

ANALISIS PENGUJIAN TARIK PADA PENYAMBUNGAN ALUMINIUM-TEMBAGA dengan PROSES *FRICITION STIR WELDING*

Jupri¹, Muhammad Ikhsan¹, Siswandi B¹, Zulkarnain¹

¹Jurusan Teknik Perkapalan. Politeknik Negeri Bengkalis
Jl. Leseng. Sungai Alam, Bengkalis, Riau, 28712

Email: jupri@polbeng.ac.id¹, ikhsan@polbeng.ac.id¹, siswandi@polbeng.ac.id¹,
zulkarnainzul@polbeng.ac.id¹

Abstrak

Pengaruh bentuk sisi sambungan las antara aluminium A 5083 dan tembaga C 11000 yang diproses dengan friction stir welding terhadap sifat mekanik dan struktur mikro telah dievaluasi. Jenis sisi sambungan yang digunakan adalah linier-shaped, tooth-shaped dan saw-shaped. Tool yang digunakan berbentuk trapesium yang memiliki pin berulir dengan jarak pitch 0,5 mm. Parameter proses dibuat konstan yaitu putaran spindle 1500 rpm, traverse speed 24 mm/min, kemiringan tool 2°. Hasil pengujian menunjukkan nilai kekuatan tarik sambungan las dengan bentuk sisi linier-shaped adalah 151 MPa, tooth-shaped 113 MPa dan saw-shaped 167 MPa.

Kata Kunci: Las, struktur mikro, rpm, kekuatan, sambungan.

Abstract

The effect of welding joint side between aluminum A 5083 and copper C 11000 processed by friction stir welding on mechanical properties and microstructure were observed. Linear shaped, tooth shaped, and saw shaped were used as welding joint side. The trapezium tool with pin screw was used in distance pitch of 0.5 mm. The parameter process was set constant for 1500 rpm, transverse speed 24 mm/min, and tilt angle 2°. The results show that the tensile strength of linear shaped welded joints with 151 MPa, tooth shaped 113 MPa, and saw shaped 167 MPa.

Keyword: Welding, microstructure, rpm, strength, joint.

1. PENDAHULUAN

Friction stir welding (FSW) merupakan salah satu varian dari pengelasan gesek. Pada pengelasan ini logam disambung dan diputar menggunakan pahat khusus sehingga logam tercampur dalam keadaan padat pada sisi sambungan. Akibat adanya gesekan antara *tool* dan benda kerja sehingga menghasilkan panas yang cukup untuk membuat material menjadi lebih lunak untuk terdeformasi sehingga mudah tercampur [1]. Pada proses ini tidak terjadi pencairan logam sehingga penyambungan dapat dilakukan pada logam sejenis atau berbeda jenis [2–4].

Penyambungan material dengan FSW membutuhkan geometri *tool* dan parameter proses yang sesuai terutama pada pengelasan logam berbeda jenis seperti aluminium dengan tembaga. *Kush et al* telah melaporkan pengaruh rancangan *tool* terhadap sifat

mekanik sambungan dan struktur mikro las FSW pada aluminium dan tembaga [5].

Disebutkan bahwa parameter lain pengelasan FSW adalah kecepatan putaran *tool* pada saat proses [3, 6–8], dan kontrol kecepatan transversal [9, 10]. Selain itu diameter dari *shoulder* dapat mempengaruhi hasil pengelasan FSW [11–13]. Peneliti lain juga telah melaporkan pengaruh geometri pin terhadap perilaku aliran material serta distribusi regangan dalam logam. Pin yang baik seharusnya mampu mengaduk logam pada memajukan sisi lasan (*advancing side of weld*) dan sisi mundur las (*retreating side of weld*) [14–18]. Pin yang memiliki ulir akan mempunyai kemampuan menghasilkan dan mempertahankan panas berkelanjutan pada proses FSW [19–21]. Para peneliti terdahulu mengatakan bahwa geometri *tool* dapat mempengaruhi hasil dari sifat mekanik [22–24], dan struktur mikro sambungan las [22, 25]

Pada penelitian ini, penulis akan mengkarakterisasi sifat mekanis dan fisis sambungan dissimilar metal yaitu antara aluminium A 5083 dengan tembaga C 11000 hasil pengelasan FSW menggunakan *tool* bentuk trapesium dan sambungan las *linier-shaped*, *tooth-shaped* dan *saw-shaped*.

