

PENGARUH *INTERLAYER PASTA (ZINC+TAPIOKA)* PADA SAMBUNGAN FSSW MATERIAL ALUMINIUM PADUAN

Lingga Arti Saputra ✉

Jurusan Teknik Mesin
Universitas Perwira Purbalingga,
Jl. S. Parman No. 53 Purbalingga, Jawa
Tengah, Indonesia
Linggalampu@gmail.com

Abstract

Aluminum metal is widely applied in the industrial sector because it has many advantages. FSSW welding is a method that can be used to join aluminum. The microstructural test results show the flow distribution of the zinc interlayer in the welding area. The flow of zinc material looks dominant in the steering zone area. The hardness test results for the connection with zinc interlayer had the highest value of 147HV. Highest shear tensile testing on joints using zinc interlayer. The use of zinc interlayer has been proven to significantly improve connection capabilities.

Keywords: *FSSW, Interlayer, Zinc, Hook Defect.*

1. PENDAHULUAN

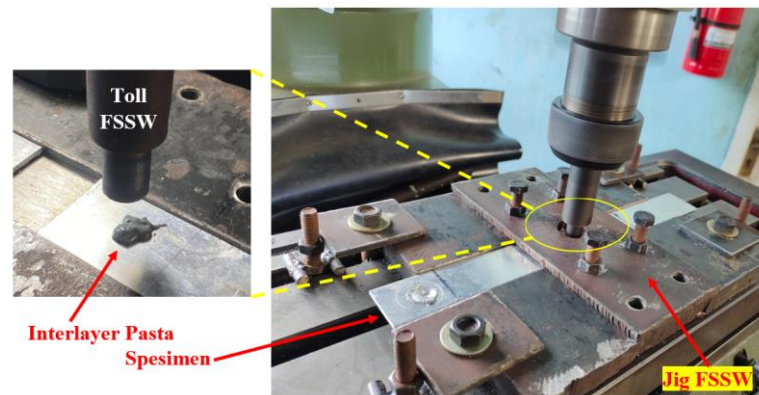
Aluminium merupakan logam yang banyak di aplikasikan di bidang industri yang memiliki karakteristik ringan, tahan korosi, dan penghantar panas yang baik ^[1]. Aluminium paduan memiliki sifat mekanik yang mampu ditingkatkan dengan cold treatment dan hot treatment, serta mempunyai sifat mampu las (*weldability*) yang bervariasi tergantung pada jenis paduannya ^[2]. Metode yang mampu digunakan untuk menyambung aluminium misalnya: *Metal Inert Gas (MIG)* ^[3], *Laser welding* ^[4], *Resistance Spot Welded (RSW)* ^[5], *Gas Metal Arc Welding (GMAW)* ^[6], *Tungsten Inert Gas Welding (TIGW)* ^[7], namun pengelasan tersebut memiliki kekurangan yaitu proses pengelasan lebih lama, konduktivitas tinggi, biaya mahal, kekuatan sambungan rendah, Energi relatif lebih besar ^[8].

Friction Stir Spot Welding (FSSW) merupakan metode pengelasan aluminium yang pertama kali di aplikasikan pada panel pintu belakang Mazda RX-8 pada tahun 2003. *FSSW* mampu mengurangi konsumsi energi sebesar 99% dari proses pengelasan yang digunakan sebelumnya ^[9]. Namun muncul sebuah masalah dalam pengelasan *FSSW* yaitu penurunan kekuatan sambungan, hal tersebut dikarenakan adanya fenomena *hook defect* ^[10]. *Hook defect* terjadi karena adanya cacat geometris yang terjadi di antara dua sisi aluminium yang di sambung ^[11]. Fenomena *hook defect* mampu diatasi dengan menambahkan interlayer partikel Zn pada kedua permukaan sambungan aluminium ^[12]. *FSSW* dengan variasi *plunge depth* memberikan pengaruh pada hasil sambungan material aluminium AA6061-T6^[13]. Penelitian ini akan membahas pengaruh *interlayer pasta (zinc+tapioka)* pada sambungan *FSSW* material aluminium paduan.

