

Analisa Laju Korosi Akibat Pengelasan Duplex UNS32205 Dengan 2 Metode Pengelasan yang Berbeda Pada Media FeCl₃

Rinaldi Oktoriandyah¹, Budi Hartono¹, Edi Sutoyo¹

¹ Program Studi Teknik Mesin,

Fakultas Teknik Universitas Ibn Khaldun Bogor

Corresponding author : aldiocto@gmail.com

Abstrak: Pengelasan mempunyai dampak terhadap ketahanan korosi pada material yang dilas. Pengelasan menyebabkan logam mengalami siklus termal cepat sehingga terjadi perubahan sifat, metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal dan berdampak meningkatkan laju korosi, mekanik maupun ketahanan korosi. Penelitian ini dilakukan pada material baja tahan karat Duplex UNS32205 metode pengelasan yang digunakan pada penelitian ini adalah metode pengelasan SMAW menggunakan elektroda las E 2209 - 16 dan pengelasan GTAW menggunakan elektroda ER 308L lalu akan diuji korosi pada setiap sempel sesuai dengan pengujian laju korosi ASTM G48 method A . Pada pengamatan struktur mikro sempel GTAW dan SMAW terlihat fasa ferit dan fasa austenit dan ada fasa pearlit. Berdasarkan dari hasil pengujian korosi pada sempel uji pengelasan GTAW adalah 6,7888 mmpy dan untuk pada sempel uji pengelasan SMAW adalah 4,9696 mmpy. pitting korosi terjadi pada daerah weld metal, haz metal dan base metal. Kesimpulan pada penelitian ini adalah *Pitting* korosi terbesar terjadi pada sempel yang diberikan pengelasan GTAW dibagian weld metal. Salah satu penyebab *pitting* korosi terjadi diakibatkan karena kesalahan pemilihan elektroda, elektroda yang memiliki *tensile strength* lebih besar dari pada *tensile strength* yang dimiliki oleh logam yang dilas akan menghasilkan laju korosi lebih kecil bila dibandingkan dengan elektroda yang memiliki kekuatan tarik minimum lebih rendah dan nilai PREN elektroda yang lebih rendah dari nilai PREN logam las yang menyebabkan ketahanan terhadap *pitting* korosi pada daerah *Weld metal* dan *HAZ metal* lebih rendah.

Kata kunci : Pengelasan, Duplex UNS 32205, Struktur Mikro, Korosi

1. PENDAHULUAN

Dengan berkembangnya teknologi telah dihasilkan baja dengan berbagai jenis sesuai dengan fungsi atau tujuan pemakaian. Salah satunya adalah baja tahan karat Duplex UNS32205 stainless steel. Duplex Stainless Steel memiliki bentuk mikrostruktur campuran austenitik dan ferritik yang kira-kira seimbang 50%-50%. Kombinasi dari kedua tipe tersebut menghasilkan kekuatan dua kali lipat lebih baik dari pada austenitik dan tidak mudah fraktur dibandingkan dengan ferritik stainless steel. Selain itu, sifat tahan korosi terutama korosi karena gaya/tekan (*stress corrosion cracking*) lebih baik dari pada austenitik stainless steel. Baja jenis ini banyak digunakan pada reaktor atom, turbin, mesin jet pesawat terbang dan fabrikasi kapal. Dalam hal ini proses pembuatan reaktor atom, turbin, mesin jet pesawat terbang dan fabrikasi kapal terjadi proses penyambungan plat dengan cara pengelasan. Dalam hal ini pengelasan yang biasa digunakan adalah pengelasan GTAW dan SMAW.

Pengelasan menyebabkan logam di sekitar daerah las *Weld metal Heat Affected Zone (HAZ)* dan logam weld mengalami siklus termal cepat sehingga terjadi perubahan sifat, metalurgi yang rumit, deformasi dan tegangan-tegangan termal dan berdampak meningkatkan laju korosi. Pada plat yang disambungkan atau di las akan lebih rentan mengalami korosi dikarenakan proses pengelasan pada material tersebut menyebabkan terjadinya rekristalisasi yang dapat mengubah karakteristik kekuatan dan korosi dari suatu struktur rekayasa. Korosi adalah suatu peristiwa dimana reaksi terjadi diantara logam dengan lingkungannya. Reaksi tersebut dengan mudah terjadi karena tingkat keadaan yang sedemikian rupa ingin merubah keadaan dirinya ke bentuk lain.