2. METODE

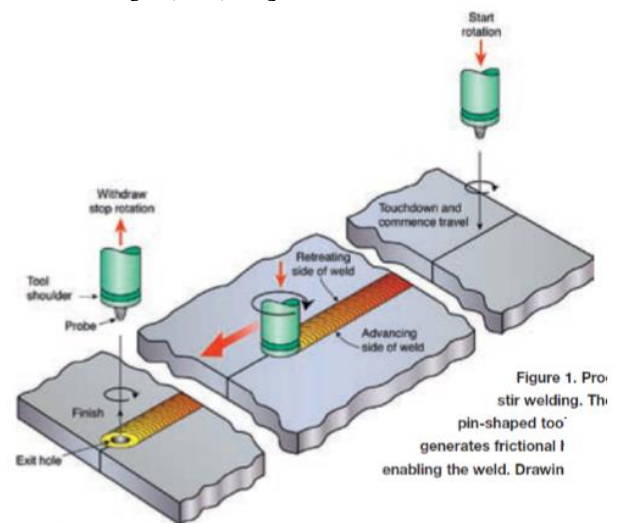
Pada penelitian ini, material-material yang akan digunakan penulis adalah Material *tool*. Jenis material *tool* yang digunakan adalah baja perkakas dengan tipe H13. Baja perkakas H13 termasuk baja paduan yang memiliki ketangguhan cukup baik (*heat softening*) karena adanya unsur pembentuk karbida seperti chromium, molybdenum dan vanadium.

Material sambungan las Aluminium paduan yang digunakan untuk sambungan las *friction stir welding* adalah tipe A 5083, dikarenakan memiliki sifat mampu las yang baik. Sedangkan material sambungan las lainnya adalah tembaga dengan tipe C 11000. Tembaga jenis ini telah dimurnikan dalam dapur permurnian dan mengandung oksigen sebesar 0,04%.

2.1 Prinsip Kerja FSW

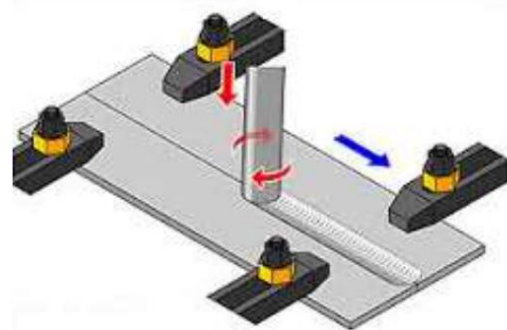
Penyambungan semilar maupun dissimilar metal. Prinsip kerja FSW dimana panas gesekan (*frictional heat*) dihasilkan dari gesekan antara probe dan *shoulder* dari *welding tool* terhadap benda kerja. Panas yang dihasilkan dari proses pengadukan mekanik (*mechanical mixing*) akan menyebabkan material melunak tanpa melewati titik leburnya (*melting point*), hal inilah yang memungkinkan *tool* pengelasan bisa bergerak sepanjang jalur pengelasan. Ketika *welding tool* bergerak sepanjang jalur pengelasan, permukaan depan pin akan memberikan gaya dorong plastis terhadap material ke arah belakang pin sambil memberikan gaya tampa untuk mengkonsolidasikan logam las. Ukuran panjang pin harusnya lebih pendek dari tebal benda kerja, namun pada bagian sisi *shoulder*

harus bersentuhan dengan permukaan benda kerja yang berfungsi untuk meratakan hasil dari lasan [26, 33, 34].