Corresponding Author:
✉ **Lingga Arti Saputra**
Received on: 2023-12-04
Revised on: 2024-12-31
Accepted on: 2025-01-02

2. METODE

Material yang digunakan AA1100 dengan ketebalan 2 mm. Tabel 1 menunjukkan komposisi kimia dari AA1100. *Tool* dengan diameter *shoulder* 10 mm, diameter dan tinggi pin 2mm. *Interlayer pasta* diletakan pada kedua permukaan specimen yang dilas. Pasta interlayer terbuat dari serbuk *Zinc* murni dicampur dengan tepung tapioka dengan perbandingan 5:5gram dengan pelarut alkohol 70% sebanyak 3ml. Gambar 1. Menunjukkan posisi *interlayer Zinc*. variasi pengelasan dapat dilihat pada tabel 2. Pengujian Tarik geser menggunakan *ultimate tensile strength*. *Hardness Vickers Number (HVN)* dengan beban 0,3 kg, waktu tahan 10 detik standar ASTM E384 digunakan untuk pengujian kekerasan. Pengujian *micro* menggunakan *Holland microscope*. etsa menggunakan larutan *Modified Poulton Reagent* (40 ml HNO₃, 42.5 ml H₂O, dan 12 g CrO₃, 30 mL HCl, 2.5 ml HF).



Gambar 1. Prosedur pemberian *interlayer pasta Zinc*

Tabel 1. Komposisi kimia AA1100 pengujian Spiktometer

| Elemen | Al | Cu | Cr | Pb | Si | Mg | Zn | Fe | Sn |
|---------|----|-------|-------|-------|------|------|-----|------|-------|
| Massa % | 98 | 0.099 | 0.005 | 0.019 | 0.12 | 0.13 | 0.2 | 0.49 | 0.005 |

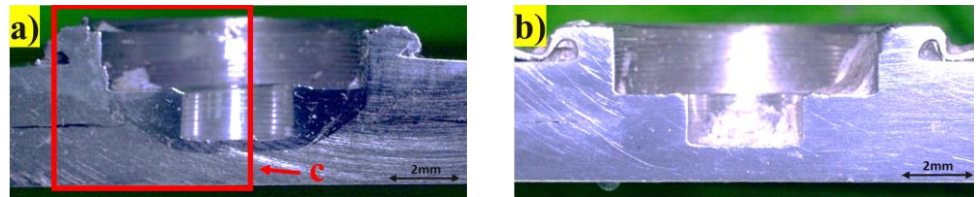
Tabel 2. Variasi Pengelasan FSSW

| Variasi FSSW | Dengan Interlayer (DI) | Tanpa Interlayer (TI) |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|
| <i>Plunge Depth</i> (mm) | 1.7, 1.9, 2.1, 2.3 | 1.7, 1.9, 2.1, 2.3 |
| <i>Dwell Time</i> (detik) | 15 | 15 |
| Kecepatan Putar (RPM) | 1200 | 1200 |
| Berat Interlayer (gram) | 7 | - |

