



2580-2798 (e)
2588-6225 (p)

Inovtek Polbeng: Jurnal Inovasi Teknologi Politeknik Negeri Bengkalis
(Bengkalis State Polytechnic Technology Innovation Journal)

journal homepage: <https://jurnal.polbeng.ac.id/index.php/IP/index>

ANALISIS ACTIVE FLUX COMPONENT DAN TIG WELDING METHOD DENGAN MATERIAL STAINLESS STEEL 304 TERHADAP KEDALAMAN PENETRASI, KEKUATAN TARIK, dan NILAI KEKERASAN

Muhammad Hilmi Tajul Arifin¹⁾, Bachtiar¹⁾, Dika Anggara¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya
Jalan Teknik Kimia, Kecamatan Sukolilo, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur, Indonesia 60111

Corresponding Author: muhammadhilmitajularifin@gmail.com

Article Info

Abstract

Keywords:

A-TIG, FB-TIG, *Multikomponen Flux, Single Komponen Flux, Stainless Steel 304*

Article history:

Received: 15/11/2024
Last revised: 15/11/2024
Accepted: 29/11/24
Available online: 30/11/24
Published: 30/11/2024
DOI:[https:// 10.35314/evrgd644](https://10.35314/evrgd644)

Abstrak

Pengelasan TIG konvensional sering menghadapi tantangan seperti penetrasi yang dangkal. Metode A-TIG dan FB-TIG diperkenalkan untuk mengatasi masalah ini dengan memanfaatkan komponen *active flux* untuk meningkatkan kedalaman penetrasi dan kinerja pengelasan secara keseluruhan. Studi ini mengevaluasi dampak dari penggunaan komponen *active flux* dan metode pengelasan TIG pada *Stainless Steel 304* yang berfokus pada hasil kedalaman penetrasi, nilai kekuatan tarik, dan nilai kekerasan. Pengelasan dilakukan dengan metode FB-TIG dan A-TIG dengan menggunakan *single komponen flux* dan *multikomponen flux*. Pengujian meliputi analisis struktur makro, pengujian kekuatan tarik, dan pengukuran nilai kekerasan. Hasil dari pengujian makro menunjukkan bahwa komponen *active flux* secara signifikan meningkatkan kedalaman penetrasi dengan *multikomponen flux* mengungguli *single komponen flux* sedangkan metode pengelasan TIG tidak menunjukkan perbedaan nilai kedalaman penetrasi yang jauh berbeda antar variasi. Uji tarik menunjukkan bahwa semua spesimen mengalami patahan *ductile* pada daerah *weld metal* dengan kekuatan tarik melebihi persyaratan minimum. Uji kekerasan menunjukkan bahwa perubahan geometri hasil pengelasan akibat variasi *active flux* dan metode pengelasan TIG tidak mempengaruhi nilai kekerasan sambungan dikarenakan yang mempengaruhi nilai kekerasan merupakan laju pendinginan lambat karena proses pengelasan.

Abstract

Conventional TIG welding often faces challenges such as shallow penetration. A-TIG and FB-TIG methods were introduced to address this issue by utilizing active flux components to improve penetration depth and welding performance. This study evaluates the impact of using active flux components and the TIG welding method on 304 Stainless Steel focusing on the results of penetration depth, tensile strength values, and hardness values. Welding was performed by FB-TIG and A-TIG methods using single-component flux and multicomponent flux. Tests included macrostructure analysis, tensile strength testing, and hardness value measurements. Results from macro testing showed that the active flux component significantly increased the penetration depth with the multicomponent flux outperforming the single component flux while the TIG welding method did not show much difference in penetration depth values between variations. Tensile tests showed that all specimens experienced ductile fracture in the weld metal region with tensile strengths exceeding the minimum requirements. The hardness test shows that the change in geometry of the welding results due to the variation of active flux and the TIG welding method does not affect the hardness value of the joint because what affects the hardness value is the slow cooling rate due to the welding process.

