

Studi Pengaruh Derajat Kemiringan *Tool Head* Terhadap Hasil Pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW)

Muhamad Leon Habibi*), Muhamad Zainal Fanani**)

Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang*)

Program Studi Mekanisasi Perikanan, Politeknik Kelautan dan Perikanan Kupang**)

Email: muhamad_leon@ymail.com

ABSTRAK

Aluminium dan paduannya merupakan logam non-ferrous yang banyak digunakan pada industri perkapalan karena aluminium merupakan logam ringan, memiliki kekuatan tarik relatif tinggi dan ketahanan terhadap korosi yang baik. Friction-stir Welding (FSW) merupakan pengelasan yang banyak digunakan pada pelat tipis aluminium. Masukan Panas pada Pengelasan FSW dipengaruhi derajat kemiringan Head tool terhadap material. Penelitian ini bertujuan mengetahui derajat kemiringan yang optimal pada pengelasan FSW. Parameter yang digunakan pada penelitian ini adalah kecepatan putar 1500 rpm, kecepatan pengelasan 1,33 mm/s dengan ketebalan material yang sama yaitu 4mm dan jenis sambungan yang digunakan lap joint mengacu pada standar AWS. Pada penelitian ini dilakukan Variasi kemiringan tool head yaitu 0°, 1°, 2° dan 3° dan pengaruhnya terhadap hasil pengelasan. Hasil penelitian menunjukkan pengelasan dengan sudut kemiringan 0° dan 1° terlihat cacat atau defect undercut yang disebabkan masukan panas berlebih saat pengelasan. Pengelasan dengan derajat kemiringan 2° menunjukkan hasil pengelasan baik saat awal pengelasan, tetapi saat pertengahan pengelasan terlihat defect undercut. Pengelasan dengan sudut kemiringan 3° menunjukkan hasil yang paling baik dengan tidak terlihat cacat atau defect akibat pengelasan. Berdasarkan hasil penelitian secara visual terlihat pengelasan dengan sudut kemiringan 3° memiliki hasil yang paling baik. Hal ini disebabkan masukan panas pada pengelasan dengan kemiringan head tool 3° tidak berlebihan sehingga tidak terjadi cacat atau defect secara visual.

Kata Kunci: Industri, Pengelasan, *Tool Head*

ABSTRACT

Aluminum and its alloys are non-ferrous metals which are widely used in the shipping industry because aluminum is a lightweight metal, has a relatively high tensile strength and good corrosion resistance. Friction-stir Welding (FSW) is a welding that is widely used on thin aluminum plates. The heat input of the FSW welding is affected by the degree of tilt of the head tool to the material. This study aims to determine the optimal degree of slope in FSW welding. The parameters used in this study are 1500 rpm rotational speed, 1.33 mm / s welding speed with the same material thickness of 4mm and the type of connection used by lap joint refers to the AWS standard. In this study, the tool head tilt variation is 0°, 1°, 2° and 3° and the effect on the welding results. The results of the study show that welding with a slope angle of 0° and 1° shows visible defects or undercut defects caused by overheating when welding. The results of welding with a degree of slope 2° show the results of welding is good at the beginning of welding, but in the middle of welding visible defect undercut. Tilt angle welding shows the best results with no visible defects due to welding. The results showed that visually the results of welding with a slope angle 3° had the best results. This was due to the heat input on the welding with the head tool tilt not excessive so there was no visual defect.

Keywords: Industry, Welding, *Tool Head*

I. PENDAHULUAN

Aluminium dan paduannya adalah logam non-ferrous yang banyak digunakan di industri seperti industri otomotif, perkapalan, perminyakan dan pesawat terbang. Aluminium merupakan material teknik yang penting mengingat kebutuhan aluminium dunia per tahun

mencapai 24 juta ton. [5] Aluminium murni memiliki kekuatan yang relatif rendah, sehingga

untuk meningkatkan sifat mekanisnya aluminium murni ditambahkan unsur paduan (*aluminium alloy*) [1].

Teknik las *Friction stir welding* (FSW) merupakan teknologi pengelasan *solid-state joining* [8]. Material yang dilas dengan proses

FSW masih berada pada fasa *solid* dan tidak menggunakan logam tambahan sebagai *filler* [12]. Solid state welding merupakan proses pengelasan dimana proses penyambungan material diperoleh dari penerapan tekanan pada benda kerja atau kombinasi antara pemberian panas dan tekanan pada benda kerja [17].

