

**PENGARUH *INTERLAYER* ZN PADA KEKUATAN MEKANIK SAMBUNGAN  
*FRICITION STIR SPOT WELDING* MATERIAL ALUMINIUM PADUAN**

Lingga Arti Saputra<sup>1</sup>, Zakariyya Al-Mufarid<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Perwira Purbalingga

Email: [linggaarti@unperba.ac.id](mailto:linggaarti@unperba.ac.id)

**ABSTRAK**

Pemanasan global salah satunya disebabkan CO<sup>2</sup> yang dihasilkan oleh kendaraan bermotor. Industri otomotif mulai mengembangkan teknologi untuk mengurangi gas buang yang mengandung CO<sup>2</sup>. Material aluminium yang ringan mampu meningkatkan efisiensi kendaraan. Pengelasan *FSSW* mampu mengabungkan material aluminium karena memiliki sifat *solid-state*. Penggunaan interlayer mampu menurunkan terbentuknya *hook defect*. Hasil uji tarik geser tertinggi dengan menambahkan *interlayer Zn* (4.5kN), tanpa *interlayer Zn* (3.9kN). pengujian kekerasan *vickers* sambungan dengan *interlayer Zn* terletak pada pusat *nugget* pada *dwel time* 8s. Penggunaan *interlayer Zn* secara signifikan dapat meningkatkan kekuatan dan nilai kekekerasan sambungan

Kata Kunci: *Friction Stir Spot Welding*, *Interlayer Zn*, Aluminium

**Pendahuluan**

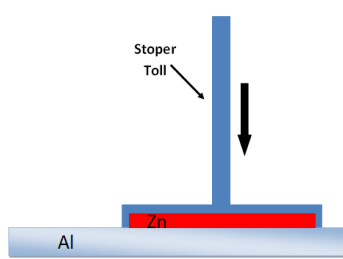
Pemanasan global merupakan meningkatnya suhu di bumi karena danya efek rumah kaca . Tercatat dalam kurun waktu balakang ini suhu dipermukaan bumi mengalami peningkatan sebesar  $0.74 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ [1]. Pemanasan global yang terjadi sekarang ini salah satunya disebabkan oleh peningkatan kadar (Co<sup>2</sup>) karbon dioksida. Peningkatan jumlah Co<sup>2</sup> diudara mengakibatkan menurunnya kualitas udara yang hal itu dampak buruk untuk kesehatan manusia[2]. Peningkatan jumlah kendaraan bermotor menjadi salah satu penyebab bertambahnya jumlah Co<sup>2</sup> di udara[3]. Industri otomotif mulai mengembangkan teknologi yang dapat meningkatkan efisiensi bahan bakar. Teknologi di bidang otomotif mulai mengembangkan kontruksi pada struktur bodi yang lebih ringan sehingga dapat menurunkan penggunaan bahan bakar [4]. Material aluminium memiliki karakteristik ringan dan tahan terhadap korosi dan dapat diaplikasikan di industri otomotif[5].

Teknologi di industri otomotif memiliki banyak metode pengelasan misalnya: *ultrasonis spot welding*[6][7][8][9][10], *resistance spot welding*[11][12], *friction stir welding*[13], *gas metal arc welding*[14] dll. *Friction stir sport welding* merupakan variasi dari *friction stir welding*. Metode *FSSW* ditemukan oleh *the welding institute* (TWI) pada tahun 1991. Di industri otomotif *FSSW* dikembangkan juga oleh *Kawasaki haeavy industries* dan *mazda motor Corporation*. *FSSW* merupakan metode penyambungan yang bersifat *solid-state* sehingga mampu digunakan pada sambungan aluminium[15].

