

## PERBEDAAN HASIL PENGELASAN *MICRO FRICTION STIR WELDING* UNTUK MATERIAL ALUMINIUM 1100 DENGAN VARIASI BENTUK *STEEL TOOL* DAN MATERIAL *STEEL TOOL*

Ristyany Wijayanto<sup>1</sup>, \* Rusnaldy<sup>2</sup>, Paryanto<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro

<sup>2</sup> Dosen Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro  
Jl. Prof. Sudharto, SH., Tembalang-Semarang 50275, Telp. +62247460059

\*E-mail: [ristyany.ian@gmail.com](mailto:ristyany.ian@gmail.com)

### Abstrak

Penelitian ini fokus pada hasil analisa pengelasan *micro friction stir welding* ( $\mu$ FSW) dengan jenis specimen aluminium al 1100 dengan dua jenis material *pin tool* pengelasan dengan jenis H13 dan AISI D2-2379 dengan variasi model *pin tool* yaitu dengan jenis *Tapered cylinder pin steel tool* dan *Stepped cylinder pin steel tool*. Penelitian ini melibatkan pengujian visual, uji tarik, pengamatan struktur mikro dan makro specimen hasil pengelasan *microfriction stir welding*. Pada pengujian melibatkan beberapa parameter penelitian seperti kecepatan putaran spindle pada mesin *microfriction stir welding*, kedalaman penekanan pengelasan (*depth plunge*), jenis material *pin tool*, dan material specimen pengelasan. Setelah semua pengujian dan pengamatan pada hasil pengelasan dilaksanakan, peneliti menghitung digram uji tarik dan memilah komposisi struktur pada hasil pengelasan specimen. Hasil penelitian ini diharapkan berkontribusi dalam perkembangan inovasi dalam dunia pengelasan khususnya pengelasan yang membutuhkan ketelitian tinggi dengan Tingkat ketebalan specimen pengelasan dibawah 1mm. Selain itu, penelitian ini juga dapat menjadi dasar untuk pengembangan lebih lanjut dalam inovasi *microfriction stir welding* pada bidang Teknik mesin dan disiplin ilmu lainnya.

**Kata Kunci:** *depth plunge*; desain *pin steel tool*; *friction welding*; *microfriction stir welding*

### Abstract

This research focuses on the results of the analysis of *microfriction stir welding* ( $\mu$ FSW) with aluminium al 1100 specimens using two types of welding pin tools, namely H13 and AISI D2-2379, with variations in pin tool models including *tapered cylinder pin steel tool* and *stepped cylinder pin steel tool*. The study involves visual testing, tensile testing, observation of micro and macro structures of the welding specimens. The testing involves several research parameters such as spindle rotation speed in *microfriction stir welding* machine, welding plunge depth, type of pin tool material, and welding specimen material. After all the testing and observations on the welding results are conducted, the researchers calculate the tensile test diagrams and classify the structure compositions of the welded specimens. The results of this research are expected to contribute to the development of innovation in the field of welding, especially in welding processes requiring high precision with welding specimen thickness under 1mm. Additionally, this research can serve as a basis for further development in *microfriction stir welding* innovation in the field of mechanical engineering and other disciplines.

**Keywords:** *depth plunge*; desain *pin steel tool*; *friction welding*; *microfriction stir welding*

### 1. Pendahuluan

Micro Friction Stir Welding ( $\mu$ FSW) adalah suatu metode pengelasan padat (solid state welding) yang digunakan untuk menggabungkan dua atau lebih bahan logam atau padatan yang berbeda [1]. Teknik ini adalah versi miniature dari friction stir welding (FSW) konvensional dan dirancang khusus untuk menggabungkan bahan dengan ukuran mikroskopis atau berukuran sangat kecil, khususnya untuk menggabungkan bahan-bahan tipis atau komponen mikro, seperti logam berketebalan rendah atau komponen kecil [2].

Kebutuhan struktur ringan pada industri transportasi menjadi topik penelitian utama, dengan tujuan mengurangi berat struktur, tetapi tidak mengurangi kekuatan dan kualitas struktur [3]. Kebutuhan informasi teknologi FSW untuk penyambungan plat tipis dan konstruksi ringan sangat dibutuhkan di industri. Proses penyambungan plat aluminium tipis (tebal < 1 mm) dan untuk membatasi kerusakan akibat gaya dan panas berlebihan, membutuhkan teknologi dan peralatan khusus [4].

Hasil pengujian menunjukkan semakin tinggi putaran spindle mesin dan kecepatan pemakanan, berakibat pada semakin tingginya daya yang digunakan dan berlaku sebaliknya [5]. Sementara semakin tinggi putaran spindle mesin dan semakin rendah kecepatan pemakanan akan berakibat pada kekasaran permukaan yang lebih baik. Kekurangan ini timbul bisa diakibatkan karena beberapa faktor antaralain; diameter dan panjang tutup botol, konstruksi dari segel tutup botol [6].

### 2. Metode Penelitian

Tahapan penelitian dimulai dengan merancang *tool* mesin milling konvensional LC-30A pada Laboratorium Proses Produk Teknik Mesin Universitas Diponegoro, perancangan ini melibatkan modifikasi pada mesin LC-30A dengan menggunakan adaptor *electric motor* pada gearing kemudian menambahkan *inverter adaptor 3 phase* sebagai alat

untuk membantu pergerakan dalam alur pengelasan agar dapat *reversible* [7]. Kemudian pembuatan desain *jig* sebagai *bed* / alas pengelasan agar specimen dapat dicekam dan menahan gaya dari gesekan yang dihasilkan oleh mesin *microfriction stir welding*. Dilanjutkan dengan membuat 3d drawing untuk kedua jenis geometri pin tool dengan jenis *stepped pin cylinder steel tool* dan *tapered cylinder pin steel tool* dengan menggunakan jurnal acuan sebagai pembandingan dan parameter dalam penelitian ini.

