



## **PENGARUH ACTIVE FLUX $\text{SiO}_2$ DAN $\text{MnO}_2$ PADA PENGELASAN A-TIG UNTUK SAMBUNGAN DISSIMILAR METAL PADA KAPAL PERANG**

**Dika Anggara<sup>1</sup>, Eriek Wahyu RestuWidodo<sup>2</sup>, Priyambodo Nur Adi Nugroho<sup>3</sup>,  
Ruddianto<sup>3</sup>, Aang Wahidin<sup>3</sup>**

<sup>1</sup> Teknik Pengelasan dan Fabrikasi, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

<sup>2</sup> Teknik Pengelasan, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

<sup>3</sup> Teknik Perancangan dan Konstruksi Kapal, Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

email: [dika.anggara@ppns.ac.id](mailto:dika.anggara@ppns.ac.id)

### **ABSTRAK**

Salah satu kelemahan pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) pada penyambungan *dissimilar metal* untuk penerapan pada sambungan las di kapal perang adalah hasil penetrasi yang dangkal dan harus ada penggunaan *buttering weld*. Pengembangan terus dilakukan untuk memecahkan masalah tersebut hingga ditemukan metode A-TIG (Activated Tungsten Inert Gas) untuk meningkatkan kedalaman penetrasi. A-TIG merupakan salah satu pengelasan yang memanfaatkan oksida logam yang berbentuk pasta. Pada penelitian ini digunakan jenis *active flux*  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{MnO}_2$  ditinjau dari kedalaman penetrasi dan strukturmikro dari sambungan las. Kedalaman penetrasi dengan *Active flux*  $\text{SiO}_2$  lebih dalam dibandingkan dengan  $\text{MnO}_2$ . Pada daerah HAZ *carbon steel* terdapat struktur mikro *grain boundary ferrite*, *acicular ferrite*, *bainite*, dan *pearlite*. Sementara itu, pada bagian *weld metal* terdapat *grain boundary ferrite*, *bainite*, dan *pearlite*. HAZ *stainless steel* terjadi pertumbuhan *dendrite ferrite* yang melintasi weld metal.

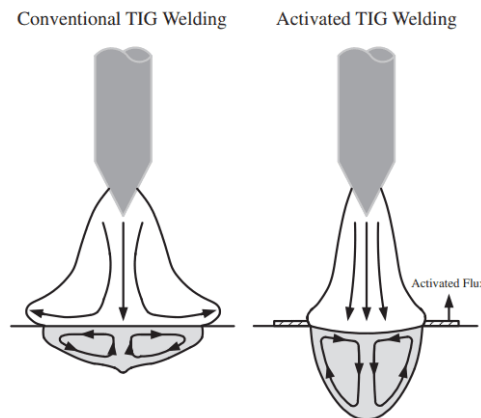
**Kata kunci:** A-TIG (*Activated Tungsten Inert Gas*),  $\text{SiO}_2$  flux,  $\text{MnO}_2$  flux, *dissimilar metal*

### **PENDAHULUAN**

Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) merupakan pengelasan yang banyak digunakan pada penyambungan logam yang berbeda jenis atau disebut *dissimilar metal* karena menghasilkan kualitas sambungan yang baik [1]. Salah satu pengaplikasiannya pada kapal perang yang menggunakan kombinasi material *carbon steel* dan *stainless steel*. Akan tetapi penggunaan TIG pada *dissimilar metal* memiliki keterbatasan hanya sampai ketebalan maksimum 5 mm saja. Akan terjadi kerumitan jika pengelasan dilakukan pada logam dengan ketebalan diatas 5 mm karena dibutuhkan 2 logam pengisi (filler metal) dalam proses *buttering weld* [2]. *Buttering weld* adalah proses pelapisan yang tujuannya menyamakan sifat antara logam induk dan logam las agar terjadi sambungan yang baik. Proses ini dirasa kurang ekonomis sehingga dibutuhkan pengembangan pada proses pengelasan yang relatif murah namun memiliki kualitas yang baik. Penemuan metode A-TIG (Activated Tungsten Inert Gas)

sebagai solusi baru pada pengelasan *dissimilar metal* mulai dikembangkan oleh Paton Electric Welding Institute (PWI) di Kiev, Ukraina [3].

