

PENGARUH JENIS *ACTIVATED FLUX* DAN VARIASI KUAT ARUS PADA PENGELASAN A-TIG *DISSIMILAR MATERIAL* TERHADAP KEDALAMAN PENETRASI, KEKERASAN, STRUKTUR MIKRO DAN LAJU KOROSI

Imam Khoirul Rohmat¹, Moch. Iqbal Ramadhan², Dika Anggara³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Pengelasan, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Jln. Teknik Kimia, Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111, Indonesia
Email: ¹imamkhoirulrohmat@ppns.ac.id, ²moch.iqbal030100@gmail.com, ³dika.anggara@ppns.ac.id

Abstrak

Proses pengelasan TIG mempunyai hasil penetrasi yang dangkal. Penambahan *activated flux* dapat menambah kedalaman penetrasi pada hasil pengelasan yang disebut pengelasan A-TIG, sehingga penelitian ini untuk menganalisa pengaruh jenis *activated flux* dan kuat arus terhadap kedalaman penetrasi, kekerasan, struktur mikro, dan laju korosi. Penelitian ini menggunakan material SUS 304 dan A36 dengan tebal material 6 mm yang dilas menggunakan proses las A-TIG dengan variasi *activated flux* Fe₂O₃, Cr₂O₃ dan variasi kuat arus 100 *ampere* dan 120 *ampere*. Penelitian ini dilakukan pengujian makro, kekerasan, struktur mikro, dan laju korosi yang bertujuan untuk mengetahui perubahan yang dihasilkan dari tiap variasi. Hasil penelitian pada variasi jenis *activated flux* dan kuat arus menghasilkan penetrasi sedalam 3.6 mm pada *activated flux* Cr₂O₃ dengan *ampere* 120 dan penetrasi 2.43 mm pada *activated flux* Fe₂O₃ dengan arus 100 *ampere*. Lalu untuk nilai *hardness* tertinggi terdapat pada *activated flux* Fe₂O₃ dan *ampere* 120 dengan nilai 471.48 HVN, dan terendah pada Cr₂O₃ *ampere* 100 dengan nilai 398.16 HVN. Uji mikro menghasilkan perubahan fasa dari *pearlite*, *ferrite*, dan *austenite* menjadi fasa *martensite* pada *weldmetal*. Dan untuk uji laju korosi ketahanan korosi pada *activated flux* Fe₂O₃ dan arus 120 *ampere* dengan nilai 0.24931 *mm/year*, sedangkan pada *activated flux* Cr₂O₃ dan arus 100 *ampere* memiliki ketahanan korosi 0.090114 *mm/year*.

Kata Kunci: *Activated Flux*; Kedalaman Penetrasi; Uji *Hardness*; Uji Mikro; Laju Korosi

Abstract

The TIG welding process has shallow penetration. The addition of *activated flux* can increase the depth of penetration of the weld, which is called A-TIG welding, so this study to analyze the effect of the *activated flux* type and current on the depth of penetration, *hardness*, microstructure, and corrosion rate. This study used SUS 304 and A36 materials with a thickness of 6 mm which are welded using the A-TIG welding process with variations of *activated flux* Fe₂O₃, Cr₂O₃ and variations in the current strength of 100 amperes and 120 amperes. To find out the results of these variations, this study was tested by macro, *hardness*, microstructure, and corrosion rate tests. The results of the study on variations in the type of *activated flux* and variations in current resulted penetration depth of 3.6 mm found in *activated flux* Cr₂O₃ with 120 amperes and penetration depth in *activated flux* Fe₂O₃ with a value of 2.43 mm on 100 amperes. Then the highest *hardness* value was found in *activated flux* Fe₂O₃ and 120 amperes with a value of 471.48 HVN, and the lowest is in Cr₂O₃ *ampere* 100 with a value of 398.16.HVN. The micro test results in a phase change from *pearlite*, *ferrite*, and *austenite* to *martensite* in the weld metal. And to test the corrosion rate on *activated flux* Fe₂O₃ and a current of 120 amperes with a value of 0.24931 *mm/year*, the *activated flux* Cr₂O₃ and a current of 100 amperes with a value of 0.090114 *mm/year*.

Keywords: *Activated Flux*; Depth Of Penetration; *Hardness Test*; Micro Test; Corroition Rate

I. PENDAHULUAN

Pertumbuhan dan perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang maju sekarang tidak dapat dipisahkan dari proses penyambungan logam sejenis maupun tidak sejenis. *Dissimilar welding* adalah salah satu kebutuhan yang penting bagi industri, konstruksi, fabrikasi, alat penukar panas, bejana tekan dan yang lainnya. Penggabungan dua logam tidak sejenis seperti baja karbon dengan baja tahan karat dapat menyatukan kelebihan dari kedua logam dan sangat meyakinkan pada banyak bidang.

