

Confirmation Experiment Of Friction Stir Welding Process On Aluminum Alloy Aa-6061- T6561 On Tensile Strength And Weld Penetration

[Eksperimen Konfirmasi Proses *Friction Stir Welding* Pada Material Alumunium Alloy Aa-6061-T6561 Terhadap Kekuatan Tarik Dan Penetrasi Las]

Muhammad Faisal Subkhan ¹⁾, Mulyadi^{*,2)}

1) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

2) Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

*Email Penulis Korespondensi: mulyadi@umsida.ac.id

Abstract *Since the first discovery of friction stir welding technology, many scientific works have been carried out to apply friction stir welding to simple butt joints and butt joints. In this study, the process parameters used were tool rotation speed of 2192, tool rotation speed of 36.3, tool tilt angle of 0.3, and concave shoulder angle of 9. Tensile strength and weld penetration tests in this study used the ASTM e407-07 standard. The results in this study were the tensile stress on the results of friction stir welding with parameters 2192, welding speed 36.3, tool tilt angle 0.3, concave shoulder angle 9°. In the results of optimizing the measurement of welding penetration, if it is considered less significant because it has a low P value of -244, this factor is due to the tool rotation speed and changes in the TMAZ area and weld joints.*

Keywords - Friction Stir Welding, AA6061-T651, Tensile Strength Test and Welding Penetration.

Abstrak. *Sejak penemuan pertama dari teknologi friction stir welding, banyak karya ilmiah telah dilakukan untuk mengaplikasikan friction stir welding pada sambungan tumpul sederhana maupun butt joint. Pada penelitian ini menggunakan parameter proses kecepatan putaran tool 2192, Kecepatan rotasi tool 36,3, Sudut kemiringan tool 0,3, dan sudut bahu cekung 9. Pengujian kekuatan Tarik dan penetrasi las pada penelitian ini menggunakan standart ASTM e407-07. Hasil pada penelitian ini besar tekanan tarik pada hasil pengelasan friction stir welding dengan parameter 2192, kecepatan las 36,3, sudut kemiringan tool 0,3, sudut bahu cekung 9°. Pada hasil optimasi pengukuran penetrasi pengelasan jika dinilai kurang signifikan karena memiliki nilai P rendah -244, factor tersebut dikarenakan kecepatan rotasi tool dan mengalami perubahan pada area TMAZ dan sambungan las.*

Kata Kunci – Friction Stir Welding; AA6061-T651; Uji Kekuatan Tarik dan Penetrasi las.

I. PENDAHULUAN

Sejak penemuan pertama dari teknologi friction stir welding (fsw)[1], banyak karya ilmiah telah dilakukan[2] untuk mengaplikasikan friction stir welding[3] pada sambungan tumpul sederhana[4]. Penelitian yang telah dilakukan selama ini dapat dikategorikan sebagai studi tentang aspek mekanis proses friction stir welding (fsw)[5], aliran material dan kualitas las logam yang berbeda (pratisna, p., anggertyo, i., a, p. A. N., induk, l., labinkimat, m., & al & of., n.d.)[6] Sebagian besar penelitian berfokus pada penentuan parameter proses pengelasan[7] yang paling efisien untuk memaksimalkan kinerja mekanis sambungan yang dihasilkan. penelitian[8], pengelasan aluminium 6061 dengan metode pengelasan sumber gesekan (fsw)[9] dapat dilakukan baik. Mpa dan rotasi alat 1120 adalah 56.528 mpa[10]. Dengan hasil ini, kita dapat melihat bahwa resistensi tertinggi adalah dengan menggunakan rotasi alat rpm. Utama yang mengurangi resistensi traksi[11] dalam penelitian ini, pada pengujian makro menurut pemeriksaan makro[12] adalah pemeriksaan spesimen dengan mata telanjang atau menggunakan alat bantu kaca pembesar yang memiliki pembesaran rendah (low magnification)[13]. tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh parameter[14] optimum friction stir welding pada sambungan butt joints tanpa pelakuan panas terhadap kekuatan tarik dan penetrasi[15].

II. METODE

Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik mesin universitas muhammadiyah sidoarjo. Metode penelitian digunakan untuk menyelesaikan permasalahan dan mengetahui bagaimana pengaruh parameter proses fsw pada pengelasan material aa 6061-t651 terhadap kekuatan tarik dan penetrasi pengelasan. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain toll pengelasan, alumunium, kertas gosok, cairan pengetsaan. Alat-alat yang digunakan yaitu mesin frais milling, mesin cnc, mesin bubut, mesin poles. penelitian ini dimulai dengan membuat desain spesimen dengan menggunakan software solidwork dan mesin cnc. Desain yang di gunakan adalah orthogonal array yang telah dibuat.



