jarak titik pengelasan 10 mm, 20 mm dan 30 mm (Tabel 1).

Plat *Stainless Steel* dengan dimensi panjang 105 mm, lebar 45 mm dan tebal 1,0 mm.

| Spesimen | Arus (V) | Jarak titik las (mm) |
|----------|----------|----------------------|
| A        | 1,75     | 10                   |
| B        | 1,75     | 20                   |
| C        | 1,75     | 30                   |
| D        | 2,20     | 10                   |
| E        | 2,20     | 20                   |
| F        | 2,20     | 30                   |



Gambar 3. Spesimen Plat *Stainless Steel* 316L

Tabel 2 menunjukkan komposisi kimia material *Stainless Steel* 316L.

| Unsur Kimia | Komposisi (%) |
|-------------|---------------|
| Carbon      | 0,03          |
| Manganese   | 2,00          |
| Phosphorus  | 0,45          |
| Nitrogen    | 0,10          |
| Sulfur      | 0,03          |
| Chromium    | 16,00-18,00   |
| Nickel      | 10,00-14,00   |
| Silikon     | 0,75          |
| Molibdenum  | 2,0-3,0       |

Tabel 3 menunjukkan sifat mekanik material *stainless steel* 316L.

|                  |         |
|------------------|---------|
| Tensile strength | 485 MPa |
| Yield strength   | 170 MPa |
| Elongatiom       | 40 %    |
| Hardness         | 217 BHN |

Gambar 4 menunjukkan alat uji tarik *Universal Testing Machine*, dan Gambar 5 Proses Uji Tarik Sambungan Spesimen.



Gambar 4. Alat Uji Tarik



Gambar 5. Proses Uji Tarik Sambungan Spesimen

Nilai gaya tarik dari setiap spesimen diperoleh dalam satuan *kilogram force (kgf)*, kemudian dikonversi menjadi satuan *Newton (N)*.

Nilai gaya tarik dapat digunakan untuk menghitung *tensile strength*.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

$\sigma$  = Tensile Strength (MPa)

F = Tensile load (N)

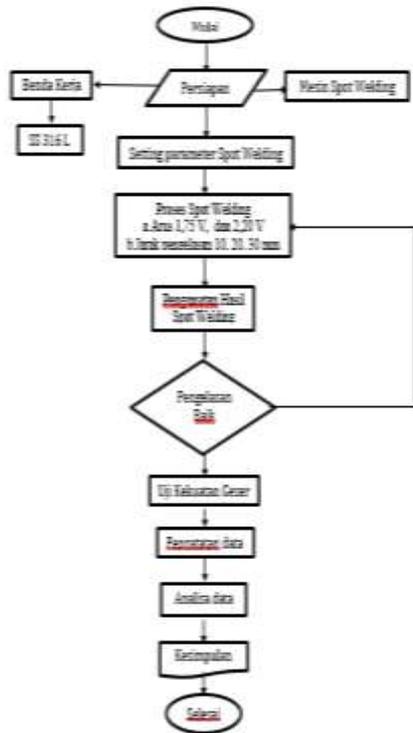
A = Luas Penampang (mm<sup>2</sup>)

Kekuatan tarik adalah data yang didapat pada tabel dan luas penampang spesimen sesuai dengan perhitungan standar AWS D8.9-97, sehingga didapatkan luas penampang 1,75 V 2 detik 3,36mm dan 2,20 V 2 detik 3,8mm.

Untuk menghitung modulus elastisitas dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$E = \frac{\text{tegangan tarik}}{\text{regangan}} \dots \dots \dots (2)$$

Metode eksperimen yang dilakukan disampaikan pada diagram alir sebagaimana disampaikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Flowchart Proses Eksperimen

### 3. Hasil dan Pembahasan

Pengujian kekuatan tarik sambungan dilakukan pada masing-masing spesimen yang telah dilakukan pengelasan dengan menggunakan *spot welding*. Data yang diperoleh disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Nilai Uji Tarik Sambungan Spesimen SS 316L

| No | Tegangan arus (V) | Jarak Pengelasan (mm) | Gaya Tarik (kgf) | Tensile load (N) |
|----|-------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| A  | 1,75              | 10 mm                 | 1310             | 12.838           |
| B  |                   | 20 mm                 | 1196             | 11.727           |
| C  |                   | 30 mm                 | 1043             | 10.224           |
| D  | 2,20              | 10 mm                 | 1506             | 14.765           |
| E  |                   | 20 mm                 | 1446             | 14.177           |
| F  |                   | 30 mm                 | 1378             | 13.507           |