Setiap pengelasan mempunyai kesulitan yang beragam, tergantung pada jenis pengelasan dan juga material yang akan dilas. *Dissimilar Welding* mempunyai kesulitan pada proses pengelasannya yaitu karena rendahnya titik leleh dari *impurities* seperti fosfor (P) dan sulfur (S) dan resiko terbentuknya *martensite* setelah melelehnya *base metal* dan jumlah residu *ferrite* dapat berpengaruh terhadap munculnya retak panas pada pengelasan *dissimilar welding* pada material *stainlesssteel/carbon* atau *low-alloysteel* (Mvola, et al., 2014).

Proses pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) sangat penting dalam industri, penting untuk mengontrol bentuk manik las dan karakteristik metalurginya. Namun, dibandingkan dengan proses pengelasan busur lainnya. Penetrasi dangkal dari pengelasan TIG membatasi kemampuannya untuk mengelas struktur tebal dalam satu lintasan (~2 mm untuk stainless steel), sehingga produktivitasnya relatif rendah. Inilah sebabnya mengapa ada percobaan untuk meningkatkan produktivitas pengelasan TIG. Penggunaan *activatedflux* pada proses pengelasan TIG merupakan salah satu upaya tersebut. (Ahmadi & Ebrahimi, 2013). Oleh karena itu, penambahan *activated flux* dapat menambah kedalaman penetrasi dari proses las TIG. Metode ini disebut dengan A-TIG (*Activated Tungsten Inert Gas*). Pengelasan *dissimilar* dapat menggunakan teknik A-TIG. Pada metode A-TIG, *activated flux* dioleskan pada permukaan material yang akan dilas. Ada banyak jenis *activated flux* yaitu Cr_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , dan lain-lain. Setiap *activated flux* menghasilkan kedalaman penetrasi yang berbeda-beda. Metode A-TIG hampir sama dengan metode *buttering*. *Buttering* adalah teknik pengelasan dimana dilakukan penambahan material dalam rangka untuk mencapai sifat yang diinginkan atau dimensi yang diinginkan. Metode *buttering* memiliki kesamaan proses dengan metode A-TIG. Namun, pada metode *buttering* memiliki kelemahan yaitu mahalnya bahan – bahan yang digunakan daripada metode A-TIG. Oleh karena itu, proses

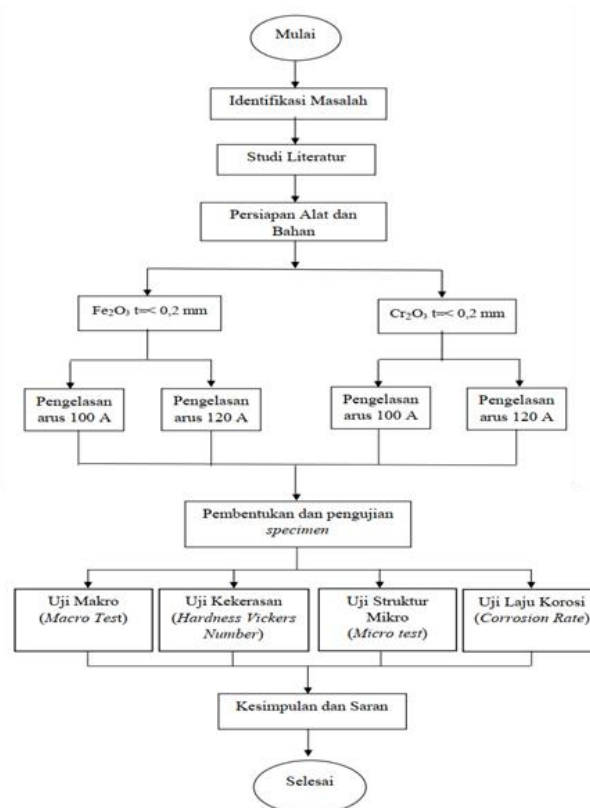
pengelasan A-TIG dapat menjadi pengganti metode *buttering*.

Stainless steel merupakan salah satu material logam yang banyak dikonsumsi karena sifat mekaniknya yang baik dan mudah dibentuk. *Stainless Steel* yang ditambah dengan senyawa kromium dengan prosentase sedikitnya 12% cukup untuk membentuk lapisan anti korosi stabil yang berguna untuk melindungi baja dari *atmospheric corrosion*. (Ojahan, 2017). *Stainless steel 304* adalah salah satu jenis material yang sering digunakan dalam dunia industri karena mempunyai sifat tahan korosi yang tinggi, mudah dibentuk dan mudah menghantarkan panas. Material A36 adalah salah satu material *Low Carbon Steel* yang sering dijumpai pada segala bidang industri, fabrikasi, dan lain-lain.

