

PENGARUH JENIS PROSES PENGELASAN TERHADAP KETAHANAN KOROSI SS316L

Muhammad Anis^a, Johny Wahyuadi Soedarsono^{a,b}, Rr. Reni Indraswari^a

^a Departemen Metallurgi dan Material, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Kampus UI Depok, Depok 16424, Indonesia

^b Politeknik Negeri Jakarta
Kampus UI Depok, Depok 16424, Indonesia

jwsono@metal.ui.ac.id

ABSTRACT

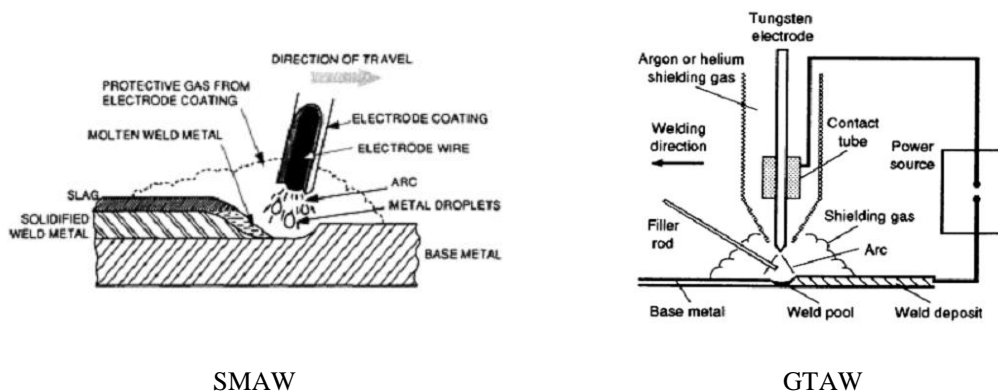
Pitting corrosion in SS316L usually happened due to galvanic differences in an area. This research is conducted to see the effect of welding process to pitting corrosion in welded SS316L. The welding processes used in this research are SMAW, GTAW, and mixed process of SMAW and GTAW. In the GTAW process various conditions are presented, those are: normal welding condition, welding condition without gas back purging, and the use of special filler. Shielding gas used is argon. The result shows that welding process do not show significant effect to pitting corrosion but the use of gas back purging and special filler do. Thickness and samples preparation play important role in pitting corrosion of SS316L.

Keywords: SS316L, SMAW, GTAW, Pitting Corrosion

1. PENDAHULUAN

Baja tahan karat 316L atau SS316L adalah baja tahan karat austenitik krom nikel yang memiliki ketahanan korosi yang sangat tinggi [1]. Jika dibandingkan dengan SS316, SS316L mempunyai kadungan karbon yang lebih rendah, yaitu maksimum 0,03%. Sedangkan SS316 mempunyai kadungan karbon maksimum 0,08%. Penggunaan SS316L sangat mengurangi resiko untuk korosi intergranular [2]. Sedangkan jika dibandingkan dengan SS304L, SS316L mempunyai kadar molybdenum 2% lebih tinggi dari SS304L [2]. Hal ini memberikan ketahanan korosi sumur (*pitting*) yang lebih baik kepada SS316L. Sebagai baja tahan karat austenitik atau *austenitic stainless steel* ketahanan korosi yang dimilikinya lebih baik jika dibandingkan dengan baja tahan karat feritik dan martensitik [3]. Selain itu juga memiliki sifat non-magnetik, sifat mekanik yang baik, mudah difabrikasi dengan mampu las (*weldability*) yang baik, dan mudah dibersihkan [3]. Kekurangan SS316L adalah terjadinya *sensitization*. Kekurangan unsur krom, nikel, dan molybdenum akan menyebabkan pembentukan daerah yang kehilangan krom (*Cr-depleted zone*). Daerah ini bertanggung jawab atas peristiwa *sensitization* [4]. Salah satu kekurangan SS316L yang lain adalah SS316L tidak sesuai untuk digunakan sebagai anoda atau katoda dalam suatu proses elektrokimia [5]. SS316L juga potensial untuk digunakan dalam pembuatan *fuel cell* [6].

