



## The Effect of Weld Current and Weld Time on the Push Test, Nugget and Penetration Depth of Steel Plate SPFC590 with Weld T-Nut M10

Ardhi Alfarizzi Tanjung\*, Budiarto, Surjo Abadi

Prodi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Kristen Indonesia, Jakarta Timur.13650, Indonesia

\*Corresponding author: [tanjung.rizi@gmail.com](mailto:tanjung.rizi@gmail.com)

### Article Processing Dates:

Received 2023-01-21

Accepted 2023-03-27

Available online 2023-06-30

### Keywords:

Spot Welding

Current

SPFC590

Weld T-Nut M10

### Abstract

This study explains the effect of the parameters of current strength and welding time. The welding process uses SPFC590 t1.2 steel plate material and Weld T-Nut M10 with a 50 kVA Dagensha brand spot welding process. The purpose of this research is to analyze the push test, nugget, and depth of penetration against engineering standards from PT HMC (Hyundai Motor Company). Using the factorial experimental design method to convey test layout formulations, understand the best conditions for setting machine parameters, and knowing the performance effect of parameter settings such as push tests, nuggets, and depth of penetration spot welding. The results of the push test between the SPFC590 t1.2 steel plate and Weld T-Nut M10 are the largest 17.7 kN and the smallest 15.4 kN. the test results have passed the results of the 6.5 kN engineering standard. Test results on nuggets the longer the melting occurs the wider the growth of the melt, and after the part is at room temperature the melting zone will become a nugget, for the average nugget test result is 5.6 mm and has passed the standard engineering results. Whereas in the penetration test the longer the welding time the deeper the penetration depth. The results showed that the parameters of current strength and welding time can affect the results of the size of the nugget and the depth of penetration of spot welding, but can reduce the strength of the push test. besides that the less the remaining plate that is not affected by penetration the smaller the strength of the push test, and the less depth of penetration. The smaller the strength of the push test and the higher the current strength and welding time, the larger the nugget size obtained.

## 1. Pendahuluan

Saat ini perkembangan industri manufacturing berkembang pesat dalam jangka 100 tahun sudah banyak perkembangan dan efisiensi dalam produksi manufacturing, terutama untuk prosesnya pembuatan body mobil banyak menggunakan sambungan plat, sambungan plat ini biasanya menggunakan las titik (*Spot Welding*). Dengan menggunakan las titik ini pemasangan plat akan lebih efisien. Pengelasan titik atau biasa disebut dengan Spot Welding sendiri adalah salah satu jenis pengelasan dengan menggunakan hambatan listrik, yang mana dua atau lebih lembaran logam letakan pada dua elektroda. Mekanisme dari penggunaan spot titik atau spot welding ini adalah dengan cara melewatkan arus yang kuat melalui elektroda tembaga, hal ini menyebabkan titik diantara plat logam dibawah elektroda yang saling bersentuhan memanas karena hambatan listrik hingga mencapai suhu pengelasan, dan kedua plat tersebut menyatu satu sama lain. Tahanan kontak pada batas permukaan antara kedua lembaran logam merupakan tahanan yang paling besar, dan disinilah las mulai terbentuk [1].

Dalam melakukan las titik (*spot welding*) banyak sekali faktor-faktor yang dapat mempengaruhi kualitas produk yang dihasilkan, diantaranya adalah *Weld Current*, *Squeeze Time*, *Welding Force*, *Welding time*, *Hold Time*, Resistansi Kontak, dan Permukaan Kontak Elektroda tekanan pada

saat pengelasan berlangsung, jenis spesimen yang akan dilas, dan kondisi mesin itu sendiri. Seperti dijelaskan dalam referensi [1]. Pengaruh Variasi *Welding Time* pada Permukaan Lembaran Baja Tahan Karat SUS 304 yang Mengalami Pengelasan Resistansi Titik, hasil penelitian ini waktu pengelasan (*welding Time*) yang semakin tinggi dapat berpengaruh pada diameter *nugget* las dan tegangan putus. Sedangkan menurut penelitian dalam referensi [2]. Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu Pengelasan Pada Proses *Spot welding* Terhadap Kekuatan Tarik Dari Plat Mild Steel Tebal 1 Milimeter, hasil penelitian menunjukkan variasi kuat arus (*Ampere*) semakin besar terhadap besaran waktu pengelasan (*Welding Time*) dapat berpengaruh terhadap besarnya tegangan putus