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

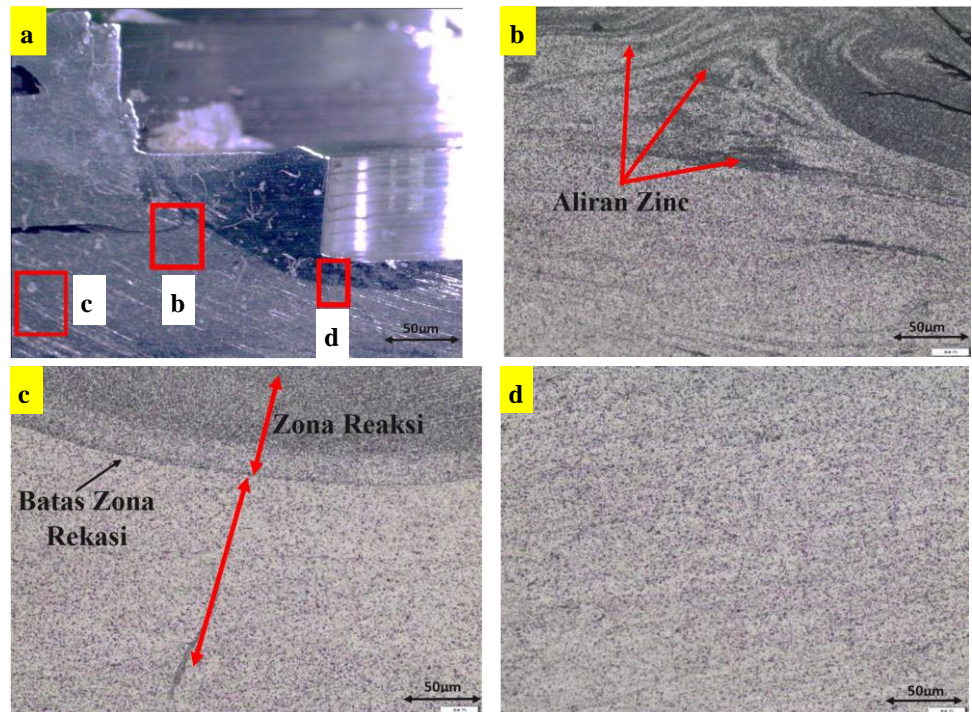
3.1. Hasil Pengujian Struktur

Hasil pengujian struktur pada pengelasan tanpa *interlayer Zn* menunjukkan adanya perbedaan struktur. Gambar 2.a (foto makro) menunjukkan adanya garis aliran pada kedua permukaan sambungan akibat adanya reaksi antara substrat dengan *interlayer Zinc*. *Interlayer Zinc* mengalami reaksi dan membentuk suatu aliran sepanjang daerah pengelasan akibat proses stirring *stir zone* ^[14]. *Material Zinc* akan mencapai titik leleh pada suhu 419⁰C karena adanya masukan panas selama proses pengelasan^[15]



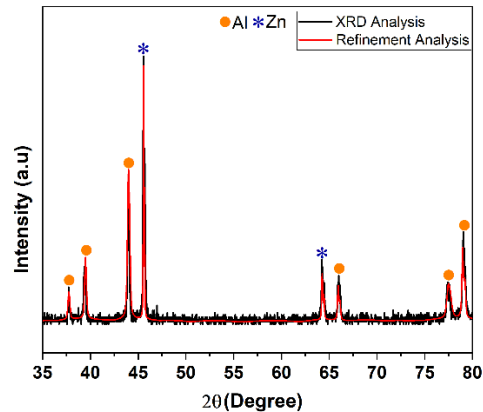
Gambar 2. a) Foto makro sambungan FSSW dengan *Interlayer*. b) FSSW Tanpa *Interlayer*

Pada Gambar 2.b menunjukkan hasil pengujian struktur makro tanpa menggunakan *interlayer zinc*. *Area interface* pada spesimen memiliki kecenderungan terbentuknya hook defect lebih besar yang mampu menurunkan sambungan^[16]. Gambar 3.a (kotak c pada Gambar 2a) menunjukkan titik daerah reaksi *zinc* pada sambungan FSSW dengan *interlayer*. *Interlayer zinc* berperan menurunkan terbentuknya *hook defect* dengan membentuk ikatan baru. Gambar 3.b menunjukkan struktur mikro aliran material pada daerah reaksi pada zona pengelasan. Aliran material ini terbentuk karena adanya efek *thermomekanik* pada mekanisme FSSW akibat putaran *toll* bercampur^[17].



Gambar 3. a.) zona reaksi sambungan FSSW dengan *interlayer*, b.) aliran *material Zinc*, c.) batas zona rekasi, d.) daerah base metal

Material mengalami *solid solusian* antara *zinc* dan *subtract Al*, warna cenderung lebih gelap di area *stir zone*^[18]. Gambar 3.c menunjukkan batas zona reaksi hasil pengelasan. Zona reaksi dominan terdapat di sekitar area adukan pada permukaan yang masih terpengaruh efek *thermomakanik*.

