

Pengaruh *Interlayer* Elektroplating Zinc pada Kekuatan Mekanik *Friction Stir Spot Welding* Aa1100-Ss400

(Effect of Zinc Interlayer Electroplating on Mechanical Properties Friction Stir Spot Welding Aa1100-Ss400)

LINGGA ARTI SAPUTRA, NOTA ALI SUKARNO, SITI ZULAEHAH

ABSTRAK

Sambungan FSSW dengan material yang berbeda banyak digunakan pada kendaraan. Namun, masalah muncul ketika material tersebut tidak tersambung dengan sempurna. Penggunaan *interlayer* Zn mampu meningkatkan kemampuan sambungan. Variasi penggunaan *dwell time* dan diameter *shoulder* digunakan untuk memperjelas peranan *interlayer electroplating* Zn. Pengujian tarik geser yang telah dilakukan membuktikan bahwa penggunaan *interlayer electroplating* Zn memiliki kemampuan sambungan yang lebih baik. Nilai maksimal pengujian tarik geser sebesar 3.8kN. Nilai maksimal sambungan tanpa *interlayer* elektroplating Zn 2.5kN. Pengujian kekerasan menunjukkan nilai yang lebih besar 63HV dari pada sambungan tanpa menggunakan *interlayer* elektroplating Zn.

Kata kunci: *FSSW, Interlayer Electroplating Zn, Dwell Time, Shoulder.*

ABSTRACT

FSSW joints with different materials are widely used in vehicles. However, problems arise when the materials are not properly joint. The use of Zn interlayer can increase the joint capability. Variations in the use of dwell time and shoulder diameter were used to clarify the role of the Zn interlayer electroplating. The tensile shear test that has been carried out proves that the use of Zn interlayer electroplating has a better joint capability. The maximum magnitude of the tensile shear load is 3.8kN. That of joint without Zn interlayer electroplating 2.5kN. The hardness test showed a greater magnitude of 63HV than that of joint without using Zn interlayer electroplating

Keywords: *FSSW, Interlayer Electroplating Zn, Dwell Time, Shoulder.*

PENDAHULUAN

Pemanasan global yang terjadi saat ini disebabkan oleh peningkatan konsentrasi kadar CO² di atmosfer bumi (You et al., 2020). Gas buang pada sisa pembakaran mesin kendaraan bermotor memberikan pengaruh pada peningkatan CO² di udara. Industri otomotif mulai mengembangkan teknologi yang ramah lingkungan untuk mengurangi produksi gas buang (Desantes et al., 2020). Efisiensi bahan bakar dapat ditingkatkan dengan menurunkan berat dari material kendaraan bermotor (Kawajiri et al., 2020). Material aluminium memiliki sifat yang ringan sehingga dapat

diaplikasikan pada struktur bodi kendaraan bermotor (Zhang et al., 2019; Wang et al., 2015). Performa dari kendaraan bermotor dapat ditingkatkan dengan menggabungkan beberapa logam pada struktur pengelasan (Taub et al., 2019). Pengelasan dengan memadukan beberapa material telah banyak dilakukan, misalnya sambungan Aluminium-steel (Evdokimov et al., 2021), (Uematsu et al., 2020), aluminium-galvanized steel (Yuce et al., 2019), aluminium-magnesium (Jedrasiak & Shercli, 2019), aluminium-tembaga (Dhara & Das, 2020).

Friction stir spot welding (FSSW) merupakan metode pengelasan *solid-state* yang mampu diterapkan pada material beda jenis (dissimilar

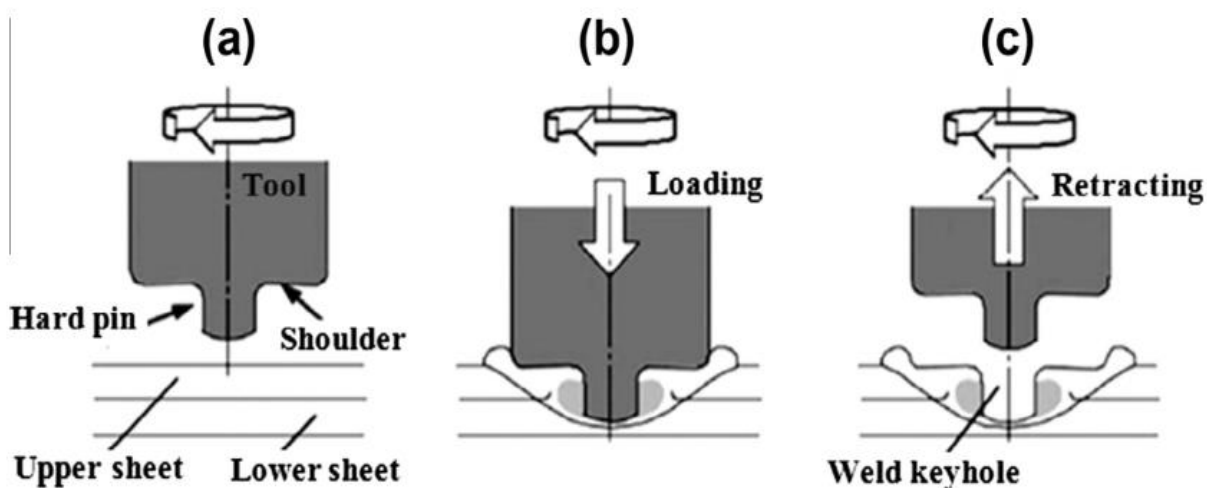
joint) (Suryanarayanan & Sridhar, 2020). Mazda RX-8 pada tahun 2003 telah menggunakan FSSW untuk pengelasan panel pintu belakang mobil (Piccini & Svoboda, 2015). Pengelasan material beda jenis (*dissimilar joint*) pada FSSW akan mengalami penurunan kemampuan karena adanya *hook defect*. Munculnya *hook defect* terjadi ketika adanya material yang tidak tersambung sepenuhnya (Li et al., 2014).

