

Analisis Flow Rate Gas Back Purging Ar pada Pengelasan Stainless Steel dengan Proses GTAW terhadap Struktur Mikro dan Laju Korosi dengan Media Decalcium

Ardita Atmaja^{1*}, Pranowo Sidi², Hendri Budi K.³

Program Studi D-4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{1}*

Program Studi Teknik Desain dan Manufaktur, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia²

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia³

Email: ardithabcd@gmail.com^{1*}; pransidi03@gmail.com^{2*}; budi.hb97@gmail.com^{3*};

Abstract - Austenitic stainless steel 316 and 316L type is one of common grades used in piping system for petrochemical, pharmaceutical and food and beverages industries. It has non-magnetic, good mechanical properties, good weldability and good corrosion resistance compare with 304 and 304L. Gas back purging method in welding stainless steel pipe is needed to avoid surface oxidation on root pass. In this research there will be flow rate variation of 6 l/min, 10 l/min, 14 l/min and 18 l/min to determine suitable flow rate. The main object to get lowest corrosion rate between gas back purging variations on welding stainless steel. There will be immersion corrosion test and microstructure. The result of microstructure, form of delta ferrite in welding 316L with gas flow 6 l/min is 33,379%. Welding 304L with same gas flow rate has 26277%. But, the number of delta ferrite reduce by enchancing gas flow rate of 10 l/min. The highest corrosion rates occur in 304L with 6 l/min gas flow rate, 0.261 mm/y, and the lowest corrosion rates occur in 316L by 18 l/min gas flow rate, 0.041 mm/y. This reveals by enchancing flow rate is inadequate to protect root surface against oxydation during welding.

keywords: *flow rate gas back purging, stainless steel, 304L, 316L*

Nomenclature

K konstanta

W massa yang hilang (gram)

A luasan area (cm²)

T waktu kontak material dengan larutan (*hour*)

D *density* (gram/cm²)

1. PENDAHULUAN

Stainless steel merupakan kelompok material teknik yang sangat penting yang telah digunakan luas dalam berbagai lingkungan industri. Dalam klasifikasi, stainless steel menjadi 5 jenis yaitu, *martensitic, ferritic, austenitic, precipitation hardening, dan duplex*. Tipe *austenitic stainless steel* 316 dan 316L merupakan salah satu *grade* yang banyak digunakan dalam jalur sistem perpipaan untuk industri *petrochemical* dan *food and beverage* karena memiliki sifat non-magnetik, sifat mekanik yang baik, mudah difabrikasi dengan mampu las (*weldability*) yang baik, mudah dibersihkan dan mempunyai ketahanan korosi yang baik dibanding grade di bawahnya 304 dan 304L, sehingga pemakaiannya terfokus pada lingkungan dengan tingkat korosi tinggi. Proses pengelasan material *stainless steel* merupakan hal utama yang perlu diperhatikan. Pada

penelitian sebelumnya (Indraswari, 2011) mengatakan pengaruh oksida pengelasan dan metode proses pengelasan yang efektif dan efisien akan mempengaruhi ketahanan korosi dari material *austenitic stainless steel* 316L. Oleh karena itu, pencegahan oksidasi selama pengelasan dapat dilakukan dengan melakukan *gas back purging* Ar pada proses pengelasan GTAW.

2. METODOLOGI .

2.1 Prosedur Penelitian

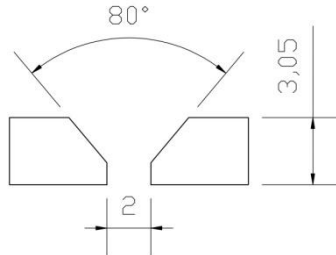
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan hasil data pengujian struktur mikro dan pengujian korosi dengan metode imersi terhadap material *stainless steel* 304L dan 316L yang dilas dengan proses GTAW. Proses pengelasan GTAW dilakukan dengan memvariasikan *flow rate gas back purging* Ar mulai 6 L/min, 10 L/min, 14 L/min dan 18 L/min. Pipa dipotong menjadi 100 mm, kemudian setiap pipa dilas dengan posisi 5G. Pipa yang digunakan dalam penelitian kali ini adalah SUS 304L dan SUS 316L, masing-masing dengan NPS 3", *schedule* 10S.