A-TIG *welding* mampu meningkatkan penetrasi las pada material tebal seperti pelat atau pipa dengan *single pass* tanpa preparasi maupun penggunaan filler metal [4]. A-TIG *welding* merupakan metode pengelasan yang memanfaatkan *activated flux* yang memberikan pengaruh besar dibandingkan dengan TIG konvensional meskipun dengan penggunaan parameter las yang sama [5]. Ilustrasi dari perbandingan kedua las tersebut dapat dilihat pada Gambar 1.

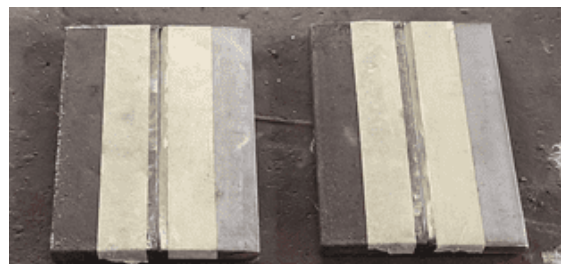


Gambar 1. Perbandingan kedalaman penetrasi Las TIG konvensional dan A-TIG

Pada proses pengelasan A-TIG membutuhkan penambahan *active flux* untuk memberikan penetrasi yang dalam. *Active flux* yang biasa digunakan dalam A-TIG dapat berupa bubuk oksida atau halida yang dicampur dengan menggunakan aseton atau metanol untuk dibuat seperti pasta [6]. Terdapat banyak jenis *active flux* yang dikembangkan dalam A-TIG *welding*. Beberapa diantaranya adalah  $\text{TiO}_2$  dan  $\text{ZnO}$  yang sering digunakan pada sambungan *dissimilar metal*. Namun pada penelitian yang lain jenis *active flux*  $\text{SiO}_2$  menghasilkan penetrasi lebih dalam dari  $\text{TiO}_2$  [7]. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian terhadap pengaruh *active flux*  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{MnO}_2$  pada pengelasan *dissimilar metal* untuk melihat dampaknya terhadap kedalaman penetrasi, kekerasan dan struktur mikro dari sambungan las.

### PROSEDUR EKSPERIMEN

Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah sambungan *dissimilar metal* antara *carbon steel* SA 283 Gr C disambung dengan *stainless steel* SA 240 Tp. 304L dengan dimensi 150 x 100 mm ketebalan masing - masing pelat 8 mm. Persiapan material yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Persiapan *test piece* sebelum dilakukan proses pengelasan

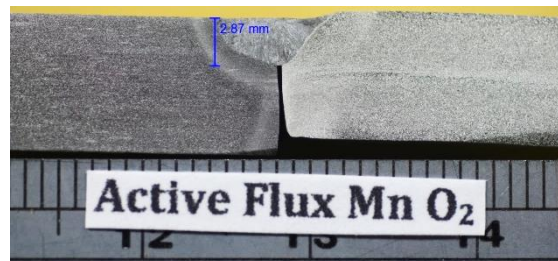
*Active flux* yang digunakan adalah  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{MnO}_2$ . Proses pengelasan yang digunakan adalah TIG (Tungsten Inert Gas) dengan arus 200 A dan gas pelindung berupa Argon (Ar) dengan *flow rate* 15 L/m. Jenis sambungan yang digunakan adalah *square butt joint*. Sedangkan pengujian yang dilakukan meliputi uji makro untuk mengetahui kedalaman penetrasi dari masing – masing jenis *active flux*. Selanjutnya pengujian mikro untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk setelah hasil pengelasan.

Proses pengelasan diawali dengan pengaplikasian oksida flux  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{MnO}_2$  pada permukaan yang disambung. Selanjutnya baru dilaksanakan pengelasan dengan proses TIG. Setelah proses pengelasan selesai, dilakukan pengujian makroskopik untuk melihat kedalaman penetrasi pengelasan.

