

PENGARUH PANJANG PIN PADA *FRICTION STIR WELDING* (FSW) TERHADAP KEKUATAN TARIK, KEKERASAN LEMBARAN AL 5083 DAN AL 6061

Dody Prayitno ^{1)*}, Resdina Silalahi ²⁾, Triyono ³⁾

^{1,2,3)} Magister Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Trisakti

Corresponding author. dodyprayitno@trisakti.ac.id

Diterima: 1 Oktober 2023

Revisi: 15 Oktober 2023

Disetujui: 15 Oktober 2023

Terbit: 29 Oktober 2023

ABSTRAK

Tujuan riset adalah mengetahui pengaruh panjang pin pada proses Friction Stir-Welding (FSW) terhadap kekuatan tarik, kekerasan sambungan lembaran Al 5083 dan Al 6061.

Metode. Mesin yang digunakan untuk proses *friction stir welding* adalah mesin milling.

Kecepatan putar spindel adalah 1225 rpm sementara kecepatan pengelasan adalah 25

mm/menit. Variabel pin adalah 3,5 mm; 4 mm; 4,5 mm dan 5 mm. Ukuran sampel untuk

masing masing material adalah 75 x 50 x 6 mm. Kesimpulan. Penambahan panjang pin

dari 3,5 mm ke 5 mm akan meningkatkan kekuatan tarik. Penambahan Panjang pin tidak

merubah kekerasan mikro di *base metal* Al 5083 dan Al 6061. Pada daerah HAZ (antara

base metal Al 6061 dan manik las, kekerasannya paling rendah pada setiap variable pin,

diantara lokasi lainnya. Pada pengamatan mikroskop, daerah Haz (antara base metal Al

6061 dan manik las) memiliki porositas. Berdasarkan uji tarik, perpatahan terjadi daerah

HAZ (antara base metal Al 6061 dan manik las).

Kata Kunci: *Friction Stir Welding; Lembaran Aluminium; Kekuatan Tarik, Kekerasan, Mikrostruktur*

I. PENDAHULUAN

Pada penelitian terkait dua material berbeda yaitu aluminium paduan 5052 berdimensi dan baja SS400 dan *tool* yang digunakan adalah flat tool. Hasil penelitian diketahui bahwa pin berdiameter *tool*/10 mm dengan kecepatan 1600 rpm memiliki *tensile shear load* tertinggi yaitu 2413 N. Hal ini disebabkan mikrostruktur ukuran butir jauh lebih kecil dibandingkan variasi diameter tool 14 mm dan 800 rpm. (Ramadhan et al., 2018).

Dimasa mendatang teknologi penyambungan pelat aluminium serupa atau pun berbeda sangat berperan. Teknologi pengelasan *Friction Stir Welding* (FSW) memainkan peran penting (Boşneag et al., 2017). Tujuan penelitian ini adalah mengetahui pengaruh panjang pin pada friction stir welding (fsw) terhadap kekuatan tarik, kekerasan lembaran Al 5083 dan Al 6061.

II. STUDI PUSTAKA

Aluminium adalah unsur kimia golongan IIIA pada sistem periodik unsur, dan ber nomor atom 13. Berat atom aluminium adalah 26,98 gram per mol (Daryanto, 2009). Pemanfaat aluminium didalam industri manufaktur semakin meningkat (Khusaini et al.,

2021). Alumunium seri 5083 banyak digunakan pada kontruksi perkapalan dan bejana tekanan (Aziz et al., 2017). Alumunium seri 6061 memiliki kekuatan lebih tinggi dibanding dengan generasi terdahulu (Wibowo et al., 2014).

Salah satu proses penyambungan lembaran aluminium adalah dengan pengelasan FSW (Friction stir welding (Erizal, 2015). Friction stir welding (FSW) adalah proses pengelasan dalam keadaan padat (solid state) dan dapat menyatukan material yang relatif

Salah satu proses penyambungan lembaran aluminium adalah dengan Pengelasan sulit untuk dapat dilas dengan proses pengelasan biasa seperti pengelasan fusi (Mahto & Pal, 2020). Keunggulan dari pengelasan FSW adalah kekuatan sambungan lebih baik, ramah lingkungan dan hemat material (Hofmann & Vecchio, 2007).

