

Analisis Temperatur Retreating Side dan Advancing Side Sambungan Las Friction Stir Welding AA 6061 Pada Perbedaan Suhu Awal

Muhammad Hariz Dedy Sayogi¹, Sugiarto², Mega Nur Sasongko³

^{1,2,3} Teknik Mesin, Universitas Brawijaya, E-mail: muhammadharizdedysayogi@gmail.com

Keywords:

*Friction Stir Welding,
T₀, AA 6061,
Weld Characteristics*

Abstract: Aluminum alloy has unique qualities, one of which is widely used in the transportation industry such as aerospace, the automotive industry, and railroads because of its advantages in terms of strength, lightweight, fatigue resistance, and high corrosion resistance. Friction Stir Welding (FSW) is a solution to overcome problems in AA 6061 welding. Due to the metal joining process without melting (solid state process), the possibility of hot cracking such as hydrogen-induced cracking is smaller. Heat in the FSW process is required to raise the temperature of the metal from the initial temperature (T_0) to the solid state temperature. The energy required in the FSW welding process is proportional to the sensible heat of the metal, namely $E = m.C_p. dT$ with $dT = (T_{solid\ state} - T_0)$. In this study, the parameters of the FSW process were set at spindle speed 921 rpm, feed rate 24 mm/min, tool shoulder diameter 12 mm, pin diameter 6 mm, pin depth 5 mm, and plunge depth 0.2 mm. T_0 is varied with Tuang, 50 °C, and 75 °C. The welded joint is a square butt joint. As a result, the higher T_0 with the FSW parameter being kept constant resulted in an increasing peak welding temperature and a faster post-welding cooling rate.

Kata Kunci:

*Friction Stir Welding,
T₀, AA 6061,
Karakteristik Las*

Abstrak: Paduan aluminium memiliki kualitas yang unik salah satunya banyak digunakan dalam industri transportasi seperti dirgantara, industri otomotif dan perkeretaapian karena keunggulannya dari segi kekuatan, ringan, ketahanan lelah, dan ketahanan korosi yang tinggi. *Friction stir welding* (FSW) merupakan solusi untuk mengatasi permasalahan pada pengelasan AA 6061. Karena proses penyambungan logam tanpa pelelehan (proses *solid state*), maka kemungkinan terjadinya hot cracking seperti hydrogen induced cracking lebih kecil. Panas pada proses FSW diperlukan untuk menaikkan temperatur logam dari temperatur awal (T_0) ke temperatur solid state. Energi yang dibutuhkan pada proses pengelasan FSW sebanding dengan kalor sensibel logam, yaitu $E = m.C_p. dT$ dengan $dT = (T_{solid\ state} - T_0)$. Pada penelitian ini, parameter proses FSW ditetapkan pada putaran spindle 921 rpm, feed rate 24 mm/menit, diameter tool shoulder 12 mm, diameter pin 6 mm, kedalaman pin 5 mm dan kedalaman plunge 0,2 mm. T_0 divariasikan dengan T_{ruang} , 50 °C dan 75 °C. Sambungan las adalah sambungan butt persegi. Hasilnya, semakin tinggi T_0 dengan parameter FSW dijaga konstan menghasilkan suhu puncak pengelasan semakin meningkat dan laju pendinginan pasca pengelasan menjadi lebih cepat.

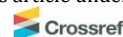
Article History:

Received: 27-03-2023

Online : 05-04-2023

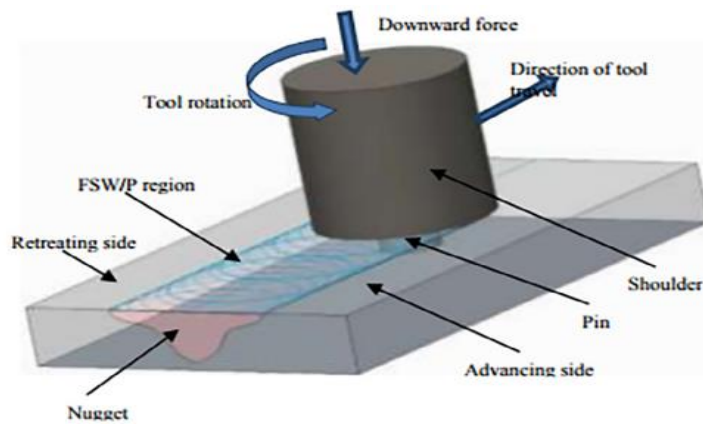


This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



A. LATAR BELAKANG

Friction Stir Welding (FSW) dimasa lalu telah mendapatkan perhatian lebih sebagai proses solid state terutama aluminium, magnesium, dan paduannya yang sekarang diperluas untuk menggabungkan bahan yang relatif lebih keras seperti baja dan tembaga (Yaduwanshi et al., 2014). Kelebihan FSW juga sangat luar biasa termasuk kemungkinan untuk tidak terjadi cacat kemudian tingkat deformasi yang rendah dan kinerja yang unggul, maka dari itu Friction Stir Welding banyak diterapkan dalam industri manufaktur kedirgantaraan. Proses FSW terdiri dari tool yang berputar kemudian masuk kedalam dua lembar plat yang diapit rapat dalam satu garis kemudian terjadi gerak melintang dari tool yang berputar. Selama proses FSW, panas dihasilkan oleh gesekan antara tool dan benda kerja. Plat kemudian menjadi satu kesatuan dari hasil pengadukan dari material yang dilunakkan (Yaduwanshi et al., 2014). Proses FSW digambarkan dalam diagram skematik seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut (Shrivivas et al., 2020).



Gambar 1. Skematik Friction Stir Welding

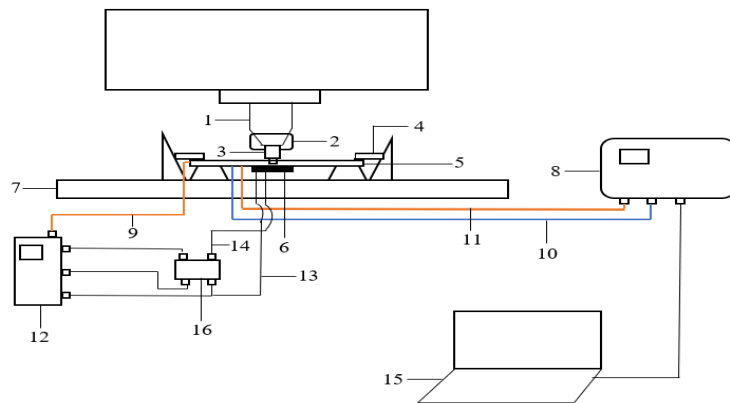
Paduan aluminium memiliki kemampuan las fusi yang rendah karena panas spesifik dan konduktivitas panas yang tinggi dari aluminium membuat sulit untuk memanaskan atau melelehkan hanya sebagian kecil dari area pengelasan. Selain itu, panas dalam pengelasan fusi umumnya tinggi yang dapat menyebabkan deformasi berlebihan pada paduan aluminium dan dapat menyebabkan retak panas dan penggetasan pada area las (Wiryosumarto & Okumura, 2004). Solusi untuk masalah ini adalah metode penyambungan paduan aluminium dalam kondisi padat. *Solid state welding* (SSW) adalah proses pengelasan yang dilakukan di bawah titik leleh material yang akan dilas. Salah satu metode SSW adalah FSW, dengan memanfaatkan panas yang dihasilkan oleh gesekan antara pahat yang berputar dengan benda kerja yang akan disambung. Pada FSW menentukan bahwa kandungan karbon, kecepatan pengelasan, serta kecepatan rotasi, mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro pada sambungan. Parameter pengelasan sangat mempengaruhi sifat mekanik dan struktur mikro (Pratap et al., 2022).

Energi las pada proses FSW digunakan untuk menaikkan suhu logam dari keadaan awal ke suhu keadaan padat (*preheating*). Temperatur leleh aluminium adalah sekitar 660 °C (Surdia, 2000). Energi yang dibutuhkan pada proses pengelasan FSW sebanding dengan kalor sensibel logam, yaitu $E = m.C_p.dT$ dengan $dT = (T_{solid\ State} - T_0)$. Jika T_0 bahan dinaikkan, panas sensibel untuk mengubah bahan padat menjadi benda padat pasti akan berkurang. Jika panas sensibel yang dibutuhkan material untuk menuju keadaan padat berkurang, energi yang dibutuhkan dalam proses FSW juga harus lebih rendah. Namun, jika parameter proses FSW dijaga konstan dan telah mencapai suhu *solid-state* sementara suhu awal material dinaikkan, panas berlebih akan dihasilkan yang akan mengakibatkan pelunakan berlebihan atau bahkan pelelehan logam. Menaikkan temperatur lingkungan di atas temperatur ruang akan mempercepat benda kerja mencapai kondisi *solid-state* (Sugiarto et al., 2021). Panas yang ditimbulkan oleh gesekan dan deformasi plastis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan sambungan las mengalami efek pelunakan termal, yang menyebabkan kekuatan HAZ lebih rendah dari pada logam dasar (Peng et al., 2018).