Menurut *Deutsche Industrie Normen* (DIN) pengelasan adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam atau logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan cair. Las didefinisikan sebagai sambungan setempat dari beberapa batang logam dengan menggunakan energi panas, dengan/atau tanpa menggunakan tekanan (*pressure*), atau hanya tekanan, dengan/atau tanpa menggunakan logam pengisi (*filler*). Salah satu teknik pengelasan yang dikenal dalam penyambungan baja tahan karat adalah proses pengelasan busur las (*Arc Welding*). Jenis proses pengelasan diantaranya adalah *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Proses pengelasan menyebabkan terjadinya perbedaan temperatur pada SS316L. Daerah pada logam tersebut terbagi menjadi: daerah lasan (*welded metal*), daerah HAZ, dan daerah logam dasar (*base metal*). Kondisi ini mempengaruhi ketahanan korosi SS316L. Penelitian yang dilakukan oleh Munoz dkk menunjukkan semakin tinggi kandungan nikel dan/atau molibdenum dalam baja tahan karat austenitik akan meningkatkan ketahanan korosi baja tersebut terhadap korosi umum dan terlokalisasi [7]. Penelitian pengaruh proses pengelasan yang dilakukan terhadap baja tahan karat 304 menunjukan bahwa ketahanan korosi dari daerah lasan proses pengelasan laser (*laser welding*) lebih tinggi dari proses pengelasan GTAW [8]. Kelakuan SCC dan korosi sumur (*pitting corrosion*) berhubungan langsung dengan stabilitas lapisan film yang dihasilkan oleh proses pengelasan. Sedangkan efek proses pengelasan GTAW terhadap baja tahan karat 304L adalah ketahanan terhadap korosi sumur (*pitting corrosion*) menjadi lebih tinggi jika semua variabel yang berkaitan dengan tegangan pada proses GTAW dalam keadaan optimum [9].



Gambar 1 : Skema Proses Pengelasan [10]

Penelitian ini dilakukan untuk melihat pengaruh jenis proses pengelasan terhadap ketahanan korosi sumur (*pitting corrosion*) SS316L. Jenis proses pengelasan yang digunakan adalah *shielded metal arc welding* (SMAW) dan *gas tungsten arc welding* (GTAW) [11].

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan baja SS316L dengan dimensi 300 mm x 150 mm dengan ketebalan 1,5 dan 3,0 mm. Pada pengelasan SMAW digunakan gas argon sebagai pelindung. Sedangkan pada GTAW dilakukan beberapa variasi proses, yaitu dengan menggunakan gas argon sebagai *gas back purging* dan tanpa *gas back purging*. *Filler* yang digunakan untuk proses SMAW adalah AWS A5.4. E316L-16 (18Cr-13Ni) diameter 2 mm dan untuk proses GTAW adalah AWS A5.9. ER316L dengan diameter 1,6 mm dan TGX 316L (R316LT1-5) dengan diameter 2,2 mm.

Proses pengelasan yang dilakukan pada penelitian ini adalah: pengelasan SMAW, pengelasan GTAW tanpa *back gas purging*, pengelasan GTAW dengan *back gas purging*, pengelasan GTAW dengan *filler* TGX, dan pengelasan gabungan antara SMAW dengan GTAW.

Penamaan sampel berikut kondisi proses dapat dilihat pada Tabel 1. Pengujian ketahanan terhadap korosi sumur (*pitting corrosion*) dilakukan mengikuti standar ASTM G48 metoda A [5]. Larutan yang digunakan adalah *ferric chloride* ($FeCl_3$) 10%. Temperatur larutan perendam adalah $(20 \pm 2)^{\circ}C$. Lama perendaman sampel 72 jam. Dimensi sampel yang digunakan adalah 50 mm x 25 mm. Ketelitian timbangan yang digunakan untuk menimbang berat sampel adalah 0,0001 gram.

Pengujian lain yang dilakukan selain pengujian ketahanan korosi adalah pengujian komposisi kimia dengan menggunakan SEM, pengamatan visual, pengamatan makro dengan M:50x, pengamatan struktur mikro menurut ASTM E-3-95 [5] pada daerah lasan dan pengujian kekerasan metode Vickers menurut ASTM E-384-99 [5]. Hasil-hasil pengujian tersebut telah disampaikan dalam paper lain [12].