Salah satu parameter penting pengelasan FSW adalah material pin (Wahid et al, 2018) Tool design harus memiliki kemampuan tahan panas (Abdullah. 2019) . Hal ini karena pin berfungsi menghasilkan panas dan menggerakkan material yang sedang dilas (Minton, 2008).

Pengaruh kemiringan tool telah diteliti oleh Prabandono. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa sudut kemiringan pin (*tool tilt angle*) pada pengelasan FSW berpengaruh pada kekuatan tarik, kekuatan lentur, kekerasan dan struktur mikro material AA5083 (Prabandono et al., 2018).

Pada penelitian tentang pengaruh kecepatan putar tool 540, 910, 1500 (rpm) dan kecepatan umpan 18 mm/menit diketahui bahwa kekuatan tarik optimum (176 Mpa) diperoleh ketika putar tool adalah 910 rpm sebesar (Wartono & Kuntara, 2017).

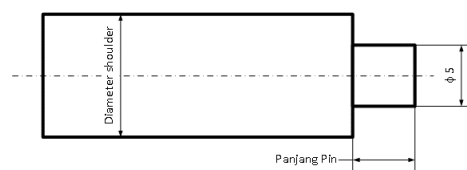
Pada penelitian tentang pengaruh variasi putaran dan diameter pin pada pengelasan FSW pada alumunium 5083 disimpulkan bahwa pin berdiamter10 mm menghasilkan rerata kekuatan tarik sebesar 145.11 MPa. Modulus elastisitas 10.18 MPa didapat bila diameter pin adalah 8 mm sebesar (Nik et al., 2017).

III METODE

Pengelasan Friction Stir Welding menggunakan mesin milling / frais seperti terlihat pada Gambar 1a. *Tool* (Gambar 1b.) berupa silinder bahu bertingkat (*shoulder and pin*), Kecepatan putar spindel adalah 1225 rpm sementara kecepatan pengelasan adalah 25 mm/menit. Panjang pin bervariasi 3,5 mm; 4 mm; 4.5 mm dan 5 mm. Lembaran Al 5083 dan Al 6061 adalah material yang akan di sambung. Dimensi sampel panjang 75, lebar 50 mm, ketebalan 6 mm. Ilustrasi penyambungan lembaran sampel diperlihatkan Gambar 2. Kode A adalah Al 5083 dan Kode B adalah Al 6061.



(a)

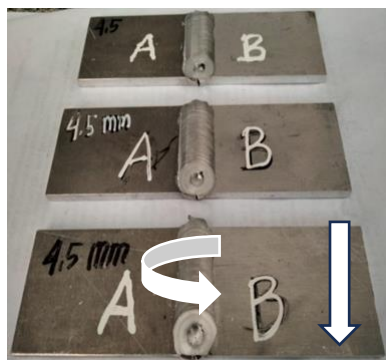


(b)

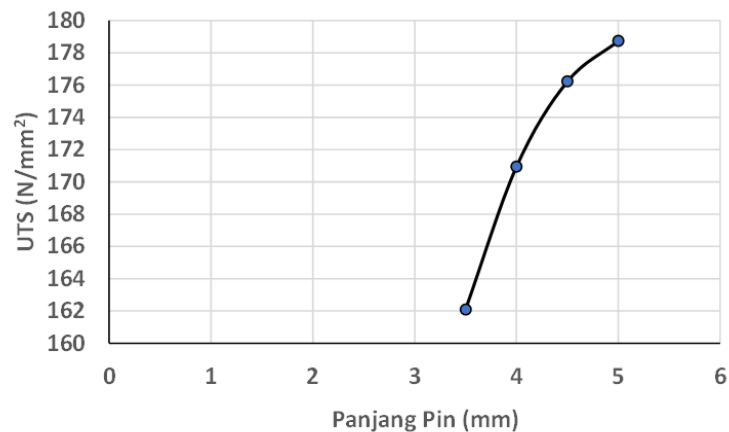
Gambar 1. Mesin *frais/milling* (a). tool (b)

IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengelasan FSW diperlihatkan pada Gambar 2.a. Pengelasan dimulai dengan memutar pin (1225 rpm) dengan arah berlawanan arah putaran jarum jam. Pin kemudian ditenamkan sedalam panjang pin. Pin lalu bergerak maju (25 mm/menit). Setelah mencapai Panjang tertentu, pin diangkat. Pin akhirnya distop. Pengangkatan pin menyebabkan terbentuknya lubang. Lubang juga ditemukan pada penelitian sebelumnya. (Pratisna *et al* ,2018)