Berdasarkan hasil pada Tabel 4, diperoleh bahwa analisis data mengenai tegangan arus, jarak pengelasan, dan gaya tarik menunjukkan pola perubahan *tensile load* yang seiring dengan perubahan

tegangan arus dan jarak pengelasan. Secara umum, dengan peningkatan tegangan arus dari 1,75 V menjadi 2,20 V, *tensile load* cenderung meningkat pada setiap jarak pengelasan yang sama (10 mm, 20 mm, dan 30 mm). Ini menunjukkan adanya hubungan positif antara tegangan arus dan *tensile load* yang dihasilkan.

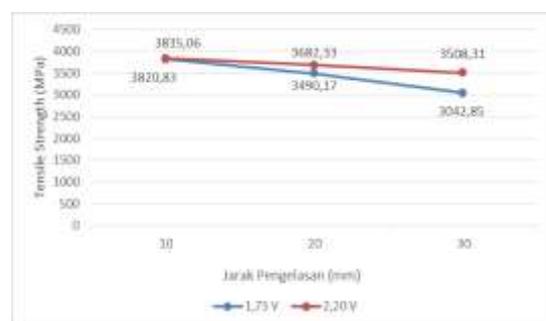
Pada tegangan arus yang sama, *tensile load* cenderung menurun seiring dengan peningkatan jarak pengelasan. Untuk tegangan arus 1,75 V, *tensile load* menurun dari 12.838 N (10 mm) menjadi 10.224 N (30 mm). Hal serupa terjadi pada tegangan arus 2,20 V, di mana *tensile load* menurun dari 14.765 N (10 mm) menjadi 13.507 N (30 mm). Meskipun terjadi penurunan *tensile load* dengan peningkatan jarak pengelasan, perubahan ini lebih signifikan pada tegangan arus yang lebih rendah (1,75 V) dibandingkan dengan tegangan arus yang lebih tinggi (2,20 V). Ini menunjukkan bahwa tegangan arus memiliki pengaruh yang lebih dominan terhadap *tensile load* dibandingkan dengan jarak pengelasan, namun perlu diperhatikan bahwa kedua faktor ini saling mempengaruhi hasil pengelasan.

#### Hubungan Antara Jarak Pengelasan dengan Tensile Strength Sambungan Spesimen SS 316L

Tabel 5. Nilai *Tensile Strength* Sambungan Spesimen SS 316L

| Specimen | Tegangan arus (V) | Jarak Pengelasan (mm) | Tensile Strength (MPa) |
|----------|-------------------|-----------------------|------------------------|
| A        | 1,75              | 10                    | 3820,83                |
| B        |                   | 20                    | 3490,27                |
| C        |                   | 30                    | 3043,05                |
| D        | 2,20              | 10                    | 3835,15                |
| E        |                   | 20                    | 3682,42                |
| F        |                   | 30                    | 3508,48                |

Berdasarkan data pada Tabel 5, kemudian dibuat dalam bentuk grafik yang menggambarkan hubungan antara jarak pengelasan pada tegangan arus yang berbeda dengan *Tensile Strength* Sambungan Spesimen SS 316L sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 7.



Gambar 7. Grafik Jarak Pengelasan Terhadap Tensile Stress Sambungan Spesimen SS 316L

Berdasarkan Gambar 7, didapatkan bahwa semakin jauh jarak titik pengelasan maka *tensile strength* menurun. Arus listrik yang digunakan dalam *spot welding* mengalir melalui material dan cenderung menurun kekuatannya seiring dengan bertambahnya jarak pengelasan. Semakin jauh titik pengelasan,

semakin besar resistansi listriknya, yang menyebabkan distribusi panas dan arus menjadi tidak merata. Akibatnya, tidak semua bagian yang diperlukan untuk pembentukan sambungan akan terpengaruh secara optimal oleh panas dan tekanan.