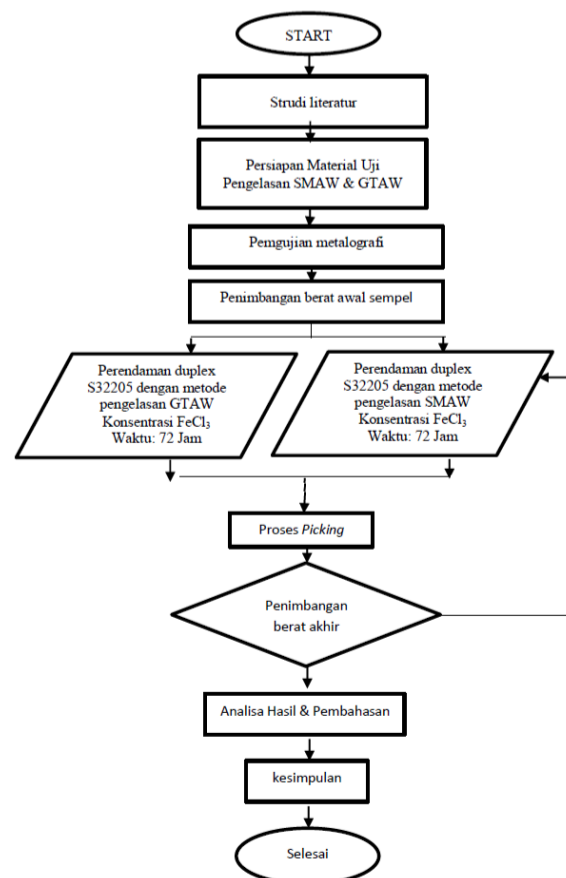
Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui nilai laju korosi dan pengaruh pengelasan pada material Duplex UNS32205 dengan metode pengelasan SMAW menggunakan elektroda las E

2209 - 16 dan pengelasan GTAW menggunakan elektroda ER 308L terhadap ketahanan pitting korosi.

2. METODELOGI PENELITIAN

Metode penelitian ini menganalisa dan membandingkan nilai laju korosi dan pengaruh pengelasan pada material Duplex UNS32205 dengan metode pengelasan SMAW menggunakan elektroda las E 2209 - 16 dan pengelasan GTAW menggunakan elektroda ER 308L terhadap ketahanan pitting korosi.

Diagram Alir Penelitian.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian yang di lakukan dalam penelitian ini adalah:

Persiapan material uji

- Material Duplex UNS 32205 dilas dengan metode pengelasan SMAW menggunakan elektroda las E 2209 - 16 dan pengelasan GTAW menggunakan elektroda ER 308L. Setelah dilas material di potong menjadi 6, 3 untuk pengelasan SMAW dan 3 untuk pengelasan GTAW
- Parameter pengelasan

Tabel 1 parameter pengelasan GTAW

Welding proses	Filler metal	Current	voltase	Trevel speed	Heat input
		A	V	Mm/in	Kj/mm
GTAW	ER 308L Ø 1,6	90-135	11,6- 13,3	57,47- 90	1,8

Tabel 2.2 Parameter pengelasan SMAW

Welding proses	Filler metal	Current	voltase	Trevel speed	Heat input
		A	V	Mm/in	Kj/mm
SMAW	E 2209- 16 Ø 3.2	88- 102	21- 25.5	57,69- 99	2,5

Pengujian metalografi

Prosedur pengamatan metalografi bertujuan untuk mengamati karakteristik material yang terbentuk dengan menggunakan mikroskop optik. Bahan pengetsaan yang digunakan adalah Aquaregia

Penimbangan berat awal material

Setelah material diberi proses pengelasan yang berbeda beda maka akan di lanjutkan ke penimbangan berat awal material dengan timbangan elektronik dengan tingkat ketelitian sampai 0,0001 gram sebelum dilakukan uji korosi, untuk mengetahui berat awal material yang akan di uji laju korosinya.

