

# PENGARUH ARUS DAN WAKTU PADA *MICRO RESISTANCE SPOT WELDING* TERHADAP BAJA AISI 304 DAN ALUMINIUM PADUAN

Agus Sifa <sup>1)</sup> ✉, Mohamad Adib Ichwan <sup>1)</sup>, Tito Endramawan <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup>Jurusan Teknik Mesin  
Politeknik Negeri Indramayu  
agus.sifa@polindra.ac.id  
mohamadadibichwan10@gmail.com  
Tito@polindra.ac.id

## Abstract

*Welding is often used in industry as a joining technique, one of which is Micro Resistance Spot Welding (MRSW). MRSW was carried out to know the maximum load and shear stress produced on separate worksheets using AISI 304 and aluminum alloys and then connected using a lap joint. This study uses weld current, weld time, and emphasis on the electrodes. In this, welding is done constantly and does not use cooling. The currents used in welding are 140, 280, and 420 A, then varied with the welding time of 24 ms, 34 ms, and 44 ms and combined with a pressure of 1.3 bar. After welding, the welding results are tested using tensile tests and weldability tests. The results of the study were taken with the highest maximum load on a differentiated worksheet. The highest maximum load is generated at the connection of AISI 304 with AISI 304. In contrast to the connection using aluminum alloys, the resulting load will decrease.*

**Keywords:** MRSW, AISI 304, Aluminum Alloys, Tensile Test, Weldability Test.

## 1. PENDAHULUAN

*Micro resistance spot welding (mRSW)* sering sekali digunakan oleh industri elektronika dan kesehatan, salah satunya dimanfaatkan untuk menggabungkan pelat tipis karena pembuatannya yang mudah, penggunaan pada produksi masal dan otomasi <sup>[1]</sup>. Industri elektronika dan kesehatan sering sekali menggunakan produk peralatan atau mesin yang menggunakan bahan baku dari pelat tipis, proses manufaktur pelat tipis secara produksi masal dan otomatis menggunakan proses mRSW <sup>[1]</sup>. Proses penyambungan pelat tipis dengan metode mRSW lebih efisien karena memiliki pembiayaan yang rendah dan dapat diterapkan pada penyambungan yang berbeda material yaitu baja dan aluminium <sup>[2]</sup>. MRSW dapat digunakan dengan arus listrik yang berupa arus searah (DC) atau arus bolak – balik (AC). Mesin las akan mengubah saluran daya menjadi tegangan rendah menjadi arus pengelasan yang tinggi, beberapa aplikasi menggunakan arus bolak-balik (AC) *single phase* yang sama dengan frekuensi saluran daya yang digunakan sebesar 60 Hz <sup>[3]</sup>. Proses pengelasan mRSW dengan mengalirkan arus listrik pada elektroda sehingga hambatan listrik menghasilkan panas pada permukaan benda dan mengakibatkan benda tersebut mencair. Beberapa dari tembaga elektroda berdifusi ke benda pengelasan, kemudian mengubah komposisi kimia dan sifat sambungan pada pengelasan menghasilkan *nugget* pada daerah permukaan <sup>[4]</sup>.

Corresponding Author:

✉ Agus Sifa

Received on: 2021-11-29

Revised on: 2022-12-16

Accepted on: 2023-01-17

Keuntungan mRSW ini memiliki kecepatan yang tinggi dan dapat disesuaikan kebutuhan pada penggunaannya [5].

Proses mRSW memiliki beberapa faktor keberhasilan, dimana perubahan pada suatu logam yang disambungkan mengalami perubahan sehingga kualitas pengelasan dapat terjamin [6]. Persamaan 1, merupakan persamaan panas yang dihasilkan [7].

$$Q = I^2Rt \quad (1)$$

Dengan : Q = Panas yang dihasilkan (*joule*), I = Arus listrik (A), R= Hambatan total ( $\Omega$ ) (ohm) , t = Waktu (detik). Proses mRSW menggunakan dua jenis bahan yang berbeda menimbulkan kesulitan pada pengelasan tersebut, karena adanya perbedaan sifat fisik dan termal dari baja dengan aluminium paduan [8]. Karakteristik hasil yang baik pada pengelasan dengan menggunakan dua jenis bahan dapat diketahui melalui pengaruh parameter terhadap kemampuan pengelasan, dengan studi gaya elektroda yang konstan, arus puncak dan waktu pengelasan konstan [9]. Variasi parameter pengelasan berupa tekanan elektroda dan waktu las berdampak pada kualitas *nugget* dan *Heat Affected Zone (HAZ)* yang berbeda-beda. Parameter mRSW memiliki pengaruh yang cukup besar salah satunya dari arus las tersebut memiliki pengaruh dengan persentase 66,96%, pengaruh waktu pengelasan dengan persentase 17,97 % dan tekanan pada pengelasan memiliki pengaruh 10,10%. Karakteristik dari hasil pengelasan dapat diketahui dengan melakukan pengujian kekerasan, uji tarik, tegangan geser dan kemampuan las [10].