1. PENDAHULUAN

Pengelasan *Tungsten Inert Gas* (TIG) sering digunakan untuk menggabungkan *stainless steel* karena keunggulan dalam penampilan dan kualitas sambungan hasil pengelasan [1]. Untuk material dengan ketebalan hingga 2-3 mm pengelasan TIG dapat dilakukan secara *autogenous* dalam satu *pass* sedangkan untuk ketebalan lebih tinggi memerlukan teknik *multi-pass* dengan persiapan sambungan dan logam pengisi [2].

Untuk mengatasi keterbatasan pengelasan TIG, metode *Activated Flux Tungsten Inert Gas* (A-TIG) dikembangkan dengan penerapan lapisan *active flux* pada permukaan sambungan sebelum pengelasan. A-TIG dapat meningkatkan penetrasi las pada material tebal hingga tiga kali lipat dan rasio aspek sekitar 200% dibandingkan TIG konvensional [3]. Metode ini lebih efisien untuk industri yang memerlukan produktivitas tinggi dan kualitas las yang baik, dengan kedalaman penetrasi yang tinggi dijelaskan oleh berbagai mekanisme penelitian [4].

Flux Bounded Tungsten Inert Gas (FB-TIG) adalah varian baru dari A-TIG yang mengatasi kelemahan utama A-TIG sambil mempertahankan keunggulan seperti peningkatan kedalaman penetrasi [5]. Berbeda dengan A-TIG, FB-TIG menerapkan lapisan *active flux* sedikit menjauh dari pusat sambungan, sehingga penetrasi las dapat menurun jika celah antara lapisan *active flux* tidak dilapisi dengan benar [6]. Metode pengelasan A-TIG dan FB-TIG memanfaatkan penggunaan *single komponen* atau *multikomponen active flux* untuk meningkatkan kedalaman penetrasi hasil pengelasan pada paduan *aluminium* [2]. Penambahan komponen *active flux* menunjukkan dampak yang bervariasi pada kedalaman penetrasi, penampilan, struktur mikro, dan kekerasan [7].

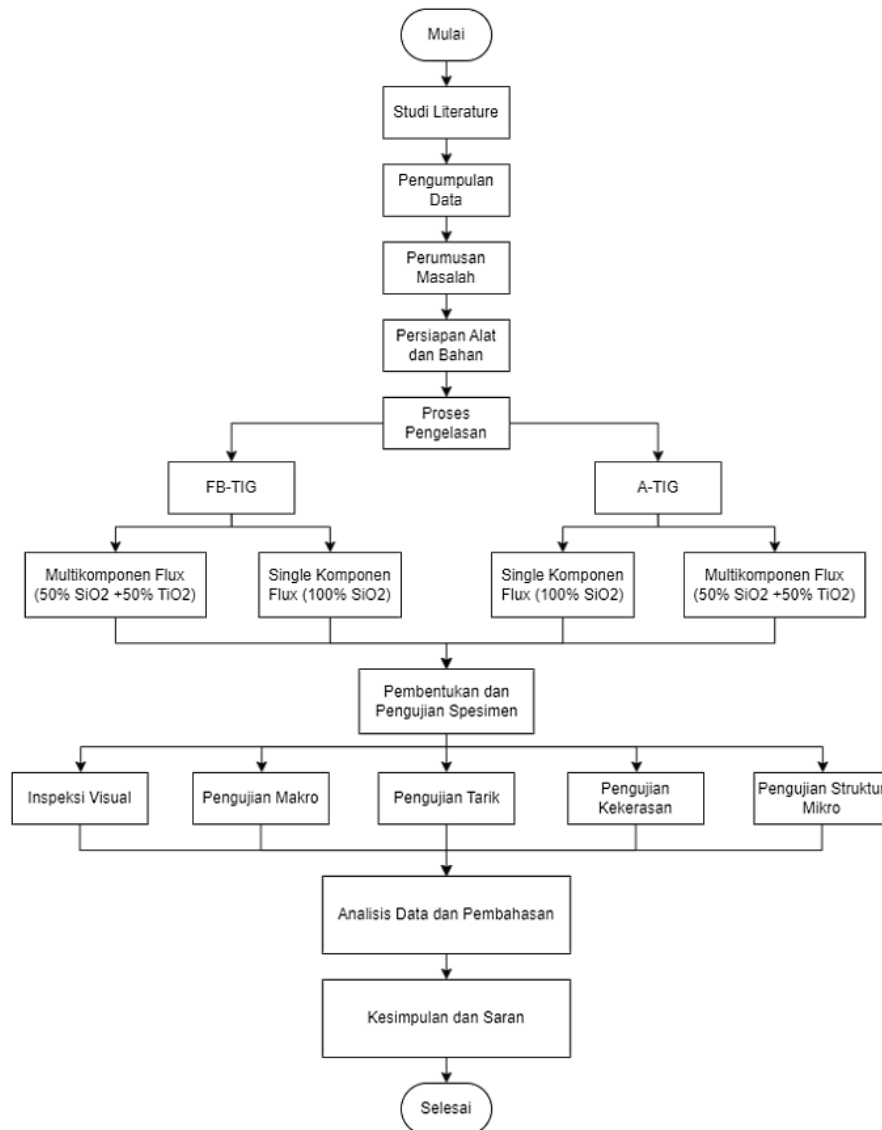
Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis komponen *active flux* dan metode pengelasan A-TIG serta FB-TIG dengan material *stainless steel* 304 terhadap nilai kedalaman penetrasi, nilai kekuatan tarik, dan nilai kekerasan. Melalui penggunaan variasi *single komponen flux* dan *multikomponen flux*, penelitian ini diharapkan dapat mengoptimalkan kualitas pengelasan serta memberikan inovasi teknologi dalam penggunaan *active flux* yang dapat meningkatkan performa teknik pengelasan. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjadi referensi bagi penelitian dan aplikasi lebih lanjut dalam bidang pengelasan dan material teknik, serta memberikan kontribusi signifikan terhadap perkembangan industri pengelasan.