B. METODE

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah metode (*true experimental*) nyata dan langsung pada objek yang diteliti. Aluminium AA 6061 dengan ketebalan 6 mm disambung dengan menggunakan FSW. Proses FSW menggunakan mesin Milling Machine X6328B dan untuk mengukur suhu pengelasan menggunakan termokopel tipe-K. Suhu diatur menggunakan plat pemanas yang ditempelkan dibagian bawah benda kerja. Bentuk sambungan las adalah sambungan butt persegi.

Parameter proses FSW diatur pada putaran spindle 921 Rpm, feed rate 24 mm/menit, Geometri tool shoulder 12 mm, diameter pin 6 mm, kedalaman pin 5 mm. Temperatur awal (T_0) divariasikan berdasarkan T_{ruang} , 50°C dan 75°C. Instalasi FSW ditunjukkan pada gambar berikut.



Gambar 2. Instalasi Penelitian Friction Stir Welding

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram

Mataram, 05 April 2023

ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023

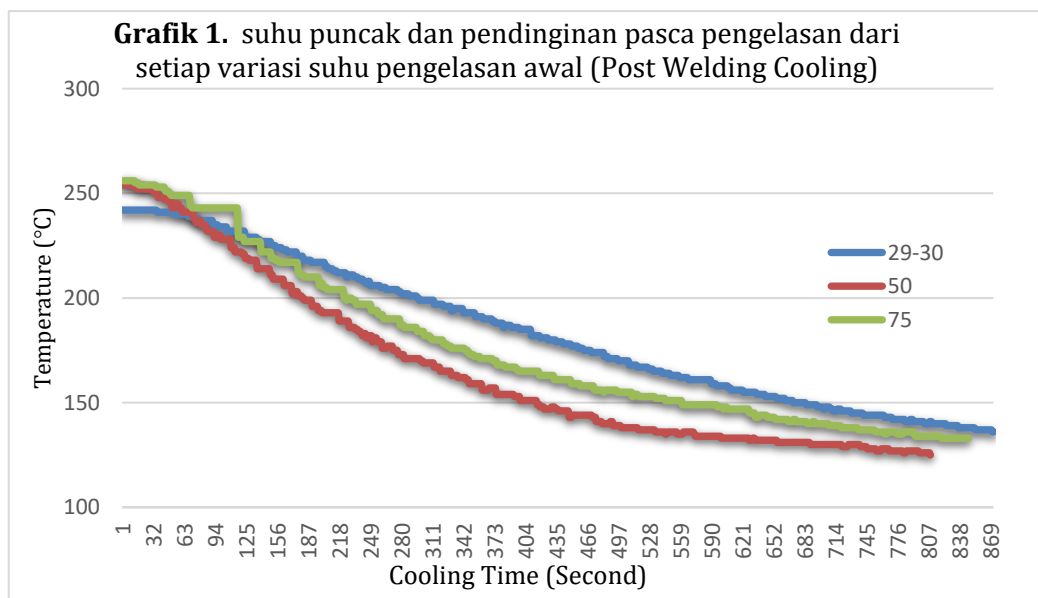
pp. 633-639

Deskripsi:

1. Spindle
2. Tool gripper
3. Welding tool
4. Penjepit
5. Aluminium AA 6061
6. Heater
7. Milling table
8. Data logger
9. Termokopel untuk mengukur suhu pengelasan
10. Termokopel untuk mengukur suhu pengelasan AS
11. Termokopel untuk mengukur suhu pengelasan RS
12. Temperatur controller
13. Kabel heater ke sambungan SSR dan temperatur controller
14. Kabel heater ke sambungan SSR dan temperatur controller
15. Leptop untuk merekam data dari data logger
16. SSR 40A

C. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari gambar 3 diketahui bahwa kenaikan T_0 menyebabkan suhu puncak las meningkat. Pengelasan dengan $T_0 = T_{ruang}$ suhu puncak pengelasan 242 °C. Pengelasan dengan $T_0 = 50$ °C suhu puncak pengelasan 254 °C dan pengelasan dengan $T_0 = 75$ °C suhu puncak pengelasan 256 °C.