Penggunaan *interlayer* Zn mampu menurunkan terbentuknya *hook defect* pada permukaan kedua material (Xu et al., 2015b; Xu et al., 2016). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan *interlayer electroplating* Zn pengelasan *friction stir spot welding* pada kemampuan mekanik sambungan AA1100 dan SS400.

METODE PENELITIAN

Tabel 1. menunjukkan dimensi material sambungan FSSW. Posisi material AA1100 berada di atas dan SS400 di bawah. Kecepatan putaran dari *tool* 1500RPM, *plunge deep* 1,5mm. Tabel 2. menunjukkan variasi pengelasan FSSW.

Proses *electroplating* menggunakan larutan H_2SO_4 (40 g/L), $ZnSO_4$ (220 g/L), dan logam Zn murni sebagai anoda. Waktu elektroplating selama 150s, tegangan 1.5volt, arus 1 *Ampere*, *Aerator*. *Infrared thermometer* digunakan untuk menjaga suhu di bawah $50^{\circ}C$.



GAMBAR 1. Ilustrasi proses FSSW (a) *plunging*; (b) *bonding*; (c) *drawing out* (Sumber: Wang et al., 2007)

TABEL 1. Dimensi Material FSSW

Material	Wide (mm)	Hight. (mm)	Thicknes (mm)
Al 1100	3.5	10	3
SS 400	3.5	10	1

TABEL 2. Parameter Pengelasan FSSW

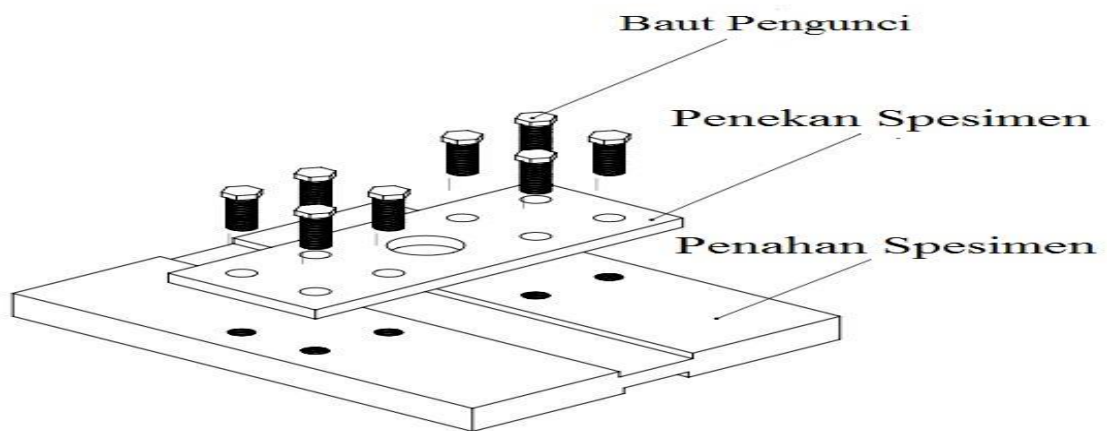
Variasi	Dweel time (s)	Ø Shoulder (mm)
Dengan <i>interlayer</i>	2, 4, 6, 8	12, 18
Tanpa <i>interlayer</i>	2, 4, 6, 8	12, 18

Proses elektroplating dihentikan ketika suhu permukaan larutan melebihi 50°C . *Aerator* digunakan selama proses *electroplating* berlangsung. Specimen SS400 sebelumnya dibersihkan terlebih dahulu menggunakan alkohol 70% dan selanjutnya dilakukan proses elektroplating. Gambar 3 menunjukkan desain