Memperhatikan permasalahan kualitas hasil pengelasan pada proses pengelasan mRSW akibat faktor parameter yang diberikan, maka perlu dilakukan penelitian pada pengaruh arus dan waktu yang diberikan pada proses pengelasan mRSW dengan penggunaan material yang berbeda antara baja AISI 304 dan aluminium paduan. Tujuan pada penelitian ini bagaimana pengaruh arus dan waktu pada proses mRSW terhadap kualitas hasil pengelasan tersebut. Dengan adanya penelitian ini diharapkan dapat mengetahui pengaruh arus dan waktu pada proses mRSW dengan material yang digunakan baja AISI 304 dan aluminium dengan posisi pangkuan *lap joint*.

## 2. METODE DAN BAHAN

### 2.1. Bahan

Bahan yang digunakan dalam studi eksperimental mRSW ini berupa baja AISI 304 dan aluminium paduan. Dimensi spesimen pengelasan yang dibuat mengacu pada pedoman American Welding Society (AWS) [11], dimana dimensi specimen pengelasan dengan panjang 76 mm, lebar 19 mm dan ketebalan 0.2 mm. Komposisi kimia pada baja AISI 304 ditunjukkan pada Tabel 1 [12] dan komposisi kimia pada aluminium paduan ditunjukkan pada Tabel 2 [13].

**Tabel 1.** Properti mekanik baja AISI 304

Densitas(g/cm <sup>3</sup> )	Modulus Elastisitas (GPa)	Konduktifitas Panas(W/m.K)	Kekuatan Tarik (Mpa)
8	193	16.2	540-750

**Tabel 2.** Properti mekanik aluminium paduan

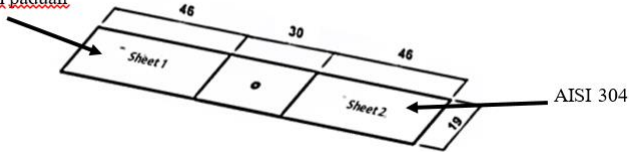
Densitas(g/cm <sup>3</sup> )	Modulus Elastisitas (GPa)	Konduktifitas Panas(W/m.K)	Kekuatan Tarik (Mpa)
2.66	80	127	230-330

Elektroda yang digunakan pada pengelasan menggunakan bahan tembaga (Cu) dengan memiliki diameter tip 2 mm.

## 2.2. Metode Eksperimental

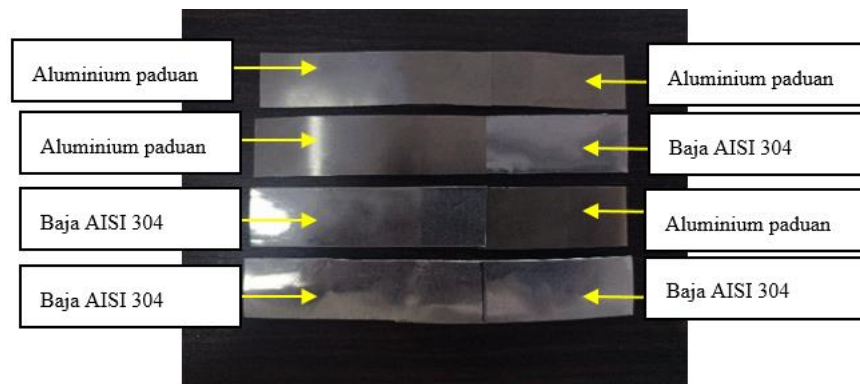
Material yang telah dipotong sesuai dimensi kemudian di gabungkan menggunakan sambungan lap joint yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Aluminium paduan