2. METODE

Pada penelitian ini terdapat beberapa tahapan yang dilakukan. Tahap ini meliputi studi literatur, pengumpulan data, perumusan masalah, persiapan alat dan bahan, proses pengelasan A-TIG dan FB-TIG dengan variasi *single komponen flux* dan *multikomponen flux*, pembentukan dan pengujian spesimen, analisa data, pembahasan serta kesimpulan yang ditunjukkan pada Gambar 1.

Metode pengelasan A-TIG dan FB-TIG sudah banyak digunakan, baik dalam industri maupun penelitian akademik, karena kemampuannya dalam menghasilkan sambungan las yang berkualitas tinggi [8]. Kelebihan dari metode ini adalah peningkatan penetrasi las yang lebih baik tanpa perlu menambah arus las secara signifikan [5]. Namun, kelemahan utamanya adalah ketergantungan pada pemilihan *active flux* yang tepat, karena penggunaan *active flux* yang tidak tepat dapat menyebabkan masalah seperti pembentukan kerak yang sulit dibersihkan atau defleksi busur yang tidak stabil [9].

Variasi komponen *active flux* yang digunakan dalam penelitian ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan pengaruh *active flux* pada kualitas hasil las. *Single komponen flux* akan memberikan pengaruh tertentu pada tingkat penetrasi, sementara *multikomponen flux* dapat memberikan keuntungan tambahan dalam mengendalikan sifat mekanik sambungan las, seperti kekuatan tarik dan kekerasan [7].



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Pengujian Makro

Pengujian makro adalah pengambilan gambar pada daerah sambungan las. Pengujian makro bertujuan untuk memperlihatkan sambungan las serta daerah sekitarnya. Pada penelitian ini, pengujian makro mengacu pada standard ASTM E340. Hasil dari pengujian makro ini digunakan untuk mengetahui nilai kedalaman penetrasi hasil pengelasan. Sebelum dilakukan pengujian spesimen harus dipoles sampai halus dan dilakukan proses *etching* menggunakan larutan HCL dan HNO₃ dengan perbandingan 2:1 sesuai dengan standard [10].

2.2 Pengujian Tarik

Pengujian tarik adalah metode untuk mengukur nilai kekuatan tarik material dengan memberikan pembebanan yang lambat atau cepat hingga spesimen patah [11]. Alat pengujian menghasilkan grafik dan data tentang kekuatan dan elastisitas material, serta digunakan untuk mengetahui kekuatan tarik lasan, kekuatan luluh, elastisitas, dan keuletan material hasil lasan.