Sumber: Diolah oleh peneliti

Jadi semakin tinggi T_0 pengelasan dengan parameter FSW dijaga konstan maka semakin tinggi suhu puncak pengelasan. Hal ini terjadi karena panas dari FSW dipengaruhi oleh gesekan dan tekanan antara pin dan benda kerja (Sugiarto et al., 2023). Dari grafik tersebut juga menunjukkan pendinginan yang semakin curam akibat semakin tinggi suhu puncak pengelasan dan semakin cepat laju pendinginan pasca pengelasan. Perbedaan laju pendinginan pasca pengelasan akan berdampak pada struktur mikro dan sifat mekanik.

Seminar Nasional LPPM UMMAT

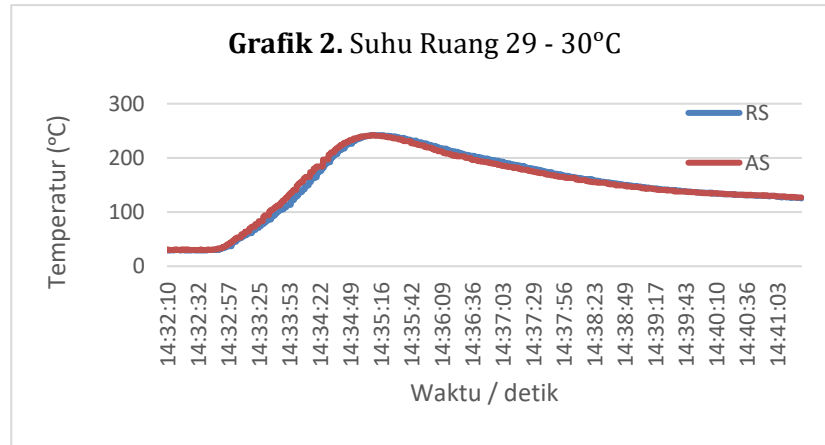
Universitas Muhammadiyah Mataram

Mataram, 05 April 2023

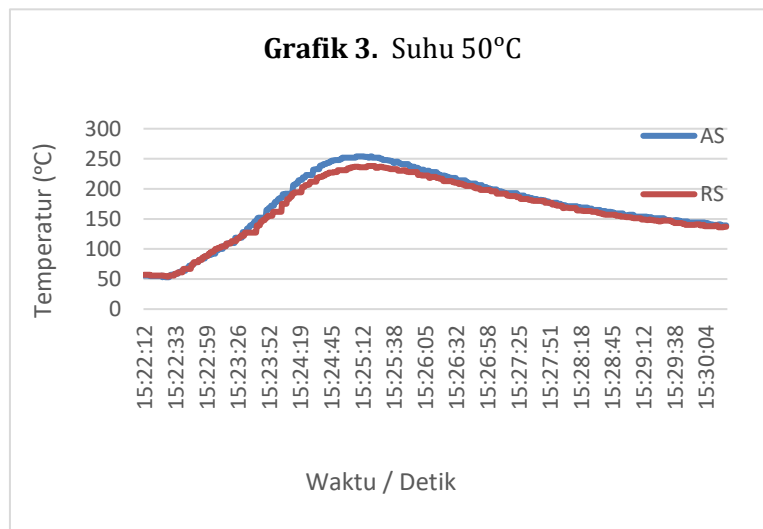
ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023

pp. 633-639

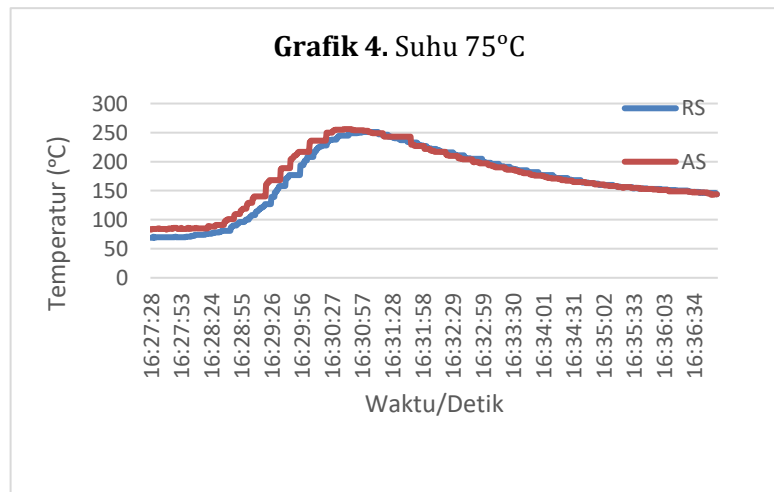
Kemudian pada gambar 4 memperlihatkan T_{ruang} , 50 °C dan 75 °C grafik antara advencing side dan retreating side memiliki perbedaan. Dari tiga garfik tersebut advencing side lebih tinggi dari pada retreating side. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan panas yang dihasilkan pada kedua sisi benda kerja. Panas yang diberikan advencing side lebih besar dari pada retreating side. Dari simulasi menggunakan ANSYS pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa advencing side 5 – 10 K lebih panas dari pada retreating side (Hamilton et al., 2013). Kemudian dari hasil penelitian baru-baru ini dari hasil FSW biasanya retak terjadi di advencing side karena pengasaran butir (Li et al., 2020).