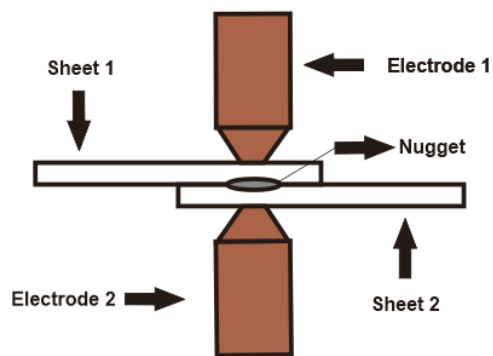


**Gambar 1.** Workpiece (mm)

Desain sampel pengujian berupa lap joint dengan pangkuan material sejenis dan tidak sejenis yang ditunjukkan pada Gambar 2, kemudian di lakukan proses pengelasan menggunakan kombinasi parameter arus pengelasan, waktu pengelasan, dan penekanan pada elektroda. Arus yang digunakan pada saat pengelasan yaitu 140, 280, dan 420 A dengan waktu pengelasan yang digunakan 24, 34, dan 44 ms, dengan penekanan pada elektroda 1,5 bar (konstan). Saat proses pengelasan dilakukan secara konstan dan tidak menggunakan pendinginan. Skema pada proses pengelasan dapat ditunjukkan pada Gambar 3 dan kombinasi parameter yang digunakan ditunjukkan pada Tabel 3.



**Gambar 2.** Sambungan worksheet pada material yang berbeda



**Gambar 3.** Proses micro resistance spot welding

**Tabel 3:** Kode pada spesimen yang dihasilkan dari parameter

Kode Spesimen	Tekanan (bar)	Arus (A)	Waktu (micro detik)
SS-C140-T24	01.05	140	24
AA-C140-T24	01.05	140	24
SA-C140-T24	01.05	140	24
AS-C140-T24	01.05	140	24
SS-C280-T24	01.05	280	24
AA-C280-T24	01.05	280	24
SA-C280-T24	01.05	280	24
AS-C280-T24	01.05	280	24
SS-C420-T24	01.05	420	24
AA-C280-T24	01.05	420	24
SA-C280-T24	01.05	420	24
AS-C280-T24	01.05	420	24
SS-C140-T34	01.05	140	34
AA-C140-T34	01.05	140	34
SA-C140-T34	01.05	140	34
AS-C140-T34	01.05	140	34
SS-C280-T34	01.05	280	34
AA-C280-T34	01.05	280	34
SA-C280-T34	01.05	280	34
AS-C280-T34	01.05	280	34
SS-C420-T34	01.05	420	34
AA-C420-T34	01.05	420	34
SA-C420-T34	01.05	420	34
AS-C420-T34	01.05	420	34
SS-C140-T44	01.05	140	44
AA-C140-T44	01.05	140	44
SA-C140-T44	01.05	140	44
AS-C140-T44	01.05	140	44
SS-C280-T44	01.05	280	44
AA-C280-T44	01.05	280	44
SA-C280-T44	01.05	280	44
AS-C280-T44	01.05	280	44
SS-C420-T44	01.05	420	44
AA-C420-T44	01.05	420	44
SA-C420-T44	01.05	420	44
AS-C420-T44	01.05	420	44

### 2.3. Weldability

Pembuatan spesimen untuk pengujian kemampuan las dilakukan setelah pengelasan selesai, selanjutnya hasil pengelasan dimasukkan kedalam cetakan untuk diresin, specimen uji setelah kering kemudian pada bagian *nugget* hasil pengelasan yang tercampur dengan resin dipotong kemudian di haluskan menggunakan kertas abrasif pada bagian *nugget* tersebut <sup>[14]</sup>. Hasil pengelasan dilakukan pengukuran pada luas area *nugget* untuk mengetahui kualitas

kemampuan las. Kemampuan las di ukur dengan menggunakan mikroskop digital *dinolite*. Tabel 4 menunjukkan spesifikasi mikroskop digital *dinolite*.



**Gambar 4.** Pengukuran pada *nugget* menggunakan mikroskop digital

**Tabel 4.** Spesifikasi mikroskop digital

Deskripsi	Spesifikasi
<i>Type</i>	<i>Dinolite AM4515ZT</i>
<i>Magnification Rate</i>	20x – 220x
<i>Resolution</i>	1.3 MP (1280 x 1024)
<i>Sensor</i>	Color CMOS
<i>Save Format</i>	PNG, GIF, JPG

## 2.4. Uji Tarik

Hasil pada pengelasan juga dilakukan pengujian uji tarik dengan menggunakan Mesin UTM (*Universal Testing Machine*). Pengujian Tarik ini dilakukan untuk mengetahui beban maksimal dan tegangan geser yang dihasilkan dari variasi parameter proses pengelasan. Spesifikasi pada mesin Uji Tarik ditunjukkan pada Tabel 5.