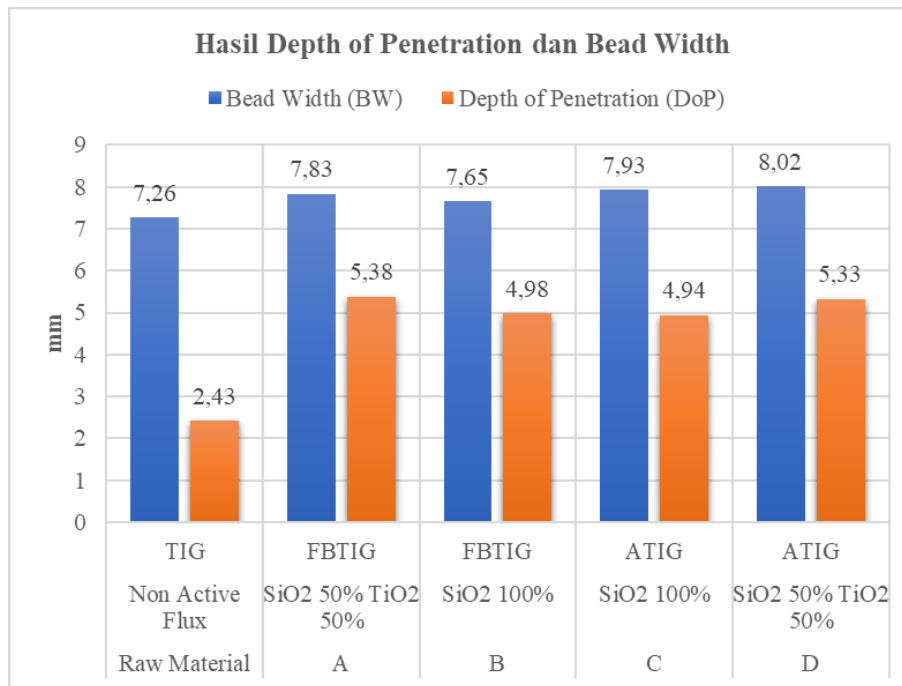
2.3 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan dilakukan untuk mengetahui tingkat kekerasan dari sebuah material atau tingkat kekerasan sebuah sambungan pengelasan pada daerah *base metal*, *fusion line*, dan *weld metal* dari masing-masing spesimen dengan cara menumbukkan indentor mesin uji kekerasan pada material yang akan diuji kekerasannya [12]. Sesuai dengan *standard* ASTM E92, pengujian kekerasan dengan metode *vickers* menggunakan indentor berbentuk piramida yang terbuat dari berlian [13]. Pada penelitian ini peneliti menggunakan pengujian kekerasan dengan metode *vickers* dimana daerah yang diuji kekerasannya yaitu *base metal*, *fusion line*, dan *weld metal*.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Makro

Pengujian makro digunakan untuk mengetahui hasil kedalaman penetrasi hasil pengelasan dari efek komponen *active flux* jenis *single komponen flux* dan *multikomponen flux* pada metode pengelasan FB-TIG dan A-TIG. Hasil kedalaman penetrasi dan lebar lasan dapat dilihat pada Gambar 2.