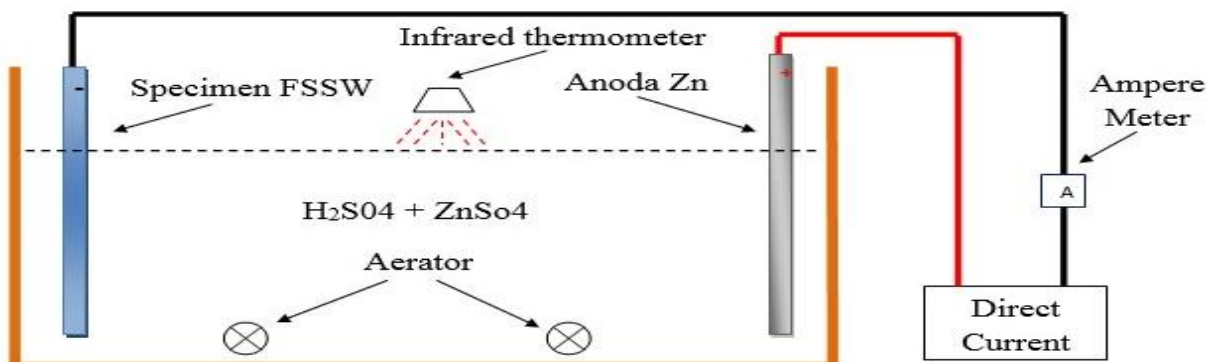
alat pencengkrum sambungan FSSW. Gambar 4 menunjukkan proses elektroplating spesimen SS400 FSSW sebelum dilakukan proses pengelasan. Pengujian tarik geser menggunakan *Universal testing machine*, pengujian kekerasan menggunakan *Micro Vickers* dengan standar ASTM E384.