Material yang digunakan dalam proses *spot welding* memiliki resistansi listrik yang berbeda. Semakin jauh jarak antara titik pengelasan, semakin besar resistansi total dari material yang terlibat. Ini dapat mengurangi efisiensi transfer panas dan arus, serta menghasilkan sambungan yang lebih lemah. Dalam *spot welding*, penting untuk mencapai kondisi yang optimal di antara tekanan, arus, dan waktu pengelasan untuk memastikan sambungan yang kuat. Semakin jauh titik pengelasan, semakin sulit untuk mencapai kondisi optimal ini karena variabilitas dalam distribusi panas dan arus. Elektroda yang digunakan dalam *spot welding* juga mempengaruhi kekuatan sambungan. Semakin jauh titik pengelasan, ukuran elektroda relatif terhadap area yang dilas dapat menjadi tidak sesuai, mengurangi efisiensi transfer panas dan tekanan yang diperlukan untuk sambungan yang kuat. Analisis data yang diberikan terkait dengan hasil tegangan pada pengelasan pada berbagai tingkat tegangan arus (1,75 V dan 2,20 V) dan jarak pengelasan (10 mm, 20 mm, dan 30 mm) yaitu :

#### **Pola Perubahan Tegangan:**

Secara umum, terlihat bahwa tegangan hasil pengelasan cenderung meningkat dengan meningkatnya voltase pengelasan.

Jarak pengelasan yang lebih besar cenderung menghasilkan tegangan yang lebih rendah, meskipun tidak selalu linear. Seperti halnya tegangan pada jarak 20 mm dan 30 mm untuk voltase 1,75 V lebih rendah dibandingkan dengan voltase 2,20 V.

#### **Pertimbangan Kualitas Pengelasan:**

Secara teknis, voltase yang lebih tinggi dapat meningkatkan kekuatan pengelasan, tetapi perlu diimbangi dengan pemilihan jarak pengelasan yang sesuai untuk mempertahankan tegangan yang diinginkan. Variasi ini menunjukkan pentingnya mengoptimalkan parameter pengelasan (voltase dan jarak) untuk mendapatkan hasil yang optimal dalam hal kekuatan dan kualitas pengelasan.

Data yang diberikan memberikan informasi yang cukup untuk membandingkan efek voltase dan jarak pengelasan terhadap tegangan hasil. Analisis lebih lanjut dapat dilakukan untuk menentukan pola yang lebih tepat dalam hubungan antara voltase, jarak pengelasan, dan tegangan hasil pengelasan untuk aplikasi yang spesifik.

#### **4. Kesimpulan**

Berdasarkan hasil analisa yang telah dilakukan diperoleh pada tegangan arus yang sama, *tensile load* cenderung menurun seiring dengan peningkatan jarak pengelasan. tegangan arus 1,75 V, *tensile load*

menurun dari 12.838 N (10 mm) menjadi 10.224 N (30 mm). Tegangan arus 2,20 V, *tensile load* menurun dari 14.765 N (10 mm) menjadi 13.507 N (30 mm). Peningkatan tegangan arus dari 1,75 V menjadi 2,20 V, *tensile load* cenderung meningkat pada setiap jarak pengelasan yang sama (10 mm, 20 mm, dan 30 mm).

Nilai *tensile strength* tertinggi sebesar 3835,08 MPa diperoleh pada tegangan arus 2.20 V dan jarak titik pengelasan 10 mm. Semakin jauh titik pengelasan, semakin besar resistansi listriknya, yang menyebabkan distribusi panas dan arus menjadi tidak merata.

#### **Saran**

Agar dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi ketebalan spesimen untuk mengetahui besarnya tegangan dan jarak titik *spot welding* terhadap kekuatan sambungan yang dihasilkan.

Melakukan pengamatan struktur mikro pada nugget pengelasan *spot welding* dapat mengungkapkan informasi penting seperti struktur butir dan potensi kelemahan dalam sambungan las.

#### **Ucapan Terimakasih**

Tim peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Publikasi Ilmiah Universitas Tarumanagara karena telah memberikan dana untuk penelitian ini Priode I Tahun 2024.

