

ANALISIS PENGARUH *FLOW RATE BACKING GAS* TERHADAP KUALITAS PENGELOMAN *DUPLEX STAINLESS STEEL*

Ayub Fitra Arianto¹, Agus Umar Ryadin², Arif Rahman Hakim³

^{1,2,3}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik

Universitas Riau Kepulauan Batam

E-mail^{*)} : agusumar@ft.unrika.ac.id

Abstrak

Duplex stainless steel merupakan material *stainless steel* yang memiliki dua fasa yaitu *ferrite* dan *austenite*. Dengan adanya kombinasi dua fasa tersebut menjadikan material ini memiliki ketangguhan dan juga ketahanan korosi yang baik. Selain itu material ini juga memiliki kelemahan yaitu oksidasi saat pengelasan sehingga diperlukan perlakuan khusus dalam melakukan pengelasan material ini. Penggunaan *backing gas* saat pengelasan merupakan cara untuk mengurangi terjadinya oksidasi pada area lasan. Penelitian ini dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh *flow rate backing gas* terhadap kualitas lasan. Dimana kualitas lasan dilihat dari segi visual, kandungan *ferrite*, komposisi kimia dan kekerasan. Pada penelitian ini *flow rate backing gas* yang digunakan yaitu 10 lpm, 20 lpm dan 30 lpm. Hasil pengujian visual dari ketiga spesimen tidak terlihat cacat las yang terjadi di area *root* maupun *capping*. Sementara hasil pengujian kandungan *ferrite* menunjukkan pengelasan dengan *flow rate backing gas* 10 lpm sebesar 36,83% , *flow rate* 20 lpm sebesar 45,88% dan untuk *flow rate* 30 lpm sebesar 61,15%. Semakin besar *flow rate backing gas* yang diberikan maka kandungan *ferrite* semakin besar. Hasil pengujian komposisi kimia menunjukkan kandungan *chrome* terbesar pada *flow rate* 30 lpm sebesar 22,45% dan yang terkecil pada *flow rate* 10 lpm sebesar 21,56%. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi untuk masing-masing spesimen yaitu pada area HAZ.

Kata kunci : pengelasan, laju aliran, *backing gas*, *duplex stainless steel*, kandungan *ferrite*

Abstract

Duplex stainless steel is a *stainless steel* material that has two phases, namely *ferrite* and *austenite*. With the combination of these two phases, this material has good toughness and corrosion resistance. In addition, this material also has a weakness, namely oxidation when welding, so that it takes special care in welding this material. The use of *backing gas* when welding is a way to reduce oxidation in the weld area. This research is intended to see the effect of *flow rate backing gas* on weld quality. Where the quality of the weld is seen from a visual test, *ferrite* content, chemical composition and hardness. In this research the *backing gas* flow rate used was 10 lpm, 20 lpm and 30 lpm. The visual test results of the three specimens were not seen in the *root* or *capping* area. Meanwhile, the *ferrite* content test results showed that welding with a *backing gas* flow rate of 10 lpm was 36.83%, a flow rate of 20 lpm was 45.88% and for a flow rate of 30 lpm it was 61.15%. The greater the *backing gas* flow rate given, the greater the *ferrite* content. The chemical composition test results showed that the largest chromium content was at a flow rate of 30 lpm of 22.45% and an increase in flow rate of 10 lpm was 21.56%. The results of the hardness test showed that each specimen was pursued and pursued in the HAZ area.

Keywords : welding, flow rate, *backing gas*, *duplex stainless steel*, *ferrite* content

1. PENDAHULUAN

Duplex Stainless Steel merupakan salah satu jenis material stainless steel yang sering digunakan dalam dunia industri seperti industri minyak dan gas, *petrochemical*, *marine* dan sebagainya. Keunggulan material ini dibandingkan dengan stainless steel yang lainnya yaitu material ini memiliki ketangguhan dan hambatan korosi yang baik sehingga material ini sangat cocok digunakan pada lingkungan yang memiliki tingkat korosi yang tinggi. Sifat mekanik tersebut didapat karena duplex stainless steel memiliki dua fasa yang berbeda yaitu fasa ferrite dan fasa austenite. Selain itu duplex stainless steel juga memiliki mampu las (*weldability*) yang baik. Salah satu yang perlu diperhatikan dalam pengelasan duplex stainless steel yaitu penggunaan backing gas. Backing gas berguna untuk menghindari terjadinya oksidasi saat pengelasan. Oksidasi terjadi karena adanya oksigen yang masuk ke dalam cairan las saat proses las dan membentuk oksida. Oksidasi sangat merugikan karena menjadi titik mula terjadinya korosi yang dapat menimbulkan *pitting corrosion* dan *stress corrosion cracking*, karena itu unsur oksigen sangat dihindari (Amman, 2010).