Pada pengelasan A-TIG tentunya menggunakan kuat arus yang akan mempengaruhi kedalaman penetrasi. Oleh karena itu, pada penelitian ini bertujuan untuk mengetahui lebih detail pengaruh variasi *activated flux* dan kuat arus terhadap kedalaman penetrasi, kekerasan, struktur mikro dan laju korosi.

II. METODE

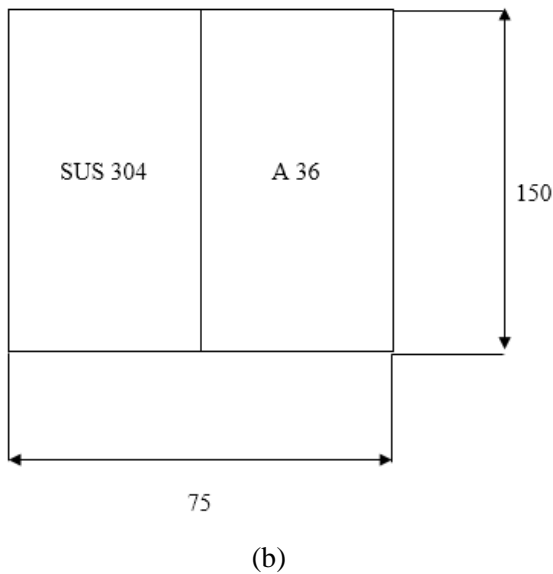
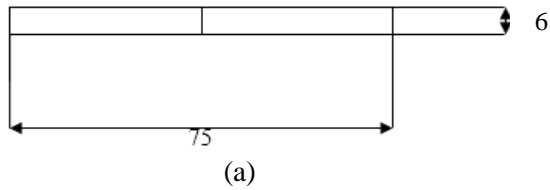
Tahap dalam penelitian ini digambarkan secara skematis dalam bentuk diagram alir. Gambar 1 berikut ini adalah diagram alir penelitian yang dilakukan.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

A. Desain Sambungan dan Desain Material

Adapun desain sambungan pengelasan dapat dilihat pada Gambar 2 berikut ini.



Gambar 2. (a) Material Tampak Depan, (b) Material Tampak Atas (c) Material yang akan dilakukan pengelasan

B. Alat dan Bahan

Penelitian ini membutuhkan beberapa peralatan dan bahan dalam proses pembentukan dan pengelasan padaspesimen benda uji sebagai berikut.

1. Mesin las TIG dan *welding torch*.
2. *Shielding gas argon high purity*
3. Tang *ampere*, *welding gauge*, sikat baja, *marker* dan *stopwatch*.
4. Tabung gas argon lengkap dengan *regulator* dan *flowmeter*.
5. *Tungsten* elektroda *thorium* dengan diameter 3.2 mm.
6. Kuas cat dengan ukuran lebar kuas 10 mm dan gelas beker.
7. WFT (*Wet Film Thickness*)
8. *Activated flux* Cr_2O_3 dan Fe_2O_3
9. *Acetone* sebagai pelarut *flux*.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Setelah dilakukan proses pengelasan dan proses pengujian pada material, maka hasil data dapat di analisis yang meliputi pengujian makro, kekerasan, mikro dan pengujian laju korosi.