3. HASIL DAN PEMBAHASAN













Hasil analisa komposisi kimia dengan menggunakan SEM dapat dilihat pada Tabel 2, [12]. Hasil pengujian komposisi kimia untuk plat dengan ketebalan 1,5 mm dan 3,0 mm memenuhi standar dari SS316L. Perbedaan signifikan antara komposisi kimia plat berketebalan 1,5 mm dengan 3,0 mm hanya terjadi pada unsur-unsur minor, yaitu fosfor (15%), sulfur (50%), dan silikon (22%).

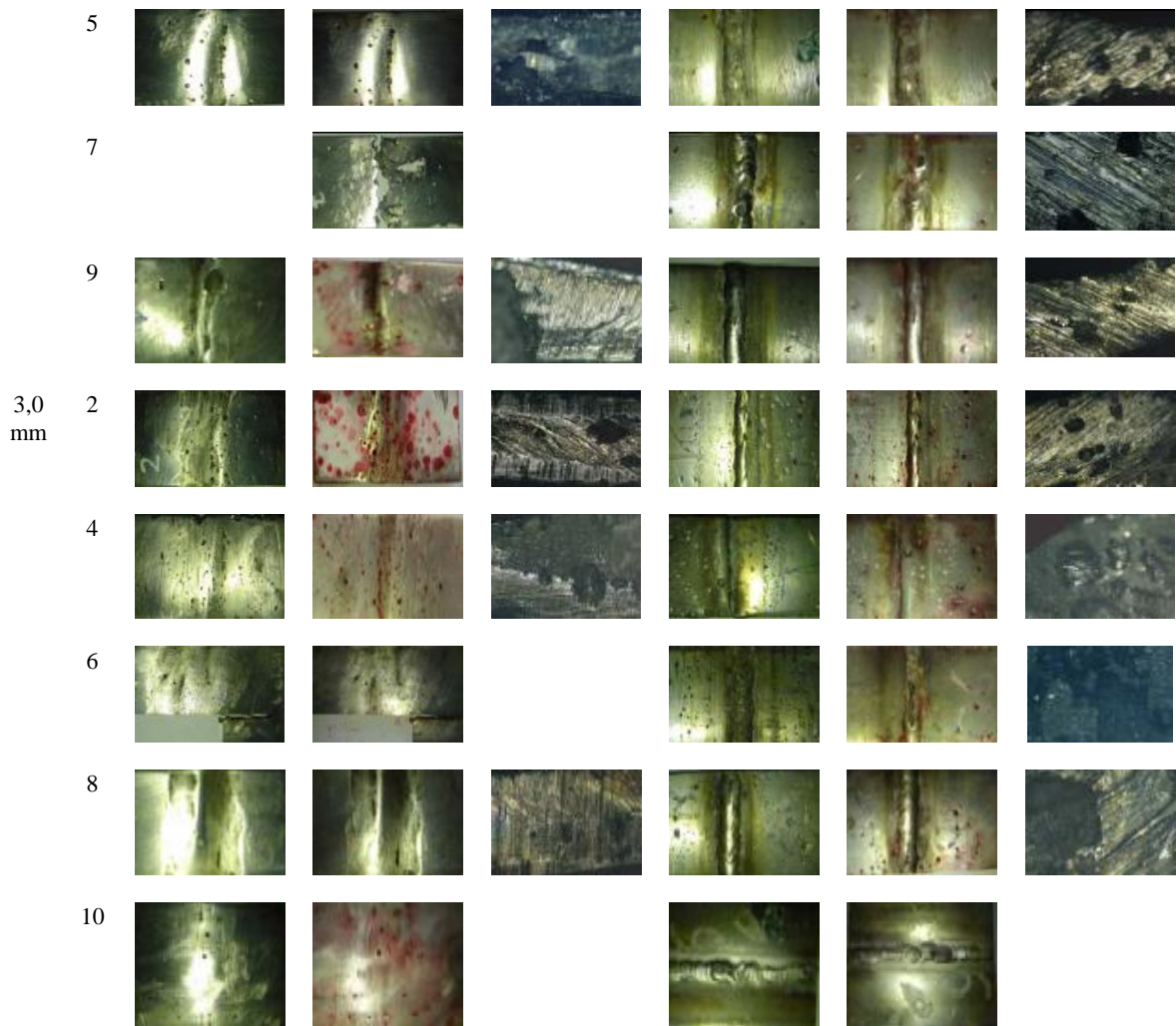
Tabel 1 : Penamaan Sampel

Penamaan Sampel	Kondisi	Penamaan Sampel	Kondisi
1	SMAW – 1,5 mm	1A	Kondisi 1 tanpa preparasi
2	SMAW – 3,0 mm	2A	Kondisi 2 tanpa preparasi
3	GTAW tanpa <i>gas back purging</i> – 1,5 mm	3A	Kondisi 3 tanpa preparasi
4	GTAW tanpa <i>gas back purging</i> – 3,0 mm	4A	Kondisi 4 tanpa preparasi
5	GTAW – 1,5 mm	5A	Kondisi 5 tanpa preparasi