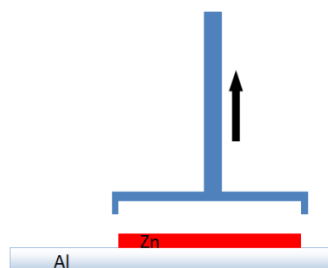
Penurunan sambungan terjadi ketika mulai munculnya *hook deferct* pada sambungan. *Hook defect* terjadi dengan ditandai denga adanya daerah yang tidak tersambung antara kedua material[16]. *Hook defect* dapat dikurangi dengan menambahkan reffil [17]. Penguatan sambungan dapat ditingkatkan menurunkan gejala *hook defect* dengan menambahkan inyerlayer Zn[18]

## Metode

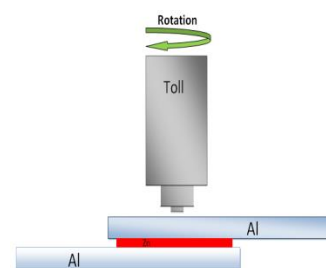
Penelitian ini menggunakan material aluminum dengan ketebalan 1.8mm, *specimen* memiliki lebar 40mm x 126mm. penggunaan *shoulder* 5mm *pin* 2mm. *dwell time* (2s, 4s, 6s, 8s), *plung deep* 2,2mm. Penggunaan *interlayer* Zn dengan ketebalan 0.2mm. **Gambar.1** menunjukkan *stopper tool* menempatkan posisi *interlayer* Zn. **Gambar.2** menunjukkan *stopper toll* mulai dilepas. Penggunaan *interlayer* Zn ditempatkan ditengah *specimen*. Pengujian kekerasan menggunakan *Micro Vickers* standar ASTM 384. Pengujian *Tensile/shear load* menggunakan *Universal testing machine*. **Gambar. 3** menunjukkan posisi prosedur pengelasan.



Gambar.1 *stopper tool* menmpatkan posisi *interlayer* Zn



Gambar.2 *stopper toll* mulai dilepas



Gambar.3 posisi prosedur pengelasan

## Hasil dan Pembahasan

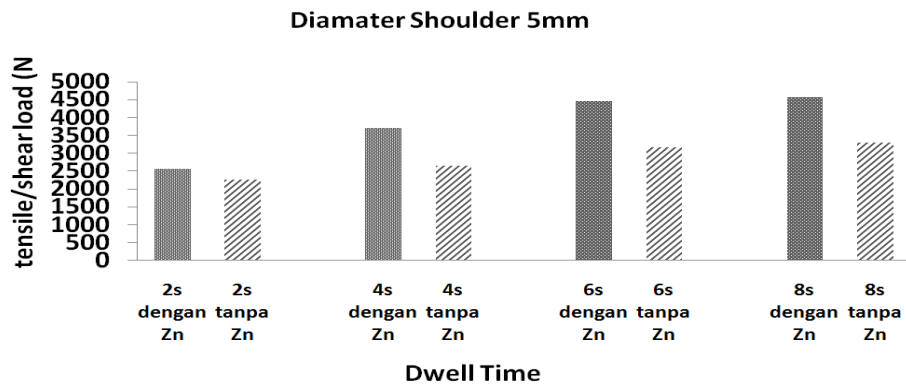
Material dalam sambungan *FSSW* secara lebih terperinci dilakukan pengujian komposisi kimia. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada **Tabel.1**

**Tabel.1** komposisi kimia material yang digunakan

Unsur	Persentase (%)	Unsur	Persentasi (%)
Si	0.12	Ti	0.0159
Fe	0.496	Cr	0.001
Cu	0.099	Ni	0.0005
Mg	0.1265	Pb	0.0191
Zn	0.2001	Sn	0.0055
Al	98.78		

### *Pengujian tarik geser*

**Gambar 2.1** menunjukkan hasil dari punggujian tarik geser sambungan *FSSW*. Terdapat perbedaan yang cukup signifikan pada hasil pengujian dengan penambahan *interlayer* Zn. Variasi *dwell time* yang diberikan memberikan perbedaan nilai pada setiap pengelasan. Penggunaan *interlater* Zn pada *dwell time* 8s memiliki nilai 5.4kN dan pada *dwell time* 2s memiliki nilai 2.5kN. variasi pengelasan yang tidak diberikan *interlayer* Zn memiliki kecenderungan memiliki nilai yang lebih rendah. Nilai tertinggi sambungan tanpa penambahan *interlayer* Zn terdapat pada *dwell time* 8 dan nilai terendah pada *dwell time* 2s. Penggunaan *dwell time* yang berdeda memiliki pengaruh pada kemampuan sambungan [19].