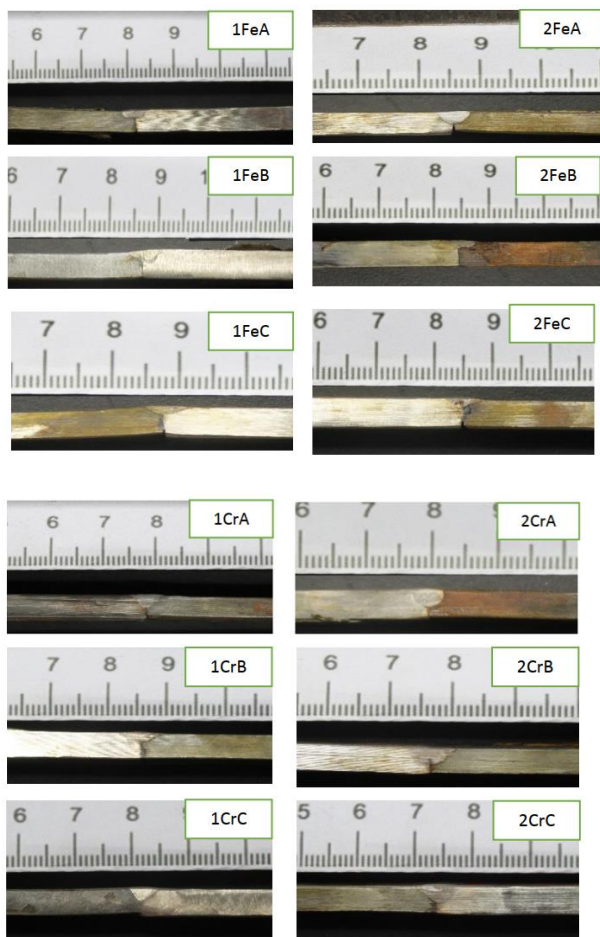
A. Hasil dan Analisis Pengujian Makro

Dari hasil pengamatan visual pengelasan didapatkan gambaran hasil lasan yang cukup bagus pada semua variasi. Gambar 3 menunjukkan penampakan visual salah satu hasil lasan.



Gambar 3. Visual hasil lasan 100 A *activated flux* Fe_2O_3

Pengujian makro bertujuan untuk mengetahui kedalaman penetrasi dari jenis *activated flux* dan variasi arus yang diberikan. Foto hasil uji makro dapat dilihat pada Gambar 4 dan hasil uji makro pada Tabel 1.



Gambar 4. Foto hasil uji makro

Tabel 1. Hasil Pengujian Makro

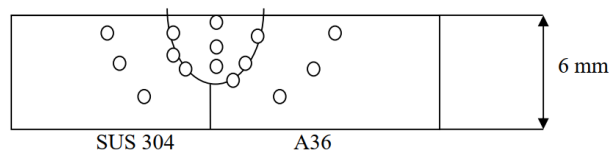
No	Kode Spesimen	Variasi	Kedalaman Penetrasi (mm)	Rata – Rata (mm)
1	1FeA	Fe ₂ O ₃ dan 100 A	2.55	2.43
2	1FeB		2.45	
3	1FeC		2.3	
4	2FeA	Fe ₂ O ₃ dan 120 A	3.1	2.7
5	2FeB		2.4	
6	2FeC		2.6	
7	1CrA	Cr ₂ O ₃ dan 100 A	3.4	3.21
8	1CrB		3.05	
9	1CrC		3.2	
10	2CrA	Cr ₂ O ₃ dan 120 A	3.6	3.6
11	2CrB		3.35	
12	2CrC		3.85	

Berdasarkan Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran kedalaman penetrasi terendah pada

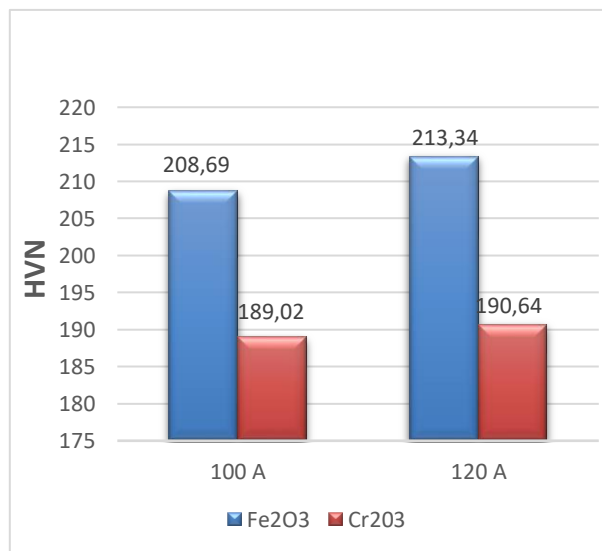
activated flux Fe₂O₃ dengan arus 100 A sebesar 2.43 mm dan tertinggi pada arus 120 A sebesar 2.7 mm. Sedangkan, untuk *activated flux* Cr₂O₃ kedalaman penetrasi terendah pada arus 100 A sebesar 3.21 mm dan tertinggi pada arus 120 A sebesar 3.6 mm. Pada tiap *activated flux* mempunyai kedalaman penetrasi yang berbeda– beda dan arus adalah salah satu faktor yang dapat meningkatkan kedalaman penetrasi pada pengelasan A-TIG. Arus dan kecepatan pengelasan adalah yang paling efektif dan meningkatkan rasio kedalaman terhadap lebar penetrasi. Kedalaman penetrasi las meningkat karena peningkatan arus dan penurunan kecepatan pengelasan. (Ahmadi & Ebrahimi, 2013). Kedalaman penetrasi las meningkat dengan meningkatnya arus yang menggunakan *shielding* gas argon, argon hidrogen, dan argon helium. (Rodrigues & Loureiro, 2015).

