

## ANALISIS PENGARUH ACTIVE FLUX $TiO_2$ DAN $Cr_2O_3$ PENGELASAN A-TIG UNTUK PENYIMPANAN UAP PANAS PEMBANGKIT LISTRIK

Dika Anggara<sup>1</sup>, Eriek W.R. Widodo<sup>2</sup>, Moch. Karim Al Amin<sup>3</sup>, Priyambodo N.A.N<sup>4</sup>, Rayvaldo Pradana Riestian<sup>5</sup>

Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Pekapalan Negeri Surabaya  
Jalan Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya, Jawa Timur 60111

E-mail: dika.anggara@ppns.ac.id

### ABSTRAK

Salah satu kelemahan pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) pada penyambungan dissimilar material untuk aplikasi penyimpan uap panas di pembangkit listrik adalah hasil penetrasi yang dangkal. 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  $TiO_2$  dan  $Cr_2O_3$  ditinjau dari kedalaman penetrasi, kekerasan dan strukturmikro dari sambungan las. Kedalaman penetrasi dengan aktif flux  $Cr_2O_3$  lebih dalam dibandingkan dengan  $TiO_2$ . Nilai kekerasan tertinggi pada aktif fluks  $TiO_2$  sebesar 375,81 HVN di daerah weld metal, sedangkan nilai kekerasan terendah pada daerah HAZ stainless steel yaitu 194,56 HVN. Nilai kekerasan tertinggi pada aktif fluks  $Cr_2O_3$  yaitu 409,78 HVN, sedangkan nilai kekerasan terendah didapati pada daerah HAZ carbon steel dengan nilai sebesar 170,03 HVN. Pada daerah *heat affected zone 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*. *Heat affected zone stainless steel* terjadi pertumbuhan dendrite ferrite yang tumbuh melalui weld metal.

**Kata Kunci:** A-TIG (Activated Tungsten Inert Gas),  $TiO_2$  flux,  $Cr_2O_3$  flux, dissimilar material

### ABSTRACT

One of the weakness of TIG (Tungsten Inert Gas) welding on the dissimilar material for steam storage application in the power plant is the shallow penetration. Development has been doing for solving the problem until the A-TIG (Activated Tungsten Inert Gas) was founded to increase the depth of penetration. A-TIG is a welding process that employed metal oxide which formed of paste. This research was used  $TiO_2$  and  $Cr_2O_3$  active fluxes that observed the depth of penetration, hardness, and microstructure from the joint. The depth of penetration using  $Cr_2O_3$  active flux was deeper than  $TiO_2$ . The highest of hardness was used  $TiO_2$  as active flux with 375.81 HVN in the weld metal, whereas the lowest was HAZ of carbon steel side with 170.03 HVN. In the HAZ of carbon steel was obtained microstructure of grain boundary ferrite, acicular ferrite, bainite, and pearlite. While on the weld metal was found grain boundary of ferrite, bainite, and pearlite. Heat affected zone of stainless steel was occurred the growth of dendrite ferrite which grew through weld metal.

**Keyword:** A-TIG (Activated Tungsten Inert Gas),  $TiO_2$  flux,  $Cr_2O_3$  flux, dissimilar material

### 1. PENDAHULUAN

Pengelasan TIG (Tungsten Inert Gas) adalah salah satu pengelasan yang menghasilkan sambungan yang sangat baik dan banyak digunakan dalam penyambungan dissimilar material [1]. Salah satu pengaplikasian pengelasan TIG adalah di penyimpanan uap panas pada pembangkit listrik, material utama dari pembangkit listrik adalah *carbon steel* dan *stainless steel*. Akan tetapi penggunaan TIG pada *dissimilar material carbon steel* dan *stainless steel* tidak lebih dari 5 mm. Kerumitan muncul pada pengelasan plat dengan tebal diatas 5 mm yaitu diperlukannya desain single-v groove dengan menggunakan 2 logam pengisi (*filler metal*) [2]. *Filler* pertama digunakan sebagai overlay pada material *mild steel*, untuk filler kedua

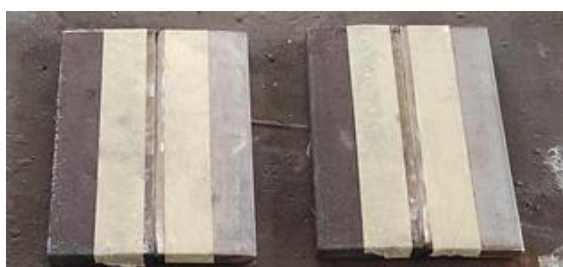
digunakan untuk penyambungan antara *mild steel* dengan *austenitic stainless steel*, sehingga kurang ekonomis. karena itu diperlukan pengembangan pada proses pengelasan ini supaya dapat diterima dengan baik oleh industri. Para peneliti telah mengembangkan pengelasan TIG ini dengan menambahkan fluks oksida yang dilarutkan dengan pelarut kemudian dioleskan pada permukaan spesimen yang akan dilakukan proses las TIG. Metode ini disebut dengan A-TIG (*Activated Tungsten Inert Gas*).