GAMBAR 2. Toll FSSW



GAMBAR 3. Alat Pencengkrum Sambungan FSSW



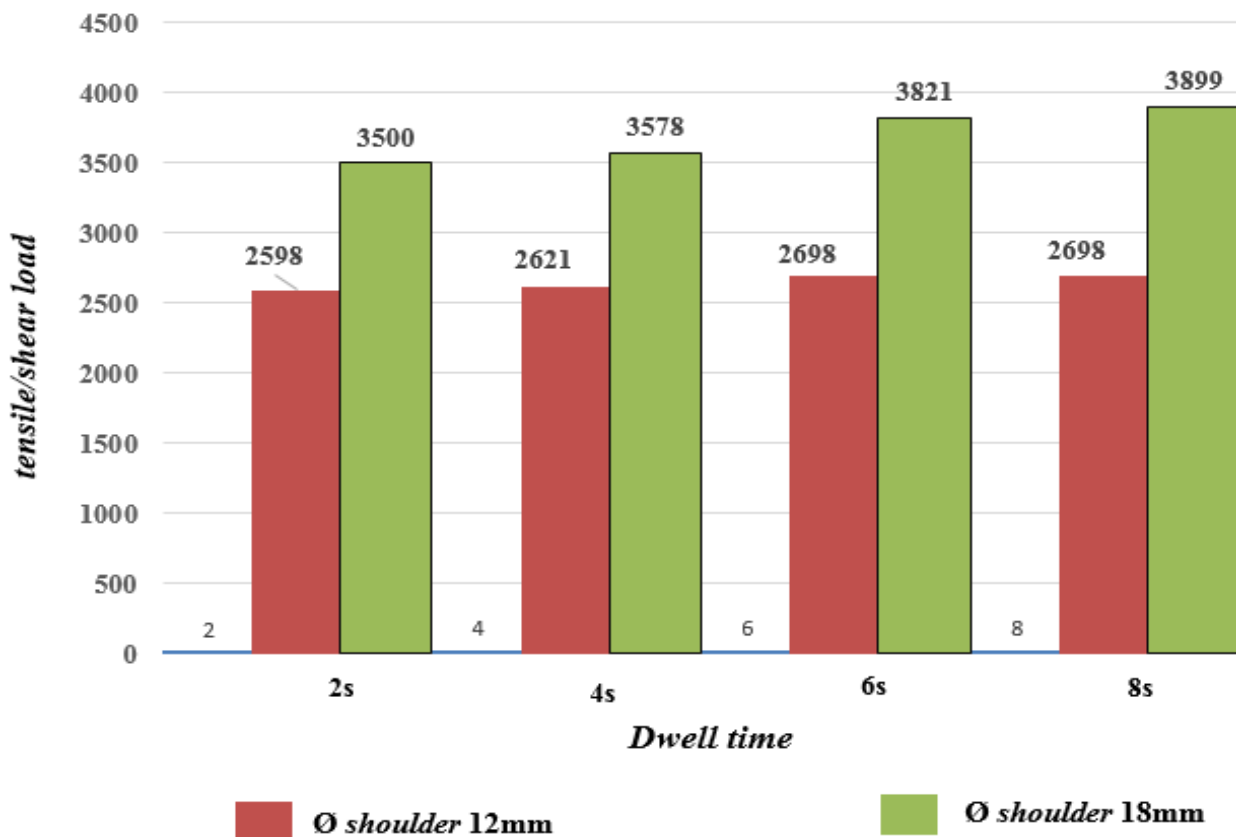
GAMBAR 4. Proses Elektroplating FSSW

HASIL DAN PEMBAHASAN

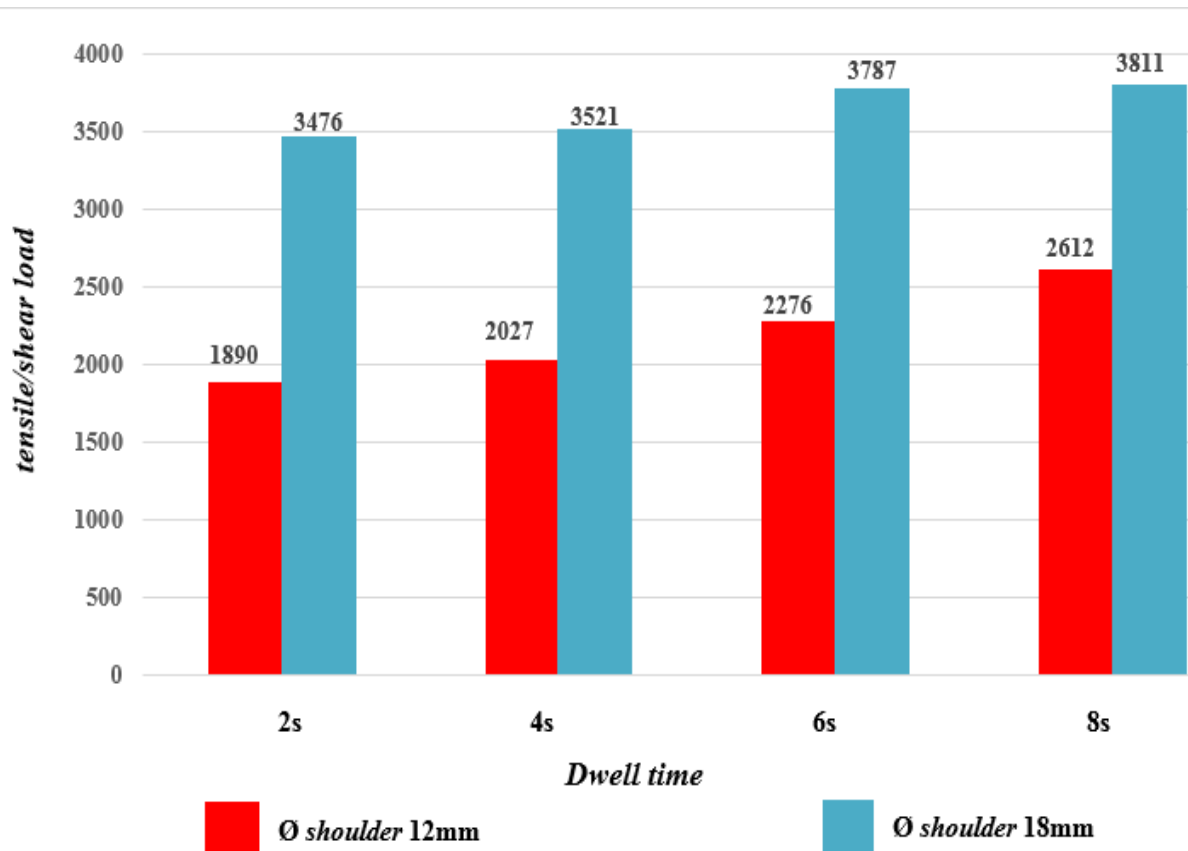
Hasil Pengujian Tarik

Interlayer yang diberikan pada spesimen pengelasan FSSW memberikan pengaruh pada hasil sambungan. Gambar 5 menunjukkan hasil pengujian tarik pada pengelasan FSSW dengan *interlayer*. Variasi *dwell time* memberikan nilai pengujian yang berbeda. *Dwell time* 2s dengan nilai 2,5kN dan *dwell time* 8s dengan nilai 3,8kN. penambahan *interlayer* Zn peningkatan *dwell time* berpengaruh pada peningkatan kekuatan sambungan. Penggunaan *interlayer* Zn mampu menurunkan terbentuknya cacat *hook* pada celah dua material. Hal itu terjadi karena panas yang masuk lebih lama menyebabkan material dan *interlayer* Zn menjadi lunak sehingga mampu membentuk ikatan yang lebih merata pada permukaan sambungan (Lin et al., 2012, Bilici et al., 2011).