Keseluruhan parameter pengelasan tercantum di lampiran. Proses pengelasan ini

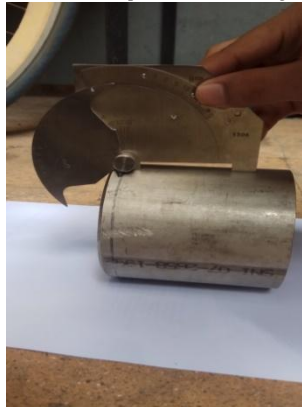
merupakan tahap awal dalam pengumpulan data dari spesimen yang telah dibuat dan pelaksanaan pengelasan dilakukan oleh *fitter* dan *welder* PT. Aweco.

2.2 Persiapan Pengelasan dan Spesimen Uji

Pada tahap ini peneliti menyiapkan 4 pasang *test coupon* 304L dan 4 pasang *test coupon* untuk 316L. Selanjutnya membuat *joint fusion face* tipe single V-grove dengan cara dibubut sebesar 40° seperti yang ditampilkan pada Gambar berikut.



Gambar 1. Joint Preparation with Single V-Grove



Gambar 2. Persiapan Test Coupon

Selanjutnya menyiapkan peralatan yang dibutuhkan untuk pengelasan meliputi mesin las dan kelengkapannya, *torch*, gas Argon HP 99,997%, *clamp meter* dan filler ER308L dan ER316L masing-masing dengan diameter 2,4 mm. Berdasarkan ASME Section II Part C (2015) komposisi kimia setiap *filler* ditampilkan pada Tabel 1 dan Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi Kimia Filler ER304L

Material	Wt %	Material	Wt %
C	0,03 max	S	0,03 max
Si	1,00 max	Cr	18,0-20,0
Mn	2,00 max	Ni	8,0-13,0
P	0,045 max	N	0,10 max

Tabel 2. Komposisi Kimia Filler ER304L

Material	Wt %	Material	Wt %
C	0,03 max	S	0,03 max

Si	1,00 max	Cr	16,0-18,0
Mn	2,00 max	Ni	10,0-14,0
P	0,045 max	Mo	2,0-3,0

Proses pengelasan dilakukan secara manual dengan welder Aweco yang sudah terqualifikasi. Posisi pengelasan untuk penelitian ini adalah 5G. Selama proses pengelasan harus diawasi arus dan kecepatan pengelasan untuk setiap *joint*. Dalam proses pengelasan dilakukan *record* parameter aktual sebagai berikut.

Tabel 3. Heat Input dari Pengelasan 304L

Pipa SUS 304L dengan filler ER308L					
Flow Rate Gas Back Purgi Ar (L/mi n)	Diam eter Filler Metal (mm)	Volt ase (V)	Ar us (A)	Travel Speed (mm/ min)	Heat Input (J/mm)
6	2,4	65	13	38,530	1315,858
10	2,4	65	13	33,714	1503,837
14	2,4	65	13	33,714	1503,837
18	2,4	65	13	38,530	1315,858

Tabel 4. Heat Input dari Pengelasan 316L

Pipa SUS 316L dengan filler ER316L					
Flow Rate Gas Back Purgi Ar (L/mi n)	Diam eter Filler Metal (mm)	Volt ase (V)	Ar us (A)	Travel Speed (mm/ min)	Heat Input (J/mm)
6	2,4	65	13	38,530	1315,858
10	2,4	65	13	33,714	1503,837
14	2,4	65	13	38,530	1315,858
18	2,4	65	13	33,714	1503,837

Parameter pengelasan bertujuan untuk memenuhi persyaratan heat input yang sesuai berdasarkan dengan referensi yang ada (Baihaque dkk., 2015). Kemudian material dipotong untuk dijadikan spesimen benda uji

untuk pengujian korosi dengan metode immersi dan pengamatan struktur mikro. Spesimen untuk pengujian korosi dengan metode imersi dipotong dengan ukuran (50×25) mm, sedangkan untuk pengujian mikro (13×30) mm.