(a)



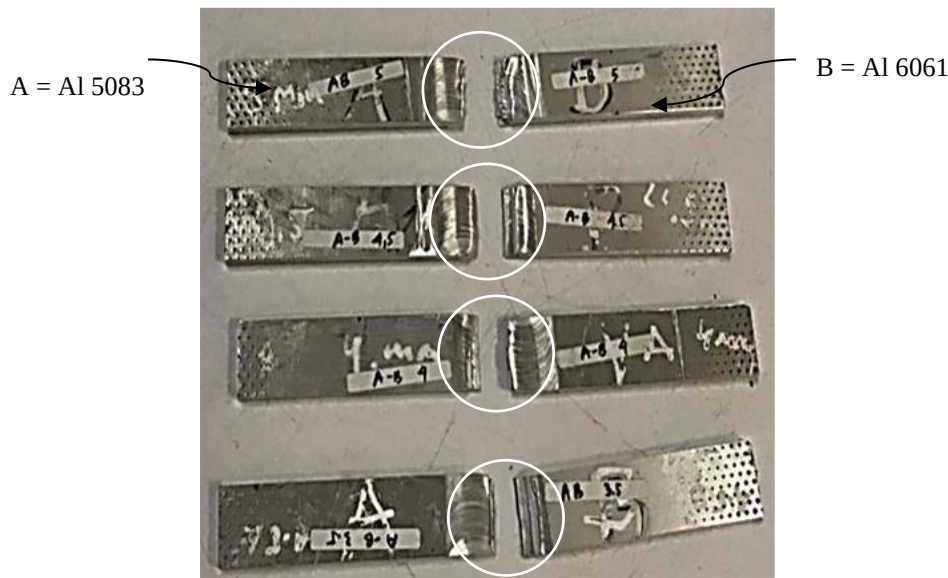
(b)

Gambar 2. Arah putar dan gerak maju pin (a). Hasil uji tarik sampel pengelasan FSW (b)

Hasil uji tarik sampel. *Ultimate tensile strength* dengan panjang pin 3,5 mm adalah 162,1 (N/mm²). Penambahan panjang pin berturut – turut menjadi 4 mm, 4,5 mm dan 5 mm akan meningkatkan kekuatan tarik masing masing menjadi 170,95 (N/mm²); 176,23 (N/mm²) dan 178,74 (N/mm²). Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa penambahan panjang pin akan meningkatkan kekuatan tarik. Penambahan panjang pin dari 3,5 mm menjadi 5 mm akan meningkatkan kekuatan tarik sebesar 10 %.

Pengujian pengelasan FSW dengan panjang pin 5,5 mm untuk ketebalan 6 mm pada logam Al 5083 dan Al 6061 telah dilakukan pada penelitian ini. Namun pengelasan tersebut menghasilkan lelehan di kedua ujung lembaran aluminium. Pengelasan gagal.

Hasil uji tarik memperlihatkan bahwa perpatahan sample uji tarik terjadi di daerah HAZ (antara logam 6061 dengan manik las) yang diperlihatkan pada lingkaran pada Gambar 3. Perpatahan pada daerah HAZ, terjadi pada semua parameter pin (3,5 mm; 4 mm; 4,5 mm dan 5 mm). Ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik dari masing-masing base metal (Al 5083 dan Al 6061) dan manik las lebih tinggi dari daerah HAZ.



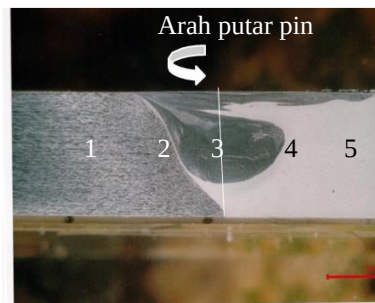
Gambar 3. Perpatahan terjadi di HAZ (antara logam 6061 dan manik las)