Dari hasil pengujian kemudian dapat dilakukan Analisa sehingga dapat mengetahui kualitas dari hasil pengelasan. Dengan memeriksa tingkat kerataan permukaan secara visual, control konsistensi dalam hasil pengelasan dapat dipastikan. Ketidak beraturan atau ketidak seragaman dalam permukaan pengelasan dapat mengindikasikan ketidakstabilan proses. Inspeksi visual juga berperan dalam memantau pengelasan secara keseluruhan. Dengan memeriksa kerataan permukaan, dapat mengidentifikasi potensi masalah yang berkaitan dengan hubungan alat dengan hasil pengelasan [8].

### 3. Analisis Data

Analisa data dilakukan untuk mengetahui apakah hasil pengelasan dengan menggunakan dua jenis variable material H13 dan AISI D2 memiliki perbedaan yang sangat mempengaruhi pada hasil pengelasannya [9]. Dengan adanya dua jenis geometri tool pengelasan yaitu *stepped pin steel tool* dan *tapered pin steel tool* bertujuan untuk membedakan variasi jenis material apa yang cocok dalam kepenggunaannya dalam dunia industri maupun dalam bidang pengelasan lainnya [10].

### 4. Kesimpulan

Penelitian ini memberikan kontribusi terhadap pemahaman mengenai *microfriction stir welding* dengan menggunakan jenis material yang berbeda sehingga memungkinkan pembuatan beberapa kesimpulan. Penambahan kecepatan RPM pada spindle agar tool dapat memaksimalkan hasil proses *microfriction stir welding*. *Jig* pada pengelasan *microfriction stir welding* dapat sangat mempengaruhi hasil dari pengelasan, penggunaan jenis material yang digunakan sebagai *bed* / alas pada pengelasan dengan Tingkat peleburan dan kekerasan yang melebihi dari specimen dapat menambahkan hasil dari pengelasan.

### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Huang, Y., Meng, X., Zhang, Y., Cao, J., & Feng, J. (2017). Micro friction stir welding of ultra-thin Al-6061 sheets. *Journal of Materials Processing Technology*, 250(July), 313–319. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2017.07.031>
- [2] Wang, K., Khan, H. A., Li, Z., Lyu, S., & Li, J. (2018). Micro friction stir welding of multilayer aluminum alloy sheets. *Journal of Materials Processing Technology*, 260(May), 137–145. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.05.029>
- [3] Colegrove, H. R. S. and P. A. (2007). Process Modelling, Chapter 10 in Friction Stir Welding and Processing. *Friction Stir Welding and Processing*, 187–217. <https://doi.org/10.1361/fswp2007p001>
- [4] Huang, Y., Meng, X., Lv, Z., Huang, T., Zhang, Y., Cao, J., Zhou, L., & Feng, J. (2019). Microstructures and mechanical properties of micro friction stir welding ( $\mu$ FSW) of 6061-T4 aluminum alloy. *Journal of Materials Research and Technology*, 8(1), 1084–1091. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2017.10.010>
- [5] Adnan, F., Sajuri, Z., Baghdadi, A. H., & Omar, M. Z. (2020). Effects of rapid heating and uniaxial loading on the phase transformation and mechanical properties of direct partial remelted butt joint of AISI D2 tool steel. *Materials Science and Engineering: A*, 797. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.140250>
- [6] Abdul Khaliq, U., Muhamad, M. R., Yusof, F., Ibrahim, S., Mohd Isa, M. S., Chen, Z., & Çam, G. (2023). A review on friction stir butt welding of aluminum with magnesium: A new insight on joining mechanisms by interfacial enhancement. In *Journal of Materials Research and Technology* (Vol. 27, pp. 3757–3786). Elsevier Editora Ltda. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.10.158>
- [7] Ai, Y., Lei, C., Cheng, J., & Mei, J. (2023). Prediction of weld area based on image recognition and machine learning in laser oscillation welding of aluminum alloy. *Optics and Lasers in Engineering*, 160. <https://doi.org/10.1016/j.optlaseng.2022.107258>
- [8] Bi, Y., Zhang, X., Lu, L., Xu, Z., Xie, Z., Chen, B., Liang, Z., Sun, Z., & Luo, Z. (2023). Interface bonding mechanism and microstructure evolution in current-induced solid-state welding of Zr–Sn/Zr–Sn–Nb alloy. *Journal of Materials Research and Technology*, 26, 5888–5901. <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2023.09.007>
- [9] Du, X., Liu, X., Shen, Y., Liu, R., & Wei, Y. (2023). H13 tool steel fabricated by wire arc additive manufacturing: Solidification mode, microstructure evolution mechanism and mechanical properties. *Materials Science and Engineering: A*, 883. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2023.145536>
- [10] Heppner, E., & Woschke, E. (2022). A framework for modelling the manufacturing process of friction welded lightweight structures. *Finite Elements in Analysis and Design*, 205. <https://doi.org/10.1016/j.finel.2022.103751>