Sumber: Diolah oleh peneliti



Sumber: Diolah oleh peneliti



Sumber: Diolah oleh peneliti

D. SIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil FSW pada aluminium AA 6061 dengan variasi T_0 pengelasan dapat disimpulkan semakin tinggi T_0 pengelasan maka akan menyebabkan suhu puncak pengelasan FSW semakin meningkat dan laju pendinginan pasca pengelasan jadi lebih cepat. Dari tiga grafik tersebut advencing side lebih tinggi dari pada retreating side. Hal ini terjadi karena adanya perbedaan panas yang dihasilkan pada kedua sisi benda kerja. Panas yang diberikan advencing side lebih besar dari pada retreating side.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada dosen pembimbing yakni Dr. Ir. Sugiarto, ST., MT. dan Prof. Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT. yang telah berkontribusi dalam penelitian ini.

REFERENSI

Jurnal

- Hamilton, C., Kopyscianski, M., Senkov, O., & Dymek, S. (2013). A Coupled Thermal/Material Flow Model of Friction Stir Welding Applied to Sc-Modified Aluminium Alloys. *Metallurgical and Materials Transaction A*, 44A(1).
- Li, X., Chen, S., Yuan, T., Jiang, X., & Han, Y. (2020). Improving The Properties of Friction Stir Welded 2219-T87 Aluminum Alloy With GTA Offset Preheating. *Journal of Manufacturing Processes*, 51(December 2019), 10–18. <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2020.01.021>
- Peng, G., Ma, Y., Hu, J., Jiang, W., Huan, Y., Chen, Z., & Zhan, T. (2018). Nanoindentation Hardness Distribution and Strain Field and Fracture Evolution in Dissimilar Friction Stir-Welded AA 6062-AA 5406 Aluminium Alloy Joints. *Adv.Mater. Sci. Eng.*
- Pratap, S., Agrawal, G. K., Nagpal, S., & Kumar, A. (2022). Friction Stir Welding Joint Strength Analysis on Application of Thermally Preheated Aluminium Alloy. *Materials Today: Proceedings*, 50, 986–993. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.07.159>

Seminar Nasional LPPM UMMAT

Universitas Muhammadiyah Mataram
Mataram, 05 April 2023
ISSN 2964-6871 | Volume 2 April 2023
pp. 633-639

- Shrivasa, S. P., Agrawal, G. K., & Nagpal, S. (2020). Strength Analysis of Friction Stir Welding (FSW) Joint Under Minimise Rotation Speed of FSW Tool. *Adv. Mater. Lett*, 12(5).
- Sugiarto, Ma'arif, M., Darmadi, D. B., & Kido, M. I. (2021). Characteristic of Friction Stir Welding Weld Joint of AA 6061 on Elevated Environmental Temperature. *Material Science and Engineering IOP Conf*, 1034(1).
- Sugiarto, Ma'arif, M. S., Purwanto, H., Mahendra, W. J. E., & Oswari, H. (2023). Characteristic Of Friction STIR Welding Weld Joint Of AA 6061 On Initial Temperature. *MM Science Journal*, 6385–6392. <https://doi.org/10.17973/MMSJ.2023>
- Yaduwanshi, D. K., Bag, S., & Pal, S. (2014). Effect of Preheating in Hybrid Friction Stir Welding of Aluminum Alloy. *Journal of Materials Engineering and Performance*. <https://doi.org/10.1007/s11665-014-1170-x>

Buku

- Surdia, T. (2000). *Pengetahuan Bahan Teknik*. PT. Pradnya Paramita.
- Wiryo Sumarto, H., & Okumura, T. (2004). *Teknologi Pengelasan Logam*. PT. Pradnya Paramita.