Gambar 6 menunjukkan hasil pengujian tarik geser FSSW tanpa *interlayer*. Pada pengelasan FSSW dengan variasi *dwell time* tanpa menggunakan *interlayer* Zn memiliki kecenderungan tidak terjadi peningkatan kemampuan sambungan (Nugroho et al., 2020). Hasil pengujian tertinggi pada *dwell time* 8s memiliki nilai 3,8kN dan nilai pengujian terendah pada *dwell time* 2s dengan nilai 1,8kN. Penggunaan variasi yang berbeda pada *shoulder* memiliki pengaruh pada hasil pengelasan (Lin & Chen, 2015). Peningkatan diameter *shoulder* pada variasi FSSW dengan *interlayer* dan tanpa *interlayer* menunjukkan kenaikan kemampuan sambungan yang signifikan. Penelitian FSSW dengan memberikan *interlayer* Zn telah banyak dilakukan. Inovasi sambungan FSSW telah banyak dilakukan. Tabel 3 menunjukkan rangkuman hasil pengelasan FSSW dengan menambahkan *interlayer* Zn.



GAMBAR 5. Hasil Pengujian Tarik Geser FSSW Dengan *Interlayer*

GAMBAR 6. Hasil Pengujian Tarik Geser FSSW Tanpa *Interlayer*TABEL 3. Ringkasan Data Hasil Pengujian Tarik FSSW Dengan *Interlayer* Zn

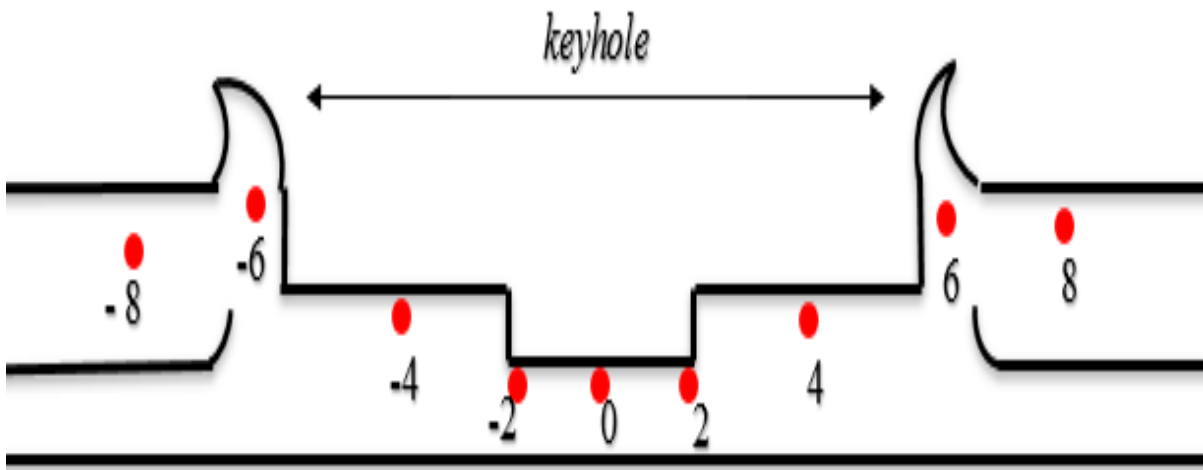
	Ketebalan (mm)	Variasi sambungan	Maximum load (kN)	Refs
AZ280-AZ80	2.4	Pin silinder	4.1, 2.4	(Xu et al., 2015)
AZ280-AZ80	2.4	Pin silinder	4.0, 1.9	(Xu et al., 2015)
AZ31-AZ80	2.4	Pin silinder	3.9, 1.8	(Xu et al., 2015)
AA1100-AA1100	1.8	Partikel Zn, <i>dwell time</i> 5, 10, 15, 20s	4.5	(Saputra et al., 2021)
AA1100-AA1100	1.8	Partikel Zn, <i>dwell time</i> 20, 30, 40, 50s	3.8	(Arti Saputra et al., 2018)
AZ31- AZ31	2.4	Lembaran <i>interlayer</i> Zn (0.16, 0.12, 0.08, 0.04)	4.1, 5.2, 4.6, 4.2, 2.7	(Xu et al., 2015)
Cu-Al	5-2	Lembaran Zn, P1.5, P2.5, P6, P6 (Zn 0.05mm)	2.8, 3.4, 4.6, 4,1	(Boucherit & Taillard, 2017)