Gambar 1 spesimen uji Tarik



Gambar 2 spesimen uji makro/penetrasi

Tabel 1 Parameter proses hasil optimasi

Kecepatan Rotasi Tool(rpm)	Kecepatan Pengelasan(mm/min)	Tilt Angle (°)	Sudut bahu cekung(°)
2192	36,3	0,3	9

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

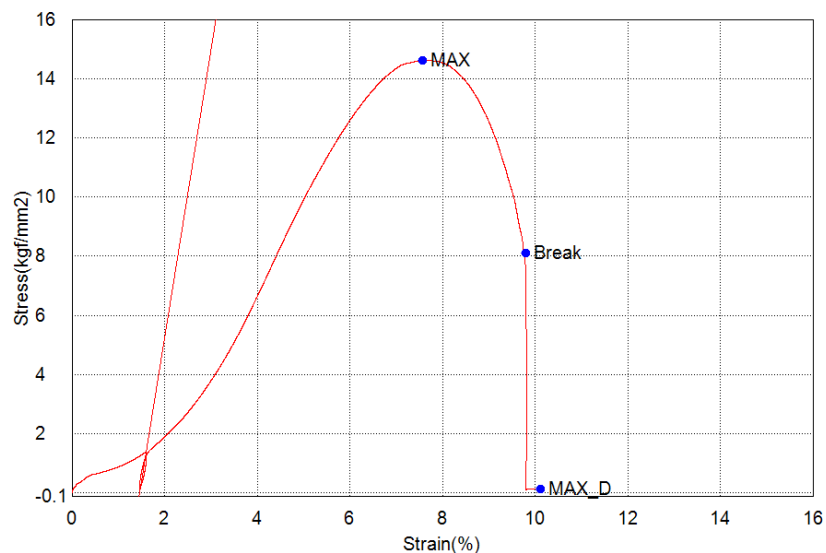
A. Hasil pengujian

Dari data pengujian tarik yang telah dilakukan seperti yang terdapat pada tabel 4.2 didapatkan tekanan tarik yang besar pada hasil pengelasan friction stir welding dengan parameter 2192, kecepatan las 36,3, sudut kemiringan tool 0,3, sudut bahu cekung 9°. Didapatkan kekuatan max 10.7021, tekanan elastis(Elasticforce) 1019.716-, lingkaran elastis(Elasticloop) 101.9716 kgf, memiliki tegangan tarik yang paling tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh proses pengadukan material dan rongga-rongga bentuk probe sehingga meningkatkan kekuatan sambungan pengelasan.

Pada hasil optimasi pengukuran penetrasi pengelasan jika dilihat pada gambar4.29 spesimen nomor 4 grafik nilai penetrasi pengelasan yang paling signifikan ada pada parameter proses friction stir welding dengan putaran 2192 rpm, kecepatan pengelasan 36.3, sudut kemiringan tool 0,3, sudut bahu cekung 9°, faktor tersebut dinilai kurang signifikan karena memiliki nilai P -2,44mm. Dan faktor tersebut dikarenakan pada kecepatan rotasi tool tersebut mengalami perubahan pada area TMAZ, pada pengelasan terjadi penetrasi, dapat dilihat seberapa besar pengelasan yang tersambung dari pengujian tersebut.

Tabel 1. Hasil uji tarik spesimen 1

Parameters	Areas		Sensitivity: 10	Stroke 1 mm
Unit	kgf	kgf	kgf	kgf
1_1 Name	1078.62 Elastic force	10.7021 Calc. at Entire	597.266 YS1_Force	139.485 Energy 1
Parameters	1019.716 –	0.1%	0.2%	Areas
Unit	2039.433kgf/mm ²	kgf	kgf	kgf.mm
1_1 Name	-. EASL1_Stroke	-. Elastic Loop	-. Thickness	2946.36
Parameters	Force 101.97 16kgf	101.9716 kgf		
Unit	Mm		mm	
1_1	0.79545	1433.43	6.0000	