Sebelumnya sudah dilakukan penelitian tentang pengaruh kuat arus dan waktu pengelasan spot welding seperti yang dilakukan oleh peneliti Hayat. F, dkk pada tahun 2013, pada penelitian tersebut menunjukkan bahwa pembebanan tegangan tarik daya dukung dan kekerasan zona yang terkena lasan dan panas meningkat seiring dengan meningkatnya waktu pengelasan dan arus pengelasan. Diameter *nugget* las bertambah dengan meningkatnya waktu pengelasan atau/dan arus las, sehingga daya dukung beban geser tarik dan kekuatan tarik meningkat.

Tujuan dari penelitian ini untuk mencari nilai dari kuat tekan (*push test*), diameter *nugget*, dan kedalaman penetrasi

dengan menggunakan parameter yang di ubah kuat arus (*Current*) dan waktu pengelasan (*Weld Time*) terhadap material plat baja *SPFC590 t1.2* dan *Weld t-nut M10*.

## 2. Metodologi Penelitian

Metode eksperimen yang dipakai dalam penelitian ini adalah metode eksperimen faktorial. Metode eksperimen faktorial adalah salah satu metode yang banyak dipakai dalam eksperimen yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses dalam waktu yang bersamaan. Metode ini digunakan untuk memberikan formulasi layout pengujian, mengetahui kondisi optimal dari penyetingan parameter, dan mengetahui pengaruh performansi dari penyetingan parameter seperti kekuatan sambungan material, besarnya nugget, dan kedalaman penetrasi las.

Eksperimen ini menggunakan tiga level untuk setiap faktor, dengan mengambil asumsi yaitu setiap level mewakili kondisi low (-1), Medium (0), dan high (+1). Nilai setiap faktor didasarkan pada percobaan dan kondisi mesin di area produksi.

Tabel 1. Faktor parameter dan level penelitian

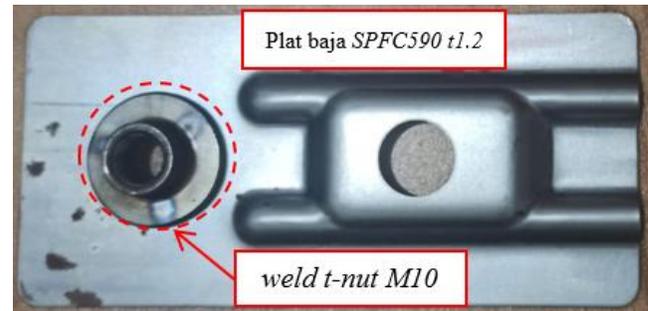
No	Parameter	Level Faktor		
		Low	Medium	High
1	Kuat arus ( <i>current</i> )	14	15	16
2	Waktu Pengelasan ( <i>Welding Time</i> )	8	10	12

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan 9 sampel kombinasi yang di uji menggunakan material *SPFC590 t1.2* dan *Weld t-nut M10* untuk melihat parameter dari kuat arus (*Current*) serta waktu pengelasan (*Welding Time*). Dari pengujian ini, peneliti mendapatkan hasil seperti yang tertera pada Tabel 2.

Tabel 2. Kombinasi Percobaan

Sample	Parameter	
	Kuat Arus ( <i>Current</i> )	Waktu Pengelasan ( <i>Welding Time</i> )
A1	14	8
A2	14	10
A3	14	12
B1	15	8
B2	15	10
B3	15	12
C1	16	8
C2	16	10
C3	16	12

Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah plat baja *SPFC590 t1.2* dan *Weld t-nut M10* seperti pada Gambar 1



Gambar 1. Plat Baja *SPFC590 t1.2* dan *Weld nutM10*.

Alat penelitian dan alat pengukuran yang menunjang penelitian ini adalah :

- Mesin Spot Welding Dengensha 50 Kva.
- Mesin potong material.
- Alat ukur Push Test.
- Caliper Digital.
- Microscope Digital 230-500 mikron.