Perendaman pada media FeCl3

Perendaman material berdasarkan standar ASTM G 48 – 03 (2009) Method A-Ferric Chloride pitting test. Prosedur pengujian yg dilakukan yakni:

- Larutan ferric chloride 600 ml dituangkan kedalam gelas berukuran 1000ml.
- Material dimasukan ke dalam larutan selama 72 jam (3 hari)

Proses picking

Dalam proses ini material yang sudah di rendam akan di ambil lalu di bersihkan materialnya dengan cara:

- Keluarkan specimen dari wadah
- Cuci dengan aquadest
- Lalu celupkan kedalam aseton selama 5 menit untuk menghilangkan produk korosi yang melekat pada permukaan specimen.

Penimbangan berat akhir

Setelah material di bersihkan, material akan di timbang ulang untuk mengetahui kekurangan berat material yang di akibatkan korosi.

Pembahasan analisa

Setelah material di bersihkan, spesimen ditimbang dengan menggunakan timbangan analitik 0,0001g untuk mengetahui berat akhir setelah proses perendaman dan pengeringan selanjutnya dilakukan perhitungan laju korosi dengan metode weight loss.

Digunakan rumus sebagai berikut:

$$mmpy = \frac{KW}{DAT}$$

Dimana:

mmpy = Milimeter Per Tahun

K = Konstanta (3,45 x 10⁶)

W = pengurangan massa akibat korosi (mg)

D = massa jenis material (gram/cm³)

A = luas specimen yang terkorosi (sq.in)

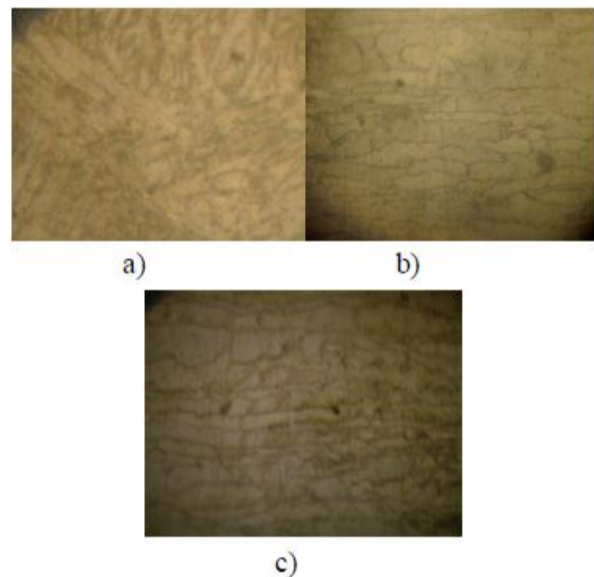
T = lamanya pengujian (jam).

- Memperoleh nilai perbandingan kehilangan berat dan rata rata korosi pada sempel yang diberikan perlakuan pengelasan SMAW dan GTAW .
- Membandingkan foto sempel dibagian *weld metal*, *haz metal* dan *base metal* pada sempel yang penurunan massanya paling besar di setiap metode pengelasan dengan pembesaran 40x menggunakan mikroskop optik.

1. HASIL DAN PEMBAHASAN

hasil pengujian metalografi pengelasan GTAW

- Pengamatan struktur mikro pada pengelasan GTAW material Duplex UNS 33205 setelah di lakukan pengetsaan didaerah *weld metal*, *haz metal* dan *base metal* weld metal dengan pembesaran 60x dapat dilihat pada gambar 2 dibawah ini:

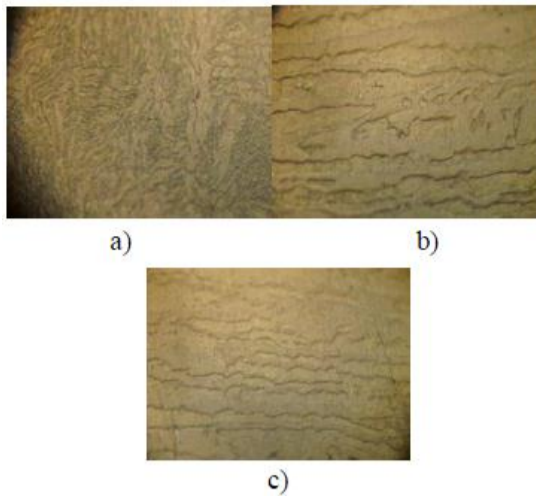


Gambar 2 struktur mikro pada material yang dilas GTAW, A) *weld metal*, B) *haz metal* dan C) *base metal*