Hasil Pengujian Kekerasan

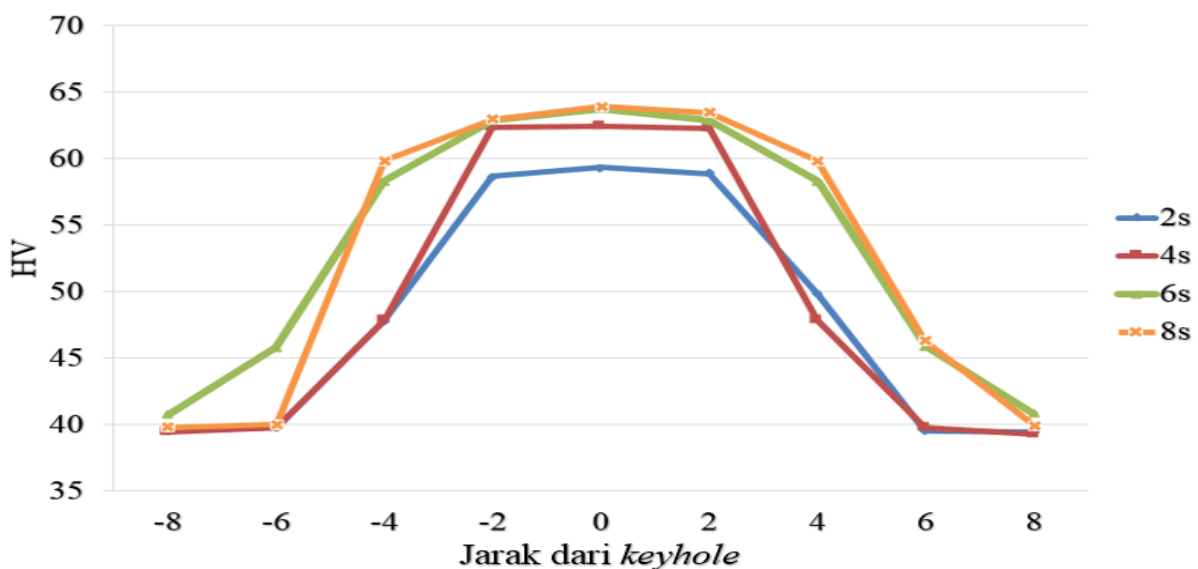
Pengujian dilakukan pada permukaan pada daerah pengelasan sambungan. Gambar 7 menunjukkan daerah dimana dilakukan pengujian kekerasan.

Gambar 7. Menunjukkan hasil pengujian *micro Vickers* FSSW dengan *interlayer Zn*. Pengujian dilakukan dimulai dari pusat *keyhole*. Hasil pengujian pada *dwell time* 2s memiliki nilai kekerasan maksimal 59HV dan nilai minimal 39HV. Nilai maksimal pada *dwell time* 8s adalah 63HV dan nilai terendah 39HV.

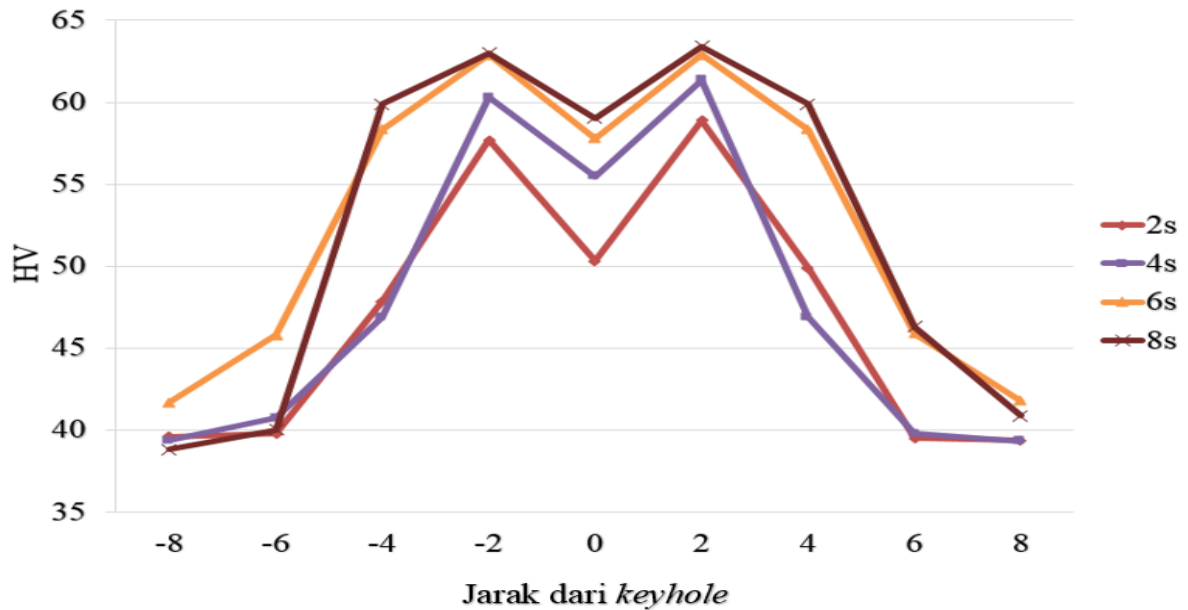
Kecenderungan penurunan tingkat kekerasan disebabkan oleh terbentuknya senyawa *intermetalik* parsial dan terjadinya proses *aging* akibat kenaikan suhu (Zhang et al., 2015). Gambar 8 menunjukkan hasil pengujian *micro vickers* FSSW tanpa *interlayer Zn*. Pengujian yang dilakukan tingkat persebaran membentuk *W-shape* (Venukumar et al., 2014). Secara keseluruhan *dwell time* 2s memiliki nilai terendah dan pada *dwell time* 8s memiliki rentang tingkat distribusi kekerasan yang lebih besar.