6	GTAW – 3,0 mm	6A	Kondisi 6 tanpa preparasi
7	GTAW <i>filler</i> TGX – 1,5 mm	7A	Kondisi 7 tanpa preparasi
8	GTAW <i>filler</i> TGX – 3,0 mm	8A	Kondisi 8 tanpa preparasi
9	SMAW + GTAW – 1,5 mm	9A	Kondisi 9 tanpa preparasi
10	SMAW + GTAW – 3,0 mm	10A	Kondisi 10 tanpa preparasi

Tabel 2 : Hasil Pengujian Komposisi Kimia

	C	Cr	Mn	Unsur (%)					
				Mo	N	Ni	P	S	Si
Standar S31603 [2]	0,03	16-18	2	2-3	0,1	10-14	0,045	0,03	1
Ketebalan 1,5 mm	0,024	16,915	1,295	2,138	0,042	10,157	0,029	0,002	0,389
Ketebalan 3,0 mm	0,023	16,708	1,237	2,118	0,044	10,296	0,034	0,004	0,303

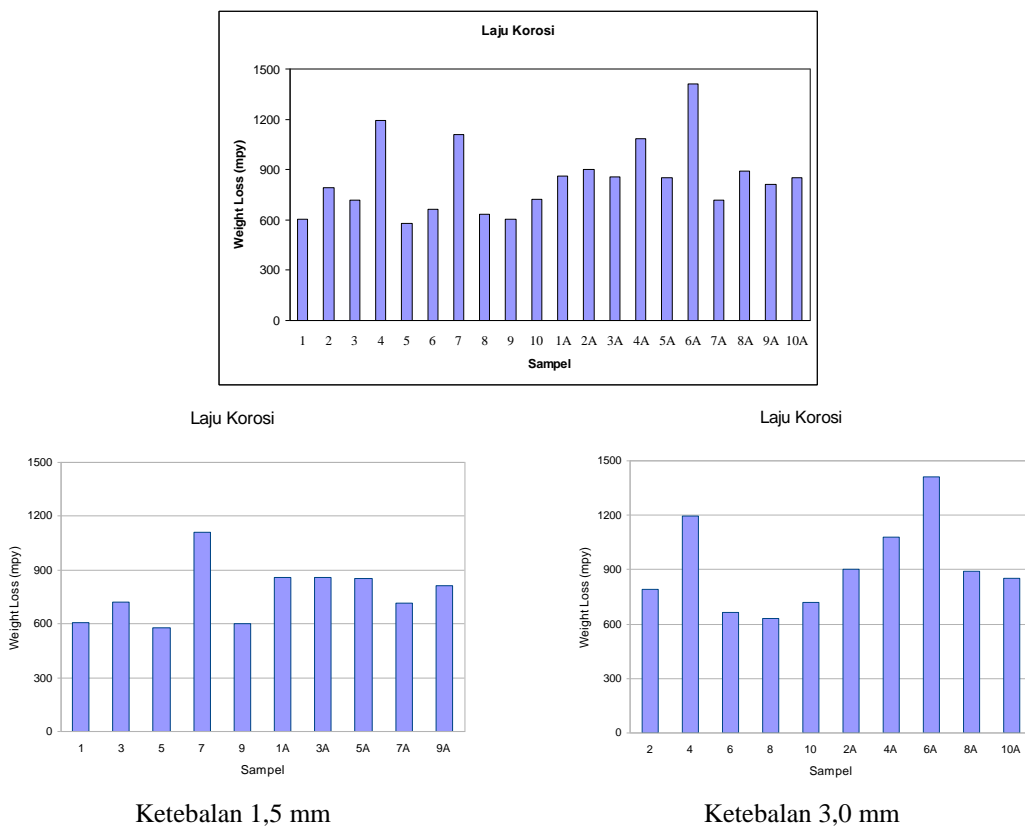
Sampel	Dengan Preparasi			Tanpa Preparasi		
	Visual Sebelum NDT	Visual Sesudah NDT	Makro	Visual Sebelum NDT	Visual Sesudah NDT	Makro
1,5 mm						
3						