*Active flux*  $TiO_2$  dan ZnO merupakan flux yang efektif untuk pengelasan A-TIG yang berbeda jenis material antara *carbon steel* ke *stainless steel*. Penetrasi penuh Pengelasan TIG dilaporkan dengan menggunakan flux  $TiO_2$  dan ZnO [3]. Namun, pada

pengelasan A-TIG yang lain penggunaan *activated flux* SiO<sub>2</sub> menghasilkan penetrasi lebih dalam dari TiO<sub>2</sub> [3]. Oleh karena itu, penulis melakukan penelitian terhadap pengaruh active flux TiO<sub>2</sub> dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada pengelasan dissimilar material untuk melihat dampaknya terhadap kedalaman penetrasi, kekerasan dan struktur mikro dari sambungan las.

## 2. PEMBAHASAN

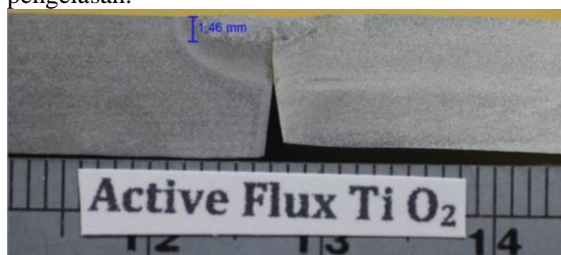
Material yang digunakan dalam penelitian ini adalah *dissimilar material* yakni *carbon steel* tipe SA 283 Gr C disambung dengan *stainless steel* tipe SA 240 Tp. 304L dengan dimensi 150 x 100 mm ketebalan masing - masing pelat 8 mm. Persiapan material yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



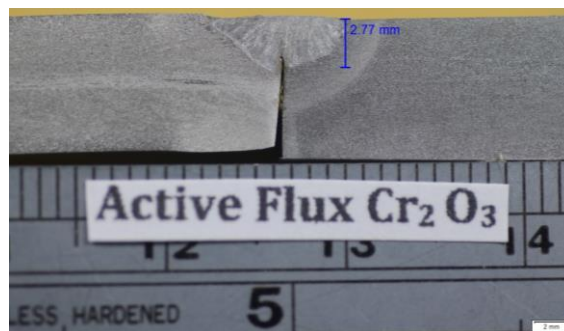
**Gambar 1. Persiapan test piece sebelum dilakukan proses pengelasan**

Oksida *flux* yang digunakan adalah TiO<sub>2</sub> dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Proses pengelasan yang digunakan adalah TIG (Tungsten Inert Gas) dengan arus 200 A dan gas pelindung berupa Argon (Ar) *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 *flux*. Pengujian kekerasan (hardness) untuk mengetahui nilai kekerasan pada area logam las (*weld metal*) dan HAZ (*Heat Affected Zone*) menggunakan *Vickers hardness test*. Selanjutnya pengujian mikro untuk mengetahui struktur mikro yang terbentuk setelah hasil pengelasan.

Proses pengelasan diawali dengan pengaplikasian oksida *flux* TiO<sub>2</sub> dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada permukaan yang disambung, selanjutnya baru dilaksanakan pengelasan dengan proses TIG. Setelah proses pengelasan selesai, dilakukan pengujian makroskopik untuk melihat kedalaman penetrasi pengelasan.



**Gambar 2. Hasil uji makro flux TiO<sub>2</sub>**



**Gambar 3. Hasil uji makro flux Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

**Tabel 1. Kedalaman penetrasi TiO<sub>2</sub> dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Active Flux	Kedalaman (mm)
TiO <sub>2</sub>	1,46
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,77

Hasil Pengujian Struktur mikro Aktif flux TiO<sub>2</sub>



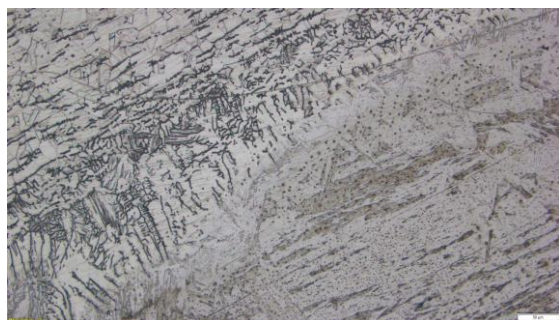
**Gambar 4. Struktur mikro HAZ Carbon Steel dengan Aktif Flux TiO<sub>2</sub>**