### 2.1 Variabel Penelitian

Variabel adalah perilaku atau karakteristik yang memberikan nilai beda terhadap sesuatu. Dalam penelitian ini dibagi menjadi 3 variabel antara lain

- Variabel bebas adalah variabel yang mempengaruhi disebut variabel penyebab, variabel bebas atau independent variabel. Variabel bebas dalam penelitian ini yaitu kuat arus (*Ampere*) dan waktu pengelasan (*Welding Time*).
- Variabel kontrol adalah variabel yang besarnya dikendalikan selama penelitian. Variabel parameter yang terkontrol dapat dilihat di tabel 3.

Tabel 3. Variabel kontrol parameter spot welding.

No	Parameter Setting	Satuan	Variabel Kontrol
1	Squeeze Time	CYCLE	20
2	Hold Time	CYCLE	5
3	Off Time	CYCLE	0
4	Up Slope	CYCLE	2
5	Down Slope	CYCLE	0
6	Tekanan Angin	MPa	4
7	Tekanan Air	BAR	0.4

- Variabel terikat adalah variabel yang besar nilainya tergantung oleh variabel bebas. variabel terikat pada penelitian ini adalah nilai hasil pengukuran yang meliputi hasil uji tekan (*push test*), pengukuran *nugget* las, dan kedalaman penetrasi (*penetration depth*).

### 3. Hasil Dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Uji Tekan (*Push Test*)

Pengujian kuat tekan (*push test*) dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan kekuatan aksial pada saat batas kuat tekan maksimum didapatkan. Pada penelitian ini, standar uji tekan (*push test*) yang peneliti gunakan beracuan dari engineering standar PT HMC yang mana diketahui bahwa standar uji tekan (*push test*) yang digunakan adalah 650 kgf dan dikonversikan ke kN menjadi 6.37 kN. Untuk data standar pengujian tekan dapat dilihat pada tabel 4.

Tabel 4. engineering standar kuat tekan nut & plat.

(Unit: kgf)

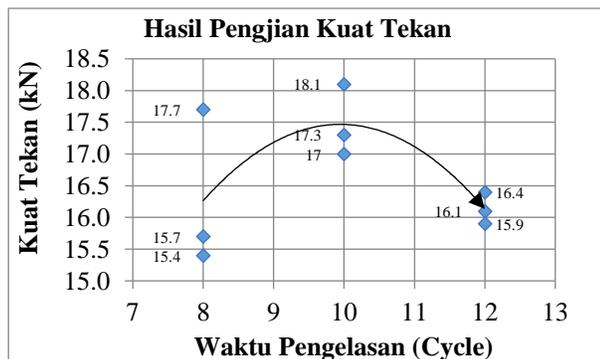
Nut Size	Type T						
	M4	M5	M6	M8	M10	M12	M14
0.6<t≤0,7	330	350	370	370	370	370	370
0.7<t≤0,8	350	390	430	430	450	450	450
0.8<t≤1,2	460	480	500	650	650	650	650
1.2<t≤1,3	460	580	500	700	750	750	750
1.3<t≤3,2	460	480	500	700	900	900	900
3.2<t≤6,0	460	480	500	700	1350	1350	1350

(sumber : Standard engineering PT. HMC *welding quality of weld nuts and weld bolts*)

Pada uji tekan, digunakan 9 sampel kombinasi yang di uji menggunakan material *SPFC590 t1.2* dan *Weld t-nut M10* seperti pada Tabel 5

Tabel 5. Hasil uji kuat tekan.