Berdasarkan pengamatan struktur mikro pada material yang diberikan pengelasan GTAW butirannya terlihat lebih halus. Struktur mikro yang terbentuk pada material ini adalah fasa ferrit dan fasa austenit. Fasa austenit berbentuk lebih memanjang tidak beraturan pada bagian *haz metal* dan *base metal*. Pada bagian *weld metal* kadara ferit lebih mendominasi dibanding fasa austenit.

Hasil pengujian metalografi pengelasan SMAW

Pengamatan struktur mikro pada pengelasan GTAW material Duplex UNS 33205 setelah di lakukan pengetsaan didaerah *weld metal*, *haz metal* dan *base metal* dengan pembesaran 60x dapat dilihat pada gambar 3 dibawah ini:



Gambar 3 struktur mikro pada material yang dilas SMAW, A) *weld metal*, B) *haz metal* dan C) *base metal*

Berdasarkan pengamatan struktur mikro pada material yang diberikan pengelasan SMAW butirannya terlihat kasar. Struktur mikro yang terbentuk pada material ini adalah fasa austenit, fasa ferrit dan fasa perlite adalah besi murni (ferrum:Fe) yang terletak rapat saling berdekatan tidak teratur dengan baik dengan bentuk maupun besarnya merupakan bagian baja yang paling lunak. Pearlit merupakan campuran erat antara ferrit dan sementit, sedangkan sementit adalah senyawa kimia antara besi dengan karbon (Fe:C). fasa pearlit terbentuk pada bagian pada daerah *weld metal* dan pada bagian *base metal* dan *haz metal* terbentuk fasa ferrit dan fasa austenit.

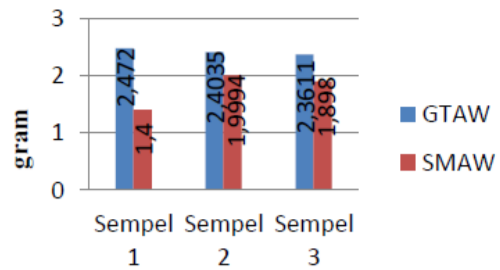
Pengujian Korosi

Dari hasil perendaman sampel las lasan selama 72 jam dengan temperature ruang dalam larutan ferric chloride (FeCl₃) sesuai dengan ASTM G48 *Method A* dapat di peroleh bahwa semua hasil pengujian menunjukan terjadinya korosi. Berikut tabel data hasil penurunan berat laju korosi pada sampel yang diberikan perlakuan pengelasan:

Table 3 data hasil pengujian laju korosi pada pengelasan SMAW dan GTAW

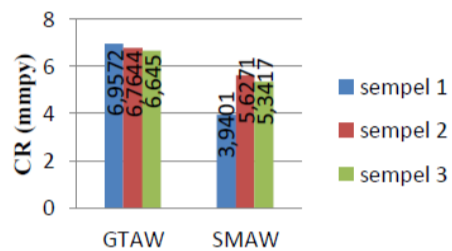
Metode Pengelasan	Sampel	W	Laju korosi	Rata-rata laju korosi
		gram	Mmpy	Mmpy
Pengelasan GTAW	Sampel 1	2,4720	6,9572	6,7888
	Sampel 2	2,4035	6,7644	
	Sampel 3	2,3611	6,6450	
Pengelasan SMAW	Sampel 1	1,4000	3,9401	4,9696
	Sampel 2	1,9994	5,6271	
	Sampel 3	1,8980	5,3417	

Berikut merupakan hasil penurunan massa yang disebabkan pengujian laju korosi pada sampel uji 1, 2 dan 3 yang di berikan perlakuan pengelasan GTAW dan SMAW dalam bentuk grafik batang pada gambar 4 berikut:



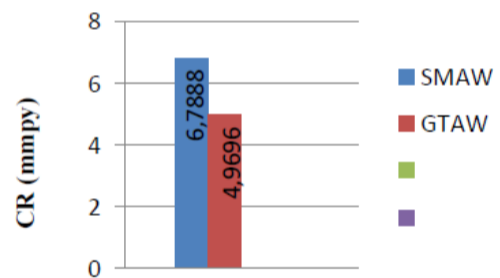
Gambar 4 grafik batang penurunan massa sampel uji korosi