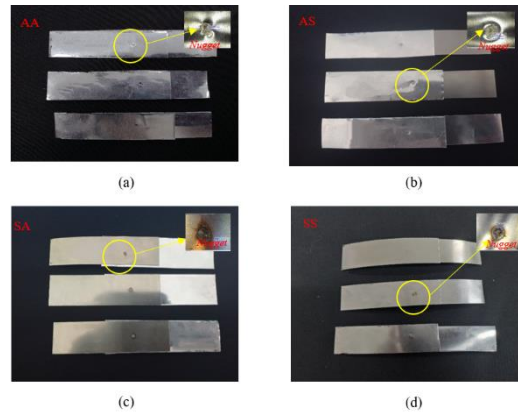
**Tabel 5.** Spesifikasi mesin uji tarik

Deskripsi	Spesifikasi
<i>Type</i>	MT-8503
<i>Voltage</i>	380 V
<i>Capacity</i>	200 KN

## 3. HASIL DAN DISKUSI

### 3.1. Eksperimental

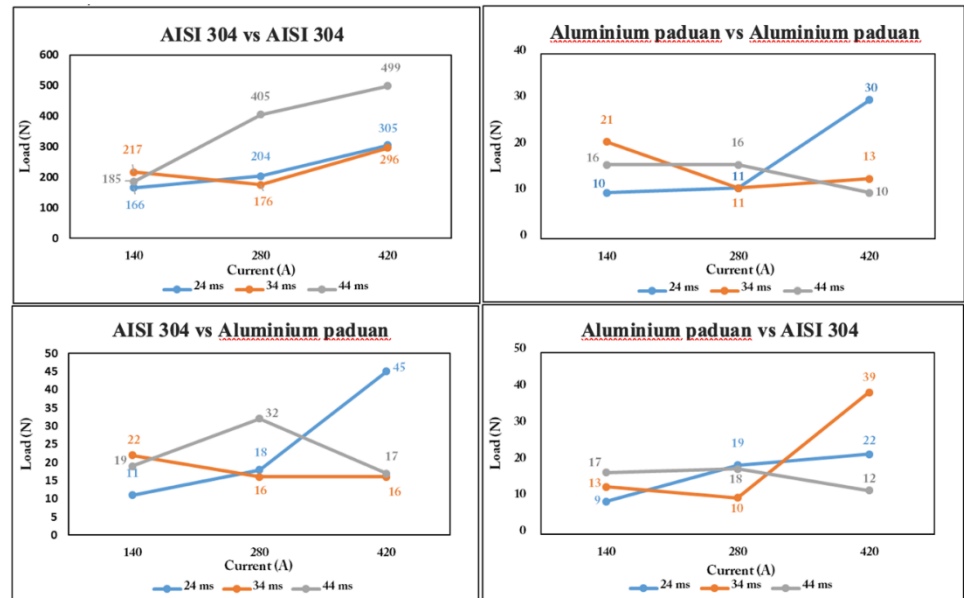
Proses pengelasan yang sudah dilakukan menggunakan beberapa variasi arus dan waktu. Jumlah specimen uji pengelasan mRSW sebanyak 36 specimen. Hasil proses pengelasan dilakukan pengecekan secara visual sebelum dilakukan pengujian rusak seperti uji tarik dan kemampuan las dengan mikroskop digital. Gambar 5 merupakan hasil pada pengelasan menggunakan beberapa parameter.



**Gambar 5.** Beberapa hasil pengelasan (a) material aluminium paduan dan aluminium paduan, (b) material aluminium paduan dan AISI 304, (c) material AISI 304 dan aluminium paduan, dan (d) material AISI 304 dan AISI 304.

### 3.2. Uji Tarik

Semua hasil dari pengelasan dengan menggunakan beberapa variasi dilakukan pengujian tarik untuk mengetahui kekuatan pada hasil pengelasan tersebut. Berdasarkan dari hasil pengujian akan ditunjukkan pada Gambar 6.