No	Sample	Kuat Tekan (kN)
1	A1	15,4
2	A2	17,3
3	A3	16,1
4	B1	17,7
5	B2	18,1
6	B3	15,9
7	C1	15,7
8	C2	17
9	C3	16,4



Gambar 2. Grafik hasil pengujian Kuat Tekan

Dari grafik pada gambar 5 menunjukkan pada waktu pengelasan cycle ke-10 mengalami titik puncak dan setelah itu mengalami penurunan, hal ini sesuai dengan penelitian dalam refrensi [3] semakin lama waktu pengelasan setelah melewati waktu optimal pengelasan, semakin dalam juga lelehan yang terjadi di antara 2 material yang dilakukan proses pengelasan *spot welding* dan itu menyebabkan kekuatan material akan berkurang karena di daerah yang terkena panas pengelasan (*HAZ*) struktur material nya akan berubah menjadi getas dan tidak kuat menahan beban tegangan kuat tarik yang besar. Dalam refrensi [4] material yang berubah menjadi getas ini disebabkan karna semakin lama waktu pengelasan (*weld time*) maka struktur mikro daerah *HAZ* mengalami perubahan bentuk butir. Hal ini terjadi karena adanya masukan panas pada saat siklus pengelasan berlangsung, daerah ini mengalami rekristalisasi sehingga terbentuk butir kristal yang lebih besar dan kasar yang mengakibatkan penggetasan pada daerah *HAZ*.

#### 3.2 Hasil Uji Kedalaman Penetrasi

Uji kedalaman penetrasi yang peneliti lakukan adalah dengan cara mengukur kedalaman penetrasi las dengan tujuan untuk melihat kualitas dan kekuatan las secara dipantau dengan mikroskop sebagai alat pengukurannya. Untuk standar kedalaman penetrasi (*depth penetration*) dari engineering standar PT HMC adalah minimal 35% dari tebal plat dan maksimal 90% dari tebal plat. Untuk formulanya dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Formula standar kedalaman penetrasi.

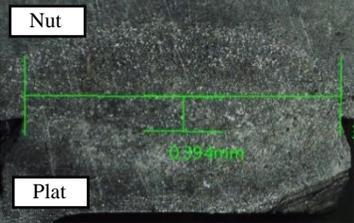
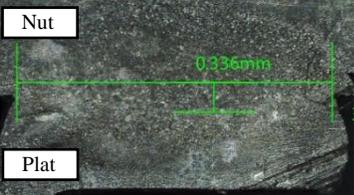
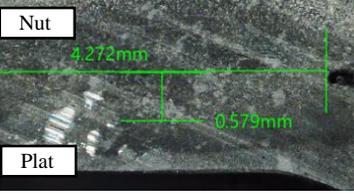
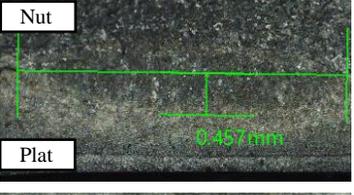
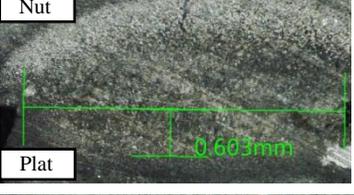
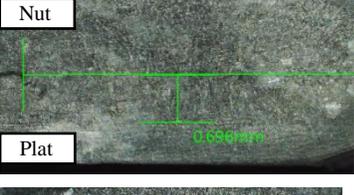
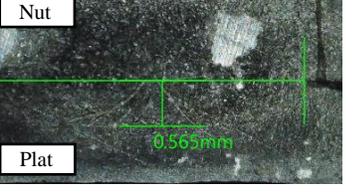
Tebal	$35\% \times t < P$	$P < 90\% \times t$
1.2 mm	$P_1 \approx 35\% \times 1,2 = 0,42 \text{ mm}$	$P_2 \approx 90\% \times 1,2 = 1.08 \text{ mm}$

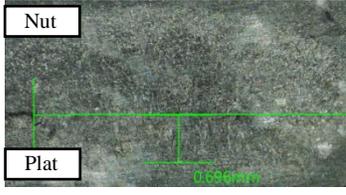
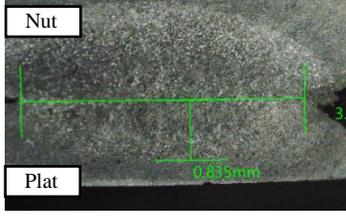
(sumber : Standard engineering PT. HMC *Spot Welding*)

Tabel 7. Hasil pengukuran kedalaman penetrasi.