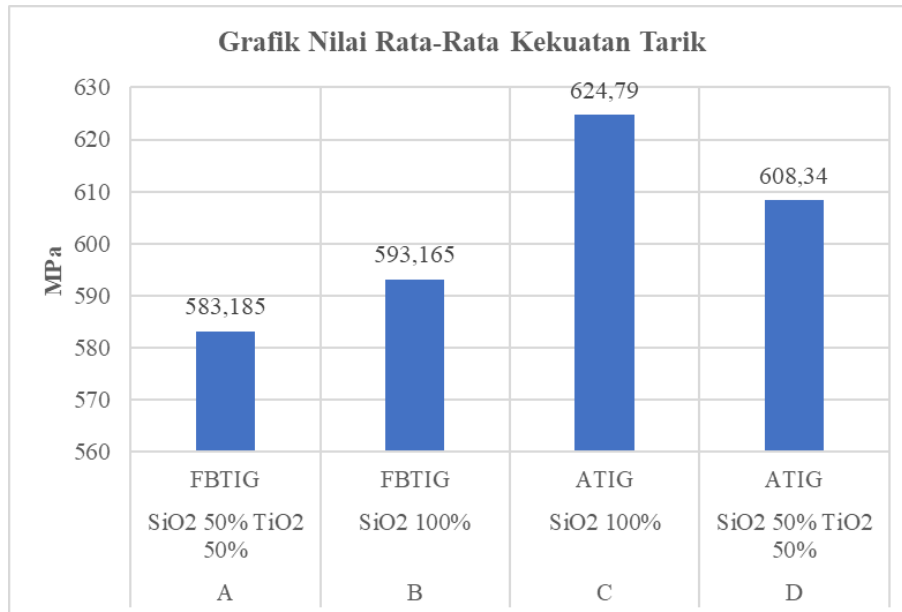


Gambar 2. Hasil Kedalaman Penetrasi dan Lebar Lasan

Berdasarkan Gambar 2 dapat dilihat bahwa nilai kedalaman penetrasi pada metode FB-TIG dan A-TIG menggunakan *multikomponen flux* (SiO₂ 50% TiO₂ 50%) menghasilkan kedalaman penetrasi yang lebih tinggi dibandingkan *single komponen flux* (SiO₂ 100%). Percampuran SiO₂ dan TiO₂ digunakan untuk meningkatkan kemampuan dari komponen *active flux* dimana keelektronegatifan logam dan jumlah oksigen juga memainkan peran penting dalam menghasilkan lebih banyak *arc constriction* dan kedalaman penetrasi yang lebih tinggi [14]. Nilai kedalaman penetrasi tertinggi didapatkan pada variasi metode FB-TIG dengan menggunakan *multikomponen flux* (SiO₂ 50% TiO₂ 50%) sebesar 5,38 mm dikarenakan pengaruh dari metode FB-TIG yang mampu meningkatkan kemampuan *multikomponen flux* (SiO₂ 50% TiO₂ 50%) dalam menghasilkan *arc constriction* sehingga menghasilkan kedalaman penetrasi yang tinggi.

3.2 Hasil Pengujian Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk menentukan nilai kekuatan tarik suatu material. Terdapat sebanyak 2 spesimen pengujian tarik pada setiap variasi. Nilai rata-rata kekuatan tarik dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Nilai Rata-Rata Kekuatan Tarik

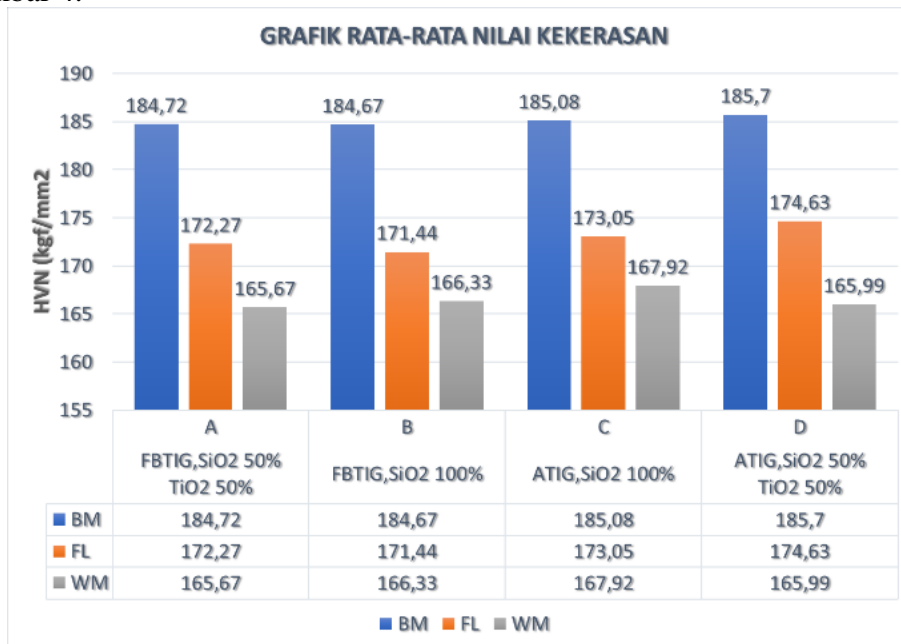
Hasil pengujian tarik menunjukkan bahwa semua spesimen mengalami patah pada daerah *weld metal* dan memiliki jenis patahan bersifat *ductile* dengan hasil nilai tarik maksimum pada semua spesimen variasi berada diatas nilai kekuatan tarik minimum material yang mengacu pada *standard* yaitu sebesar 515 MPa [15]. Nilai rata-rata kekuatan tarik tertinggi terdapat pada variasi *single komponen flux* (SiO₂ 100%) menggunakan metode pengelasan A-TIG sebesar 624,79 MPa sedangkan nilai rata-rata kekuatan tarik terendah terdapat pada variasi *multikomponen flux* (SiO₂ 50% TiO₂ 50%) menggunakan metode pengelasan FB-TIG sebesar 583,18 MPa.