Gambar 2: Hasil Pengamatan Visual dan Makro

Pengamatan visual, Gambar 2, secara kualifikasi menunjukkan bahwa secara umum jumlah korosi yang terjadi pada daerah lasan (*welded metal*) untuk kedua kondisi, dengan dan tanpa preparasi, lebih sedikit dibandingkan dengan daerah HAZ dan daerah *base metal*. Pada sampel yang dilakukan preparasi jumlah korosi yang terjadi lebih rendah jika dibandingkan dengan sampel yang tanpa preparasi. Pada kedua kondisi, korosi terjadi lebih banyak pada daerah HAZ dan daerah *base metal*, terutama untuk *base metal* yang mempunyai cacat permukaan seperti goresan atau *porosity*. Pada sampel 7A terjadi retak pada daerah lasan. Retak ini diperkirakan terjadi karena proses preparasi yang tidak sesuai sehingga pada saat proses pengujian ketahanan korosi dilakukan terjadi retak.

Ferit pada daerah lasan lebih banyak mengandung krom daripada austenit. Krom lebih cepat berdifusi dalam ferit daripada austenit. Karbida krom lebih mudah berpresipitasi pada batas butir austenit/ferit yang mempunyai geometri berliku-liku daripada yang lurus. Semua kondisi ini sangat membatasi terjadinya sensitisasi dalam daerah lasan dari *austenitic stainless steel* yang mengandung ferit, []. Sehingga sensitisasi merupakan masalah pada HAZ bukan daerah lasan kecuali untuk daerah lasan yang *fully austenitic*.