### HASIL DAN PEMBAHASAN



Gambar 2. Hasil uji makro flux  $\text{SiO}_2$



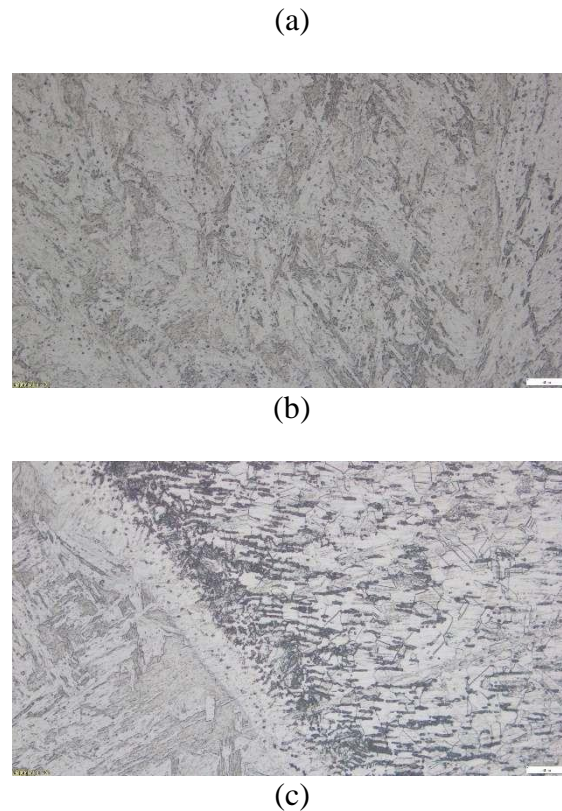
Gambar 3. Hasil uji makro flux  $\text{MnO}_2$

Tabel 1. Hasil pengukuran kedalaman penetrasi  $\text{SiO}_2$  dan  $\text{MnO}_2$

No	Active Flux	Kedalaman (mm)
1	$\text{SiO}_2$	3.45
2	$\text{MnO}_2$	2.87

#### Hasil Pengujian Strukturmikro *Active flux* $\text{SiO}_2$





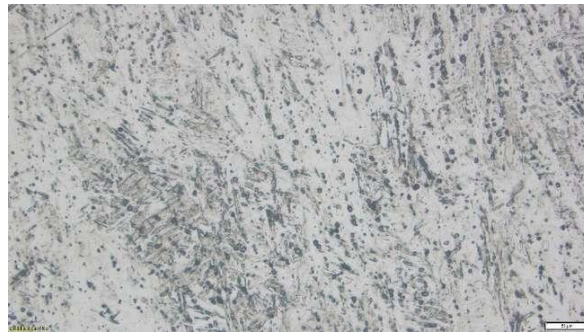
Gambar 4. Strukturmikro (a) HAZ Carbon Steel, (b) Logam Lasan (Weld Metal), dan (c) HAZ Stainless Steel dengan *Active flux* SiO<sub>2</sub>

Pada daerah *heat affected zone carbon steel* terdapat struktur mikro *grain boundary ferrite*, *acicular ferrite*, *bainite*, dan *pearlite*. Strukturmikro *grain boundary ferrite* mendominasi daerah HAZ dikarenakan *heat input* yang tinggi dan laju pendinginan yang rendah [8]. Struktur mikro *acicular ferrite* memiliki bentuk memanjang seperti jarum yang berorientasi secara acak, struktur mikro *acicular ferrite* terbentuk karena dibantu proses inklusi pada HAZ [9]. Selain terbentuk oleh *non metallic inclusion*, *acicular ferrite* juga bisa terbentuk oleh hal lainnya seperti *austenite grain size*, *cooling rate*, *steel composition*. Pada gambar struktur mikro, terbentuk fase *bainite* dan *acicular ferrite* yang bentuknya sangat mirip. Perbedaan yang paling terlihat diantara keduanya adalah daerah asal nukleasinya. Dimana asal terbentuknya *acicular ferrite* adalah dari *non metallic inclusion* sedangkan *bainite* terbentuk dari *grain boundary ferrite* [10].