GAMBAR 7. Posisi Penetrasi *Micro Vickers*



GAMBAR 8. Hasil Pengujian *Micro Vickers* FSSW Dengan *Interlayer Zn*



GAMBAR 9. Hasil Pengujian Micro Vickers FSSW Tanpa Interlayer Zn

KESIMPULAN

Dalam penelitian ini, pengaruh penggunaan *interlayer* elektroplating Zn pada material AA1100-SS400 pada sifat mekanik memiliki peranan yang signifikan. Dari hasil pengujian didapat hasil sebagai berikut:

Hasil pengujian tarik geser membuktikan bahwa kemampuan sambungan FSSW dengan *interlayer* elektroplating Zn lebih besar (3,8kN) dari pada sambungan tanpa *interlayer* elektroplating Zn (2,5kN). Hasil pengujian kekerasan sambungan FSSW dengan elektroplating dengan *interlayer* elektroplating Zn memiliki tingkat distribusi nilai kekerasan yang lebih tinggi 63HV dan nilai terendah 38HV pada *dwelt time* 8s.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Riset dan Pengembangan Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia yang telah mendanai penelitian ini melalui program Penelitian Dosen Pemula tahun pelaksanaan 2021 dengan nomor kontrak 067/E4.1/AK.04.PT/2021

DAFTAR PUSTAKA

- Arti Saputra, L., Muhayat, N., & Triyono, T. (2018). Effect of Zn interlayer particles on mechanical properties and microstructure of friction stir spot welding aluminum alloy. *MATEC Web of Conferences*, 218, 1–6. <https://doi.org/10.1051/mateconf/201821804005>
- Bilici, M. K., Irfan, A., & Kurtulmus, M. (2011). The optimization of welding parameters for friction stir spot welding of high density polyethylene sheets. *Materials & Design*, 32(7), 4074–4079. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.03.014>
- Boucherit, A., & Taillard, R. (2017). Effect of a Zn interlayer on dissimilar FSSW of Al and Cu. *Materials & Design*. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2017.03.063>
- Desantes, J. M., Molina, S., & Novella, R. (2020). Comparative global warming impact and NO X emissions of conventional and hydrogen automotive propulsion systems. *Energy Conversion and Management*, 221, 113137. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2020.113137>

- Dhara, S., & Das, A. (2020). Impact of ultrasonic welding on multi-layered Al–Cu joint for electric vehicle battery applications: A layer-wise microstructural analysis. *Materials Science & Engineering: A*, 791, 139795. <https://doi.org/10.1016/j.msea.2020.139795>
- Evdokimov, A., Doynov, N., Ossenbrink, R., Obrosof, A., & Weiß, S. (2021). Thermomechanical laser welding simulation of dissimilar steel-aluminum overlap joints. *International Journal of Mechanical Sciences*, 190, 106019. <https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2020.106019>
- Jedrasiak, P., & Shercli, H. R. (2019). Small strain finite element modelling of friction stir spot welding of Al and Mg alloys. *Journal of Materials Processing Technology*, 263, 207–222. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2018.07.031>
- Kawajiri, K., Kobayashi, M., & Sakamoto, K. (2020). Lightweight materials equal lightweight greenhouse gas emissions?: A historical analysis of greenhouse gases of vehicle material substitution. *Journal of Cleaner Production*, 253, 119805. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.119805>
- Li, W., Li, J., Zhang, Z., Gao, D., Wang, W., & Dong, C. (2014). Improving mechanical properties of pinless friction stir spot welded joints by eliminating hook defect. *Materials and Design*, 62, 247–254. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.05.028>
- Lin, Y., & Chen, J. (2015). Journal of Materials Processing Technology Influence of process parameters on friction stir spot welded aluminum joints by various threaded tools. *Journal of Materials Processing Technology*, 225, 347–356. <https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2015.06.024>
- Lin, Y., Liu, J., Lin, B., Lin, C., & Tsai, H. (2012). Effects of process parameters on strength of Mg alloy AZ61 friction stir spot welds. *Journal of Materials & Design*, 35, 350–357. <https://doi.org/10.1016/j.matdes.2011.08.050>
- Nugroho, A. W., Purnomo, F. H., & Rahman, M. B. N. (2021). Karakterisasi sambungan friction stir spot welding pada plat aluminium 5083. *Semesta Teknika*, 24(1), 34–46. <https://doi.org/10.18196/st.v24i1.12603>
- Piccini, J. M., & Svoboda, H. G. (2015). Effect of the tool penetration depth in Friction Stir Spot Welding (FSSW) of dissimilar aluminum alloys. *Procedia Materials Science*, 8, 868–877. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2015.04.147>
- Saputra, L. A. (2021). Pengaruh interlayer Zn pada kekuatan mekanik sambungan friction stir spot welding material aluminium paduan. *Perwira Journal of Science and Engineering (PJSE)*, 1(1), 100–105.
- Suryanarayanan, R., & Sridhar, V. G. (2020). Materials Today : Proceedings Studies on the influence of process parameters in friction stir spot welded joints – A review. *Materials Today: Proceedings*, 37(2), 2695-2702. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.532>
- Taub, A., Moor, E. D., Luo, A., Matlock, D. K., Speer, J. G., & Vaidya, U. (2019). Materials for automotive lightweighting. *Annual Review of Materials Research*, 49, 327-359. <https://doi.org/10.1146/annurev-matsci-070218-010134>
- Uematsu, Y., Kakiuchi, T., Ogawa, D., & Hashiba, K. (2020). Fatigue crack propagation near the interface between Al and steel in dissimilar Al/steel friction stir welds. *International Journal of Fatigue*, 138, 105706. <https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2020.105706>
- Venukumar, S., Baby, B., Muthukumaran, S., & Kailas, S. V. (2014). Microstructural and mechanical properties of walking friction stir spot welded AA 6061-T6 sheets. *Procedia Materials Science*, 6(Icmpc), 656–665. <https://doi.org/10.1016/j.mspro.2014.07.081>
- Wang, B., Lei, B. B., Zhu, J. X., Feng, Q., Wang, L., & Wu, D. (2015). EBSD study on microstructure and texture of friction stir welded AA5052-O and AA6061-T6