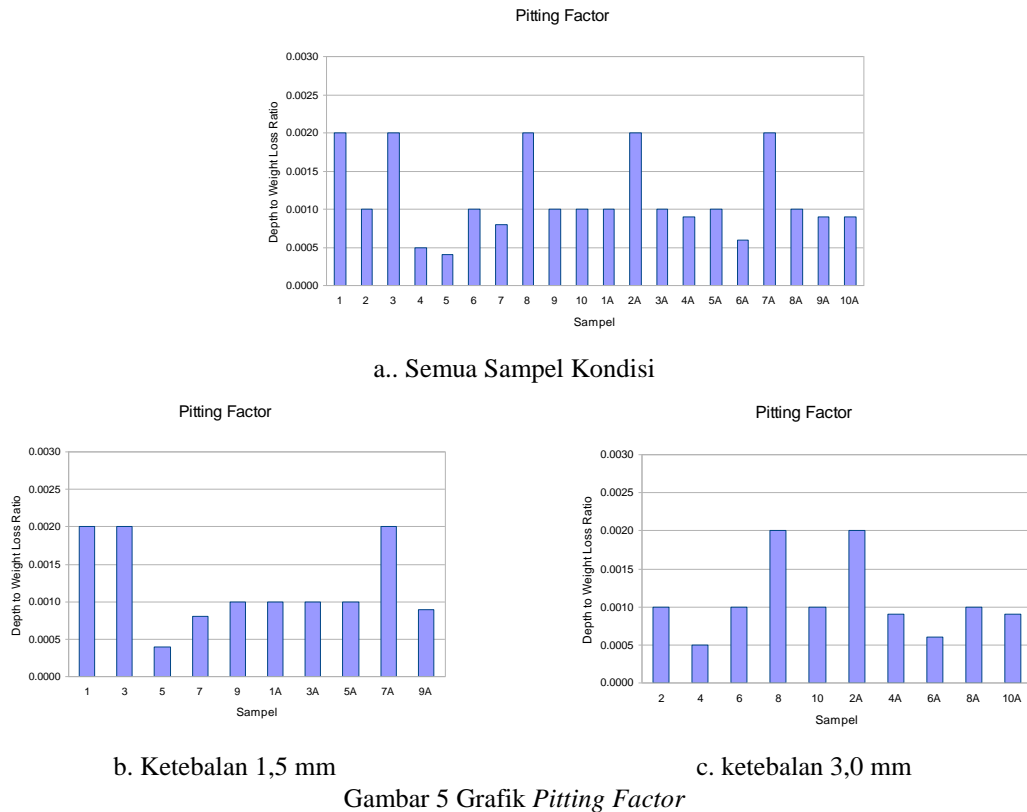
Gambar 4: Grafik Laju Korosi

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa korosi terjadi lebih dominan pada daerah *base metal*. Hal ini disebabkan daerah lasan menjadi lebih katodik karena mendapat panas dari proses pengelasan. Sedangkan daerah *base metal* bersifat anodik karena *base metal* adalah hasil dari *cold rolling*. Pengerjaan dingin menyebabkan logam yang dihasilkan mempunyai sifat lebih anodik dari logam yang mengalami proses pelunakan, []. Dengan kondisi ini maka larutan korosif akan menyerang *base metal*. Analisa ini menunjukkan bahwa korosi *pitting* terjadi karena adanya perbedaan potensial.

Secara umum tidak terlihat adanya pola khusus untuk laju korosi baik untuk sampel yang dilakukan preparasi maupun yang tidak. Laju korosi tertinggi terjadi pada sampel GTAW 3,0 mm tanpa preparasi (sampel 6A). Sedangkan laju terendah terjadi pada sampel GTAW 1,5 mm dengan preparasi (sampel 5). Pada ketebalan 1,5 mm laju korosi untuk sampel-sampel tanpa preparasi SMAW, GTAW tanpa *gas back purging* dan GTAW menunjukkan laju korosi yang hampir sama, hal ini tidak terlihat pada sampel dengan ketebalan 3,0 mm. Sampel tanpa preparasi menunjukkan laju korosi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan sampel yang mengalami preparasi. Kondisi ini terjadi karena pada ampel yang tidak mengalami proses preparasi memiliki lebih banyak daerah potensial yang berbeda (*unequipotentialized zone*).

Seperti disampaikan sebelumnya, korosi *pitting* terjadi karena adanya perbedaan potensial. Hal berbeda yang dialami oleh sampel GTAW 3,0 mm tanpa *gas back purging* (sampel 4 dan 4A) terjadi karena proses preparasi yang dialami oleh sampel menyebabkan bertambahnya daerah dengan perbedaan potensial, bukan mengurangi. Hal ini dapat disebabkan karena proses preparasi yang dilakukan kurang bersih atau karena adanya cacat yang tidak terlihat. Kondisi yang sama juga dialami oleh sampel

GTAW filler TGX 1,5 mm (sampel 7 dan 7A). Tetapi hasil ini tidak dapat dianalisa sebab seperti sudah disampaikan sebelumnya terjadi kerusakan pada sampel 7A, sehingga penimbangan berat yang dilakukan menjadi tidak valid.



Ketika kedua jenis pengelasan dibandingkan, terlihat bahwa pengelasan dengan GTAW laju korosi yang terjadi lebih fluktuatif dibandingkan SMAW untuk kedua kondisi dan ketebalan plat. Ketika hasil diantara proses GTAW dibandingkan terlihat bahwa untuk kondisi ketebalan plat 3,0 mm dengan preparasi terlihat bahwa GTAW dengan penggunaan *filler* TGX mempunyai laju korosi yang paling rendah. Demikian juga untuk sampel plat 3,0 mm tanpa preparasi dan sampel plat 1,5 mm tanpa preparasi. Sedangkan analisa tidak dapat dilakukan pada ketebalan 1,5 mm untuk kondisi sampel mengalami preparasi karena salah satu sampelnya retak. Laju korosi terlihat bertambah dengan bertambahnya ketebalan. Selain itu tidak terlihat pengaruh dari proses SMAW dan GTAW secara signifikan pada laju korosi.