B. Hasil dan Analisis Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan mengetahui nilai kekerasan pada masing-masing bagian di setiap proses. Pengujian kekerasan menggunakan metode *micro Vickers* dengan pembebanan sebesar 10 kgf dengan waktu indentasi 15 detik. Lokasi pengujian kekerasan dilakukan di daerah *base metal*, *heat affected zone* dan *weld metal*. Pengambilan lokasi titik indentasi uji kekerasan dapat dilihat pada Gambar 5.

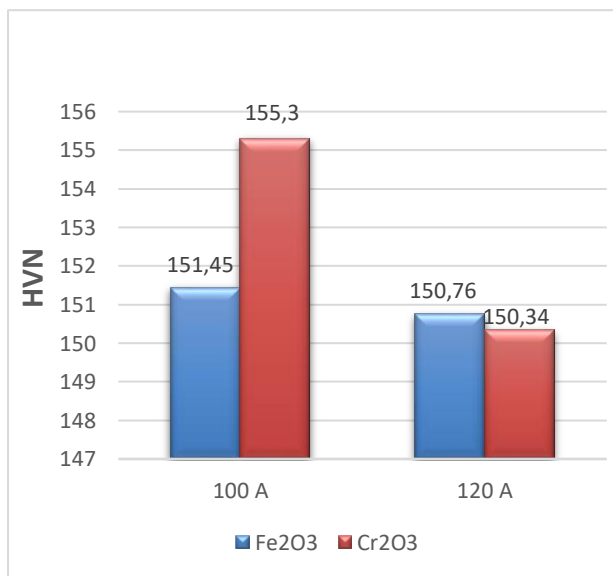


Gambar 5. Lokasi titik indentasi uji kekerasan

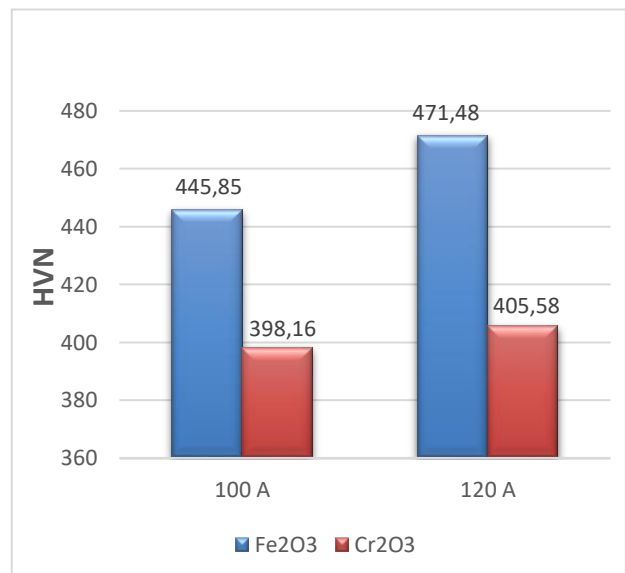


Gambar 6. Grafik Nilai Hardness pada Daerah HAZ SUS 304

Gambar 6 di atas menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada daerah HAZ SUS 304 naik seiring dengan kenaikan arus dan untuk jenis *activated flux* Fe₂O₃ mempunyai nilai *hardness* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *activated flux* Cr₂O₃. Kuat arus memberikan dampak pada nilai kekerasan di daerah HAZ karena pada daerah ini material terkena dampak panas saat proses pengelasan dan hasil nilai kekerasan tertinggi setelah *weld metal* terjadi pada daerah HAZ dikarenakan di daerah ini batas antara *weld metal* dan *base metal* sehingga di satu sisi *fusion line* menerima masukan panas yang tinggi dari *weld metal* dan di satu sisi menerima pendinginan dari *base metal* sehingga *cooling rate* nya lebih cepat dari pada *weld metal* sehingga memiliki nilai kekerasan yang tinggi. Meningkatnya arus berdampak pada nilai *hardness* di daerah HAZ. Karena pada HAZ material terkena masukan panas. Pada saat proses pengelasan daerah *fusion line* menerima panas yang tinggi dari *weld metal* dan disisi lainnya menerima pendinginan dari *basemetal* yang mengakibatkan laju pendinginannya lebih cepat daripada *weld metal* sehingga nilai kekerasannya lebih tinggi daripada *base metal*.