Hasil penimbangan berat akhir di hitung untuk mendapatkan hasil laju korosi. Hasil perbandingan laju korosi antara sampel yang di berikan perlakuan pengelasan GTAW dan SMAW dalam bentuk grafik batang, dapat dilihat pada gambar 5:



Gambar 5 grafik batang data hasil laju korosi pada sampel pengelasan GTAW dan SMAW

Setelah mendapatkan hasil laju korosi dari masing masing sampel uji, kemudian dirata ratakan. Dan Hasil perbandingan rata rata laju korosi antara sampel yang di berikan perlakuan pengelasan GTAW dan SMAW dalam bentuk grafik batang, dapat dilihat pada gambar 6.



Gambar 3.5 grafik batang data rata-rata laju koros ipada pengelasan GTAW dan SMAW

Hasil percobaan uji korosi specimen duplex UNS32205 terdapat pada tabel 3.1 dan gambar grafik 3.3 sampai 3.5 dapat di jelaskan bahwa adanya penurunan massa pada sampel uji yang di akibatkan karena terjadinya korosi. Sampel yang penurunan massannya paling besar adalah sampel yang diberikan perlakuan las dengan metode GTAW dengan penurunan massanya pada sampel 1 adalah 2,4720, sampel 2 adalah 2,4035 dan sampel 3 adalah 2,3611. Sampel yang di berikan perlakuan las dengan metode pengelasan SMAW untuk specimen pertama CR (corrosion rate) yang di dapat adalah 6,9572 mmpy dan nilai CR pada specimen pertama hingga keempat di rata-ratakan sehingga diperoleh rata-rata CR adalah 6,7888 mmpy dan sampel yang di berikan perlakuan metode pengelasan SMAW untuk specimen pertama CR yang di dapat adalah 1,4000 mmpy dan nilai CR pada specimen pertama hingga keempat di rata-rata sehingga diperoleh rata-rata CR adalah 4,9696 mmpy. Jika di bandingkan rata-rata penurunan massa pada sampel uji dapat di peroleh perbandingan antara sampel yang di berikan perlakuan GTAW dan sampel

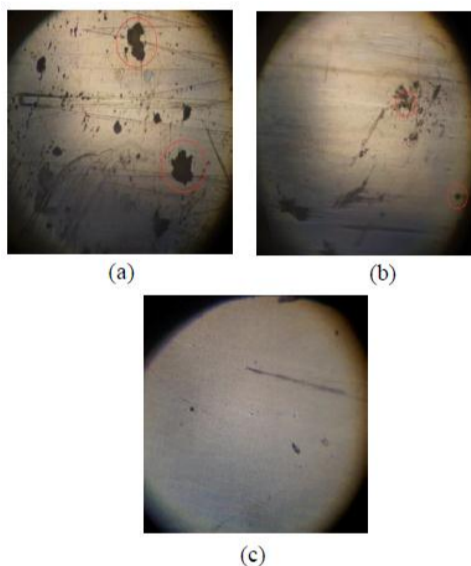
yang diberikan perlakuan pengelasan SMAW adalah 1,8192 mmpy.

Pengamatan Foto Material Yang Sudah di Uji Laju Korosi

Setelah dilakukan pengujian, sampel dengan penurunan massa terbesar akan diambil fotonya dengan menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 40x untuk mengetahui korosi yang terjadi pada permukaan sampel. Untuk sampel dengan pengelasan GTAW yang di foto adalah sampel 1 dan untuk sampel dengan pengelasan SMAW adalah sampel 2.