Gambar 1. Prinsip kerja FSW [26]

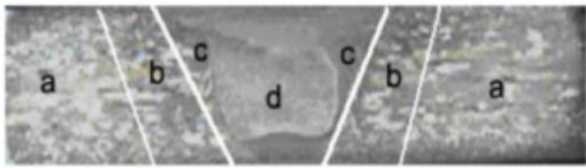
Material las dicekam dengan menggunakan ragum dan ditempatkan di atas *backing plate* sehingga beban yang diberikan oleh *tool* dan diteruskan ke benda kerja tidak menyebabkan bagian bawah plat yang dilas terdeformasi [35].



Gambar 2. Ragum [35]

Panas yang dihasilkan membuat logam disekitar pin menjadi melunak akibat adanya rotasi dan translasi dari material *tool* yang ada di depan pin bergerak ke belakang pin dan ini terjadi terus-menerus selama proses translasi berlangsung sehingga menghasilkan sambungan. Panas selama proses pengelasan selalu diasumsikan terjadi dalam laju yang konstan kecuali pada awal dan akhir proses [1]. Aliran massa material dianggap sebagai aliran

non-newtonian, incompressible, dan viscoplastic.



Gambar 3. Heat zone (a. BM, b. HAZ, c. TMAZ, d. FSPZ) pada FSW [6, 25]

Distribusi temperatur akan mempengaruhi mikro struktur hasil lasan, termasuk ukuran butir, karakter batas butir, serta *coarsening* dan *disolusi presipitat*. Akibat terjadinya panas maka perubahan struktur mikro pada area yang di las dan dapat dibagi menjadi [33] zona yaitu *Base metal* (BM), area logam induk yang tidak terkena pengaruh panas yang dihasilkan selama proses FSW berlangsung. *Heat affected zone* (HAZ), daerah yang tidak pernah mencair dan tidak mengalami deformasi plastis tetapi mengalami perubahan struktur mikro dan sifat mekanik akibat terpengaruh panas. *Thermo mechanically affected zone* (TMAZ), daerah yang tidak pernah mencair dan tidak mengalami rekristalisasi tetapi mengalami deformasi plastis yang menyebabkan terjadi perubahan struktur mikro akibat pengaruh panas. Dan ada batas yang membedakan antara area weld nugget dan area TMAZ yang terdeformasi.

Friction stir processed zone (*nugget*) tergantung dari lokasi *tool*, area yang dekat dengan posisi *tool* akan mengalami rekristalisasi dinamik, bentuk butir pada area stir zone berupa equiaxed grain, ukuran bisa lebih kecil atau besar dibandingkan base metal.

2.2 Keuntungan las FSW

Adapun keuntungan yang akan diperoleh dari melakukan las friction stir *welding* adalah pengelasan sangat aman karena tidak memiliki asap, dapat digunakan pada semua posisi partikel dan horizontal, efek dari pembekuan porositas atau retak tidak terjadi dan bisa digunakan untuk pengelasan logam sesama jenis ataupun berbeda jenis, variannya sangat

banyak dan bisa digunakan pada material yang sangat tipis [33, 34].

2.3 Kelemahan Las FSW

Kelemahan-kelemahan dari las friction stir *welding* adalah adanya lubang (*exit hole*) setelah proses pengelasan, kurang fleksibel dibandingkan pengelasan manual, proses pengelasan agak lambat dan membutuhkan gaya yang besar untuk memutar dan menahan bahan dan permukaan sambungan tidak rata terhadap *base metal* [34].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Langkah terakhir dari penelitian yang telah dilakukan adalah pengelasan dan hasil dari pengelasan pada sambungan.