Pada daerah *heat affected zone carbon steel* terdapat struktur mikro *grain boundary ferrite*, *acicular ferrite*, *bainite*, dan *perlite*. Struktur mikro *grain boundary ferrite* mendominasi daerah *heat affected zone* dikarenakan *heat input* yang tinggi dan laju pendinginan yang rendah [4]. Struktur mikro acicular ferrite juga terdapat pada *heat affected zone low carbon steel*, acicular ferrite memiliki bentuk memanjang seperti jarum yang berorientasi secara acak, struktur mikro acicular ferrite terbentuk dikarenakan terbantu oleh inklusi pada *heat affected zone* [5]. Selain terbentuk oleh non metallic inclusion, acicular ferrite terbentuk oleh hal hal lainnya seperti austenite grain size, cooling rate, steel composition, non metallic inclusion. Pada gambar struktur mikro, struktur mikro bainite dan acicular ferrite sangat mirip, perbedaan yang jelas di antara keduanya adalah daerah asal nucleasi nya, yang mana acicular ferrite asal terbentuknya berasal dari non metallic inclusion sedangkan bainite terbentuk dari grain boundary ferrite [6]. Inklusi pada *heat affected zone* diakibatkan oleh TiO<sub>2</sub> yang berasal dari penggunaan aktif fluks.



**Gambar 5. Strukturmikro Logam Lasan (Weld Metal) dengan Aktif Flux TiO<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



**Gambar 6. Strukturmikro HAZ Stainless Steel dengan Aktif Flux TiO<sub>2</sub>**

Pada *heat affected zone stainless steel* terjadi pertumbuhan dendrite ferrite yang tumbuh melalui weld metal. Keberadaan ferrite dipengaruhi oleh cooling rate, semakin tinggi heat input maka semakin rendah cooling rate, semakin rendah cooling rate maka akan semakin banyak fasa ferrite yang terbentuk pada austenitic stainless steel [7]. Selain dipengaruhi oleh cooling rate keberadaan fasa ferrite juga dipengaruhi oleh unsur kimia lainnya pada penelitian ini unsur kimia yang mempengaruhi terbentuknya fasa ferrite adalah gas aktif nitrogen yang terdapat pada variasi shielding gas argon + 5 % nitrogen. Shielding gas nitrogen Pada spesimen dengan variasi shielding gas argon + 5 % nitrogen terdapat lebih banyak fasa austenite dikarenakan nitrogen merupakan pembentuk fasa austenite dan keberadaan nitrogen juga dapat mengurangi fasa  $\delta$ -ferrite [8].

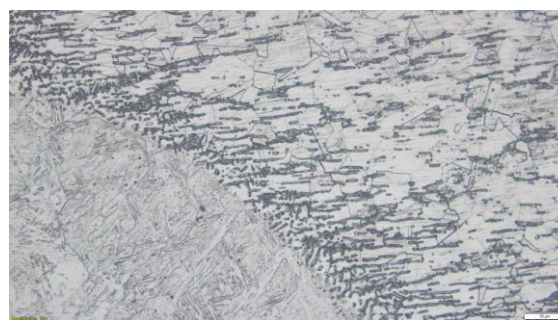
Hasil Pengujian Strukturmikro Aktif Flux Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>



(a)



(b)



(c)

**Gambar 7. Strukturmikro (a) HAZ Carbon Steel, (b) Logam Lasan (Weld Metal), dan (c) HAZ Stainless Steel dengan Aktif Flux Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Logam induk (baja karbon) menunjukkan matriks pearlite dan sisi SS menunjukkan struktur butiran austenite. Daerah lasan (sisi baja karbon) menunjukkan struktur martensite dan sisi SS menunjukkan karbida pada logam lasan. HAZ di daerah baja karbon menunjukkan butiran proeutektoid ferit mengurai menuju batas butir austenitik. Selama pengelasan baja karbon dan SS, karbon berdifusi dari sisi baja karbon ke dalam logam lasan pada temperatur di atas 423°C. Perpindahan karbon terjadi, yang memimpin perpindahan karbon ke luar menuju logam lasan SS dan selanjutnya melemahkan HAZ pada baja karbon, pengamatan strukturmikro diperoleh formasi karbida pada logam lasan SS di bawah TIG normal sebagaimana pada spesimen A-TIG.