Gambar 2.1 pengujian tarik geser sambungan FSSW

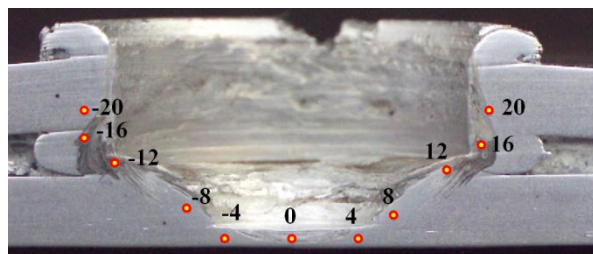
Table.2 Ringkasan data pengujian tarik geser sambungan FSSW penelitian yang telah dilakukan sebelumnya dengan *interlayer Zn*

Material	Ketebalan (mm)	Pin dan kombinasi	Maximum load (kN)	Ref.
AZ31-AZ31	2.4	Cylindrical pin/FSSW, FSSW+ Zn interlayer	2.4, 4.1	[18]
AZ80-AZ80	2.4	Cylindrical pin/FSSW, FSSW+ Zn interlayer	1.9, 4.0	[18]
AZ31-AZ80	2.4	Cylindrical pin/FSSW, FSSW+ Zn interlayer	1.8.39	[18]
AZ31-AZ31	2.4	Threaded pin/FSSW, FSSW+ 0.04, 0.08, 0.12, 0.16 mm Zn interlayer	2.7, 4.2, 4.6, 5.2, 4.1	[20]
AZ31-AZ31	2.4	flat, concave dan convex	3.8, 6.6, 6.4	[21]
AA1100-AA1100	1.6	Diameter shaoulder 10 mm, diameter pin 2 mm	4.6	[22]

Table. 2.1 menunjukkan efek penggunaan *interlayer Zn* pada sambungan FSSW. Penggunaan variabel yang berbeda menghasilkan kekuatan uji tarik geser yang bervariasi. Faktor ketebalan, jenis *toll* dan gandingan metode pengelasan menyebabkan perbedaan kekuatan sambungan. Penggunaan *interlayer Zn* terbukti memiliki kemampuan sambungan yang lebih baik dari pada yang tidak menggunakan *interlayer Zn*. Penggunaan *interlayer Zn* memiliki pengaruh yang signifikan dalam meningkatkan kemampuan sambungan.

### 1.1 Pengujian kekerasan Vickers

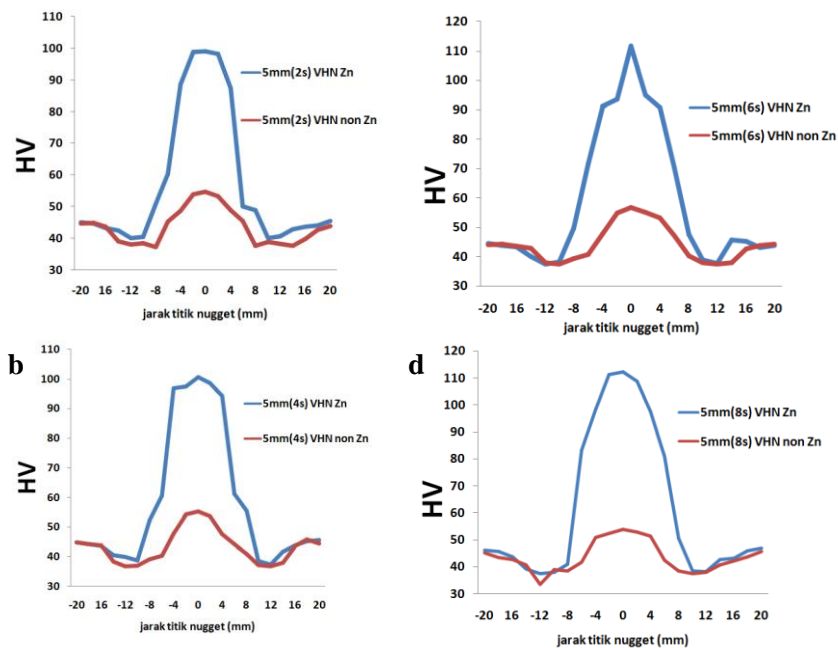
Gambar 3.1 menunjukkan posisi titik pengujian vickers dilakukan.