Friction stir welding (FSW) merupakan pengelasan dengan menggunakan alat yang berputar (*Rotating Tool*) untuk menghasilkan panas [11]. Proses pengelasan FSW terjadi pada temperatur dibawah temperatur cair material dan tidak menggunakan logam pengisi (*Filler*) sehingga FSW termasuk *Unconsumable solid-state joining* [14]. FSW memiliki kelebihan sangat baik dalam pengelasan pelat aluminium terutama pelat tipis [9]. Pengelasan FSW digunakan pada pengelasan aluminium, mangan, titanium, kuningan [3]. Pengelasan FSW juga bisa digunakan pada pengelasan dengan material yang berbeda (*Dissimilar Material*) [20].

Sumber panas pada pengelasan FSW dari proses Mekanik, sehingga jumlah input panas berdasar persamaan berikut:

$$q_0 = \frac{4}{3}\pi^2\mu PNR^3$$

dengan q_0 merupakan masukan panas, P merupakan Tekanan (*Pressure*), N adalah kecepatan putar dan R adalah derajat kemiringan *Tool Head* [6]. Berdasarkan persamaan diatas, terlihat bahwa derajat kemiringan *Tool Head* berpengaruh sangat besar pada masukan panas yang diberikan [10]. Penelitian bertujuan mengetahui derajat kemiringan *tool head* terbaik terhadap hasil pengelasan secara visual.

Wisnu Wijayanto, dkk (2014) melakukan penelitian tentang pengaruh sudut kemiringan tool pada pengelasan FSW terhadap sifat mekanik pada material AA 5083. Penelitian ini menggunakan variasi kemiringan 1°, 2°, 3° dan 4°. Hasil penelitian memperlihatkan hasil pengelasan dengan sudut kemiringan 3° menunjukkan hasil kekuatan tarik yang paling tinggi. Pengelasan dengan sudut diatas 3° memnunjukkan penurunan kekuatan tarik hasil pengelasan.

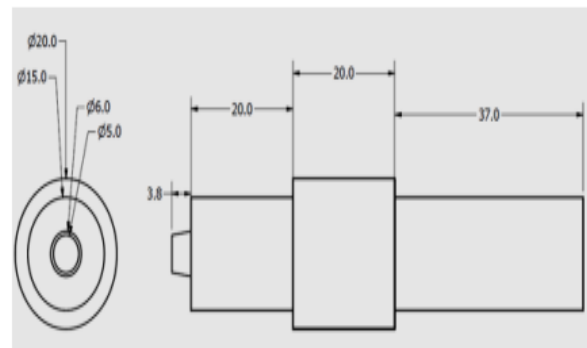
Bayu Prabandono, dkk (2018) melakukan penelitian pengaruh sudut kemiringan tool FSW terhadap sifat mekanik dan Struktur mikro pada Material AA 5083. Penelitian yang dilakukan menggunakan Variasi kemiringan *Tool Head* (*tool tilt Angel*) yaitu 1°, 2°, 3° dan 4°. Hasil penelitian menunjukkan Kekuatan tarik maksimum pada sudut kemiringan 3° dan uji face bending menunjukkan sudut 2° menunjukkan hasil yang paling baik.

Aluminium seri 6xxx memiliki sifat *Heat-Treatable* dan banyak digunakan pada bidang perkapalan. Karena aluminium seri ini memiliki sifat Heat-Treatable sehingga tidak bisa dilas dengan cara pengelasan konvensional [13]. Berdasarkan penelitian-penelitian sebelumnya tentang pengaruh sudut Tool Head pada pengelasan Friction Stir Welding, masih sedikit yang melakukan penelitian tentang pengaruh kemiringan tool Head pada hasil pengelasan secara visual dan pada material Aluminium seri 6xxx sehingga topik ini menjadi objek penelitian yang dilakukan.

II. METODE PENELITIAN

Material yang digunakan pada pembuatan *Tool head* merupakan baja karbon (*Carbon Steel*). Komposisi material pada tool head berdasarkan hasil uji komposisi yang dilakukan pada material. Pengelasan pada penelitian dilakukan menggunakan plat aluminium seri 6xxx dengan ketebalan 4mm.

Tool Head yang digunakan pada penelitian ini ditunjukkan pada gambar 1 berikut:



Gambar 1. Desain *Tool Head* Yang digunakan pada penelitian

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji Komposisi

Hasil uji komposisi Material *tool head* yang dilakukan untuk mengetahui unsur yang terkandung pada material. Hasil uji komposisi diperlihatkan pada Tabel 1.