**Gambar 3** grafik hasil uji spesimen 1**Tabel 2** hasil uji specimen 1

Name	Thickness	Width	Guage Length
Unit	mm	mm	Mm
1_1	6	12,3	50

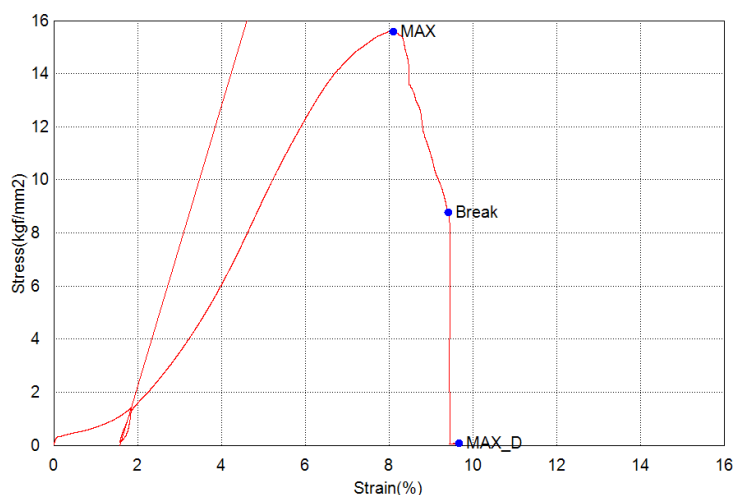
Tabel 3 Hasil uji tarik specimen 2

Parameters	Areas		Sensitivity: 10	Stroke 1 mm
Unit	kgf	kgf	kgf	kgf

1_1	1146.20	4.68248	645.628	115.898
Name	Elastic force	Calc. at Entire	YS1_Force	Energy 1
Parameters	1019.716 – 2039.433 kgf	0.1%	0.2%	Areas
Unit	kgf/mm2	kgf	kgf	kgf.mm
1_1	--	--	--	2721.04
Name	EASL1_Stroke	Elastic Loop	Thickness	
Parameters	Force 101.97 16kgf	101.9716 kgf		
Unit	mm		mm	
1_1	0.91680	776.667	6.0000	

Tabel 4 Hasil uji Tarik specimen 2

Name	Thickness	Width	Guage Length
Unit	mm	mm	Mm
1_1	6	12,25	50

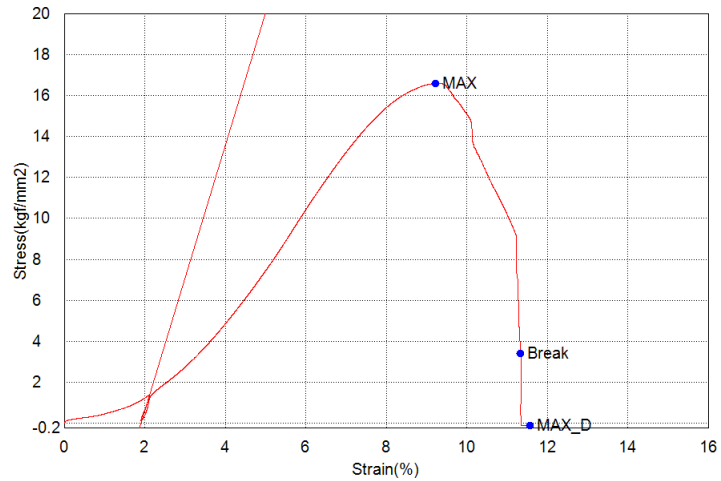


Gambar 4 grafik hasil uji spesimen 2

Tabel 5 Hasil uji specimen 3

Parameter	Areas		Sensitivity: 10	Stroke 1 mm
Unit	kgf	kgf	kgf	kgf
1_1	1234'86	-7.3860	254.376	91.8991
Name	Elastic force	Calc. at Entire	YS1_Force	Energy 1
Parameters	1019.716 – 2039.433 kgf	0.1%	0.2%	Areas
Unit	kgf/mm2	kgf	kgf	kgf.mm
1_1	--	--	--	3551.69
Name	EASL1_Stroke	Elastic Loop	Thickness	

Paramete	Force	101.9716	
rs	101.97 16kgf	kgf	
Unit	mm		mm
1_1	1.05184	962.651	6.0000