Pengamatan Foto Sempel 1 Yang diberikan Perlakuan Pengelasan GTAW

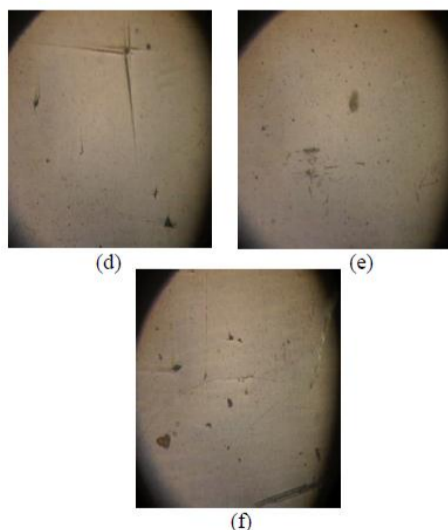
Pengamatan foto dari sampel 1 yang diberikan perlakuan pengelasan GTAW yang sudah di uji laju korosinya pada media FeCl₃ pada bagian yang tidak di haluskan dan dihaluskan. Hasil pengujian bisa dilihat pada gambar 7.



Gambar 7 korosi yang terjadi pada sampel 1 pengelasan GTAW dengan mikroskop optic pembesaran 40x. (a) *weld metal*, (b) *haz metal*, (c) *base metal*

Pengamatan Foto Sempel 2 Yang diberikan Perlakuan Pengelasan SMAW

Pengamatan foto dari sampel 2 yang diberikan perlakuan pengelasan SMAW yang sudah di uji laju korosinya pada media FeCl₃ pada bagian yang tidak di haluskan dan dihaluskan. Hasil pengujian bisa dilihat pada gambar 8 di bawah ini :



Gambar 8 korosi yang terjadi pada sampel 2 pengelasan SMAW dengan mikroskop optic pembesaran 40x (d) *weld metal*, (e) *haz metal*, (f) *base metal*

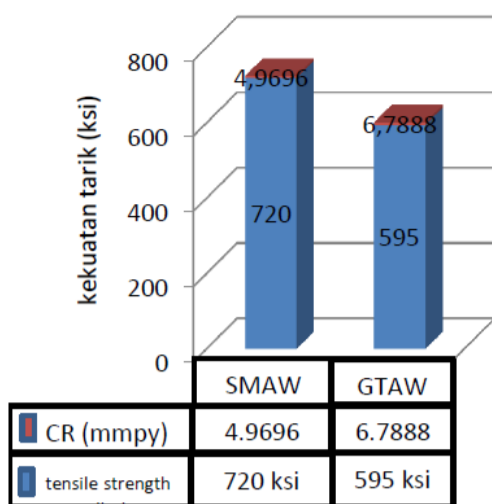
Setelah dilakukan pengamatan, dari hasil perendaman sampel las-lasan selama 72 jam dengan temperature suhu ruang dalam larutan ferric chloride (FeCl₃) sesuai dengan ASTM G48 method A. Jika dilihat menggunakan mikroskop optik dengan pembesaran 40x bisa dilihat pada sampel yang diberikan perlakuan pengelasan GTAW di bagian *weld metal*(a) terlihat terjadinya pitting korosi dan goresan-goresan yang bisa menyebabkan timbulnya lubang. Jika dibandingkan dengan banyaknya lubang dan goresan yang terlihat di bagian *haz metal*(b) dan *base metal*(c) tidak sebanyak seperti di bagian *weld metal*.

Pada sampel yang diberikan perlakuan pengelasan SMAW dibagian *weld metal*(d), *haz metal*(e) dan *base metal*(f) dapat dilihat juga bahwa terjadinya *pitting* korosi dan goresan goresan namun tidak sebanyak seperti sampel yang diberikan pengelasan GTAW. Jika dibandingkan antara sampel yang di berikan pengelasan GTAW dan pengelasan SMAW dapat dilihat bahwa sampel yang yang diberikan pengelasan GTAW lebih rawan terkena *pitting* korosi di bagian *weld metal*(a), *haz metal*(b) dibandingkan sampel yang diberikan pengelasan SMAW.