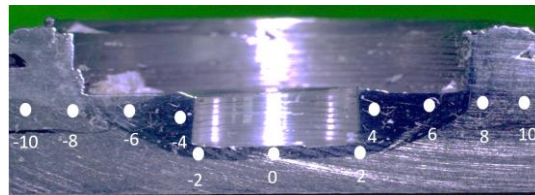


Gambar 4. Hasil pengujian XRD

Gambar 3.d menunjukkan foto mikro daerah *base metal* yang tidak terkena efek dari proses pengelasan. Gambar 4. Menunjukkan hasil Analisa pengujian XRD, berdasarkan hasil pengujian diketahui adanya senyawa Zn pada substrat hasil pengelasan dengan menggunakan interlayer Zn.

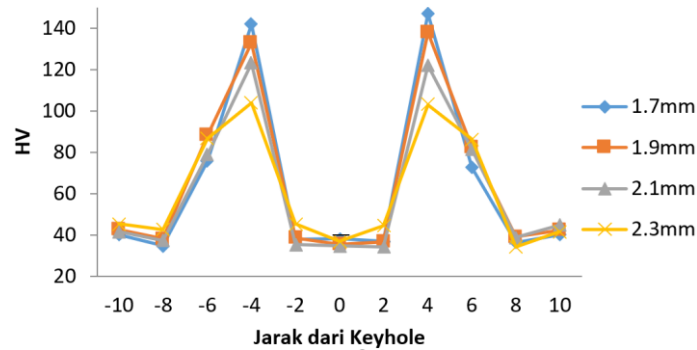
3.2. Hasil Pengujian kekerasan *Vickers*

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan tiap zona pengelasan FSSW. Jumlah titik yang diambil ada 11 titik dengan interval 2 mm dan disetiap variasi berjumlah sama. Pengujian kekerasan dilakukan dengan beban 200 gf dan *holding time* selama 10 detik.

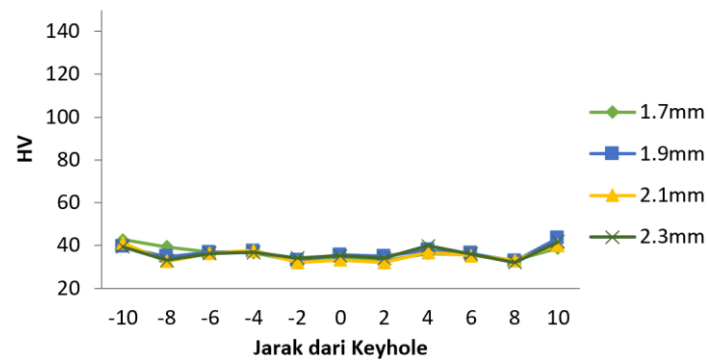


Gambar 5. Titik pengujian kekerasan *vickers*

Persebaran kekerasan memiliki kecenderungan yang sama membentuk *W-shaped* [19]. Hasil pengujian kekerasan pada sambungan FSSW dengan menggunakan interkayer Zinc mendapati tertinggi sebesar 147 HV pada variasi *plunge depth* 1,7 mm. secara keseluruhan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada titik 4 dan -4 pada area pengujian.