2.3 Pengujian Struktur Mikro

Analisa struktur mikro, daerah yang akan diamati yaitu *weld metal* dan *fusion line*. Prosedur dalam pengujian struktur Mikro diawali dengan pemotongan spesimen menggunakan grinda potong dengan ukuran (13×30) mm. Kemudian permukaan hasil grinda dihasilkan dan diratakan pada mesin frais. Setelah permukaan rata, selanjutnya spesimen *dimounting* dengan tujuan memudahkan dalam proses *polishing* dan pengamatan pada mikroskop. Spesimen selanjutnya dipoles di atas mesin *grinding and polishing*. Setelah permukaan tampak seperti kaca selanjutnya dipoles pada kain bludru dan dicampur dengan bubuk alumina agar permukaan benar-benar mengkilat. Kemudian spesimen dietsa dalam larutan *aqua regia* yaitu campuran antara HNO₃ dengan HCl dengan perbandingan 2:1. Setelah itu spesimen diamati pada meja mikroskop.

2.4 Pengujian Struktur Mikro

Kegiatan yang dilakukan adalah spesimen stainless steel 304L dan 316L dicelupkan ke dalam gelas beker yang telah terisi larutan decalcium dengan pH 2 dan temperatur 60°C. Panas didapatkan berasal dari heater yang diletakan tepat dibawah dari gelas beker. Reflux condenser digunakan pada pengujian ini supaya konsentrasi decalcium tetap terjaga, cara kerjanya mendinginkan uap air sehingga volume larutan tetap terjaga.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Visual

Semua hasil pengujian visual dari masing-masing pipa SUS 304L dan 316L yang dilakukan pengelasan dengan laju aliran gas back purging mulai dari 6 L/min, 10 L/min, 14 L/min dan 18 L/min menghasilkan permukaan *caping* yang baik, dan menurut dari standar kriteria penerimaan pada ASME *section IX* semua hasil uji visual disetujui.

Evaluasi hasil proses pengelasan pada pipa SUS 304L dan 316L dengan variasi laju aliran gas back purging terjadi *decolorization* permukaan pada *root*, dimana secara visual kecoklatan pada sepanjang daerah terpengaruh pengelasan. Namun perbedaan *decolorization* terjadi pada pengelasan pipa SUS 304L pada laju aliran gas back purging 18 L/min, tampak warna biru mengkilat.

Hasil pengujian visual dari masing-masing spesimen dengan variasi laju aliran gas back purging keseluruhan menghasilkan kondisi permukaan *root* yang baik dan menurut standart kriteria penerimaan pada ASME Section IX semua hasil uji visual accepted. Gambar 3 menunjukkan hasil visual dari permukaan *root* pada pengelasan pipa SUS 304L dengan *flow rate* 6 L/min dan SUS 316L dengan *flow rate* 18 L/min.



(a)



(b)

Gambar 3. Visual Examination a) 304L 6 L/min
b) 316L 18 L/min

3.2 Pengamatan Struktur Mikro

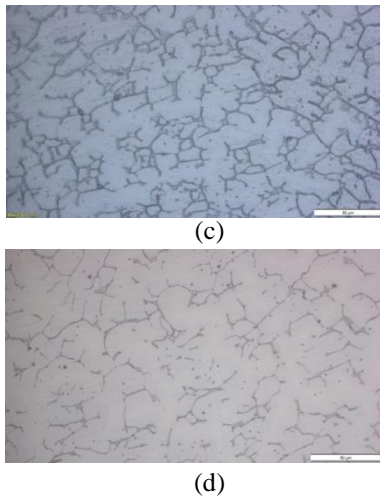
Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui bentuk struktur mikro setelah dilakukan proses pengelasan. Pengujian struktur mikro dilakukan di lab Uji Bahan PPNS, untuk 4 spesimen A (304L) dan 4 spesimen B (316L) dengan variasi laju aliran *gas back purging* yang ditentukan. Dari hasil pengamatan struktur mikro terlihat daerah *austenite* dan *delta ferrite*. Pengamatan foto mikro dilakukan pada *weld metal* dan *fusion line*. Pada Gambar 4 dan 5 ditampilkan hasil pengamatan foto mikro dengan perbesaran 500X.