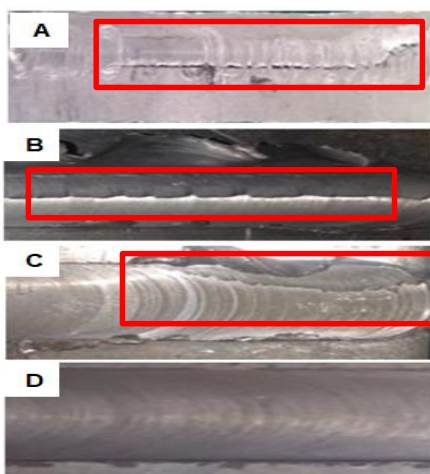
Tabel 1. Data Hasil Uji Komposisi *Tool Head*

Unsur	%
C	0,1333
Si	0,0060
S	0,2253
P	0,0610
Mn	1,1741
Ni	0,0672
Cr	0,1166
Mo	0,0091
Cu	0,1119
W	0,0027
Ti	0,0000
Sn	0,0065
Al	0,0001
NB	0,0003
V	0,0053
Co	0,0051
Pb	0,2263
Ca	0,0015
Zn	0,0015
Fe	97,84

Berdasarkan hasil uji komposisi diatas terlihat kandungan *Carbon* (C) sebesar 0,1333% dan *Mangan* (Mn) sebesar 1,1741%. Berdasarkan hasil Uji Komposisi material *Tool head* termasuk kedalam Baja Karbon Rendah dengan paduan Mangan.

Sudut Kemiringan *Tool Head*

Penelitian dilakukan dengan melakukan pengelasan dengan parameter yang sama dan **Pengaruh** ketebalan pelat yang sama. Variasi yang digunakan ialah pada sudut kemiringan pada *tool head* yaitu 0°, 1°, 2° dan 3°. hasil pengelasan yang dilakukan ditunjukkan pada Gambar 3.



Gambar 3. Hasil pengelasan dengan (a) derajat kemiringan 0°, (b) derajat kemiringan

1°, (c) derajat kemiringan 2° dan (d) dan derajat kemiringan 3°

Berdasarkan gambar 3 diatas terlihat bahwa semakin besar sudut kemiringan *tool head* maka akan mengakibatkan Ujung *Tool head* yang menekan ke Material yang dilas semakin dalam sehingga material berlebih yang terdorong keluar semakin banyak. Hal ini akan berpengaruh terhadap hasil pengelasan.

Pada Gambar 3 (a) dan (b) terlihat hasil pengelasan memiliki sisa material pada permukaan bagian yang dilas.

Berdasarkan *CSIP-TWI (Technology Welding Inspection) Section 3.6.2*, cacat pengelasan yang ditunjukkan pada gambar (a) dan (b) adalah *Excess Weld Metal* (kelebihan logam las). Hal ini terlihat pada adanya material pada permukaan daerah las. Pada pengelasan konvensional cacat las ini dapat disebabkan beberapa faktor, salah satunya adalah kelebihan energi yang diberikan. Cacat las *Excess Weld Metal* (kelebihan logam las) masuk kedalam cacat las yang harus diperbaiki karena kelebihan logam las pada permukaan daerah las dapat menjadi daerah pusat konsentrasi tegangan. Konsentrasi tegangan dapat menyebabkan daerah awal *crack* (retak), sehingga dapat menyebabkan kegagalan pada struktur pengelasan.

Gambar 3 (c) menunjukkan hasil pengelasan dengan sudut kemiringan *tool head* 2°. Berdasarkan hasil pengelasan terlihat permukaan hasil las pada awal proses pengelasan menunjukkan hasil yang baik, tetapi pada pertengahan proses pengelasan terlihat terjadi perubahan atau permukaan material las mengalami cacat las seperti pada gambar (a) dan (b) dan cacat las undercut. Cacat las Undercut yaitu cacat las yang terjadi pada pinggiran permukaan las akibat kelebihan masukan panas yang terjadi Hal ini diakibatkan akumulasi masukan panas yang diberikan pada permukaan las terjadi, sehingga pada saat pertengahan proses pengelasan terjadi perubahan hasil pengelasan.

Pada Gambar 3 (d) pengelasan dengan sudut *tool head* 3° terlihat pada permukaan material hasil pengelasan tidak terdapat cacat las (*defect*) akibat proses pengelasan seperti pada Gambar 2 (a), (b) dan (c). Terlihat permukaan las tidak terdapat *defect* hasil pengelasan. Berdasarkan *CSWIP-TWI Section 1.7*, pengecekan secara visual merupakan pengecekan dasar pada pengelasan atau lebih dikenal dengan Visual Inspection. Pada *CSWIP-TWI Section 22*, terdapat standar pada pengecekan hasil las secara Visual. Untuk cacat las (*defect*) *Excess Weld Metal* yang diizinkan pada pengelasan yaitu 2mm

dan cacat undercut maksimum 10% hingga maksimum 1mm dari kedalaman pengelasan.