Gambar 6. Hasil pengujian kekerasan vickers dengan interlayer zinc

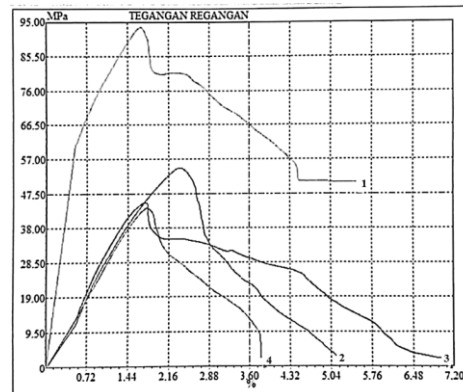


Gambar 7. Hasil pengujian kekerasan vickers tanpa interlayer zinc

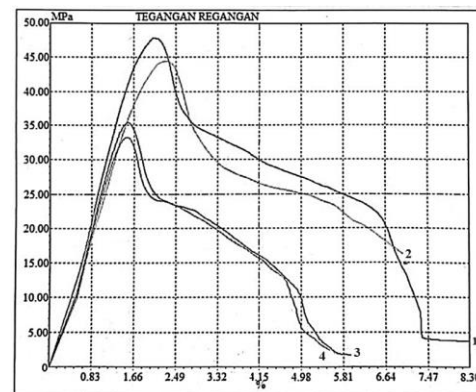
Hasil kekerasan variasi kedalaman (*plunge depth*) tanpa penambahan serbuk Zn. Kekerasan tertinggi didapati sebesar 43,5 HV pada spesimen dengan variasi *plunge depth* 1,9 mm disekitar daerah *stir zone*. Begitupun pada variasi *plunge depth* lainnya, kekerasan tertinggi terjadi di daerah *stir zone* 1,7 mm (42,7 HV), 2,1 mm (41,3 HV) dan 2,3 mm (41,7 HV). Penggunaan *interlayer* Zn memungkinkan terbentuknya senyawa Al-Zn yang memberikan kontribusi pada nilai kekerasan yang lebih tinggi^{[20], [21]}.

3.3. Hasil Pengujian Tarik Geser

Hasil pengujian Tarik geser dengan interlayer Zn dan tanpa interlayer Zn memiliki perbedaan nilai pada variasi *plunge depth*. Gambar 8. Merupakan hasil pengujian tarik geser memperlihatkan penggunaan *interlayer Zinc*. Gambar 9. Menunjukkan hasil pengujian Tarik geser tanpa menggunakan interlayer Zinc. Hasil pengujian pada Gambar. 8 dan Gambar. 9 secara keseluruhan menunjukkan bahwa Tarik geser tertinggi terpadapat pada hasil pengelasan dengan menggunakan *interlayer zinc*. Penggunaan *interlayer* dapat menutup *hook defect* sehingga memperkuat sambungan^{[22], [23]}. variasi *plunge depth* memiliki kontribusi pada hasil pengujian Tarik geser. Tabel 3. Merupakan data hasil pengujian Tarik geser menggunakan *interlayer zinc*. Tabel 4. Merupakan data hasil pengujian Tarik geser tanpa *interlayer zinc*. Peningkatan nilai *plunge depth* berdampak pada menurunnya kekuatan Tarik geser yang dihasilkan^[24].



Gambar 8. Hasil uji Tarik geser menggunakan interlayer Zinc



Gambar 9. Hasil uji Tarik geser tanpa *interlayer* Zinc

Tabel 3. Data uji tarik geser menggunakan *interlayer* Zinc

| Kode | Plunge depth (mm) | Area (mm ²) | Max Force (N) | Tensile Strength (MPa) |
|------|-------------------|-------------------------|---------------|------------------------|
| 1 | 1,7 | 113,04 | 10564,85 | 93,494 |
| 2 | 1,9 | 113,04 | 6164,19 | 54,550 |
| 3 | 2,1 | 113,04 | 5082,56 | 44,978 |
| 4 | 2,3 | 113,04 | 4921,05 | 43,549 |

Tabel 4. Data uji tarik geser tanpa *interlayer* Zinc

| kode | Plunge depth (mm) | Area (mm ²) | Max Foce (N) | Tensile Strength (MPa) |
|------|-------------------|-------------------------|--------------|------------------------|
| 1 | 1,7 | 113,04 | 5403,95 | 47,823 |
| 2 | 1,9 | 113,04 | 5023,58 | 44,456 |
| 3 | 2,1 | 113,04 | 4000,88 | 35,406 |
| 4 | 2,3 | 113,04 | 3759,27 | 33,268 |

4. KESIMPULAN

Hasil pengujian struktur mikro menunjukkan adanya distribusi aliran *material zinc* pada area pengelasan. Ditribusi substrat Al dan *Zinc* dominan terdapat di area *stir zone* karena efek termomekanik proses FSSW. *Interlayer pasta zinc* memberikan *effect brazing* sehingga mampu menutupi celah *hook defect*. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada sambungan yang diberikan *interlayer pasta zinc* sebesar 149 HV pada plunge depth 1,7 mm. Secara keseluruhan hasil pengujian Tarik geser pada sambungan dengan *interlayer pasta zinc*

memiliki nilai tertinggi. Namun, kekuatan Tarik geser menurun seiring dengan bertambahnya nilai *plunge depth*.