Gambar 3.1 posisi titik pengujian vickers

a

c



Gambar 3.1. a.b.c.d variasi diameter shoulder 5mm dwell time (2s, 4s, 6s, 8s)

gambar 3.1 menunjukkan distribusi kekerasan *vickers* pada sambungann FSSW. Hasil pengujian secara menyeluruh menunjukkan kekerasan tertinggi terletak pada stir zone (SZ). Variasi penggunaan *interlayer Zn* memiliki nilai kekerasan yang lebih tinggi dari pada tanpa penggunaan *interlayer Zn*. Kemampuan tertinggi terdapat pada variasi *dwell time* 8s dengan nilai 115HV. Nilai terendah terdapat dapat variasi 2s dengan nilai 99HV. Profil pengujian kekerasan menunjukkan *W-shaped* pada semua variasi *dwell time*[24]. Penggunaan *interlayer Zn* pada pengelasan FSSW mampu meningkatkan nilai kekerasan[23]. Pada penelitian ini membahas sambungan FSSW menggunakan *interlayer Zn* dengan variasi *dwell time* pada material aluminium.

### Kesimpulan

Penambahan *interlayer Zn* pada pengelasan FSSW mampu meningkatkan kekuatan tarik 5.4kN pada dwell time 8s. Pengujian kekerasan menunjukkan nilai tertinggi pada sambungan yang menggunakan *interlayer Zn*. Nilai kekerasan tertinggi terdapat pada daerah stir zone sebesar 99HV.

### Referensi

- [1] O. N. Kusminingrum, "POTENSI TANAMAN DALAM MENYERAP CO<sub>2</sub> DAN CO UNTUK MENGURANGI DAMPAK PEMANASAN GLOBAL," vol. 3, no. 2, 2008.
- [2] M. Agus, Fahmuddin and Runtuuwu, Eleonora and June, Tania and Susanti, Erni and Komara, Herna and Syahbuddin, Haris and Las, Irsal and van Noordwijk, "Carbon dioxide emission in land use transitions to plantation," *J. Litbang Pertan.*, vol. 28, no. 4, pp. 199–126, 2009.
- [3] D. Muziansyah, "Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi ( Studi Kasus : Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar Lampung ) Terminal Pasar Bawah Ramayana yang berada di pusat Kota Bandar Lampung Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi " dengan studi kasus," vol. 3, no. 1, pp. 57–70, 2015.
- [4] C. Yuce, F. Karpat, and N. Yavuz, "Investigations on the microstructure and mechanical properties of laser welded dissimilar galvanized steel – aluminum joints," 2019.