Pengujian kekerasan mikro Vickers (HV) dilakukan pada penampang sampel dengan lokasi yang ditunjukkan pada Gambar 4. Sampel yang dilas FSW dengan panjang pin 3,5 mm dan 5 mm. Pada lokasi 1. Nilai kekerasan base metal Al 6061 baik pin 3,5 mm atau 5 mm adalah relatif sama masing masing 73 dan 76 HV. Hasil ini memperlihatkan bahwa penambahan panjang pin dari 3,5 mm ke 5 mm tidak merubah nilai kekerasan *base metal* Al 6061. Pada lokasi 2 (HAZ). Kekerasan pada lokasi 2 adalah kekerasan yang paling rendah dari baik untuk panjang pin 3,5 mm maupun 5 mm. kekerasannya masing – masing 48 HV dan 49 HV. Pada lokasi 2 ini, terlihat bahwa penambahan panjang pin tidak mempengaruhi nilai kekerasan. Pada Lokasi 3, kekerasan adalah 73 HV bila Panjang pin 3,5 mm dan 65 HV bila Panjang pin 4. Pada lokasi 3. Penambahan Panjang pin dari 3,5 ke 5 mm tidak merubah nilai kekerasan. Pada lokasi 4. Nilai kekerasan pada daerah HAZ ini kekerasannya sedikit diatas kekerasan base metal Al 5083. Nilai kekerasan pada lokasi 4 masing -masing adalah 75 HV dan 76 HV untuk Panjang pin 3,5 mm dan 5 mm. Nilai yang relative sama ini membuktikan bahwa penambahan pajang pin tidak mempengaruhi nilai kekerasan mikro. Pada lokasi 5 (base metal Al 5083), nilai kekerasannya adalah 70 dan 71 untuk masing – masing Panjang pin 3,5 mm dan 5 mm. Penambahan Panjang pin tidak mempengaruhi nilai kekerasan.

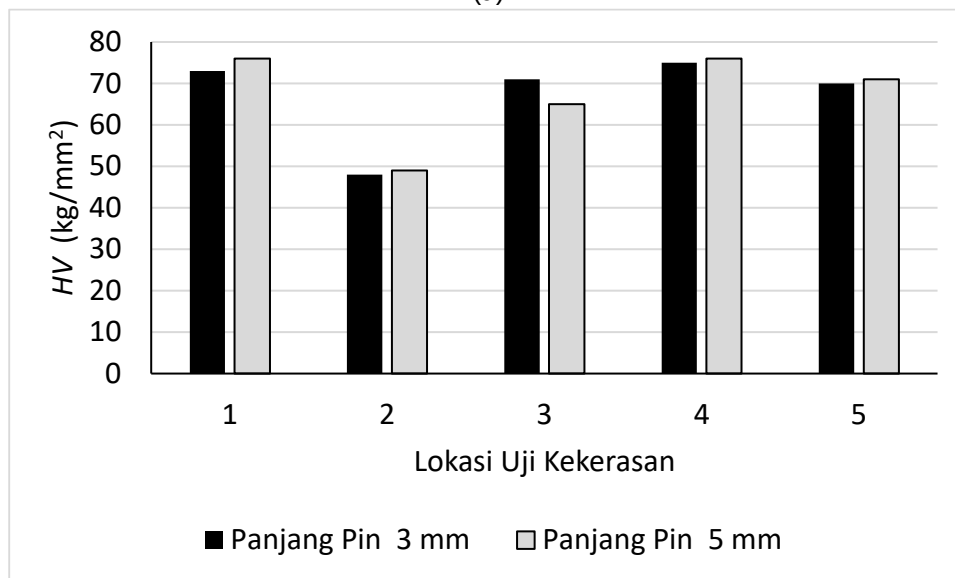
Gambar 4 memperlihatkan bahwa penambahan Panjang pin dari 3,5 mm ke 5 mm tidak menunjukkan adanya perubahan kekerasan untuk semua lokasi pengujian. Lokasi 2 atau HAZ 1 antara Logam Al 6061 dengan zone manik las memiliki nilai kekerasan paling rendah. Lokasi 2 merupakan lokasi terjadinya perpatahan ketika sampel diuji tarik.

Tabel 1. Memperlihatkan mikro struktur pada lokasi 1,2, dan 3 sesuai petunjuk gambar 4a. Pada foto makro terlihat luas penampang manik las dengan pin 3,5 mm lebih kecil dibandingkan luas penampang manik las dengan pin 5 mm. perbedaan luas penampang tentunya disebabkan perbedaan panjang pin. Pemakaian Panjang pin 5 mm,

memberikan efek pengadukan yang lebih besar. Terlihat sebagian Al 5083 masuk kedalam putaran pin lalu kemudian terangkat keatas permukaan metal.