PERNYATAAN TERIMA KASIH

Terimakasih pada Universitas Perwira Purbalingga yang telah memberikan bantuan penelitian dengan program hibah kompetitif internal tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J. Jn, U. H. Medan, and W. Weriono, "Karakteristik Material Aluminium Silicon Berdasarkan Masa," *Mesin dan Industri*, no. November, pp. 1–7, 2018.
- [2] R. Rochman, P. Hariyati, and C. Purbo, "Karakterisasi Sifat Mekanik dan Pembentukan Fasa Presipitat pada Aluminium Alloy 2024 – T 81 Akibat Perlakuan Penuaan.," *Mekanika*, vol. 8, no. 2, pp. 165–171, 2010.
- [3] T. Yang, L. Chen, Y. Zhuang, J. F. Liu, and W. L. Chen, "Arcs interaction mechanism in Plasma-MIG hybrid welding of 2219 aluminium alloy," *J Manuf Process*, vol. 56, no. May, pp. 635–642, 2020, doi: 10.1016/j.jmapro.2020.05.014.
- [4] W. Lin, F. Li, X. Hua, and Z. Zhang, "Laser welding Al–Si coated hot stamping steel in conduction mode: weld formation and Al-rich microstructure," *Journal of Materials Research and Technology*, vol. 19, pp. 4282–4295, 2022, doi: 10.1016/j.jmrt.2022.07.012.
- [5] B. han Ma, D. fang Ma, H. ran Wang, D. nian Chen, and F. hua Zhou, "Ballistic impact response of resistance-spot-welded (RSW) double-layered plates for Q&P980 steel," *Defence Technology*, vol. 18, no. 6, pp. 1052–1064, 2022, doi: 10.1016/j.dt.2021.04.010.
- [6] C. Zhu, J. Cheon, X. Tang, S. J. Na, and H. Cui, "Molten pool behaviors and their influences on welding defects in narrow gap GMAW of 5083 Al-alloy," *Int J Heat Mass Transf*, vol. 126, pp. 1206–1221, 2018, doi: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2018.05.132.
- [7] Q. wei GAO, F. yuan SHU, P. HE, and W. bo DU, "Microstructure and impact mechanical properties of multi-layer and multi-pass TIG welded joints of Al–Zn–Mg alloy plates," *Transactions of Nonferrous Metals Society of China (English Edition)*, vol. 29, no. 12, pp. 2496–2505, 2019, doi: 10.1016/S1003-6326(19)65157-5.
- [8] Z. L. Ni and F. X. Ye, "Weldability and mechanical properties of ultrasonic joining of aluminum to copper alloy with an interlayer," *Mater Lett*, vol. 182, pp. 19–22, 2016, doi: 10.1016/j.matlet.2016.06.071.
- [9] J. M. Piccini and H. G. Svoboda, "Effect of the Tool Penetration Depth in Friction Stir Spot Welding (FSSW) of Dissimilar Aluminum Alloys," *Procedia Materials Science*, vol. 8, pp. 868–877, 2015, doi: 10.1016/j.mspro.2015.04.147.
- [10] R. Z. Xu, D. R. Ni, Q. Yang, C. Z. Liu, and Z. Y. Ma, "Influencing mechanism of Zn interlayer addition on hook defects of friction stir spot welded Mg-Al-Zn alloy joints," *Mater Des*, vol. 69, pp. 163–169, 2015, doi: 10.1016/j.matdes.2014.12.045.
- [11] B. H. Silva, G. Zepon, C. Bolfarini, and J. F. dos Santos, "Refill friction stir spot welding of AA6082-T6 alloy: Hook defect formation and its influence on the mechanical properties and fracture behavior," *Materials Science and Engineering A*, vol. 773, no. October, p. 138724, 2020, doi: 10.1016/j.msea.2019.138724.
- [12] A. Boucherit, M. N. Avettand-Fènoël, and R. Taillard, "Effect of a Zn interlayer on dissimilar FSSW of Al and Cu," *Mater Des*, vol. 124, pp. 87–99, 2017, doi: 10.1016/j.matdes.2017.03.063.