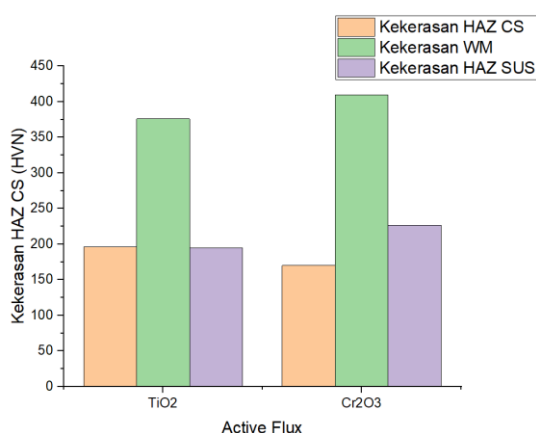
Hasil Nilai Kekerasan

**Tabel 2. Nilai kekerasan TiO<sub>2</sub> dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>**

Active Flux	Kekerasan HAZ CS (HVN)	Kekerasan WM (HVN)	Kekerasan HAZ SUS (HVN)
TiO <sub>2</sub>	195,91	375,81	194,56
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	170,03	409,78	226,65

Nilai kekerasan tertinggi dari HAZ *carbon steel* didapatkan pada jenis flux TiO<sub>2</sub>.

Nilai kekerasan tertinggi dari WM didapatkan pada jenis flux Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Nilai kekerasan tertinggi dari HAZ *stainless steel* didapatkan pada jenis flux Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



**Gambar 8. Grafik Kekerasan Aktif Flux TiO<sub>2</sub> dan Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> pada daerah HAZ baja karbon dan SS, serta Logam Lasan**

### 3. KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan oleh penulis, dapat disimpulkan kedalaman penetrasi dengan aktif flux Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> lebih dalam dibandingkan dengan TiO<sub>2</sub>. Nilai kekerasan tertinggi pada aktif fluks TiO<sub>2</sub> sebesar 375,81 HVN di daerah weld metal, sedangkan nilai kekerasan terendah pada daerah HAZ stainless steel yaitu 194,56 HVN. Nilai kekerasan tertinggi pada aktif fluks Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub> yaitu 409,78 HVN, sedangkan nilai kekerasan terendah didiapat pada daerah HAZ carbon steel dengan nilai sebesar 170,03 HVN. Pada daerah *heat affected zone 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*. *Heat affected zone stainless steel* terjadi pertumbuhan dendrite ferrite yang tumbuh melalui weld metal.

### PUSTAKA

[1] V. Badheka, R. Basu, J. Omale, and J. Szpunar, "Microstructural Aspects of TIG and A-TIG Welding Process of Dissimilar

Steel Grades and Correlation to Mechanical Behavior," *Trans. Indian Inst. Met.*, vol. 69, Mar. 2016, doi: 10.1007/s12666-016-0836-5.

- [2] D. Patel and S. Jani, "Techniques to weld similar and dissimilar materials by ATIG welding - an overview," *Mater. Manuf. Process.*, vol. 36, pp. 1–16, Aug. 2020, doi: 10.1080/10426914.2020.1802040.
- [3] M. Teacher, N. Surendran, K. Luhar, and D. Mistry, "Effect of Tio2 Flux and Sio2 Flux coating on weld penetration by A-TIG," *Int. J. Mech. Eng.*, vol. 5, Jun. 2018, doi: 10.14445/23488360/IJME-V5I4P104.
- [4] S. Suharno, "Struktur Mikro Las Baja C-Mn Hasil Pengelasan Busur Terendam dengan Variasi Masukan Panas," *J. Tek. Mesin*, vol. 10, Jan. 2008.
- [5] S. Kou, *Welding Metallurgy*. 2003.
- [6] D. Loder, S. Michelic, and C. Bernhard, "Acicular Ferrite Formation and Its Influencing Factors-A Review," *J. Mater. Sci. Res.*, vol. 6, p. 24, Dec. 2016, doi: 10.5539/jmsr.v6n1p24.
- [7] A. Rodrigues and A. Loureiro, "Effect of Cooling Rate on the Microstructure and Hardness of Austenitic Stainless Steel Welds," *Mater. Sci. Forum - MATER SCI FORUM*, vol. 455–456, pp. 312–316, May 2004, doi: 10.4028/www.scientific.net/MSF.455-456.312.
- [8] B. Alic and S. Pasic, *Effects of Nitrogen Adding in Argon Shielding Gas for Welding of Austenitic Stainless Steels*. 2012.