- [5] M. D. Tier *et al.*, "The influence of refill FSSW parameters on the microstructure and shear strength of 5042 aluminium welds," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 213, no. 6, pp. 997–1005, 2013, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2012.12.009.
- [6] R. Balasundaram, V. K. Patel, S. D. Bhole, and D. L. Chen, "Materials Science & Engineering A Effect of zinc interlayer on ultrasonic spot welded aluminum-to-copper joints," *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 607, pp. 277–286, 2014, doi: 10.1016/j.msea.2014.03.135.
- [7] X. Dai, H. Zhang, H. Zhang, J. Liu, and J. Feng, "Joining of magnesium and aluminum via arc-assisted ultrasonic seam welding with Sn/Zn composite interlayer," *Mater. Lett.*, vol. 178, pp. 235–238, 2016, doi: 10.1016/j.matlet.2016.04.064.
- [8] S. Dhara and A. Das, "Impact of ultrasonic welding on multi-layered Al–Cu joint for electric vehicle battery applications: A layer-wise microstructural analysis," *Mater. Sci. Eng. A*, p. 139795, 2020, doi: 10.1016/j.msea.2020.139795.
- [9] H. T. Fujii, Y. Goto, Y. S. Sato, and H. Kokawa, "Microstructure and lap shear strength of the weld interface in ultrasonic welding of Al alloy to stainless steel," *Scr. Mater.*, vol. 116, pp. 135–138, 2016, doi: 10.1016/j.scriptamat.2016.02.004.
- [10] X. Gu, C. Sui, J. Liu, D. Li, Z. Meng, and K. Zhu, "Microstructure and mechanical properties of Mg/Al joints welded by ultrasonic spot welding with Zn interlayer," *Mater. Des.*, vol. 181, p. 108103, 2019, doi: 10.1016/j.matdes.2019.108103.
- [11] J. Chen, X. Yuan, Z. Hu, T. Li, K. Wu, and C. Li, "Improvement of resistance-spot-welded joints for DP 600 steel and A5052 aluminum alloy with Zn slice interlayer," *J. Manuf. Process.*, vol. 30, pp. 396–405, 2017, doi: 10.1016/j.jmapro.2017.10.009.
- [12] M. Huang, Q. Zhang, L. Qi, L. Deng, and Y. Li, "Effect of external magnetic field on resistance spot welding of aluminum alloy AA6061-T6," *J. Manuf. Process.*, vol. 50, no. December 2019, pp. 456–466, 2020, doi: 10.1016/j.jmapro.2020.01.005.
- [13] M. Haghshenas, A. Abdel-Gwad, A. M. Omran, B. G??k??e, S. Sahraeinejad, and A. P. Gerlich, "Friction stir weld assisted diffusion bonding of 5754 aluminum alloy to coated high strength steels," *Mater. Des.*, vol. 55, pp. 442–449, 2014, doi: 10.1016/j.matdes.2013.10.013.
- [14] R. Thompson, G. Alvarez, and S. C. Absi, "Two gas metal arc welding process dataset of arc parameters and input parameters," vol. 35, 2021, doi: 10.1016/j.dib.2021.106790.
- [15] Y. Bozkurt and M. K. Bilici, "Application of Taguchi approach to optimize of FSSW parameters on joint properties of dissimilar AA2024-T3 and AA5754-H22 aluminum alloys," *Mater. Des.*, vol. 51, pp. 513–521, 2013, doi: 10.1016/j.matdes.2013.04.074.
- [16] J. Y. Cao, M. Wang, L. Kong, and L. J. Guo, "Hook formation and mechanical properties of friction spot welding in alloy 6061-T6," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 230, pp. 254–262, 2016, doi: 10.1016/j.jmatprotec.2015.11.026.
- [17] B. Hessel, U. Fuad, H. Suhuddin, G. Zepon, and C. Bolfarini, "Materials Science & Engineering A Refill friction stir spot welding of AA6082-T6 alloy : Hook defect formation and its influence on the mechanical properties and fracture behavior," *Mater. Sci. Eng. A*, no. October, p. 138724, 2019, doi: 10.1016/j.msea.2019.138724.
- [18] 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,” vol. 69, pp. 163–169, 2015, doi: 10.1016/j.matdes.2014.12.045.
- [19] N. Farmanbar, S. M. Mousavizade, and H. R. Ezatpour, “Achieving special mechanical properties with considering dwell time of AA5052 sheets welded by a simple novel friction stir spot welding,” *Mar. Struct.*, vol. 65, no. December 2018, pp. 197–214, 2019, doi: 10.1016/j.marstruc.2019.01.010.
- [20] 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 AZ31 Mg alloy,” *J. Mater. Sci.*, pp. 4160–4173, 2015, doi: 10.1007/s10853-015-8841-3.
- [21] R. Z. Xu, D. R. Ni, Q. Yang, C. Z. Liu, and Z. Y. Ma, “Journal of Materials Science & Technology Pinless Friction Stir Spot Welding of Mg – 3Al – 1Zn Alloy with Zn Interlayer,” vol. 32, pp. 76–88, 2016, doi: 10.1016/j.jmst.2015.08.012.
- [22] 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,” *MATEC Web Conf.*, vol. 218, pp. 1–6, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201821804005.
- [23] A. Boucherit and R. Taillard, “Effect of a Zn interlayer on dissimilar FSSW of Al and Cu,” *Mater. Des.*, 2017, doi: 10.1016/j.matdes.2017.03.063.
- [24] 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.