- [13] T. P. Saju and R. G. Narayanan, "Dieless friction stir extrusion joining of aluminum alloy sheets with a pinless stir tool by controlling tool plunge depth," *Journal of Materials Processing Tech.*, vol. 276, no. July 2019, p. 116416, 2020, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2019.116416.
- [14] S. Wibowo, "Pengaruh Panjang *Pin Tool* dan *Dwelling Time* pada Sifat Fisik dan Mekanik pada Pengelasan *Friction Stir Spot Welding* dengan *Interlayer Zinc*," 2017.
- [15] Q. Yang, S. Mironov, Y. S. Sato, and K. Okamoto, "Material flow during friction stir spot welding," *Materials Science and Engineering: A*, vol. 527, no. 16–17, pp. 4389–4398, 2010, doi: 10.1016/j.msea.2010.03.082.
- [16] Y. H. Yin, N. Sun, T. H. North, and S. S. Hu, "Hook formation and mechanical properties in AZ31 friction stir spot welds," *J Mater Process Technol*, vol. 210, no. 14, pp. 2062–2070, Nov. 2010, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2010.07.029.
- [17] Y. C. Lin, J. J. Liu, and J. N. Chen, "Material flow tracking for various tool geometries during the friction stir spot welding process," *J Mater Eng Perform*, vol. 22, no. 12, pp. 3674–3683, 2013, doi: 10.1007/s11665-013-0680-2.
- [18] R. Z. Xu, D. R. Ni, Q. Yang, C. Z. Liu, and Z. Y. Ma, "Influence of Zn interlayer addition on microstructure and mechanical properties of friction stir welded AZ31A Mg alloy," *J Mater Sci*, vol. 50, no. 12, pp. 4160–4173, 2015, doi: 10.1007/s10853-015-8841-3.
- [19] Z. Zhang, X. Yang, J. Zhang, G. Zhou, X. Xu, and B. Zou, "Effect of welding parameters on microstructure and mechanical properties of friction stir spot welded 5052 aluminum alloy," *Mater Des*, vol. 32, no. 8–9, pp. 4461–4470, 2011, doi: 10.1016/j.matdes.2011.03.058.
- [20] L. Arti Saputra, N. Muhayat, and T. Triyono, "Effect of Zn Interlayer Particles on Mechanical Properties and Microstructure of Friction Stir Spot Welding Aluminum Alloy," in *MATEC Web of Conferences*, EDP Sciences, Oct. 2018. doi: 10.1051/mateconf/201821804005.
- [21] L. A. Saputra, N. A. Sukarno, and S. Zulaehah, "Pengaruh Interlayer Elektroplating Zinc pada Kekuatan Mekanik *Friction Stir Spot Welding* Aa1100-Ss400," *Semesta Teknika*, vol. 24, no. 2, pp. 93–101, Nov. 2021, doi: 10.18196/st.v24i2.13015.
- [22] R. Z. Xu, D. R. Ni, Q. Yang, C. Z. Liu, and Z. Y. Ma, "Influencing mechanism of Zn interlayer addition on hook defects of friction stir spot welded Mg-Al-Zn alloy joints," *Mater Des*, vol. 69, pp. 163–169, 2015, doi: 10.1016/j.matdes.2014.12.045.
- [23] L. Arti Saputra, "Pengaruh Hybrid Interlayer Partikel Zinc Pada *Friction Stir Spot Welding* Material AA1100-AA5052," *Rotasi*, vol. 25, no. 3, pp. 40–45, 2023.
- [24] Y. Q. Zhao, H. J. Liu, S. X. Chen, Z. Lin, and J. C. Hou, "Effects of sleeve plunge depth on microstructures and mechanical properties of friction spot welded alclad 7B04-T74 aluminum alloy," *Mater Des*, vol. 62, pp. 40–46, 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2014.05.012