Gambar 7. Grafik Nilai *Hardness* pada Daerah HAZ A36



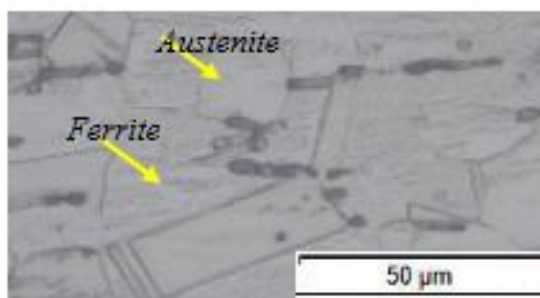
Gambar 8. Grafik Nilai *Hardness* pada Daerah *Weld Metal*

Gambar 7 menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada daerah HAZ A36 relatif sama, perbedaan *activated flux* dan juga arus tidak begitu berpengaruh pada nilai *hardness* di daerah HAZ A36. Akan tetapi, pada daerah ini nilai *hardness*nya masih lebih tinggi daripada nilai *hardness* *base metal*. Karena di daerah *fusion line* terkena masukan panas dari *weld metal* dan di sisi lainnya terkena efek pendinginan dari *base metal* sehingga laju pendinginannya lebih cepat yang mengakibatkan nilai kekerasannya lebih tinggi dari *base metal*.

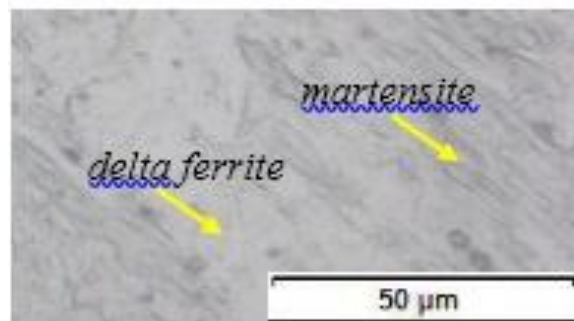
Gambar 8 menunjukkan bahwa nilai kekerasan pada daerah *weld metal* untuk *activated flux* Fe₂O₃ mempunyai nilai *hardness* yang lebih tinggi dibandingkan dengan *activated flux* Cr₂O₃. Nilai *hardness* pada kedua *activated flux* meningkat seiring dengan naiknya arus pengelasan, tingginya nilai *hardness* juga disebabkan karena adanya fasa *martensite* dalam *weld metal*, karena fasa *martensite* bersifat keras dan getas.

C. Hasil dan Analisis Pengujian Mikro

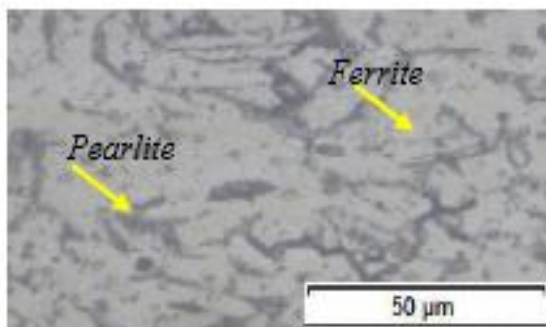
Pengujian mikro bertujuan mengamati struktur pada material menggunakan mikroskop optik yang terbentuk setelah proses pengelasan. Struktur mikro yang diamati yaitu daerah *base metal*, *heat affected zone* dan *weld metal* dengan perbesaran 500X. Hasil pengamatan struktur mikro dapat dilihat pada Gambar 9 hingga Gambar 13.



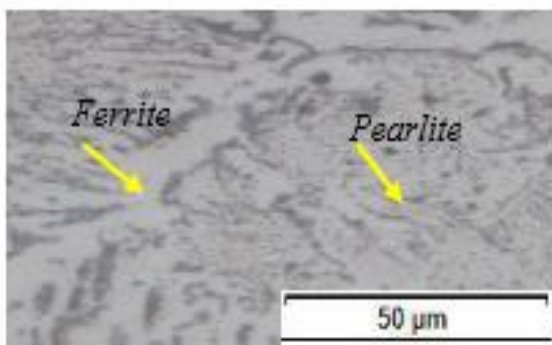
Gambar 9. Struktur Mikro pada Base Metal Stainless Steel 304



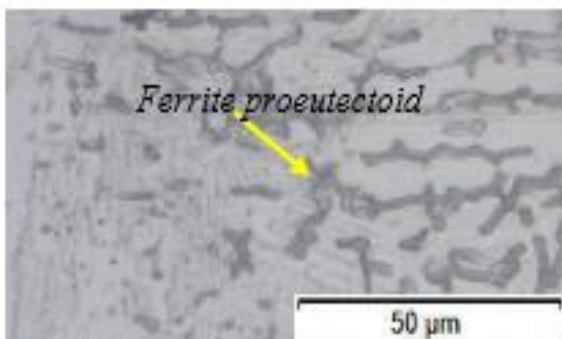
Gambar 13. Struktur Mikro pada Weld Metal