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian di atas, diperoleh hasil yaitu:

1. Metode pengelasan FSW dapat digunakan pada material aluminium seri 6xxx dengan Tool Head menggunakan Baja karbon rendah dengan paduan Mangan (Mn);
2. Pengelasan dengan sudut kemiringan 3° memiliki hasil pengelasan yang paling baik dibandingkan dengan sudut kemiringan yang 0°, 1° dan 2°. Pada Pengelasan dengan sudut kemiringan tool head 0°, 1° dan 2° terdapat cacat pengelasan yang terjadi yaitu *Excess Weld Metal* dan *Undercut*. Cacat las ini terjadi akibat panas yang berlebih kelebihan energi saat proses pengelasan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] American Welding Society, Structural Welding Code-Aluminium, AWS D1.2/D1.2M:2008;
- [2] Bayu,P., Wisnu,W.,Yohanes, N.(2018). Pengaruh sudut kemiringan tool Friction Stir Welding terhadap sifat mekanik dan SStruktur Mikro pada sambungan Plat AA5083.JMPM; Jurnal Material dan Proses Manufaktur,Vol.2,No.2,96-104, Desember, 2018;
- [3] Chen S.J., Jiang XX.(2014). *Texture evolution and deformation mechanism in friction stir welding of 2219 Al*. Mater Sci Eng A 2014;612:267–77;
- [4] CSWIP-TWI,World Center For Materials Joining Technology, Visual Inspection and Typical Duties of Welding Inspectors, 2006
- [5] Cverna, F., Horesh, J., Whittle, S., Yuko, I.(2001). *Worldwide Guide to Equivalent Nonferrous Metals and Alloys*. 4th edn. ASM International, Materials Park,OH;
- [6] Dong P.(2014). *Study on microstructure and properties of friction stir welding joints of 6005A-T6 aluminum alloy*. Jilin University; 2014;
- [7] Kou. S.(2003). *Welding Metallurgy*. John Wiley & son: US
- [8] Li, J, Q., Liu, H,J.(2013) *Effects of tool rotation speed on microstructures and mechanical properties of AA2219-T6 welded by external non-rotational shoulder assisted friction stir welding*. Mater Des 2013;43:299–306;
- [9] Li Q, Wu A,P., Li Y,J., Wang GQ., Yan D,Y, Liu, J.(2015). *Influence of temperature cycles on the microstructures and mechanical properties of the partially melted zone in the fusion welded joints of 2219 aluminum alloy*. Mater Sci Eng A 2015;623:38–48;
- [10]Liu C., Qu B., Xue P., et al.(2018). *Fabrication of large-bulk ultrafine grained 6061 aluminum alloy by rolling and low-heat-input friction stir welding*. J Mater Sci Technol 2018;34:112–8;
- [11]Longo M, D’Urso G, Giardini C, Ceretti E. (2012).*Process parameters effect on mechanical properties and fatigue behavior of friction stir weld AA6060 joints*. ASME J Eng Mater Technol 2012;134:1–8;
- [12]M.N.IIman.,Kusmono.,P.T.Iswanto.(2012).*Fatigue crack growth rate behaviour of Friction-stir Aluminium alloy AA2024-T3 welds under transient thermal tensioning*. Materials and Design ,ElSevier;
- [13]Mandall. N. R.(2005). *Aluminum Welding*. Narosa Publishing House: India
- [14]Mehta K.P., Badheka V.J.(2017). *Hybrid approaches of assisted heating and cooling for friction stir welding of copper to aluminum joints*. J Mater Process Technol,2017;239:336–45;
- [15]Palanivel R., Mathews PK., Murugan,N, Dinaharan I.(2012). *Effect of tool rotational speed and profile on microstructure and tensile strength of dissimilar friction stir welded AA5083-H111 and AA6351-T6 aluminium alloys*. Mater Des 2012;40:7–16;
- [16]Rahayu .(2012). *Analisa Proses Friction Stir Welding (FSW) Pada Plat Tipis Aluminium*. Jakarta;
- [17]Tarmizi dan Boy Prayoga.(2016). *Analisa sifat mekanik dan Struktur Mikro Pada Proses Pengelasan Friction Stir welding Aluminium AA5052*. Jakarta;
- [18]Wisnu,W., Kuncoro, D.,Triyono. (2014). *Pengaruh Sudut kemiringan Tool Terhadap sifat Mekanik dan Struktur Mikro Sambungan Pelat AA5083 Pada Proses Friction Stir Welding*. Jurnal FT UNS: Mekanika, Volume 13, Nomor 1, September, 2014;
- [19]Yaduwanshi DK, Bag S, Pal S. (2016). *Numerical modeling and experimental investigation on plasma-assisted hybrid friction stir welding of dissimilar materials*. Mater Des 2016;92:166–83;
- [20]Yuh J., Chao and Xinhai Qi.(2014). *Heat Transfer and Thermo-Mechanical Analysis of Friction Stir Joining of Aluminium Alloy*

6061-T6 Plates. University of South Carolina,
Columbia, SC-29208.