(a)



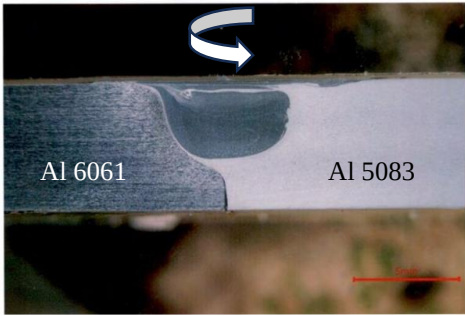
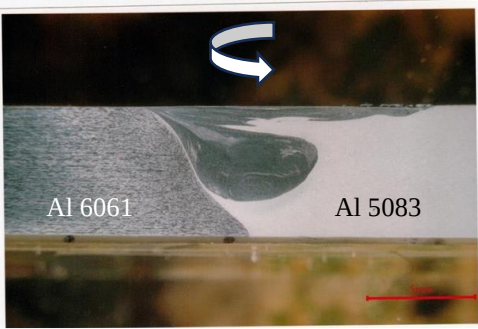
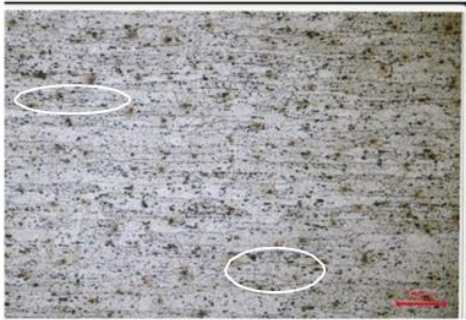
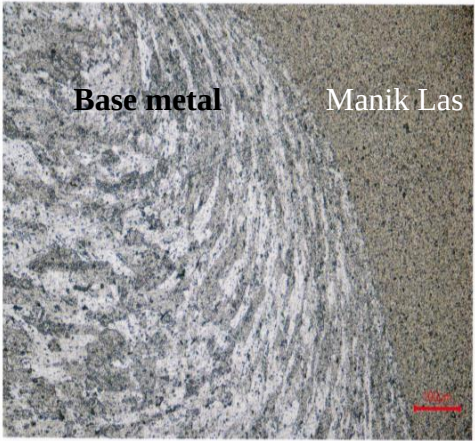
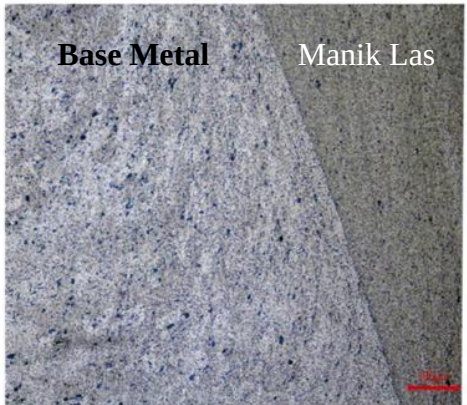
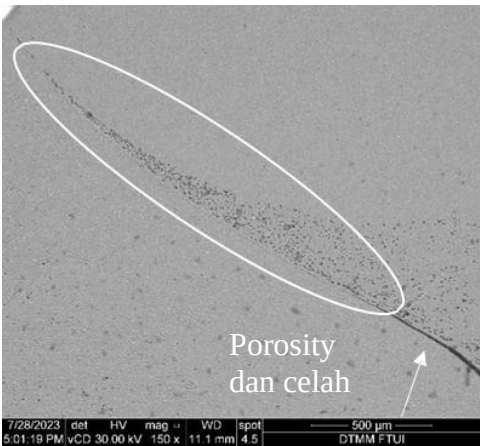
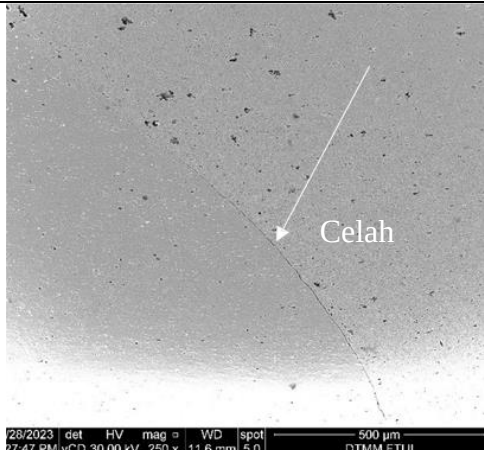
(b)