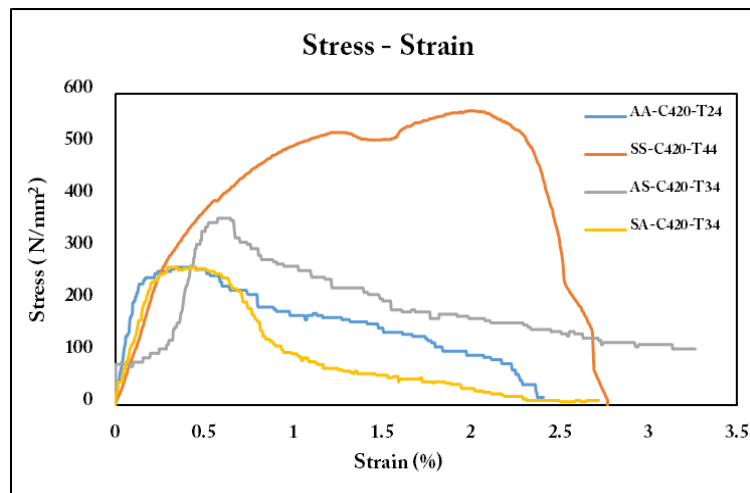
**Gambar 6.** Korelasi antara beban dan arus, (a) material AISI 304 dan AISI 304, (b) material aluminium paduan dan aluminium paduan, (c) material AISI 304 dan aluminium paduan, dan (d) material aluminium paduan dan AISI 304.

Gambar 6 (a) beban yang dihasilkan pada spesimen dengan sambungan material baja AISI 304 dengan baja AISI 304 dengan parameter waktu 44 ms, memiliki beban tertinggi sebesar 499 N pada arus 420 A. Spesimen yang menggunakan sambungan material baja AISI 304 dengan baja AISI 304 ini memiliki kenaikan beban pada arus dan waktu tersebut, namun pada parameter waktu 34 ms pada arus 280 A dengan mengalami penurunan beban sebesar 176 N. Berbeda dengan parameter waktu 24 ms pada arus 420 A memiliki beban 305 N lebih besar dibandingkan dengan parameter waktu 34 ms dengan arus 420 A.

Berdasarkan Gambar 6 (b) grafik hasil beban tertinggi yang dihasilkan pada spesimen dengan sambungan material aluminium paduan dengan aluminium paduan terjadi pada arus 420 A dan waktu 24 ms dengan beban yang dihasilkan 30 N. Beban yang dihasilkan pada hasil spesimen yang menggunakan material aluminium paduan dengan aluminium paduan ini terjadi kenaikan dengan dipengaruhi oleh waktu, pada waktu 24 ms beban ini memiliki kenaikan. Pada parameter waktu 34 ms dan 44 ms beban yang terjadi pada arus yang diberikan 280 A dan 420 A tidak mengalami kenaikan yang signifikan.

Pada Gambar 6 (c) beban yang tertinggi yang dihasilkan pada spesimen dengan sambungan material AISI 304 dengan aluminium paduan pada arus 420 A dan waktu 24 ms dengan beban yang dihasilkan 45 N. Pada parameter waktu yang diberikan dengan arus 280 A dan 420 serta waktu 34 ms dan 44 ms tidak terjadi kenaikan beban yang signifikan. Pada Gambar 6 (d) Beban tertinggi yang dihasilkan pada spesimen dengan sambungan material aluminium paduan dengan AISI 304 pada arus 420 A dan waktu 34 ms dengan beban yang dihasilkan 39 N. Hasil pada grafik spesimen ini hampir sama dengan Gambar 6 (c), namun pada waktu 34 ms dengan arus 420 mengalami kenaikan.

Hasil pada masing-masing yang memiliki beban tertinggi terjadi pada sambungan AISI 304 yang sejenis, dibandingkan dengan spesimen dicampur dengan material aluminium paduan karena pada spesimen yang memiliki sambungan material aluminium paduan pada membutuhkan waktu yang cukup agar area *nugget* menjadi cair <sup>[15]</sup> proses pengelasan pada material aluminium paduan terjadinya oksidasi sehingga pada hasil pengelasan pada area yang terkena oksidasi tersebut memiliki hasil uji tarik lebih rendah sehingga sambungan pada material tersebut tidak memiliki beban yang terlalu tinggi <sup>[15][16]</sup>. Hasil pada masing-masing yang memiliki beban tertinggi memiliki tegangan geser yang ditunjukkan pada Gambar 5.