Gambar 10. Struktur Mikro pada Base Metal A36



Gambar 11. Struktur Mikro pada HAZ A36



Gambar 12. Struktur Mikro pada HAZ Stainless Steel 304

Berdasarkan Gambar 9 bahwa terlihat butir-butir berwarna terang yang berada seperti dalam kotak yang mewakili *austenite* dan yang berwarna putih diluar kotak mewakili *ferrite*. Struktur mikro pada daerah *base metal stainless steel 304* terdiri dari fasa *austenite* dan *ferrite* dimana kandungan *ferrite* kurang dari 2% dari kandungan fasa yang ada. (AWS, 2011) Berdasarkan Gambar 10 menunjukkan bahwa struktur mikro pada daerah *base metal A36* terdiri dari fasa *ferrite* dan *pearlite*. (Chen, et al., 2019) Pada fasa *ferrite* bentuk butirnya pipih berwarna putih dan memiliki keuletan yang baik, sedangkan pada fasa *pearlite* bentuk butirnya berwarna hitam dan memiliki sifat yang cukup keras tetapi getas. (Saputra, et al., 2019)

Pada Gambar 11 menunjukkan bahwa struktur mikro pada daerah HAZ A36 fasa yang terjadi adalah fasa *ferrite* yang ditunjukkan dengan warna terang dan fasa *pearlite* yang ditunjukkan dengan warna gelap. *Grain growth* pada HAZ dapat dipengaruhi oleh siklus termal yang dimana besar kecil dari nilai *heat input* dapat memberikan pengaruh.

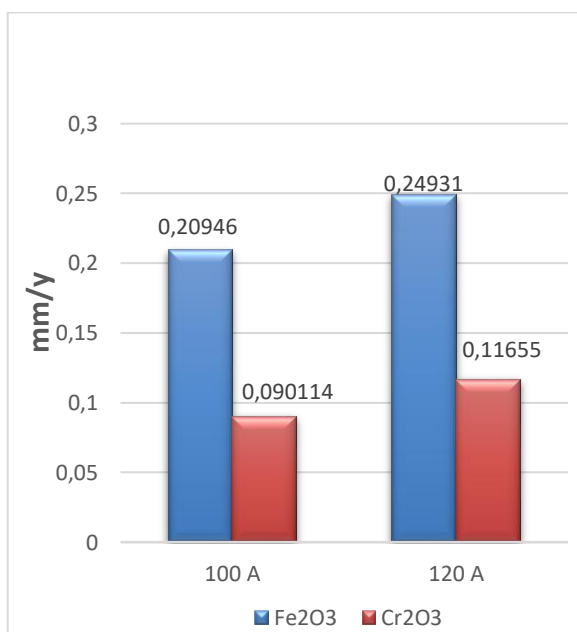
Pada Gambar 12 menunjukkan bahwa struktur mikro pada daerah HAZ *stainless steel* menghasilkan butir *ferrite proeutectoid* yang menguraikan batas butir *austenitic* sebelumnya, hal ini disebabkan karena butir *ferrite* berpindah ke butir *austenite*. Perpindahan butir *ferrite* tersebut menurunkan sifat daerah HAZ *stainless steel*.

Pada pengelasan *dissimilar*, material di area *weld metal* mengalami perubahan yang signifikan. Daerah tersebut mengalami perpindahan *carbon* yang cukup tinggi, *carbon* bergabung dengan *stainless* diatas titik lebur masing-masing material. Pada Gambar 13 menunjukkan struktur mikro *martensite* dengan beberapa fasa *delta ferrite* (δ -ferrit). *ferrite* adalah hasil dari kandungan kromium yang tinggi dan laju pendinginan yang tinggi yang dialami selama siklus termal pengelasan (Kulkarni, et al., 2018)

D. Hasil dan Analisis Pengujian Laju Korosi

Proses pengujian korosi yang dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui ketahanan korosi pada masing-masing variasi jenis *activated flux*. Proses pengujian korosi sel 3 elektroda untuk mengetahui hasil laju korosi dan pada pengujian potensial korosi bebas untuk mengetahui E_{corr} menggunakan avometer dimana semua pengujian korosi menggunakan larutan NaCl 3.5% sebagai media korosinya dikarenakan peningkatan konsentrasi prosentase NaCl dalam suatu larutan akan meningkatkan laju korosi. Hasil pengujian korosi dapat dilihat pada Gambar 14.