#### **Daftar Rujukan**

- [1] Habib, L., Abdelkader, Z., Habib, B., Benallel, B. F., 2016. Experimental study of tensile test in resistance *spot welding* process. *Latin American Journal of Solids and Structures*, 13 (6), pp. 1228-1235.
- [2] Al Amin, M. K., Firiambodo, S. Y., Purwanti, E. P., Widodo, E. W. R., Anggara, D., 2021. Pengelasan pada Stainless Steel dengan Tipe yang Berbeda Menggunakan Resistance *Spot welding* untuk Aplikasi Gerbong Kereta. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16 (3), pp. 359-368.
- [3] Zhang, H., & Senkara, J., 2011. *Resistance welding: fundamentals and applications*. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton. CRC press.
- [4] Muthu, P., 2019. Optimization of the Process Parameters of Resistance Spot welding of AISI 316l Sheets Using Taguchi Method. *Mechanics and Mechanical Engineering*, 23(1), pp. 64-69
- [5] Ghazali, F. A., Manurung, Y. H., Mohamed, M. A., 2014. Multi-response optimization using Taguchi method of resistance spot welding parameters. *Applied Mechanics and Materials*, 660, pp. 120-124.
- [6] Vignesh, K., Elaya Perumal, A., Velmurugan, P., 2017. Optimization of resistance *spot welding* process parameters and microstructural examination for dissimilar welding of AISI 316L austenitic stainless steel and 2205 duplex stainless steel. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 93, pp. 455-465.
- [7] Hayat, F., 2011. Resistance Spot Weldability of Dissimilar Materials: BH 180-AISI304L Steels and BH180IF7123 Steels. *Journal of Material Science and Technology*, 27 (11), pp. 1047-1058.

- [8] Kimchi, M., Phillips, D. H., 2023. *Resistance spot welding: fundamentals and applications for the automotive industry*. 1<sup>st</sup> ed. Switzerland: Springer Cham.
- [9] Nasir, Z., Khan, M. I., 2016. Resistance *spot welding* and optimization techniques used to optimize its process parameters. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 3 (5), pp. 887-893.
- [10] Liu, W., Fan, H., Guo, X., Huang, Z., Han, X., 2016. Mechanical properties of resistance spot welded components of high strength austenitic stainless steel. *Journal of Materials Science & Technology*, 32 (6), pp. 561-565.
- [11] Raut, M., Achwal, V., 2014. Optimization of spot-welding process parameters for maximum tensile strength. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research*, 3 (4), pp. 507-517.
- [12] Lin, H. L., Chou, T., Chou, C. P., 2007. Optimization of resistance *spot welding* process using Taguchi method and a neural network. *Experimental Techniques*, 31 (5), pp. 30-36.
- [13] Wibisono, P. S., 2021. Optimalisasi Paramater Resistance *Spot welding* Untuk Pengelasan Tiga Tumpuk Lembar Baja Spcc. *POROS*, 17 (1), pp. 6-15.
- [14] Lubis, S. Y., Djamil, S., Rosehan, R., Anugrah, H., Raynaldo, K., 2022. Analisis Kekuatan Tarik Sambungan Plat Aluminium Aa 5083 Pada Pada Proses *Spot welding*. *Jurnal Muara Sains, Teknologi, Kedokteran Dan Ilmu Kesehatan*, 6 (2), pp. 241-248.
- [15] Firmansyah, W., Suryanto, H., Solichin, S., 2017. Pengaruh Variasi Waktu Penekanan Pengelasan Titik Terhadap Kekuatan Tarik, Kekerasan, Dan Struktur Mikro Pada Sambungan Dissimilar Baja Tahan Karat Aisi 304 Dengan Baja Karbon Rendah St 41. *Jurnal Teknik Mesin*, 24 (2).
- [16] Lippold, J. C., 2014. *Welding metallurgy and weldability*. John Wiley & Sons.
- [17] Chien, C. S., Kannatey-Asibu Jr, E., 2002. Investigation of monitoring systems for resistance spot welding. *Welding Journal-New York*, 81(9), pp. 195S-199S
- [18] Arumugam, A., Nor, M., 2015). *Spot welding* parameter optimization to improve weld characteristics for dissimilar metals. *International journal of scientific & technology research*, 4(01), pp. 75-80.
- [19] Huitong Pipeline. ASTM A240 S31635 316Ti Stainless steel Plate Stainless steel Sheet.  
Tersedia di : <https://www.htpipe.com/d/files/plate-material-grade/astm-a240.pdf>
- [20] Penn Stainless Products, 2025. Stainless Steel Plate 316 and 316L ASTM A240 [Online]  
Tersedia di : <https://www.pennstainless.com/stainless-steel-plate-316-316l-astm-a240/>