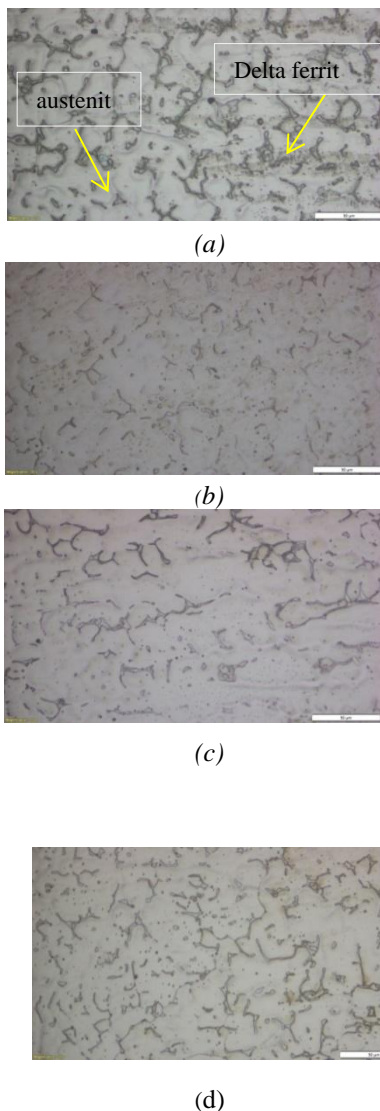
(a)



(b)



Gambar 4. Hasil pengamatan foto mikro material 304L pada daerah weld metal dengan gas flow rate; (a) 6 L/min; (b) 10 L/min; (c) 14 L/min; (d) 18 L/min

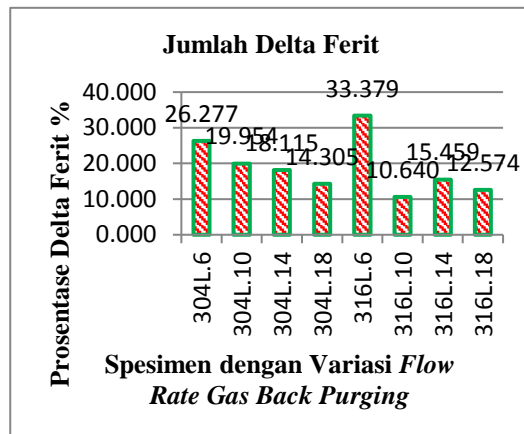


Gambar 5. Hasil pengamatan foto mikro material 316L pada daerah weld metal dengan gas flow rate; a) 6 L/min; b) 10 L/min; c) 14 L/min; d) 18 L/min

Terlihat pada gambar di atas terdapat perbedaan morfologi struktur mikro akibat dari penggunaan gas back purging Ar. Hasil foto mikro pada pengelasan dengan menggunakan gas flow rate 6 L/min tampak butir dari delta ferit lebih kasar. Perbedaan tampak pada penggunaan gas flow rate 10 L/min, struktur dari delta ferit lebih halus. Hal ini membuktikan bahwa dampak oksidasi karena kurangnya gas flow mempengaruhi terbentuknya fasa delta ferit (Okagawa, 1983).

3.3 Hasil Perhitungan Fasa

Hasil pengukuran jumlah fasa delta ferit pada setiap penambahan jumlah flow rate gas back purging yang dilakukan dengan mengambil hasil foto mikro pada daerah weld metal. Kemudian pengukuran dilakukan dengan menggunakan software ImageJ. Berikut hasil pengukuran fasa ditunjukkan pada Grafik.