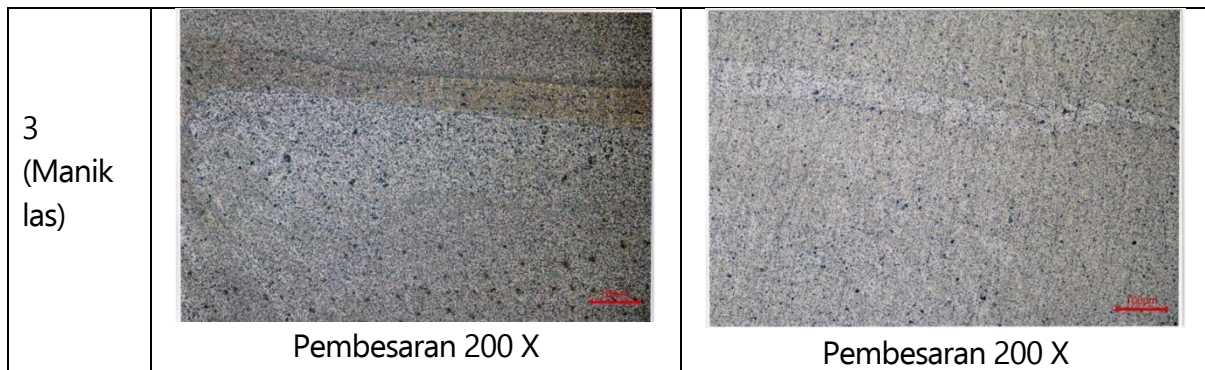
Gambar 4. Lokasi Uji Kekerasan Mikro: Base metal Al 6061 (1), HAZ 1 (2); manik las (3); HAZ 2(4); Base metal 5083 (5) (a); Hasil uji kekerasan mikro (HV) (b)

Foto mikrostruktur (Lokasi 1) Base metal Al 6061 pada pin 3,5 dan 5 mm tidak memiliki banyak perbedaan. Foto mikrostruktur daerah HAZ 1 (Lokasi 2) memperlihatkan dampak dari panjang pin 3,5 mm dan 5 mm. Dengan menggunakan pin dengan panjang 3,5 mm, mikrostruktur base metal Al 6061 terlihat mengecil dan kemudian bergerak keatas mengikuti arah putaran pin ketika mendekat kearah manik las. Bila menggunakan pin dengan panjang 5 mm, mikrostruktur base metal Al 6061 tidak terlihat arah pergerakannya ketika mendekat kearah manik las. Mikrostruktur HAZ 1 dengan pin 5 mm, lebih halus dibandingkan mikrostruktur HAZ dengan pin 3.5 mm. Adanya perbedaan mikrostruktur pada HAZ 1 memberikan peluang terbentuknya porosity dan celah sempit. Porosity dan celah ini berdampak pada rendahnya nilai kekerasan pada daerah HAZ. 1

Foto mikrostruktur manik las terlihat halus dan seragam sehingga memiliki kekerasan yang lebih tinggi dibandingkan daerah HAZ 1

Tabel 1. Mikrostruktur

Lokasi	Panjang pin 3,5 mm	Panjang pin 5 mm
Foto makro	 Pembesaran 10 X	 Pembesaran 10 X
1 (BASE METAL)		
2 (HAZ 1)		
		



V KESIMPULAN

Penambahan panjang pin dari 3.5 mm ke 5 mm meningkatkan kekuatan tarik pada sambungan lasan Al 6061 dengan Al 5083 oleh pengelasan FSW. Namun penambahan panjang pin tersebut tidak berpengaruh pada kekerasan pada daerah base metal Al 6061, daerah HAZ 1, daerah manik las, HAZ 2 dan base metal Al 5083. Kekerasan terendah ada pada HAZ 2 atau lokasi 2 dimana ditemukan porositi dan celah. Mikrostruktur manik las, secara makro terlihat meluas dengan bertambahnya panjang pin dari 3.5 mm ke 5 mm