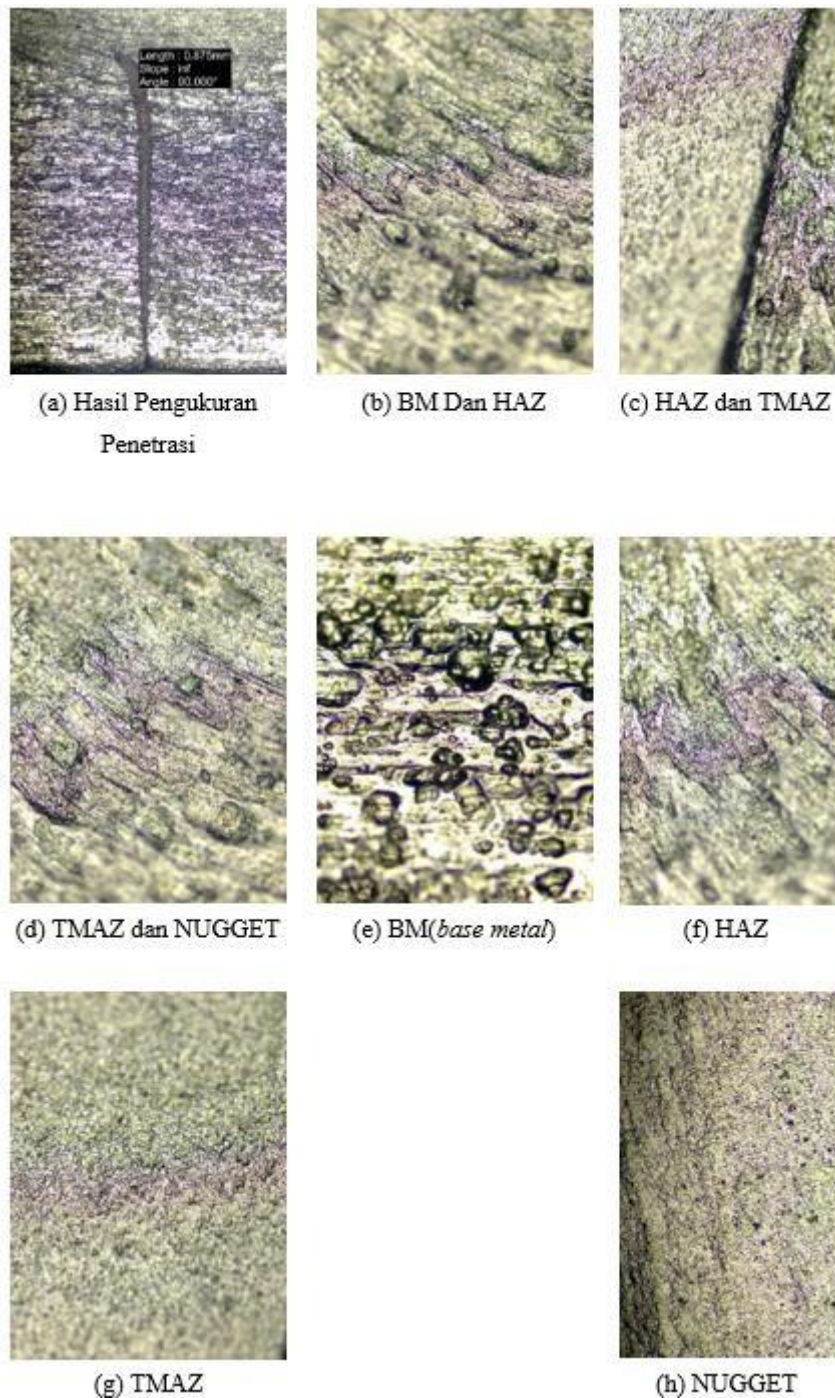


Gambar 5 grafik hasil uji spesimen 3

Tabel 6 Hasil uji specimen 3

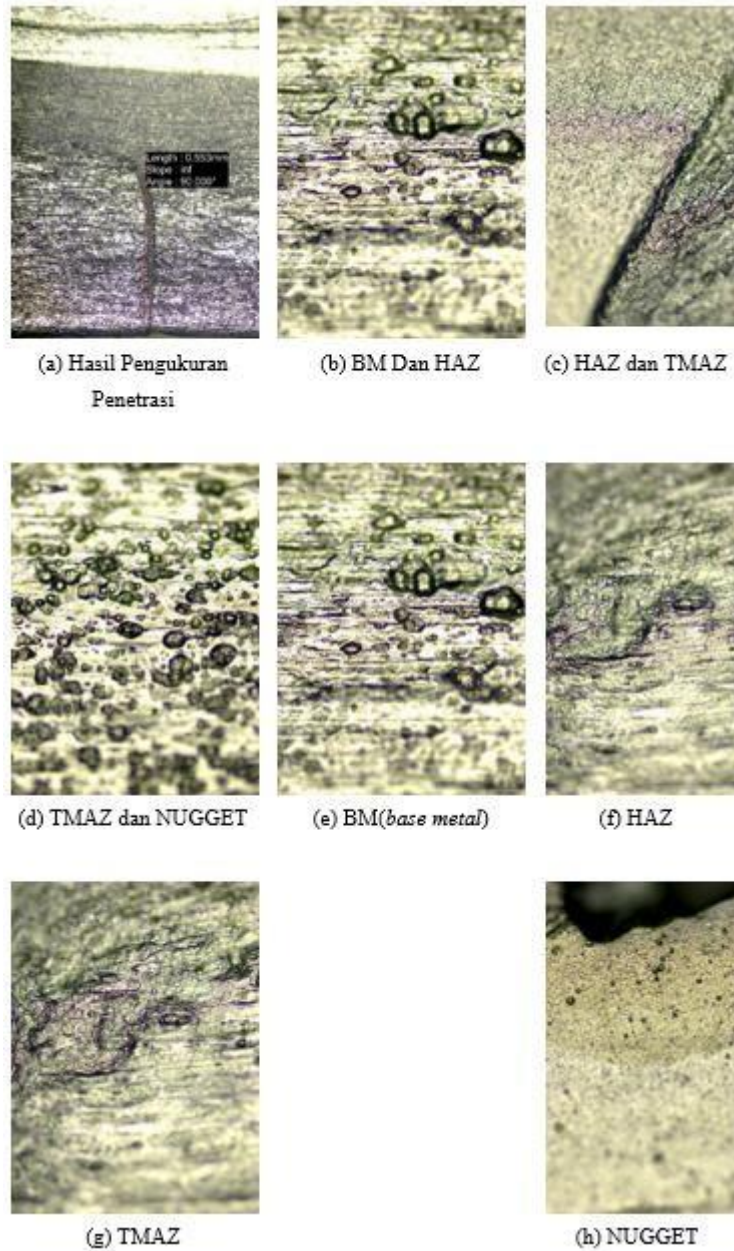
Name	Thickness	Width	Guage Length
Unit	mm	mm	Mm
1_1	6	12,4	50

B. Hasil uji makro/penetrasi spesimen 1



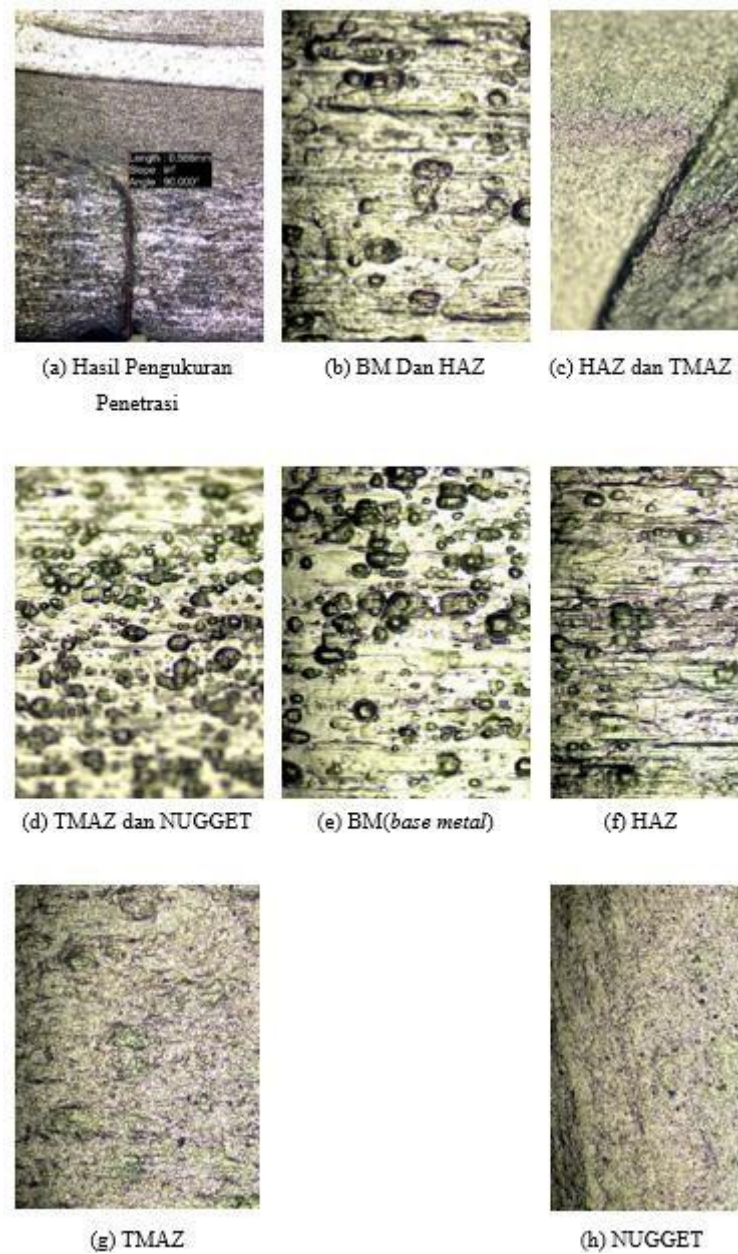
Gambar 6 mikrostruktur spesimen 1 dengan kecepatan rotasi *tool* 2192 rpm, kecepatan pengelasan 39.50 mm/min, sudut bahu cekung sebesar 9° dan sudut kemiringan *tool* sebesar $0,3^\circ$. (a) pengukuran penetrasi 0,875 mm perbesaran 50 x, (b) bm(*base metal*) dan haz perbesaran 200 x, (c) haz dan tmaz perbesaran 200 x, (d) tmaz dan nugget perbesaran 200x, (e) bm(*base metal*) perbesaran 200x, (f) haz perbesaran 200x, (g) tmaz perbesaran 200x, (h) nugget perbesaran 200x.