Gambar 6. Hasil pengukuran jumlah prosentase fasa delta ferit

Grafik di atas menunjukkan adanya perbedaan jumlah delta ferit, jumlah delta ferit yang terbesar ditunjukkan pada spesimen 304L.6 dengan jumlah prosentase 26,277%, kemudian spesimen 316L.6 dengan prosentase 33,379%. Hasil ini sesuai dengan gambar yang ditunjukkan pada foto struktur mikro dimana terlihat delta ferit lebih rapat dibanding dengan spesimen lainnya. Tren grafik jumlah fasa delta ferit mengalami penurunan yang signifikan pada spesimen 304L.10, menunjukkan jumlah prosentase fasa delta ferit sebesar 19,954% dan penurunan drastis terjadi pada spesimen 316L.10 dengan jumlah fasa delta ferit sebesar 10,640%. Penurunan ini terjadi karena perlindungan gas back purging yang cukup sewaktu pengelasan mempengaruhi jumlah delta ferit. Pada material 304L terjadi penurunan jumlah prosentase delta ferit saat terus menambah flow rate gas backpurging. Jumlah prosentase delta ferit spesimen 304L.14 sekitar 18,115% dan

jumlahnya lebih kecil lagi pada spesimen 304L.18 yaitu sebesar 14,305%. Dari hasil foto mikro serta perhitungan fasa delta ferit dapat disimpulkan bahwa perlindungan pengelasan pada pipa menggunakan gas *back purging* Ar dengan *flow rate* yang berbeda mengakibatkan perubahan terhadap morfologi struktur mikro dan jumlah fasanya.

3.4 Analisa Hasil Immersion Corrosion Test

Pengujian korosi dilakukan selama 5 hari (144 jam) dengan metode *immersion* yaitu, spesimen dicelupkan dalam media *decalcium* dengan pH 2,00 dan temperatur 60°C sesuai pada standard ASTM G31. Pengujian ini diawali dengan melakukan penimbangan berat awal dari spesimen kemudian melakukan peimbangan akhir setelah dilakukan perendaman. Setelah itu dilakukan perhitungan Laju korosi berdasarkan pada standard ASTM G31. [2]

$$\text{Laju korosi} = \frac{K \times W}{A \times T \times D}$$

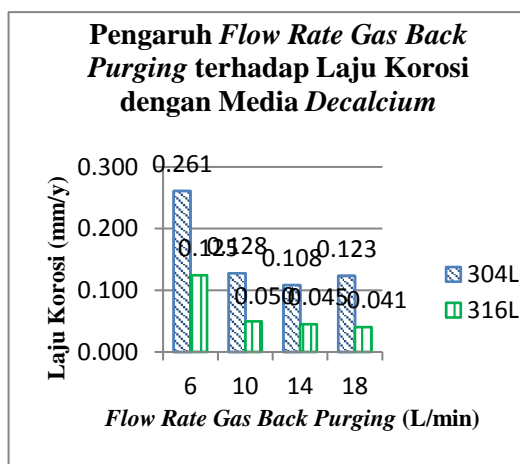
Keterangan:

- K = konstanta
- W = massa yang hilang (gram)
- A = luasan area (cm²)
- T = waktu kontak material dengan larutan (*hour*)
- D = *density* (gram/cm²)

Diketahui data awal seperti berikut.

- K = 8,76 × 10⁴ mm/y
- T = 144 hours
- D = 7,94 gram/cm² untuk material 304L;
7,98 gram/cm² untuk material 316L

Perbedaan *flow rate gas back purging* terhadap nilai laju korosi digambarkan dengan grafik seperti berikut.



Gambar 7. Grafik

Berdasarkan gambar di atas terdapat perbedaan nilai rata-rata laju korosi untuk

material 304L dan 316L. Selain itu, perbedaan besar *flow rate gas back purging* mempengaruhi nilai laju korosi. Penggunaan *flow rate* 18 L/min pada pengelasan material 316L memiliki nilai laju korosi yang paling rendah yaitu sebesar 0,041 mm/y, hal ini bisa dilihat secara visual permukaan pada *root* terlihat lebih cerah karena dengan laju aliran gas *back purging* mempengaruhi oksidasi pada *root*.