Metode A-TIG mampu menghasilkan kekuatan tarik yang lebih tinggi dibandingkan dengan FB-TIG. Hal ini disebabkan oleh efektivitas metode A-TIG dalam mengoptimalkan *active flux* sehingga mampu meningkatkan kualitas sambungan las dengan menghasilkan mikrostruktur lebih halus dan homogen yang menjadikan A-TIG berkontribusi pada kekuatan tarik yang lebih baik [16]. Sebaliknya, meskipun FB-TIG menunjukkan peningkatan kekuatan tarik sekitar 10% dibandingkan TIG konvensional hasil kekuatan tarik akhir masih lebih rendah dibandingkan A-TIG [17]. Selain itu, penggunaan *single komponen flux* (SiO₂) mampu memberikan kekuatan tarik yang lebih unggul dibandingkan dengan *multikomponen flux* yang mengandung campuran SiO₂ dan TiO₂. *Single komponen flux* menawarkan komposisi yang lebih sederhana dan pengendalian kualitas yang lebih baik sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang lebih konsisten sedangkan *multikomponen flux* dapat menyebabkan interaksi kompleks antara komponennya yang berpotensi menurunkan kekuatan tarik karena pengendapan elemen yang tidak diinginkan atau inklusi [18].

3.3 Hasil Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan adalah jenis uji merusak atau *Destructive Test* (DT) yang bertujuan untuk menentukan kekerasan material akibat proses pengelasan dan perlakuan lainnya serta penting untuk memahami sifat mekanik lainnya. Pada pengujian kekerasan ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari perbedaan metode pengelasan FB-TIG dan A-TIG dengan variasi *single komponen flux*

dan *multikomponen flux* yang digunakan pada hasil pengelasan. Hasil rata-rata nilai kekerasan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Hasil Rata-Rata Nilai Kekerasan

Nilai kekerasan pada daerah *base metal* menunjukkan sedikit perbedaan antara metode pengelasan A-TIG dan FB-TIG dengan hasil A-TIG sedikit lebih tinggi dari FB-TIG. Penurunan kekerasan pada kedua metode disebabkan oleh pembentukan fasa *ferrite stringers* yang dipengaruhi oleh *arc constriction* akibat penggunaan *active flux*. Nilai kekerasan tertinggi pada *base metal* ditemukan pada metode A-TIG dengan *multikomponen flux* (185,70 kgf/mm²), sedangkan nilai kekerasan terendah terdapat pada metode FB-TIG dengan *single komponen flux* (184,67 kgf/mm²).

Pada daerah *fusion line* nilai kekerasan mengalami penurunan di semua metode dengan nilai tertinggi pada metode A-TIG menggunakan *multikomponen flux* (174,63 kgf/mm²) dan nilai terendah pada metode FB-TIG dengan *single komponen flux* (171,44 kgf/mm²). Penurunan ini disebabkan oleh pertumbuhan butir saat proses pengelasan [19].