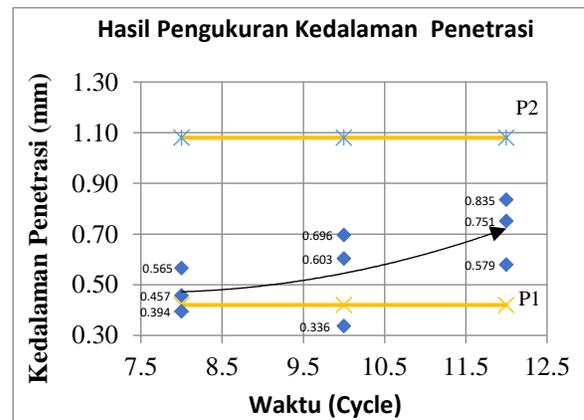
No	Sample	Kedalaman Penetrasi (mm)
1	A1	0,394
2	A2	0,336
3	A3	0,579
4	B1	0,457
5	B2	0,603
6	B3	0,751
7	C1	0,565
8	C2	0,696
9	C3	0,835

**Tabel 8.** Gambar hasil pengukuran kedalaman penetrasi oleh mikroskop 200x.

No	Sample	Result Depth Penetration
1	A1	 <p>Weld time : 8 cycle Current : 14 kVA</p>
2	A2	 <p>Weld time : 10 cycle Current : 14 kVA</p>
3	A3	 <p>Weld time : 12 cycle Current : 14 kVA</p>
4	B1	 <p>Weld time : 8 cycle Current : 15 kVA</p>
5	B2	 <p>Weld time : 10 cycle Current : 14 kVA</p>
6	B3	 <p>Weld time : 12 cycle Current : 15 kVA</p>
7	C1	 <p>Weld time : 8 cycle Current : 16 kVA</p>
8	C2	<p>Weld time : 10 cycle</p>

9	C3	 <p>Current : 16 kVA</p>
		 <p>Weld time : 12 cycle Current : 16 kVA</p>

Tabel 7 & tabel 8 diatas menunjukkan hasil pengukuran kedalaman penetrasi dari plat baja *SPFC590 t1.2* dan *Weld t-nut M10*. Untuk kedalaman penetrasinya peneliti mengambil kedalaman penetrasi dari plat baja, dikarenakan plat baja memiliki tebal yang lebih kecil dibandingkan tebal nut dan ini mempengaruhi pengukuran besarnya diameter nugget. Hal ini disebabkan semakin besarnya kuat arus dan lamanya waktu pengelasan menyebabkan lelehan antara 2 plat semakin dalam dan semakin melebar, hal itu menyebabkan kedalaman penetrasi dan besarnya nugget berkesinambungan.



**Gambar 3.** Grafik hasil pengukuran kedalaman penetrasi

Dari grafik pada gambar 3 menunjukkan hasil kedalaman penetrasi menunjukkan hasil kenaikan mengikuti lamanya waktu pengelasan (*weld time*). Dari 9 sample yang dilakukan pengukuran kedalaman penetrasi sample A1 dan A2 berada dibawah standar. Menurut penelitian dalam refrensi [5] terlihat bahwa semakin tinggi panas yang ada maka menyebabkan pencairan (pelunakan) logam yang semakin besar, sehingga pada akhirnya menyebabkan terjadinya penurunan kekerasan. Sebaliknya dengan panas yang semakin besar menyebabkan kedalaman penetrasi menjadi semakin dalam akibat terjadi pelunakan dari logam induk, daerah HAZ. Menurunnya kekerasan tersebut dapat disebabkan oleh adanya pelunakan (annealing) akibat panas

yang semakin besar tanpa dilakukan pengerasan ulang pada daerah sambungan las antara 2 plat.

### 3.3 Hasil Nugget

Pengukuran *nugget* dilakukan untuk melihat penyimpangan dalam proses pengelasan dan menentukan kekuatan las itu sendiri. Untuk standar uji tekan (*push test*) dari engineering standar PT HMC adalah  $\geq 2.0$  mm. Untuk data standar pengujian *nugget* dapat dilihat pada gambar .