3.1 Hasil Sambungan Las FSW

Adapun hasil dari sambungan las (*linier-shaped, tooth-shaped* dan *saw-shaped*), dapat dilihat pada (Gambar 4, Gambar 5 dan Gambar 6). pada proses penyambungan material Al-Cu dengan menggunakan las FSW, arah putaran *tool* diawali dari posisi tembaga ke arah aluminium, Al bertindak sebagai *advancing side of weld* yang melapisi bagian Cu pada *retreating side of weld*.



Gambar 4. Hasil Sambungan Las Linier-Shaped



Gambar 5. Hasil Sambungan Las Tooth-Shaped



Gambar 6. Hasil Sambungan Las Saw-Shaped

3.2 Hasil Pengujian Tarik

Sifat mekanik dari sambungan las (*linier-shaped*, *tooth-shaped* dan *saw-shaped*), dengan menggunakan parameter prosesnya adalah kecepatan putaran spindle 1500 rpm, kecepatan transversal 24 mm/min dan kemiringan dari *tool* 2°. Pada gambar 7 merupakan hasil dari uji tarik sambungan las Al-Cu yang diproses dengan secara FSW.

Sambungan las	Fracture tensile test	Interface fracture Al	Tensile strength (MPa)	Rata-rata (MPa)
Linier-shaped			150 151 152	151
Tooth-shaped			112 113 113	113
Saw-shaped			166 167 167	167

Gambar 7. Hasil uji tarik sambungan las

Dimana dari ketiga jenis sambungan las, patahan dari material uji tarik terletak pada *friction stir processed zone* yaitu area yang mengalami efek temperatur panas akibat dari gesekan *tool* dan benda kerja saat proses pengelasan, patahan material uji lebih dekat ke arah Al, kemudian pada permukaan patahan terlihat adanya fraksi-fraksi Cu yang menempel di sebagian sisi, serta bentuk dari patahannya material adalah getas disebabkan pada area terlihat mengkilat, patahan meluas, tidak terjadinya necking. Pada sambungan las linier-shaped menghasilkan kekuatan tarik 151 MPa, dan pada sambungan las dengan bentuk tooth-shaped menghasilkan kekuatan tarik 113 MPa, serta pada sambungan las berbentuk saw-shaped menghasilkan kekuatan tarik 167 MPa.

Efisiensi kekuatan tarik dari ketiga jenis sambungan las adalah pada penyambungan material Al-Cu dengan bentuk saw-shaped dan menghasilkan kekuatan sambungan 167 MPa, dikarenakan pada proses pengadukkan logam, logam Al-Cu ikut melunak hampir merata mengikuti putaran dari pin yang digunakan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat diambil beberapa kesimpulan dimana sambungan las pada sambungan las *linier-shaped* menghasilkan kekuatan Tarik 151 MPa. Sedangkan pada sambungan las dengan bentuk *tooth-shaped* menghasilkan kekuatan Tarik 133 Mpa, dan pada sambungan las berbentuk *saw-shaped* menghasilkan kekuatan Tarik 167 Mpa. Jadi efisiensi kekautan Tarik pada jenis sambungan ini terdapat pada penyambungan material AL-CU dengan bentuk *Saw-Shaped* yang menghasilkan kekuatan sambungan sebesar 167 MPa.