C. Hasil uji makro/penetrasi spesimen 2



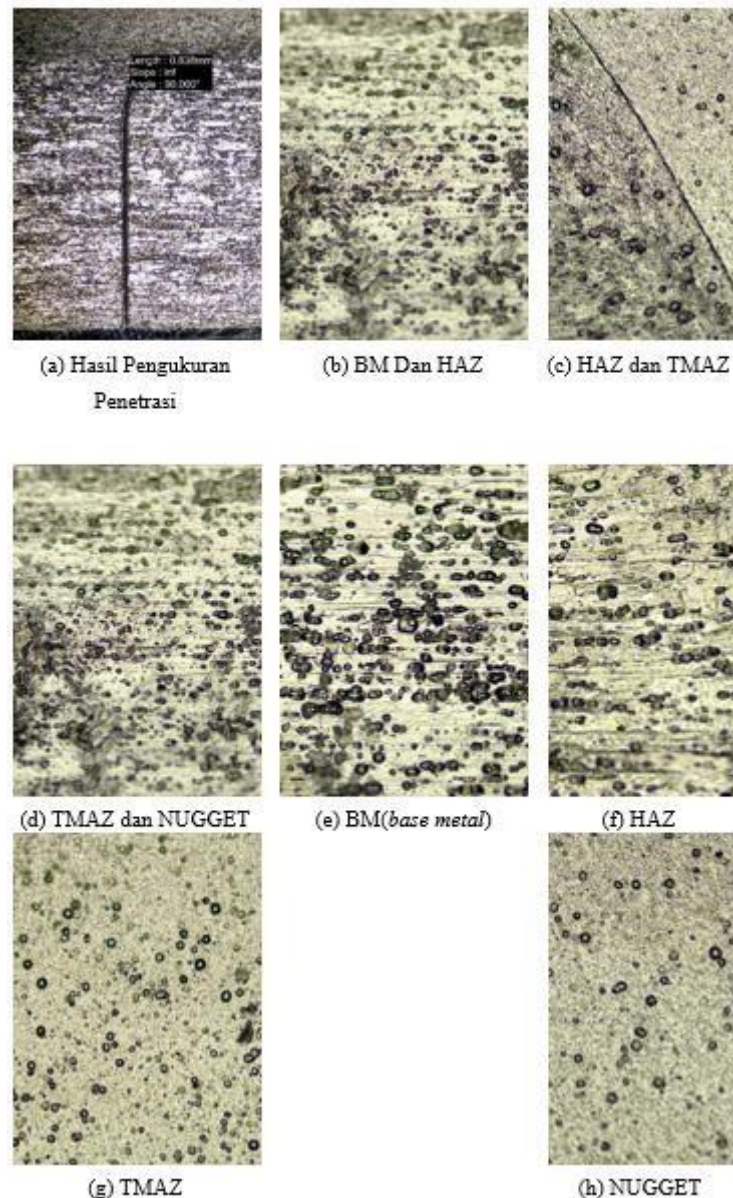
Gambar 7 mikrostruktur spesimen 2 dengan kecepatan rotasi *tool* 2192 rpm, kecepatan pengelasan 39.50 mm/min, sudut bahu cekung sebesar 9° dan sudut kemiringan *tool* sebesar $0,3^{\circ}$. (a) pengukuran penetrasi 0,553 mm perbesaran 50 x, (b) bm(*base metal*) dan haz perbesaran 200 x, (c) haz dan tmaz perbesaran 200 x, (d) tmaz dan nugget perbesaran 200x, (e) bm(*base metal*) perbesaran 200x, (f) haz perbesaran 200x, (g) tmaz perbesaran 200x, (h) nugget perbesaran 200x.