**Tabel 9.** Tabel engineering standar nugget nut & plat.

(Unit : mm)

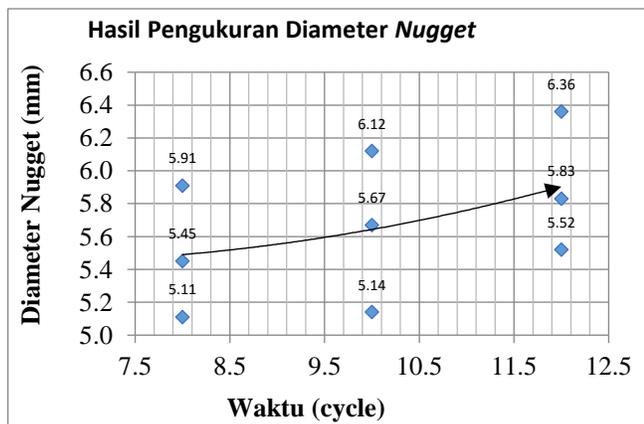
Nut Size	M5	M6	M8
$0,6 \leq t \leq 1,2$	2.0 more	2.0 more	2.0 more
$1.2 < t \leq 2,0$	2.5 more	2.5 more	2.5 more
$2.0 < t \leq 2,3$	2.5 more	2.5 more	3.0 more
$2.3 < t \leq 3,2$	3.0 more	3.0 more	3.5 more
$3.2 < t \leq 4,0$	3.0 more	3.5 more	3.5 more
$4.0 < t \leq 5,0$	3.5 more	3.5 more	4.0 more
$4.0 < t \leq 6,0$	3.5 more	4.0 more	4.0 more

(sumber : Standard engineering PT. HMC *welding quality of weld nuts and weld bolts*)

**Tabel 10.** Hasil pengukuran nugget.

No	Sample	Nugget (kN)
1	A1	5,11
2	A2	5,14
3	A3	5,52
4	B1	5,45
5	B2	5,74
6	B3	6,03
7	C1	5,91
8	C2	6,12
9	C3	6,36

Tabel 10 menunjukkan hasil pengujian kuat tekan dari 9 kombinasi percobaan.



**Gambar 4.** Grafik hasil pengukuran nugget.

Dari grafik pada gambar 4 menunjukkan hasil kenaikan *nugget* mengikuti lamanya waktu pengelasan (*weld time*). Besarnya kuat arus (*current*) juga mempengaruhi besarnya *nugget*. Menurut penelitian dalam refrensi [1] yang membahas waktu pengelasan (*weld time*) dan kuat arus (*current*), dikatakan bahwa meningkatnya waktu pengelasan dan kuat arus yang diberikan dimensi diameter *nugget* juga akan meningkat. Kondisi meningkatnya dimensi diameter *nugget* dipengaruhi oleh meningkatnya masukan panas yang dibangkitkan. Meningkatnya panas dalam lamanya waktu pengelasan tersebut akan menyebabkan lelehan antar 2 plat menjadi semakin melebar selaras dengan pertumbuhan lelehan tersebut, dan setelah proses tersebut dingin atau di suhu ruangan, zona lelehan tersebut akan menjadi *nugget*.

### 4. Kesimpulan

Dari 9 sample percobaan variabel dalam waktu pengelasan dapat mempengaruhi hasil besarnya *Nugget* dan dalamnya penetrasi pengelasan *Spot Welding*, akan tetapi dapat menurunkan kekuatan *push test*. Besarnya kekuatan tekan setelah mengalami fase puncak makan besarnya akan menurun. Dari 9 sample percobaan variabel kekuatan arus, semakin tinggi semakin besar pula ukuran *nugget* yang diperoleh. Dari 9 hasil percobaan dengan variabel kekuatan arus dan waktu pengelasan semua sample sudah sesuai dengan standar engineering, kecuali sample A1 dan A2 dalam pengujian kedalaman penetrasi karena hasil yang di dapat masih dalam ukuran standar (belum menembus batas minimal standar kedalaman penetrasi).