Keberadaan elemen *Chromium* (Cr) dan Nikel (Ni) yang menyebabkan elektroda menjadi tahan terhadap korosi, jika dilihat komposisi material dari elektroda ER 308L dengan kadar Cr 19,5-22,0% dan kadar Ni 9,0-11,0% [12] dan jika dibandingkan dengan kadar Cr dan Ni dari elektroda E 2209 – 16 yang mempunyai kadar Cr 21,5-23,5% dan kadar Ni 8,5-10,55% [13]. Bisa dilihat selisih kadar Cr dan Ni antara elektroda GTAW ER 308L dan elektroda SMAW E 2209 – 16 selisihnya kadar Cr hanya 1,0-1,5% dan selisih kadar Ni hanya 0,5%, dalam pengujian ketahanan *pitting* korosi masih belum terlalu kuat dalam ketahanan *pitting* korosi pada elektroda GTAW ER 308L walaupun selisih pada Cr hanya 1,0-1,5%. Berdasarkan penelitian sebelumnya banyaknya *pitting* korosi pada daerah *weld metal* dan *Haz Metal* maka salah satu penyebab terjadinya *pitting* korosi adalah kesalahan Pemilihan elektroda. Pengaruh terjadinya *pitting* korosi bisa disebabkan karna tingginya nilai *tensile strength* pada elektroda dan *tensile strength* baja yang dilas [11]. Jika dilihat dari nilai PREN antara elektroda dan material, nilai PREN elektroda ER 308L adalah 24,475%, elektroda E 2209 – 16 adalah 35,32% dan material Duplex UNS 32205 adalah 34,87%. Elektroda ER 308L memiliki nilai PREN lebih rendah dari nilai PREN material yang menyebabkan ketahanan terhadap *pitting* korosi pada daerah *Weld metal* dan *HAZ metal* lebih rendah di bandingkan dengan Elektroda E 2209 – 16 yang memiliki nilai PREN 35,32%.

Pengaruh Elektroda Terhadap Laju Korosi

Pemilihan elektroda yang kurang tepat mejadi salah satu penyebab berkurangnya ketahanan korosi pada material. Elektroda yang memiliki *tensile strength* lebih besar dari pada *tensile strength* yang dimiliki oleh logam yang dilas akan menghasilkan laju korosi lebih kecil bila dibandingkan dengan elektroda yang memiliki kekuatan tarik minimum lebih rendah. Grafik batang antara kekuatan tarik minimum elektroda terhadap laju korosi dapat dilihat pada gambar 9.

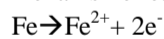


Gambar 9 grafik batang antara kekuatan tarik minimum elektroda terhadap laju korosi

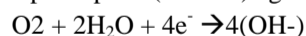
Bisa dilihat dari grafik 4.9, bahwa elektroda E 2206 – 16 dengan tensile strength 720 ksi lebih tahan terhadap korosi dibandingkan dengan elektroda ER 308L dengan tensile strength 595 ksi. Material yang diberikan elektroda las yang kurang tepat akan mempengaruhi ketahanan pitting korosi terutama pada daerah weld metal dan haz metal dikarenakan pada bagian weld metal dan haz metal mendapatkan pengaruh panas yang berlebih yang dihasilkan dari pengelasan.

Pengaruh Ion Cl Terhadap Laju Korosi

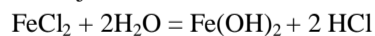
Sempel Duplex Pada Larutan Feri Klorida Larutan feriklorida yang mengandung ion agresif Cl yang bergerak leluasa menuju Fe atau ion-ion logam yang terbentuk akibat reaksi oksidasi dan akhirnya membentuk karat, maka akan semakin banyak karat terbentuk yang mengakibatkan sempel terkikis. Pada bagian weld metal, haz metal dan base metal terbentuk lubang dan goresan-goresan yang disebabkan oleh ion Cl yang merusak oksida pasif pada permukaan logam. Pada saat sempel di rendam didalam larutan FeCl₃ proses korosi mulai terjadi, ketika larutan mengandung sedikit oksigen terlarut maka sempel akan mengalami reaksi oksidasi (pelarutan) dengan melepaskan electron sehingga terbentuk ion Fe²⁺ sesuai dengan mekanisme reaksi:



Lalu elektron yang dihasilkan akan ditransfer menuju lapisan pasif (katodik) agar terjadi reaksi katodik.