DAFTAR PUSTAKA

- Abdulloh, S. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Bentuk Probe/Pin Terhadap Sifat Mekanis Hasil Pengelasan Aluminium Dengan Tembaga Pada Proses Friction Stir Welding. *Jurnal Fakultas Teknologi Industri Institut Teknologi Nasional Malang*, 1(1), 1–10.
- Aziz, A. A., Kiryanto, & Santosa, A. W. B. (2017). Analisa Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekuk, Komposisi dan Cacat Pengecoran Paduan Aluminium Flat Bar dan Limbah Kampas Rem dengan Menggunakan Cetakan Pasir dan Cetakan Hidrolik sebagai Bahan Komponen Jendela Kapal. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 05(1), 97–103.
- Boşneag, A., Constantin, M. A., Nițu, E., & Iordache, M. (2017). Friction Stir Welding of three dissimilar aluminium alloy used in aeronautics industry. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 252. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/252/1/012041>
- Daryanto. (2009). *Panduan Proses Pembelajaran Kreatif & Inovatif*. AV Publisher.
- Erizal. (2015). Analisa Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) pada Baja Karbon Medium Dan Quenching Air Laut. *Universitas Prof. DR. Hazairin, SH Bengkulu*, 2(1), 1–8.
- Hadijaya, & Barenzani, N. (2012). Kualifikasi Operator Micro Hardness Tester di Laboratorium IEBE. *PTBN BATAN*, 9 (V), 53–68.
- Hofmann, D. C., & Vecchio, K. S. (2007). Thermal history analysis of friction stir processed and submerged friction stir processed aluminium. *Materials Science and Engineering: A*, 465(2), 165–175.

- Khusaini, M., Fadelan, & Winardi, Y. (2021). Pengaruh Kuat Arus Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro pada Pengelasan MIG (Metal Inert Gas) Aluminium. *Jurnal AutoMech*, 1(1), 25–29.
- Mahto, R. P., & Pal, S. K. (2020). Friction Stir Welding of Dissimilar Materials: An Investigation of Microstructure and Nano-Indentation Study. *Journal of Manufacturing Processes*, 55, 103–118.
- Minton, T. J. (2008). Friction stir welding of commercially available superplastic aluminium. In Department of Engineering and Design, Brunel University, London. Brunel University, London.
- Nik, Z. C., Ishak, M., & Othman, N. H. (2017). The Effect of Tool Pin Shape of Friction Stir Welding (FSW) on Polypropylene. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 238(1), 1–7. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/238/1/012003>
- Prabandono, B., Wijayanto, W., & Nugroho, Y. (2018). Pengaruh Sudut Kemiringan Tool Friction Stir Welding terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro pada Sambungan Plat AA5083. *JMPM (Jurnal Material Dan Proses Manufaktur)*, 2(2), 96–104. <https://doi.org/10.18196/jmpm.2225>
- Pratisna, P., Anggertyo, I., & Adhiptya, P. (2016). Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 dengan Variasi Bentuk dan Kecepatan Putar Probe Pada Konstruksi Kapal. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional Yogyakarta.
- Ramadhan, W., Muhyat, N., & Triyono, T. (2018). Pengaruh variasi kecepatan putar dan diameter tool terhadap sifat mekanik sambungan fssw aluminium alloy 5052 dan baja ss400. *Mekanika: Majalah Ilmiah Mekanika*, 17(1), 8–14. <https://doi.org/10.20961/mekanika.v17i1.35046>
- Wahid, M. A., Khan, Z. A., & Siddiquee, A. N. (2018). Review on underwater friction stir welding: A variant of friction stir welding with great potential of improving joint properties. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 28(2), 193–219.
- Wartono, & Kuntara, H. (2017). Pengaruh Putaran Tools Terhadap Struktur Mikro Dan Sifat Mekanis Sambungan Friction Stir Welding Pada Aluminium Paduan 6061 Wartono, Hasta Kuntara. Sekolah Tinggi Teknologi Nasional, Yogyakarta, 1039–1044.
- Wibowo, A. T., Haryadi, G. D., & Umardani, Y. (2014). Pengaruh Heat Treatment T6 Pada Aluminium Alloy 6061-O Dan Pengelasan Transversal Tungsten Inert Gas Terhadap Sifat Mekanik. *Jurnal Teknik Mesin*, 2(4), 374–381.