- dissimilar joint. *Materials and Design*, 87, 593–599.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2015.08.060>
- Wang, D., & Lee, S. C. (2007). Microstructures and failure mechanisms of friction stir spot welds of aluminum 6061-T6 sheets. 186. *Journal of Materials Processing Technology*, 186(1-3), 291–297.
<https://doi.org/10.1016/j.jmatprotec.2006.12.045>
- Xu, R. Z., Ni, D. R., Yang, Q., Liu, C. Z., & Ma, Z. Y. (2015a). Influence of Zn interlayer addition on microstructure and mechanical properties of friction stir welded AZ31 Mg alloy. *Journal of Materials Science*, 4160–4173.
<https://doi.org/10.1007/s10853-015-8841-3>
- Xu, R. Z., Ni, D. R., Yang, Q., Liu, C. Z., & Ma, Z. Y. (2015b). Influencing mechanism of Zn interlayer addition on hook defects of friction stir spot welded Mg – Al – Zn alloy joints. *Materials & Design*, 69, 163–169.
<https://doi.org/10.1016/j.matdes.2014.12.045>
- Xu, R. Z., Ni, D. R., Yang, Q., Liu, C. Z., & Ma, Z. Y. (2016). Pinless friction stir spot welding of Mg – 3Al – 1Zn alloy with Zn interlayer. *Journal of Materials Science & Technology*. 32(1), 76–88.
<https://doi.org/10.1016/j.jmst.2015.08.012>
- You, Q., Wu, F., Shen, L., Pepin, N., Jiang, Z., & Kang, S. (2020). Tibetan Plateau amplification of climate extremes under global warming of. *Global and Planetary Change*, 192, 103261.
<https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2020.103261>
- Yuce, C., Karpas, F., & Yavuz, N. (2019). Investigations on the microstructure and mechanical properties of laser welded dissimilar galvanized steel – aluminum joints. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 104, 2693-2704.
<https://doi.org/10.1007/s00170-019-04154-7>
- Zhang, B., Chen, X., Pan, K., & Yang, C. (2019). J-integral based correlation evaluation between microstructure and mechanical strength for FSSW joints made of automotive aluminum alloys. *Journal of Manufacturing Processes*, 44, 62–71.
<https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.05.039>
- Zhang, Z., Xiao, B. L., & Ma, Z. Y. (2015). Enhancing mechanical properties of friction stir welded 2219Al-T6 joints at high welding speed through water cooling and post-welding artificial ageing. *Materials Characterization*, 106, 255–265.
<https://doi.org/10.1016/j.matchar.2015.06.003>

 PENULIS:

Lingga Arti Saputra

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga. Jalan Latjend. S. Parman No. 50, Penambongan, Purbalingga

Email: linggaarti@unperba.ac.id

Nota Ali Sukarno

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga. Jalan Latjend. S. Parman No. 50, Penambongan, Purbalingga

Email: notalisukarno@unperba.ac.id

Siti Zulaehah

Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Perwira Purbalingga. Jalan Latjend. S. Parman No. 50, Penambongan, Purbalingga

Email: s.zulaehah@unperba.ac.id