Di area *weld metal* menunjukkan penurunan nilai kekerasan yang tidak jauh berbeda antar metode. Nilai tertinggi ditemukan pada metode A-TIG dengan *single komponen flux* (167,92 kgf/mm²) dan nilai terendah pada metode FB-TIG dengan *multikomponen flux* (165,67 kgf/mm²). Kekerasan *weld metal* menjadi rendah disebabkan oleh pengaruh panas yang tinggi, yang mengakibatkan pendinginan lambat dan menurunkan kekerasannya.

Pada *base metal* struktur mikro yang terbentuk terdiri dari fasa *austenite* dan *ferrite*, menjadikannya memiliki nilai kekerasan lebih tinggi dibandingkan *fusion line* dan *weld metal*. Dapat disimpulkan bahwa perubahan geometri hasil pengelasan akibat komponen *active flux* dan metode pengelasan TIG tidak mempengaruhi mikrostruktur dan kekerasan sambungan, baik pada *weld metal* maupun *fusion line* dikarenakan yang mempengaruhi mikrostruktur dan kekerasan merupakan laju pendinginan lambat karena proses pengelasan.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian, kedalaman penetrasi terbaik diperoleh pada metode FB-TIG menggunakan *multikomponen flux* (SiO₂ 50% TiO₂ 50%) sebesar 5,38 mm, yang lebih baik dibandingkan penggunaan *single komponen flux* (SiO₂ 100%). Metode FB-TIG juga menghasilkan penetrasi yang lebih baik daripada metode A-TIG, meskipun perbedaannya tidak jauh berbeda. Hasil

pengujian tarik memperlihatkan bahwa semua spesimen mengalami patahan *ductile* pada daerah *weld metal* dengan kekuatan tarik maksimum terbaik pada metode A-TIG dan *single komponen flux* (SiO₂ 100%) sebesar 624,79 MPa, sedangkan terendah pada metode FB-TIG dan *multikomponen flux* (SiO₂ 50% TiO₂ 50%) sebesar 583,18 MPa. Pengujian kekerasan menunjukkan bahwa perubahan geometri hasil pengelasan akibat komponen *active flux* dan metode pengelasan TIG tidak mempengaruhi mikrostruktur dan kekerasan sambungan, baik pada *weld metal* maupun *fusion line* dikarenakan yang mempengaruhi mikrostruktur dan nilai kekerasan merupakan laju pendinginan lambat karena proses pengelasan. Kekerasan tertinggi ditemukan pada metode A-TIG dengan *single komponen flux* (SiO₂ 100%) sebesar 167,92 kgf/mm², sedangkan kekerasan terendah pada metode FB-TIG dan *multikomponen flux* (SiO₂ 50% TiO₂ 50%) sebesar 165,67 kgf/mm².