D. Hasil uji makro/penetrasi spesimen 3



Gambar 8 mikrostruktur spesimen 3 dengan kecepatan rotasi *tool* 2192 rpm, kecepatan pengelasan 39.50 mm/min, sudut bahu cekung sebesar 9° dan sudut kemiringan *tool* sebesar $0,3^\circ$. (a) pengukuran penetrasi 0,521 mm perbesaran 50 x, (b) bm(*base metal*) dan haz perbesaran 200 x, (c) haz dan tmaz perbesaran 200 x, (d) tmaz dan nugget perbesaran 200x, (e) bm(*base metal*) perbesaran 200x, (f) haz perbesaran 200x, (g) tmaz perbesaran 200x, (h) nugget perbesaran 200x

E. Hasil uji makro/penetrasi specimen 4



Gambar 9 mikrostruktur spesimen 4 dengan kecepatan rotasi *tool* 2192 rpm, kecepatan pengelasan 39.50 mm/min, sudut bahu cekung sebesar 9° dan sudut kemiringan *tool* sebesar $0,3^\circ$. (a) pengukuran penetrasi 0,838 mm perbesaran 50 x, (b) bm(*base metal*) dan haz perbesaran 200 x, (c) haz dan tmaz perbesaran 200 x, (d) tmaz dan nugget perbesaran 200x, (e) bm(*base metal*) perbesaran 200x, (f) haz perbesaran 200x, (g) tmaz perbesaran 200x, (h) nugget perbesaran 200x

F. Analisa hasil pembahasan

Dari data pengujian tarik yang telah dilakukan seperti yang terdapat pada tabel 4.1 didapatkan tekanan tarik yang besar pada hasil pengelasan friction stir welding dengan parameter 2192, kecepatan las 36,3, sudut kemiringan tool 0,3, sudut bahu cekung 9° . Didapatkan kekuatan max 10.7021, tekanan elastis(*elastic force*) 1019.716-, lingkaran elastis(*elastic loop*) 101.9716 kgf, memiliki tegangan tarik yang paling tinggi. Hal ini dipengaruhi oleh proses pengadukan material dan rongga-rongga bentuk probe sehingga meningkatkan kekuatan sambungan pengelasan.

Pada hasil optimasi pengukuran penetrasi pengelasan jika dilihat pada gambar 4.29 spesimen nomor 4 grafik nilai penetrasi pengelasan yang paling signifikan ada pada parameter proses friction stir welding dengan putaran 2192 rpm, kecepatan pengelasan 36.3, sudut kemiringan tool 0,3, sudut bahu cekung 9° , faktor tersebut dinilai kurang signifikan karena memiliki nilai p -2,44mm. Dan faktor tersebut dikarenakan pada kecepatan rotasi tool tersebut mengalami

perubahan pada area tmax, pada pengelasan terjadi penetrasi, dapat dilihat seberapa besar pengelasan yang tersambung dari pengujian tersebut

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan tentang pengaruh parameter proses optimum friction stir welding hasil optimasi kekuatan tarik dan penetrasi las menggunakan sambungan butt joint pada aluminium aa6061-t651 dengan memiliki kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil uji tarik pada spesimen nomor 2 yang memiliki parameter dengan kecepatan rotasi tool 2192 rpm, kecepatan pengelasan 36,3 mm/min, sudut bahu cekung sebesar 9° dan sudut kemiringan tool sebesar 0,3° memiliki hasil yang baik karena memiliki kekuatan 101.7021
2. Hasil pengukuran penetrasi las pada spesimen nomor 4 yang memiliki parameter dengan kecepatan rotasi tool 2192 rpm, kecepatan pengelasan 36,3 mm/min, sudut bahu cekung sebesar 9° dan sudut kemiringan tool sebesar 0,3° memiliki hasil yang kurang baik karena memiliki nilai hasil p rendah. Dan faktor tersebut dikarenakan pada kecepatan rotasi tool tersebut mengalami perubahan pada area tmax.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih saya ucapkan kepada program studi teknik mesin universitas muhammadiyah sidoarjo yang telah memberikan ilmu dan wawasan yang bermanfaat serta para rekan aslab dan juga teman-teman yang telah membantu untuk menyelesaikan penelitian ini