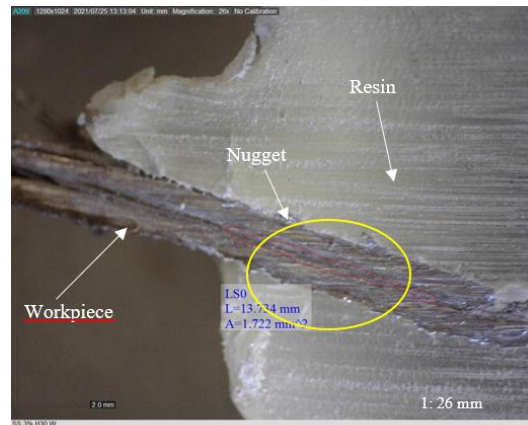


Gambar 7. Tegangan geser terhadap strain yang dihasilkan pada beban yang tertinggi

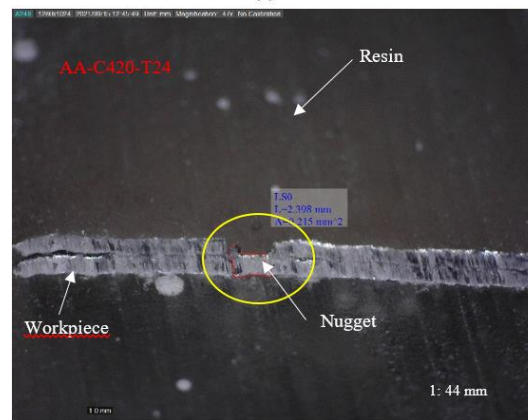
Berdasarkan hasil tegangan geser pada Gambar 7, tegangan geser tertinggi dimiliki pada spesimen yang memiliki sambungan material baja AISI 304 dengan baja AISI 304 memiliki tegangan geser sebesar 562.82 N/mm<sup>2</sup> dan tegangan geser terendah dimiliki pada spesimen yang memiliki sambungan material aluminium paduan dengan aluminium paduan memiliki tegangan geser sebesar 265.06 N/mm<sup>2</sup>, hal ini dampak dari terjadinya oksidasi dari permukaan area aluminium paduan <sup>[17]</sup>. Perbedaan material juga mempengaruhi nilai kekuatan geser dan parameter waktu dan arus dapat mempengaruhi kekuatan tarik pada proses pengelasan <sup>[16][18]</sup>.

### 3.3. Weldability

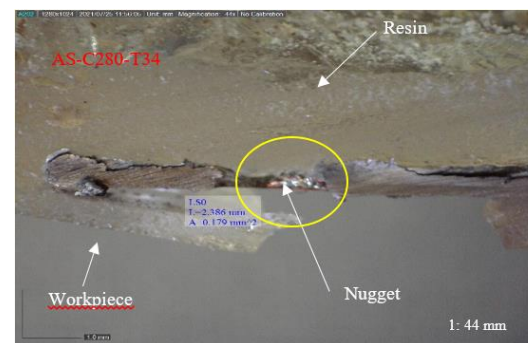
Hasil pada pengelasan dilakukan pengujian weldability untuk mengetahui kualitas dari hasil pengelasan dengan melakukan pengukuran pada luas area *nugget* dengan menggunakan mikroskop digital- *dinolite* . Persiapan pada pengukuran ini harus dipersiapkan dengan baik agar mendapatkan hasil yang presisi. Hasil pada pengukuran ini diambil pada spesimen yang memiliki beban tertinggi pada masing-masing sambungan yang berbeda. Pada perbedaan material yang digunakan panas yang terjadi saat proses pengelasan tergantung besarnya arus yang diberikan dan lamanya tergantung pada material yang memiliki konduktivitas panas yang paling tinggi <sup>[19]</sup>. Potongan pada area *nugget* ditunjukkan pada Gambar 8 dan hasil pengukuran pada area *nugget* ditunjukkan pada Tabel 6.