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya ingin mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat dan rahmat-Nya, kami berhasil menyelesaikan karya tulis ilmiah ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada semua sahabat dan rekan penulis yang telah menyampaikan bentuk dukungan baik berupa materi maupun motivasi dari awal hingga akhir.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] K. Kumar, Ch. Sateesh Kumar, M. Masanta, and S. Pradhan, "A review on TIG welding technology variants and its effect on weld geometry," *Mater Today Proc*, vol. 50, pp. 999–1004, 2022, doi: 10.1016/j.matpr.2021.07.308.
- [2] N. Rakesh *et al.*, "Effect of fluxes on weld penetration during TIG welding – A review," *Mater Today Proc*, vol. 72, pp. 3040–3048, 2023, doi: 10.1016/j.matpr.2022.08.386.
- [3] S. R. Singh and P. Khanna, "A-TIG (activated flux tungsten inert gas) welding: – A review," *Mater Today Proc*, vol. 44, pp. 808–820, 2021, doi: 10.1016/j.matpr.2020.10.712.
- [4] K. Touileb *et al.*, "Comparative Microstructural, Mechanical and Corrosion Study between Dissimilar ATIG and Conventional TIG Weldments of 316L Stainless Steel and Mild Steel," *Metals (Basel)*, vol. 12, no. 4, p. 635, Apr. 2022, doi: 10.3390/met12040635.
- [5] P. Chakravarthy, M. Agilan, and N. Neethu, *Flux Bounded Tungsten Inert Gas Welding Process*. First edition. | Boca Raton, FL : CRC Press/Taylor & Francis Group, 2020.: CRC Press, 2019. doi: 10.1201/9780367823207.
- [6] N. N and C. Pammi, "Recent Advances in TIG Welding Process," 2020.
- [7] A. Baghel, C. Sharma, V. Upadhyay, and R. Singh, "Investigating the influence of single and multicomponent activated fluxes on macrostructure, microstructure, and hardness of ATIG welded SS304," *International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM)*, Nov. 2023, doi: 10.1007/s12008-023-01620-1.
- [8] M. Y. Pratama, U. Budiarto, and S. Jokosisworo, "Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Tekuk, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Akibat Pengelasan FCAW (Flux- Cored Arc Welding) dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan," *Teknik Perkapalan*, vol. 7, no. 2, 2019.
- [9] K. Touileb, R. Djoudjou, A. Ouis, A. C. Hedhibi, S. Boubaker, and M. M. Z. Ahmed, "Particle Swarm Method for Optimization of ATIG Welding Process to Joint Mild Steel to 316L Stainless Steel," *Crystals (Basel)*, vol. 13, no. 9, p. 1377, Sep. 2023, doi: 10.3390/cryst13091377.
- [10] ASTM E340, *Standard Practice for Macroetching Metals and Alloys*. 2023. doi: 10.1520/E0340-23.
- [11] A. Rahmatika *et al.*, "Pengujian Merusak Pada Kualifikasi Prosedur Las Plat Baja Karbon SA-36 dengan Proses Pengelasan SMAW Berdasarkan Standar ASME Section IX".

- [12] M. Ari, “Analisis Temperatur PWHT dan Holding Time pada Sambungan Las Material SA 387 Grade 11 Class 1 Terhadap Nilai Kekerasan dan Struktur Mikro,” *INOVTEK POLBENG*, vol. 9, no. 2, p. 395, Nov. 2019, doi: 10.35314/ip.v9i2.1175.
- [13] ASTM E92, *Standard Test Methods for Vickers Hardness and Knoop Hardness of Metallic Materials*. 2023. doi: 10.1520/E0092-23.
- [14] N. Sahu, D. Panda, S. K. Badjena, S. K. Sahoo, and P. K. Kar, “Multicomponent Flux for Improved Penetration and Metallurgical Properties Using A-GTAW,” *J Mater Eng Perform*, vol. 32, no. 9, pp. 4237–4248, May 2023, doi: 10.1007/s11665-022-07383-2.
- [15] ASTM A240/240M, *A240/A240M – 22b Standard Specification for Chromium and Chromium-Nickel Stainless Steel Plate, Sheet, and Strip for Pressure Vessels and for General Applications*. 2022. doi: 10.1520/A0240_A0240M-22B.
- [16] M. Kurtulmuş, “Activated flux TIG welding of austenitic stainless steels,” *Emerging Materials Research*, vol. 9, no. 4, pp. 1041–1055, Dec. 2020, doi: 10.1680/jemmr.18.00092.
- [17] J. S. Jayakrishnan and C. P. Chakravarthy, “Flux bounded tungsten inert gas welding for enhanced weld performance—A review,” *J Manuf Process*, vol. 28, pp. 116–130, Aug. 2017, doi: 10.1016/j.jmapro.2017.05.023.
- [18] D. Patel and S. Jani, “Techniques to weld similar and dissimilar materials by ATIG welding - an overview,” *Materials and Manufacturing Processes*, vol. 36, no. 1, pp. 1–16, Jan. 2021, doi: 10.1080/10426914.2020.1802040.
- [19] G. Shit, M. V. Kuppasamy, and S. Ningshen, “Corrosion Resistance Behavior of GTAW Welded AISI type 304L Stainless Steel,” *Transactions of the Indian Institute of Metals*, vol. 72, no. 12, pp. 2981–2995, Dec. 2019, doi: 10.1007/s12666-019-01779-w.