REFERENSI

- [1] A. P. Dewanto, W. Amirudin, and H. Yudo, "Analisa Kekuatan Mekanik Sambungan Las Metode Mig(Metal Inert Gas) Dan Metode Fsw(Friction Stir Welding) 800 Rpm Pada Alumunium Tipe 5083," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 4, no. 3, pp. 613–621, 2016.
- [2] J. Hasil, K. Ilmiah, R. Azhari, Y. Faruq, S. Jokosisworo, and S. Hadi, "JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Analisa Pengaruh Perbedaan Diameter Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, Dan Mikrografi Pada Aluminium 6061 Dengan Metode Pengelasan Friction Stir Welding (FSW)," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 1, p. 1, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [3] W. Elbar, K. Tampubolon, U. Pembinaan, and M. Indonesia, "Pengaruh Campuran Silikon Pada Aluminium Terhadap Kekerasan dan Tingkat Keausannya Effect of Silicone Alloys on Aluminum on Hardness and Wear Rates," vol. 4, no. 2, pp. 183–196, 2020, doi: 10.31289/jmemme.v4i2.4070.
- [4] I. A. Kuntar, "Studi Eksperimental Friction Stir Welding Aluminium 5083 Dengan Variasi Kecepatan Putaran Dan Kemiringan," 2016.
- [5] Z. Zhang, W. Li, J. Shen, Y. J. Chao, J. Li, and Y. E. Ma, "Effect of backplate diffusivity on microstructure and mechanical properties of friction stir welded joints," *Mater Des*, vol. 50, pp. 551–557, 2013, doi: 10.1016/j.matdes.2013.03.034.
- [6] A. M. Suprayoga, "Studi Eksperimental Pada Material AA6005-T6 Dilas dengan Friction Stir Welding Menggunakan Uji Impak," *Indonesian Journal of Innovation Studies*, vol. 15, pp. 1–13, 2021, doi: 10.21070/acopen.4.2021.3032.
- [7] J. Hasil, K. Ilmiah, M. R. Riyadi, S. Jokosisworo, and A. F. Zakki, "JURNAL TEKNIK PERKAPALAN Pengaruh RPM dan Diameter Pin Tool Terhadap Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Hasil Pengelasan Friction Stir Welding (FSW) Single Side Pada Aluminium 5083," *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, p. 494, 2019.

- [8] A. Sudrajat and J. Rotor, “ANALISIS SIFAT MEKANIK HASIL PENGELASAN ALUMINIUM AA 1100 DENGAN METODE FRICTION STIR WELDING (FSW) Angger Sudrajat F.P. 1 , Sumarji 2 , Mahros Darsin 3,” vol. 5, pp. 8–17, 2012.
- [9] V. Balasubramanian, “Relationship between base metal properties and friction stir welding process parameters,” *Materials Science and Engineering A*, vol. 480, no. 1–2, pp. 397–403, 2008, doi: 10.1016/j.msea.2007.07.048.
- [10] P. Pratisna *et al.*, “Sifat Fisik dan Mekanik Sambungan Las Friction Stir Welding (FSW) AA 5083 dengan Variasi Bentuk dan Kecepatan Putar Probe Pada Konstruksi Kapal,” 2016.
- [11] A. Fahrizal Fandi, “Pengaruh arah putaran tool terhadap sifat mekanik hasil sambungan, Aluminium Friction, Side Mesin, Teknik Teknik, Konsentrasi Brawijaya, Universitas Teknik, Fakultas aluminium double side friction stir welding,” 2018.
- [12] M. B. Waluyo and V. D. Waas, “Pengaruh Laju Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Pengelasan Friction Stir Welding Material Aluminium,” *Journal Teknik Mesin, Elektro, Informatika, Kelautan dan Sains*, vol. 2, no. 1, pp. 51–55, 2022, doi: 10.30598/metiks.2022.2.1.51-55.
- [13] E. P. C Setia, “Analisa Cacat Pengelasan Smaw Pada Posisi 2G Pada Baja Material a36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan,” *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMATAN)*, vol. 1, no. 1, pp. 257–256, 2022.
- [14] J. Hasil Karya Ilmiah, A. Perbandingan Kekuatan Tarik, dan Mikrografi, L. Isna Saputra, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, “Jurnal Teknik Perkapalan Pada Sambungan Las Baja SS 400 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Akibat dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan,” *Jurnal Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 4, p. 215, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [15] C. D. Setia and E. Pranatal, “Analisa Cacat Pengelasan Smaw Pada Posisi 2G Pada Baja Material a36 Dengan Variasi Arus Dan Sudut Pengelasan,” *Jurnal Sumberdaya Bumi Berkelanjutan (SEMATAN)*, vol. 1, no. 1, pp. 257–263, 2022, doi: 10.31284/j.semitan.2022.3262.

Conflict of Interest Statement:

The author declares that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.