Muatan positif di dalam pit ion negatif, biasanya ion klorida. Reaksi autokatalitik pada pit dimulai dan berlanjut:



Pada pitting korosi, reaksi autokatalitik terjadi jika pH turun dan konsentrasi ion kloridanaik di dalam pit.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan pada penelitin, pengamatan dan analisis data yang diperoleh dari pengujian laju korosi pada material Duplex UNS32205 dengan metode pengelasan SMAW dan GTAW pada larutan FeCl₃, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Nilai laju korosi terbesar terdapat pada sempel yang diberikan pengelasan SMAW dengan rata

rata laju korosi 6,7888 mmpy. Perbandingan rata rata antara sempel yang diberikan pengelasan SMAW dan GTAW adalah 1.8192 mmpy

2. Pada bagian base metal, haz metal, weld metal terjadi pitting korosi, namun jika dibandingkan antara sempel yang diberikan pengelasan SMAW dan sempel yang diberikan pengelasan GTAW. Pitting korosi terbesar terjadi pada sempel yang diberikan pengelasan GTAW dibagian weld metal dan Haz metal. Salah satu penyebab pitting korosi terjadi diakibatkan karena kesalahan pemilihan elektroda, elektroda yang memiliki tensile strength lebih besar dari pada tensile strength yang dimiliki oleh logam yang dilas akan menghasilkan laju korosi lebih kecil bila dibandingkan dengan elektroda yang memiliki kekuatan tarik minimum lebih rendah dan nilai PREN elektroda yang lebih rendah dari nilai PREN logam las yang menyebabkan ketahanan terhadap pitting korosi pada daerah Weld metal dan HAZ metal lebih rendah.

SARAN

Saran yang dapat diberikan terkait dengan hasil penelitian mengenai “Analisa laju korosi akibat pengelasan Duplex UNS32205 dengan dua metode pengelasan yang berbeda pada media FeCl₃” antara lain :

1. Penelitian analisa laju korosi akibat pengelasan Duplex UNS32205 dengan dua metode pengelasan yang berbeda pada media FeCl₃ hanya membahas dua metode pengelasan yaitu SMAW dan GTAW. Penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menambahkan metode pengelasan atau dengan variasi heat input pengelasan atau dengan variasi elektroda las

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Minto Basuki, Abdul Aris Wacana Putra, Dzikri Hidayat. *Analisa Laju Korosi Duplex SS AWS 2205 Dengan Metode Weight Loss*. Institut Teknologi Adhi Tama, Surabaya.2012.
- [2] Gadang Priyotomo, KAMUS SAKU KOROSI MATERIAL. Januari 2008
- [3] H.H. Uhlig, W.R. Revie, *Uhlig's Corrosion Handbook*, John Wiley and Sons New York, 2000, p.582.
- [4] wiryosunarto, H dan Okumura, T “Teknologi pengelasan logam” (cetak kelima), PT. PRADNYA PARAMITA, Jakarta 1991.
- [5] G. Sui, E.A. Charles, J Congleton, “*The effect of delta ferrite content on the stress corrosion cracking of austenitic stainless steels in a sulphate solution*”, corrosion science, vol. 38 no. 5 pp. 687-703. 1996
- [6] T.P.S. Gill. V Shankar, M.G. pujar and P rodriguez, “*effect of composition on the transformation of δ-ferrite TO σ in type 316 stainless steel weld metals*”, Scripta Metallurgica Materialia, Vol. 32 No 10, pp.1 595-1600,1995
- [7] C, Pang, Z.Zhang. “*Morphologies of the transition region in dissimilar austenitic-ferritic*

dissimilar welds". Materials Characterization 36 :
5 – 10 (1996)

- [8] Bambang Suharno dan Bustanul Arifin, Duplex Stainless Steel: Karakteristik, Metallurgy and Materials Engineering Departement Universitas Of Indonesia, Seminar Tira Austenite, 2007, pg 31-36.
- [9] ASTM G31-72. *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metal*. United States of America. 2004.
- [10] ASTM G48 – 03. *Standart Test Methods For Pitting and Crevice Corrosion Resistance Of Stainless Steel And Related Alloy By Use Of Ferric Chloride Solution*. United States Of America. 2009.
- [11] Gita anggaretno, imam rohani dan heri supomo "Analisa Pengaruh Jenis Elektroda Terhadap Laju Korosi Pada Pengelasan Pipa API 5L Grade x65 Dengan Media Korosi FeCl₃
- [12] National Biochemicals Corp. FERRIC CHOLIREDE. USA.
- [13] LINCONL ER308/308L. Stainless AWS ER308, ER308L