### Referensi

- [1]. D. Prastya, M. Mustafa, and S. Sutrisno, "Pengaruh Variasi Welding Time pada Permukaan Lembaran Baja Tahan Karat SUS 304 yang Mengalami Pengelasan Resistansi Titik," *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 403–408, 2019.
- [2]. Suwanto, Suparno, and A. Ashwin, "Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu Pengelasan Pada Proses Spotwelding Terhadap Kekuatan Tarik Dari Plat Mild Steel Tebal 1 Milimeter," *Seminar Nasional Inovasi dan Aplikasi Teknologi di Industri 2019*, vol. 5, no 4 pp. 276–284, 2019.
- [3]. A. Fikri, K. Setiyadi, and Mohammad Mujirudin, "Pengaruh Kuat Arus Pengelasan Gmaw Terhadap Kedalaman Penetrasi Dan Kekerasan Baja St-37 Pada Daerah Heat Affected Zone," *Jurnal Konversi dan Manufacturing*, vol. 7, no. 2, pp. 116–122, 2022.
- [4]. S. Muddin, "Pengaruh Hasil Pengelasan Terhadap Kekuatan Dan Kekerasan," *ILTEK Journal Teknology*, vol. 11, no. 02, pp. 1658–1663, 2016.

- [5]. S. Wahyu Firmansyah, Heru Suryanto, “Pengaruh Variasi Waktu Penekanan Pengelasan Titik Mikro Pada Sambungan Dissimilar Baja Tahan Karat Aisi 304 Dengan Baja Karbon Rendah St 41,” *Jurnal Teknik Mesin*, no. 2, pp. 2–9, 2016.
- [6]. L. Habib, R. S. Ahmed, B. Habib, and M. Guagliano, “Experimental Study of Spot Weld Parameters in Resistance Spot Welding Process,” *Mechanics and Mechanical Engineering* vol. 22, no. 1, pp. 179–186, 2018.
- [7]. R. Rasyid and N. S. Drastiawati, “Pengaruh waktu pengelasan titik terhadap kekerasan, kekuatan geser, dan diameter nugget pada baja SPCEEN 1,6 mm,” *Otopro*, vol. 16, no. 1, p. 1 - 6, 2020.
- [8]. R. Kartikasari, “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 ST41,” *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 24, no. 2, pp. 1 – 8, 2016.
- [9]. A. E. Purkuncoro and A. Taufik, “Analisa Pengaruh Variasi Pressing Welding Time Terhadap Karakteristik Sifat Mekanik Dan Sifat Fisis Pada Proses Resistance *Spot Welding* (*Rsw*) Material Plat Galvanis,” *Jurnal Flywheel*, vol. 11, no. 1, pp. 27–32, 2020.
- [10]. M. Nufal Akbar, Djoko Andrijono, “Variasi media pendinginan terhadap kekerasan material logam hasil tempa tempa panas pandai besi,” *Journal of TRANSMISI Universitas Merdeka Malang*, vol. 13, no. 1, pp. 145–156, 2017.
- [11]. F. A. Ghazali, Y. H. P. Manurung, and M. A. Mohamed, “Multi-response optimization using Taguchi method of resistance spot welding parameters,” *Appl. Mech. Mater.*, vol. 660, no. 02, pp. 120–124, 2013.
- [12]. R. kartikasari, Mustakim, and F. Frandika, "Microstructure and Mechanical Properties of Dissimilar Joint of Cold Rolled Steel Sheets 1.8 SPCC-SD and Nut weld M6 by Spot Welding," *Proceeding the 1<sup>st</sup> IBSC*, vol.1, no. 1, pp. 62-64, 2017.
- [13]. N. Charde and R. Rajkumar, “Investigating spot weld growth on 304 austenitic stainless steel (2 mm) sheets,” *Journal Engineering Science and Technology*, vol. 8, no. 1, pp. 69–76, 2013.
- [14]. H. Kasano, “Electrode dressing makes a better spot welding,” in *AWS Detroit section’s metal welding conference XIV*, 2010, pp. 26-32.
- [15]. F. Hayat, B. Demir, M. Acarer, and S. Aslanlar, “Effect of weld time and weld current on the mechanical properties of resistance spot welded IF (din en 10130-1999) steel,” *Kovove Materialy.*, vol. 47, no. 1, pp. 11–17, 2013.