Sedangkan hasil pengelasan pada material 304L dengan *flow rate gas back purging* 6 L/min memiliki nilai laju korosi paling tinggi yaitu, sebesar 0,261 mm/y. Hasil visual *root* membuktikan tampak *discoloration* yang merata. Tampak permukaan *root* dan daerah sekitar *weld root* lebih gelap dan berwarna biru. Warna tersebut merupakan hasil dari *gas flow rate* yang tidak efisien menghasilkan *discoloration* (Bheris, 2012). *Gas flow rate* yang tidak efisien mengakibatkan kontaminasi dengan udara sehingga terjadi oksidasi permukaan, membuat ketahanan terhadap korosi berkurang.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil perhitungan dan analisa pada Bab 3 dapat disimpulkan bahwa:

- a. Jumlah delta ferit yang terbesar pada spesimen 316L.6 dengan prosentase 33,379%, kemudian spesimen 304L.6 dengan prosentase 26,277%. Kemudian terjadi penurunan jumlah fasa delta ferit pada spesimen 304L.10 yang memiliki prosentase sebesar 19,954% dan 316L.10 memiliki prosentase sebesar 10,640% selaras dengan penambahan *flow rate gas back purging* menjadi 10 L/min. Perubahan ini terjadi karena penambahan *flow rate gas back purging* mempengaruhi oksidasi selama pengelasan yang menyebabkan perbedaan jumlah prosentase fasa delta ferit. Peningkatan *flow rate gas back purging* dari 10 L/min ke 14 L/min, dan 18 L/min sedikit mempengaruhi jumlah prosentase delta ferit karena dengan *flow rate gas back purging* tersebut sudah cukup digunakan dalam perlindungan sisi *root* saat pengelasan.
- b. Penggunaan *gas flow rate* 18 l/min pada pengelasan material 316L memiliki nilai laju korosi yang paling rendah yaitu sebesar 0,041 mm/y, nilai laju korosi terbesar terjadi pada pengelasan material 304L dengan penggunaan *flow rate gas back purging* 6 l/min yaitu sebesar 0,261 mm/y. Hal ini bisa dilihat secara visual permukaan pada *root*

pengelasan material 316L dengan *gas flow rate* 18 l/min terlihat lebih cerah, sedangkan permukaan pada *root* pengelasan material 304L nampak terjadi *decoloration* yang merata sepanjang pengelasan yang membuktikan terjadi oksidasi selama pengelasan. Dari nilai laju korosi di atas, material 316L lebih tahan terhadap korosi karena pada material tersebut ada penambahan molibdenum yang memperbaiki ketahanan terhadap korosi.

5. PUSTAKA

- [1] ASME Sec II Part C. (2015). *Spesification for Welding Rods, Electrodes, and Filler Metal*. New York: The American Society of Mechanical Engineers.
- [2] ASTM G 31-73. *Standard Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals*. USA: ASTM TBK, 2004.
- [3] AWS *Welding Handbook*. *Welding Processes, Part 1*. Ninth Edition Volume 2. Miami: 2004.
- [4] Baihaque, M.R., dan M. Nurul Misbah (2015). *Pengaruh Variasi Gas Back Purgung pada Pengelasan GTAW A/SA-312 TP304 terhadap Kualitas Hasil Pengelasan dalam Aplikasi Cargo Piping Kapal LNG Carrier ditinjau dari Deffect, Nilai Kekerasan, Nilai Ketangguhan Serta Laju Korosi*. *Jurnal Teknik POMITS Vol.4, No. 1, (2015) 1-5*. Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.
- [5] Beris, B.(2012). *Effect of Gas Shielding Flow Rate on Weld Quality of TIG Welding in Ti6AL4V Alloy*. M.Sc. Thesis of Istanbul Technical University, Turkey.
- [6] Dadfar, M. 2006. *Effect of TIG Welding on Corrosion Behavior of 316L Stainless Steel*. Isfahan: Isfahan University and Technology.
- [7] Indraswari, Reni. 2011. *Pengaruh Pengelasan Metoda SMAW & GTAW terhadap Perilaku Korosi Austenitic Stainless Steel 316L*. Jakarta: Universitas Indonesia.
- [8] Okagawa, R.D., Dixon, R. D., Olson, D. L. 1983. *The Influence of Nitrogen from Welding on Stainless Steel Wled Metal Microstructure*. *Weld. J. 62, Res. Suppl., 204s-209s*.