UCAPAN TERIMAKASIH

Kami ucapkan banyak terimakasih kepada seluruh pihak yang telah mendukung penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Mishra, R. S., Ma, Z. Y. 2005. Friction stir *welding* and processing, Journal of Materials Science and Engineering, Vol. 50, hal. 1–78
- [2] Fu, B., Qin, G., Li, F., Meng, X., Zhang, J., Wu, C. 2015. Friction stir *welding* process of dissimilar metals of 6061-T6 aluminum alloy to AZ31B magnesium alloy, Journal of Materials Processing Technology, Vol. 218, hal. 38–47
- [3] Khaled, T. 2005. An outsider looks at friction stir *welding*, Journal of Chief Scientific/Technical Advisor Metallurgy, Vol. 90712, No. July
- [4] Galvão, C. Leitão, A. Loureiro, and D. M. Rodrigues, “Study of the *welding* conditions during similar and dissimilar aluminium and copper *welding* based on torque sensitivity analysis,” vol. 42, pp. 259–264, 2012.
- [5] K. P. Mehta and V. J. Badheka, “Influence of *tool* pin design on properties of dissimilar copper to aluminum friction stir *welding*,” Trans. Nonferrous Met. Soc. China, vol. 27, no. 1, pp. 36–54, 2017.
- [6] K. Elangovan and V. Balasubramanian, “Influences of pin profile and rotational speed of the *tool* on the formation of friction stir processing zone in AA2219 aluminium alloy,” vol. 459, pp. 7–18, 2007.
- [7] K. P. Mehta and V. J. Badheka, “A Review on Dissimilar Friction Stir *Welding* of Copper to Aluminum: Process, Properties, and Variants A Review on Dissimilar Friction Stir *Welding* of Copper to Aluminum: Process, Properties, and Variants,” LMMP, vol. 31, no. 3, pp. 233–254, 2016.
- [8] A. Esmaili, H. R. Z. Rajani, M. Sharbati, M. K. B. Givi, and M. Shamanian, “Intermetallics The role of rotation speed on intermetallic compounds formation and mechanical behavior of friction stir welded brass / aluminum 1050 couple,” Intermetallics, vol. 19, no. 11, pp. 1711–1719, 2011.
- [9] M. F. X. Muthu and V. Jayabalan, “*Tool* travel speed effects on the microstructure of friction stir welded aluminum-copper joints,” J. Mater. Process. Technol., vol. 217, pp. 105–113, 2015.
- [10] J. J. Shen, H. J. Liu, and F. Cui, “Effect of *welding* speed on microstructure and mechanical properties of friction stir welded copper,” Mater. Des., vol. 31, no. 8, pp. 3937–3942, 2010.
- [11] K. P. Mehta and V. J. Badheka, “Influence of *tool* design and process parameters on dissimilar friction stir *welding* of copper to AA6061-T651 joints,” pp. 16–21, 2015.
- [12] E. T. Akinlabi, E. T. Akinlabi, and A. P. Kingsway, “Effect of *Shoulder* Size on Weld Properties of Dissimilar Metal Friction Stir Welds,” vol. 21, no. July, pp. 1514–1519, 2012.
- [13] I. Galvão, J. C. Oliveira, A. Loureiro, and D. M. Rodrigues, “Intermetallics Formation and distribution of brittle structures in friction stir *welding* of aluminium and copper : In fl uence of *shoulder* geometry,” Intermetallics, vol. 22, pp. 122–128, 2012.
- [14] N. Dialami, M. Chiumenti, M. Cervera, and C. A. De Saracibar, “An apropos kinematic framework for the numerical modeling of friction stir *welding*,” Comput. Struct., vol. 117, pp. 48–57, 2013.
- [15] C. A. De Saracibar, M. C. M. Cervera, and N. D. A. Seret, “Computational Modeling and Sub-Grid Scale Stabilization of Incompressibility and Convection in the Numerical