#### Hasil Pengujian Strukturmikro *Active flux* MnO<sub>2</sub>



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Strukturmikro (a) HAZ Carbon Steel, (b) Logam Lasan (Weld Metal), dan (c) HAZ Stainless Steel dengan *Active flux* MnO<sub>2</sub>

Pada bagian *weld metal* terdapat *grain boundary ferrite*, *bainite*, dan *pearlite*. *Grain boundary ferrite* tampak mendominasi, dikarenakan pada daerah *weld metal* mendapatkan *heat input* yang besar sehingga memiliki *cooling rate* yang rendah. Terdapat *bainite* yang merupakan kelanjutan dari *grain boundary ferrite* dan terdapat fasa *pearlite*. Pada HAZ *stainless steel* terjadi pertumbuhan *dendrite ferrite* yang melintasi area *weld metal*. Keberadaan *ferrite* tersebut dipengaruhi oleh *cooling rate*. Semakin tinggi *heat input* maka semakin rendah *cooling rate*. Selanjutnya semakin rendah *cooling rate* maka akan semakin banyak fasa *ferrite* yang terbentuk pada *austenitic stainless steel* [11].

### KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, dapat disimpulkan kedalaman penetrasi dengan *Active flux* SiO<sub>2</sub> lebih dalam dibandingkan dengan MnO<sub>2</sub>. Pada daerah HAZ *carbon steel* terdapat struktur mikro *grain boundary ferrite*, *acicular ferrite*, *bainite*, dan *pearlite*. Sementara itu, pada bagian *weld metal* terdapat *grain boundary ferrite*, *bainite*, dan *pearlite*. HAZ *stainless steel* terjadi pertumbuhan *dendrite ferrite* yang tumbuh melalui *weld metal*.

### REFERENSI

- [1] Badheka, V. J., Basu, R., Omale, J., & Szpunar, J. (2016). Microstructural Aspects of TIG and A-TIG Welding Process of Dissimilar Steel Grades and Correlation to Mechanical Behavior. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 69(9), 1765–1773. <https://doi.org/10.1007/s12666-016-0836-5>

- 
- [2] Patel, D., & Jani, S. (2021). Techniques to weld similar and dissimilar metals by ATIG welding - an overview. In *Materials and Manufacturing Processes* (Vol. 36, Issue 1, pp. 1–16). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10426914.2020.1802040>
- [3] Lu, S., Fujii, H., Sugiyama, H., Tanaka, M., & Nogi, K. (2002). Weld Penetration and Marangoni Convection with Oxide Fluxes in GTA Welding. In *Materials Transactions* (Vol. 43, Issue 11).
- [4] Singh, A. K., Kumar, M., Dey, V., & Rai, R. N. (2017). A Study to Increase Weld Penetration in P91 Steel During TIG Welding by using Activating Fluxes. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 225, 012099. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/225/1/012099>
- [5] Tseng, K. H. (2013). Development and application of oxide-based flux powder for tungsten inert gas welding of austenitic stainless steels. *Powder Technology*, 233, 72–79. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2012.08.038>
- [6] Pandya, D., Badgujar, A., & Ghetiya, N. (2021). A novel perception toward welding of stainless steel by activated TIG welding: a review. In *Materials and Manufacturing Processes* (Vol. 36, Issue 8, pp. 877–903). Bellwether Publishing, Ltd. <https://doi.org/10.1080/10426914.2020.1854467>
- [7] Surendran, N., Luhar, K., Mistry, D., Teacher, M., & Srivastava, S. (2018). Effect of TiO<sub>2</sub> Flux and SiO<sub>2</sub> Flux Coating on Weld Penetration by A-TIG. *International Journal of Mechanical Engineering*, 5(4), 16–22. <https://doi.org/10.14445/23488360/IJME-V5I4P104>
- [8] Jurusan, S., Teknik, P., Kejuruan, D., & Mesin, T. (n.d.). Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam dengan Variasi Masukan Panas.
- [9] WELDING METALLURGY SECOND EDITION. (n.d.).
- [10] Loder, D., Michelic, S. K., & Bernhard, C. (2016). Acicular Ferrite Formation and Its Influencing Factors-A Review. *Journal of Materials Science Research*, 6(1), 24. <https://doi.org/10.5539/jmsr.v6n1p24>
- [11] Rodrigues, A., & Loureiro, A. (2004). Effect of cooling rate on the microstructure and hardness of austenitic stainless steel welds. *Materials Science Forum*, 455–456, 312–316. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/msf.455-456.312>