(a)

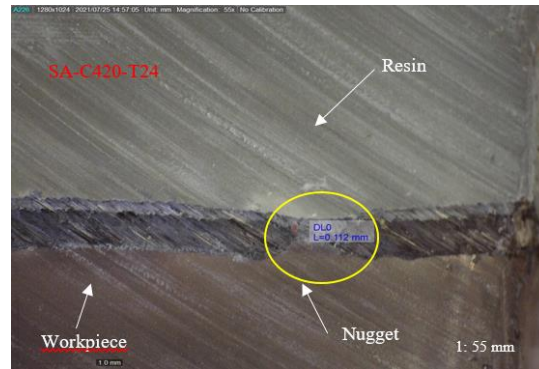


(b)



(c)





(d)

**Gambar 8.** Potongan area pada *nugget*, (a) material AISI 304 dan AISI 304, (b) material aluminium paduan dan aluminium paduan, (c) material AISI 304 dan aluminium paduan, dan (d) material aluminium paduan dan AISI 304.

**Tabel 6.** Pengukuran pada *nugget*

Kode Spesimen	Tekanan (B=bar)	Arus (A)	Waktu (mili detik)	Permukaan Nugget (mm <sup>2</sup> )	Luas nugget (mm <sup>2</sup> )
SS-C420-T44	1.5	420	44	0.451	0.880
AS-C420-T34	1.5	420	34	0.087	0.109
AA-C420-T24	1.5	420	24	0.529	0.215
SA-C420-T24	1.5	420	24	0.119	0.179

Berdasarkan hasil Tabel 6, pengukuran *nugget* diatas pada spesimen SS-C420-T44 pada Gambar 8 (a) menghasilkan luas *nugget* 0.880 mm<sup>2</sup> dengan permukaan *nugget* sebesar 0.451 mm<sup>2</sup> pada variasi arus 420 A dan waktu 24 ms dan spesimen AS-C420-T34 menghasilkan luas area *nugget* yang terkecil sebesar 0.109 mm<sup>2</sup> dengan permukaan *nugget* sebesar 0.087 mm<sup>2</sup>, dampak dari panas yang diberikan pada saat proses pengelasan parameter arus dan waktu, pada kondisi material yang berbeda berdampak pada kedalaman area dan luas *nugget* [19].

#### 4. KESIMPULAN

Hasil dari penelitian mRSW dengan pengaruh pada parameter arus dan waktu yang digunakan pada material AISI 304 dan Aluminium paduan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pada spesimen yang menggunakan material baja AISI 304 dengan baja AISI 304 memiliki tegangan geser yang sebesar 562.82 N/mm<sup>2</sup>, pada arus 420 A dan waktu 44 ms lebih besar dibandingkan dengan spesimen yang memiliki sambungan pada material aluminium paduan.
2. Luas *nugget* yang dihasilkan pada spesimen material AISI 304 dengan AISI 304 lebih besar dibandingkan pada spesimen yang menggunakan sambungan pada material aluminium paduan, karena pada material aluminium paduan terjadi oksidasi dan titik lebur yang rendah sehingga pada hasil pengelasan mudah robek dan memiliki kekuatan yang rendah.

## PERNYATAAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Pusat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat-Politeknik Negeri Indramayu yang telah memberikan dukungan pembiayaan, dan Jurusan Teknik Mesin – Politeknik Negeri Indramayu atas fasilitas yang telah diberikan dalam pelaksanaan penelitian ini.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] KARTIKASARI, R., PERMANA, B., BABARSARI, J., CATURTUNGGAL, N., “Pengaruh Arus dan Waktu *Spot Welding* Terhadap Sifat Mekanik Sambungan Dissimilar AISI1003 dengan AISI 1025”, v. 8, n. 1003, pp. 968–972, 2015.
- [2] HU, S., HASELHUHN, A. S., MA, Y., LI, Y., CARLSON, B. E., LIN, Z., “*Sensitivity of Dissimilar Aluminum to Steel Resistance Spot Welds to Weld Gun Deflection*”, *Journal of Manufacturing Processes*, v. 68, pp. 534–545, 2021.
- [3] ASHWIN, A., “Pengaruh Variasi Kuat Arus dan Waktu Pengelasan pada Proses Spot Welding Terhadap Kekuatan Tarik Dari Plat *Mild Steel* Tebal 1 Milimeter,” pp. 276–284, 2019.
- [4] CHEN, F., GAO, X. P., YUE, X. K., TONG, G. Q., “*Effects of Welding Parameters on Electrode Element Diffusion during Micro-Resistance Spot Welding*,” *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, v. 95, n. 5–8, pp. 1597–1606, 2018.
- [5] ATIRAH, N., YASIN, M., ALISIBRAMULISI, A., SALLEH, Z., GHAZALI, F. A., “*Optimization of Resistance Spot Welding (RSW) Parameters by Using Taguchi Method*”, *Int. J. Innov. Technol. Explor. Eng.*, v. 9, n. 3, pp. 2795–2800, 2020.
- [6] CHAMIM, M., SUDARGO, P. H., “Pengaruh Perbedaan Besar Arus pada Spot Welding Menggunakan GTAW dengan *Material Stainless Steel 304*”, *Teknika*, v. 6, n. 1, pp. 1–7, 2019.
- [7] KARMIADJI, D. W., HUDA, M. K., “Analisis Pengelasan *Spot Welding* Pada Material SPC Dan SCGA Kendaraan MPV,” *Prosiding Seminar Rekayasa Teknologi (SemResTek)*, pp. 665–678, 2018.
- [8] TARMIZI, PRAYOGA, B., “Analisa Sifat Mekanik Dan Struktur Mikro Pada Proses *Friction Stir Welding* Aluminium 5052 *Analysis of Mechanical Properties and Micro Structure in the Process of Friction Stir Welding Aluminum 5052*,” *J. Ris. Ind.*, v. 10, pp. 70–82, 2016.
- [9] BIRADAR, A. K., DABADE, B. M., “*Optimization of Resistance Spot Welding Process Parameters in Dissimilar Joint of MS and ASS 304 Sheets*,” *Materials Today: Proceedings*, v. 26, pp. 1284–1288, 2019.
- [10] VALERA, J., MIGUEL, V., MARTÍNEZ, A., NARANJO, J., CAÑAS, M., “*Optimization of Electrical Parameters in Resistance Spot Welding of Dissimilar Joints of Micro-Alloyed Steels TRIP Sheets*”, *Procedia Manufacturing*, v. 13, pp. 291–298, 2017.
- [11] BASKORO, A. S., MUZAKKI, H., KISWANTO, G., WINARTO, “*Effects of Micro Resistance Spot Welding Parameters on the Quality of Weld Joints on Aluminum Thin Plate AA 1100*,” *International Journal of Technology*, v. 8, n. 7, pp. 1306–1313, 2017.
- [12] ANONIM, *Grade 304 Stainless Steel: Properties, Fabrication and Applications*, <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=2867>. Diakses : Maret 2022.
- [13] ANONIM, *Aluminium / Aluminum 5154 Alloy (UNS A95154)*, <https://www.azom.com/article.aspx?ArticleID=6632>. Diakses : Maret 2022.

- [14] XU, H., XU, M. J., YU, C., LU, H., WEI, X., CHEN, J. M., XU, J. J., "Effect of The Microstructure in Unmixed Zone on Corrosion Behavior of 439 Tube/308L Tube-Sheet Welding Joint", *Journal of Materials Processing Technology*, v. 240, pp. 162–167, 2017.
- [15] BASKORO, A. S., MUZAKKI, H., "The Effect of Welding Time and Welding Currents on Weld Nugget and Tensile Properties of Thin Aluminum A1100 by Micro Resistance Spot Welding", *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, v. 11, n. 2, pp. 1050-1055, 2016.
- [16] MUZAKKI, H., BASKORO, A. S., KISWANTO, G. "Mechanical Properties of The Micro Resistance Spot Welding of Aluminum Alloy to Stainless Steel with a Zinc Interlayer", *Mechanical Engineering*, v.9, n. 04, 2018.
- [17] KIDO, M. I., SUGIARTO, S., DARMADI, D. B., "Perubahan Sifat Mekanik Hasil Pengelasan Gesek Aluminium 6061 Akibat Perubahan Temperatur Lingkungan", *Jurnal Rekayasa Mesin*, v.12, n.1, pp. 95-102, 2021.
- [18] P. MARIMUTHU, TTM.KANNAN MAHADEVAN, "Evaluation of Hardness and Tensile Strength of Micro Spot Welded Joints on Different Material", *International Journal of Applied Engineering Research*, v.10, n. 3, pp. 2412-2414, 2015.
- [19] SAFARI, MEHDI, RICARDO J. ALVES DE SOUSA, AMIR H. RABIEE, VAHID TAHMASBI, "Investigation of Dissimilar Resistance Spot Welding Process of AISI 304 and AISI 1060 Steels with TLBO-ANFIS and Sensitivity Analysis", *Metals* 11, n. 8: 1324, 2021.