- Simulation of Friction Stir *Welding* Processes,” pp. 3–37, 2014.
- [16] P. Bussetta, “Numerical Simulation and Visualization of Material Flow in Friction Stir *Welding* via Particle Tracing,” pp. 157–169.
- [17] P. Bussetta, N. Dialami, M. Chiumenti, C. A. De Saracibar, M. Cervera, R. Boman, and J. Ponthot, “3D numerical models using a fluid or a solid formulation of FSW processes with a non-cylindrical pin,” *Adv. Model. Simul. Eng. Sci.*, 2015.
- [18] Z. Sun and C. S. Wu, “A numerical model of pin thread effect on material flow and heat generation in shear layer during friction stir *welding*,” vol. 36, no. August, pp. 10–21, 2018.
- [19] D. H. Lammlein, “No Title,” pp. 1–36, 1991.
- [20] R. Beygi, M. Z. Mehrizi, D. Verdera, and A. Loureiro, “Influence of *tool* geometry on material flow and mechanical properties of friction stir welded Al-Cu bimetals,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 255, no. January, pp. 739–748, 2018.
- [21] Y. Zhao, S. Lin, F. Qu, and L. Wu, “Influence of pin geometry on material flow in friction stir *welding* process,” no. April 2016, 2006.
- [22] M. F. X. Muthu and V. Jayabalan, “Effect of pin profile and process parameters on microstructure and mechanical properties of friction stir welded Al – Cu joints,” *Trans. Nonferrous Met. Soc. China*, vol. 26, no. 4, pp. 984–993, 2016.
- [23] Y. Z. T, S. Lin, L. Wu, and F. Qu, “The influence of pin geometry on bonding and mechanical properties in friction stir weld 2014 Al alloy,” vol. 59, no. 2005, pp. 2948–2952, 2014.
- [24] D. G. Hattingh, C. Blignault, T. I. van Niekerk, and M. N. James, “Characterization of the influences of FSW *tool* geometry on *welding* forces and weld tensile strength using an instrumented *tool*,” *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 203, no. 1–3, pp. 46–57, 2008.
- [25] K. Elangovan and V. Balasubramanian, “Materials & Design Influences of *tool* pin profile and *tool shoulder* diameter on the formation of friction stir processing zone in AA6061 aluminium alloy,” vol. 29, pp. 362–373, 2008.
- [26] T. Handbook, “Friction Stir *Welding*.”
- [27] W. Zhang, Y. Shen, Y. Yan, and R. Guo, “Dissimilar friction stir *welding* of 6061 Al to T2 pure Cu adopting tooth-shaped joint configuration: Microstructure and mechanical properties,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 690, pp. 355–364, 2017.
- [28] H. J. Liu, J. J. Shen, L. Zhou, Y. Q. Zhao, C. Liu, and L. Y. Kuang, “Microstructural characterisation and mechanical properties of friction stir welded joints of aluminium alloy to copper,” vol. 16, no. 1, pp. 92–99, 2011.
- [29] P. Liu, Q. Shi, W. Wang, X. Wang, and Z. Zhang, “Microstructure and XRD analysis of FSW joints for copper T2/aluminium 5A06 dissimilar materials,” *Mater. Lett.*, vol. 62, no. 25, pp. 4106–4108, 2008.
- [30] S. Tavassoli, M. Abbasi, and R. Tahavvori, “Controlling of IMCs layers formation sequence, bond strength and electrical resistance in Al—Cu bimetal compound casting process,” *Mater. Des.*, vol. 108, pp. 343–353, 2016.
- [31] P. Xue, B. L. Xiao, D. R. Ni, and Z. Y. Ma, “Enhanced mechanical properties of friction stir welded dissimilar Al-Cu joint by intermetallic compounds,” *Mater. Sci. Eng. A*, vol. 527, no. 21–22, pp. 5723–5727, 2010.
- [32] M. P. Mubiayi and E. T. Akinlabi, “Characterization of the intermetallic compounds in aluminium and copper friction stir spot welds,” *Mater. Today Proc.*, vol. 4, no. 2, pp. 533–540, 2017.

- [33] T. H. E. Volume, C. Were, D. Leroy, T. a Siewert, S. Liu, and G. R. Edwards, "Volume Handbook. the Volume Was Prepared Under the Direction of the Asm Handbook," *Weld. Brazing Solder.*, vol. 6, p. 2873, 1993.
- [34] Friction stir *welding* Related titles:
- [35] R. Omesh and D. Dolas, "A Review on *Tool* materials, geometries and *welding* variables used for Friction Stir *Welding*," no. 3, pp. 3870–3875, 2016.