Hasil perhitungan *pitting factor* (PF) menunjukkan bahwa semua nilai PF lebih kecil dari 1. PF terendah terjadi pada sampel dengan ketebalan 1,5 mm dan mengalami proses GTAW (sampel 5). Hal ini disebabkan karena penggunaan *gas back purging* yang tidak benar sehingga memungkinkan masuknya oksida. Tidak terlihat pola khusus antara sampel dengan preparasi dengan sampel tanpa preparasi. Juga tidak ditemukan pola khusus antara PF dengan ketebalan. Pada ketebalan plat sampel 1,5 mm terlihat proses SMAW mempunyai PF yang tinggi tetapi hal ini tidak terjadi pada ketebalan 3,0 mm dan terjadi keadaan terbalik juga terjadi pada kondisi sampel dipreparasi dan tanpa preparasi. Pada ketebalan 1,5 mm sampel dengan preparasi mempunyai nilai PF yang lebih tinggi dibandingkan sampel tanpa preparasi

(Sampel 1 dan 1A). Tetapi pada ketebalan 3,0 mm sampel dengan preparasi mempunyai nilai PF yang lebih rendah dari sampel tanpa preparasi (sampel 2 dan 2A)

4. KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini adalah korosi *pitting* lebih dominan terjadi pada *base metal* daripada *welded metal*. Selain itu dapat disimpulkan tidak terlihat secara signifikan pengaruh proses SMAW dengan GTAW terhadap laju korosi dan *pitting factor*, tetapi terlihat pengaruh signifikan dari penggunaan *gas back purging* dan *filler* TGX. Pengaruh ketebalan plat terlihat pada laju korosi, yaitu laju korosi bertambah dengan bertambahnya ketebalan. Proses preparasi sampel harus diperhatikan karena proses yang salah aka menyebabkan terjadinya pertambahan daerah korosi dan/atau merusak sampel pada saat pengujian korosi.

5. DAFTAR ACUAN

- [1] hpmetals.com
- [2] www.finishing.com
- [3] R. Rokicki, *The Effect of Electropolishing on SS Weld and Heat Affected Zones*, Electrobright, Macungie, PA.
- [4] A. Kriaa, N. Hamdi, K. Jbali, and H. Sidhom, *Statistical Modeling of Electrochemical Reactivation Conditions for Detecting Sensitization to IGC of Austenitic Stainless Steel Type 316L*, *Surface Engineering and Applied Electrochemistry*, Vol. 43, No. 6, 2007, Hal. 494.
- [5] J. H. Choi, S. Maruthamuthu, H. G. Lee, T. H. Ha, and J. H. Bae, *Electrochemical Studies on the Performance of SS316L Electrode in Electrokinetics*, *Met. Material International Journal*, Vol. 15, No. 5, 2009, Hal. 771.
- [6] L. J. Yang, H. J. Yu, L. J. Jiang, L. Zhu, X. Y. Jian and Z. Wang, *Graphite-polypyrrole Coated 316L Stainless Steel as Bipolar Plates for Proton Exchange Membrane Fuel Cells*, *International Journal of Minerals, Metallurgy and Materials*, Vol. 18, No. 1, 2011, Hal.53.
- [7] A. I. Munoz, J. G. Anton, J. L. Guinon, and V. P. Herranz, *Corrosion Behavior of Austenitic and Duplex Stainless Steel Weldings in Aqueous Lithium Bromide Solution*, *Corrosion*, Vol. 60, Iss. 10, 2004, Hal. 982.
- [8] Z. Chen, *The Influence of Welding Processes on Pitting Corrosion and Stress Corrosion Cracking in 304 Austenitic Stainless Steel*, University of Alberta, Canada, 2003.
- [9] P. K. Giridharan and N. Murugan, *Effect of Pulsed Gas Tungsten Arc Welding Process Parameters on Pitting Corrosion Resistance of Type 304L Stainless Steel Welds*, *Corrosion*, Vol. 63, Iss. 5, 2007, Hal. 433.
- [10] ASM International, 1991, *Welding, Brazing and Soldering*, ASM Metals Handbook, Vol. 6, USA.
- [11] E. M. Hasudungan, 2008, *Studi Perbandingan Proses Pengelasan antara Metode Gas Metal Arc Welding (GMAW), Gas Tungsten Arc Welding (GTAW), dan Plasma Arc Welding (PAW) pada Baja Lembaran Lapis Seng dengan Ketebalan 1 mm*, Tesis Departemen Metalurgi dan Material, FT, UI, Depok.
- [12] M. Anis, J. W. Soedarsono, dan R. R. Inderaswari, *Pengaruh Jenis Proses Pengelasan Terhadap Nilai Keras SS316L*, 2011, *in press*.