Pada Gambar 14 menunjukkan bahwa spesimen dengan *activated flux* Fe_2O_3 dan arus 120 A memiliki ketahanan korosi dengan nilai laju korosi 0.24931 mm/year, sedangkan pada spesimen dengan *activated flux* Cr_2O_3 dan arus 100 A memiliki ketahanan korosi dengan nilai laju korosi 0.090114 mm/year. Peningkatan nilai laju korosi yang terjadi pada daerah sambungan lasan bisa dipengaruhi oleh *heat input*. Hal ini dikarenakan daerah tersebut mengalami pemanasan dan pendinginan selama proses pengelasan. Masukan panas yang paling rendah akan meminimalisir terhadap serangan korosi dan masukan panas yang paling tinggi akan rentan terhadap serangan korosi. (Rachmadhani, 2019)



Gambar 14. Grafik *CorroationRate* pada tiap Specimen

IV. PENUTUP

Kesimpulan

1. Dapat ditarik kesimpulan bahwa dalam proses pengelasan A-TIG, kuat arus sangat mempengaruhi kedalaman penetrasi, semakin besar arus yang dipakai semakin dalam penetrasi yang dihasilkan. Lalu untuk *activated flux* Cr_2O_3 mempunyai kedalaman penetrasi yang paling tinggi daripada Fe_2O_3 .
2. Hasil uji *hardness* menunjukkan bahwa *activated flux* Fe_2O_3 menghasilkan nilai *hardness* yang lebih tinggi di daerah *weld metal* daripada *activated flux* Cr_2O_3 dan semakin besar arus yang digunakan dapat meningkatkan nilai *hardness*nya juga. Untuk nilai *hardness* paling tinggi terdapat pada *activated flux* Fe_2O_3 dan *ampere* 120 dengan nilai rata-rata 471.48 HVN.
3. *Corrosion rate* meningkat seiring meningkatnya arus, dan *Corrosion rate* tertinggi pada *activated flux* Fe_2O_3 .
4. Pada mikro struktur daerah *weld metal* terdapat perubahan fasa yang sangat signifikan. Dari fasa *ferrite*, *pearlite* dan *austenite* menjadi masa *martensite* dan *delta ferrite*.

Saran

1. Perlu ditambahkan pengujian *ferrite content* untuk mengetahui lebih detail kadar *ferrite* pada daerah HAZ dan *Weld Metal*.
2. Perlu diperhatikan pada saat pengaplikasian *activated flux* kepada material agar tiap *activated flux* mempunyai ketebalan yang sama.
3. Menambah variasi arus dan juga jarak antar tiap arus agar perbedaan pada tiap variasi lebih terlihat lagi.

DAFTAR PUSTAKA

- AHMADI, E., & EBRAHIMI, A. R. (2013). THE EFFECT OF ACTIVATING FLUXES ON 316L STAINLESS STEEL WELD JOINT CHARACTERISTIC IN TIG WELDING USING THE TAGUCHI METHOD. *JOURNAL OF ADVANCED MATERIALS AND PROCESSING*, 1, 55-62.
- AWS. (2011). *AWS Welding Handbook* (9th ed.). Miami: American Welding Society.
- Chen, H. C., Ng, F. L., & Du, Z. (2019). Hybrid laser-TIG welding of dissimilar ferrous steels: 10 mm thick low carbon steel to 304 austenitic stainless steel. *Journal of Manufacturing Processes*, 324-336.

- Kulkarni, A., Dwivedi, D. K., & Vasudevan, M. (2018). Study of mechanism, microstructure and mechanical properties of activated flux TIG welded P91 Steel-P22 steel dissimilar metal joint. *Materials Science & Engineering A*, 309-323.
- Mvola, B., Kah, P., & Martikainen, J. (2014). DISSIMILAR FERROUS METAL WELDING USING ADVANCED GAS METAL ARC WELDING PROCESSES. *Reviews on Advanced Materials Science*, 38(2).
- Ojahan, T. (2017). Analisis Pengaruh Parameter Pengelasan GTAW pada Stainless Steel AISI 304 Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro.
- Rachmadhani, A. F. (2019). Pengaruh Heat Input Pengelasan GTAW pada Stainless Steel 316 terhadap Laju Korosi di Media Sodium Hipoklorit dengan Konsentrasi Berbeda (*Doctoral dissertation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember*).
- Rodrigues, A., & Loureiro, A. (2005). Effect of shielding gas and activating flux on weld bead geometry in tungsten inert gas welding of austenitic stainless steels. *Science and Technology of Welding and Joining*, 10, 760-765.
- Saputra, L. I., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2019). Analisa Perbandingan Kekuatan Tarik, Impak, dan Mikrografi Pada Sambungan Las Baja SS 400 Pengelasan SMAW (Shielded Metal Arc Welding) Akibat dengan Variasi Jenis Kampuh dan Posisi Pengelasan. *JURNAL TEKNIK PERKAPALAN*, 7, 215-226.