2. METODOLOGI PENELITIAN

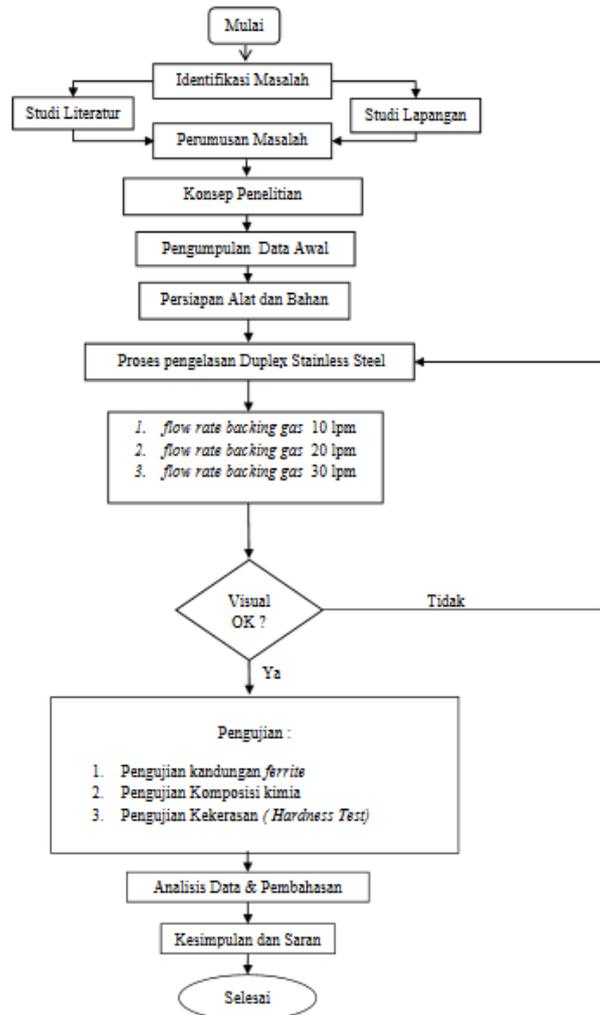
2.1 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh flow rate backing gas terhadap kualitas lasan yang dilihat dari segi pengujian visual, kandungan *ferrite*, komposisi kimia dan kekerasan material *duplex stainless steel* yang dilas dengan proses *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW). Proses pengelasan GTAW dilakukan dengan tiga variasi flow rate yaitu 10 lpm, 20 lpm dan 30 lpm. Spesimen uji yang digunakan merupakan pipa dengan diameter 4 inch dan schedule 40s. Pipa dipotong menjadi 6 buah dengan panjang 750 mm kemudian disambung dengan tipe sambungan single V lalu dilas dengan posisi

6G. Parameter pengelasan tercantum di lampiran. Pengelasan dan pengujian dilakukan di PT SMOE.

2.2 Tahapan Penelitian

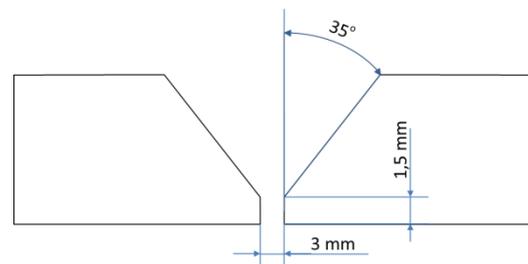
Penelitian ini dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.3 Persiapan Pengelasan

Pada tahap ini peneliti menyiapkan 6 buah pipa *duplex stainless steel* yang telah



dipotong sepanjang 750 mm dan telah dibevel dengan sudut 35°. Kemudian setiap 2 pipa disambung dengan tipe sambungan *single V* dan gap 3 mm seperti pada gambar berikut :

Gambar 2. Design sambungan



Gambar 3. Persiapan sambungan

Selanjutnya menyiapkan peralatan yang akan digunakan dalam pengelasan seperti mesin las GTAW, gerinda, sikat kawat *stainless steel*, *thermometer gun*, *tang ampere*, *oxigen analyzer*, *filler metal ER 2594* untuk *root* dan *filler metal ER 2209* untuk *fill-cap*. berdasarkan ASME Sec II Part C (2019) komposisi kimia setiap *filler metal* ditampilkan pada tabel 1 dan tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kimia *Filler ER 2594*

Material	Wt%	Material	Wt%
C	0,03	Si	1
Cr	24-27	P	0,03
Ni	8-10,5	S	0,02
Mo	2,5-4,5	N	0,20-0,30
Mn	2,5	Cu	1,5

Tabel 2. Komposisi kimia *Filler ER 2209*

Material	Wt%	Material	Wt%
C	0,03	Si	0,9
Cr	21,5-23,5	P	0,03
Ni	6,5-9,5	S	0,03
Mo	2,5-3,5	N	0,08-0,20
Mn	0,5-2	Cu	0,75

Proses pengelasan dilakukan dengan proses GTAW dengan posisi pengelasan adalah 6G. Pengelasan dilakukan oleh welder yang telah terqualifikasi. Agar parameter pengelasan dapat terkendali dilakukan monitoring langsung

selama pengelasan dengan mencatat parameter pengelasan seperti voltage, arus, kecepatan pengelasan dan sebagainya. Pengendalian parameter lakukan agar heat input selama proses pengelasan tetap terjaga sesuai *Welding Procedure Specification (WPS)* yang berlaku. Adapun parameter yang telah dicatat terhadap masing-masing spesimen sebagai berikut :

Tabel 3. Parameter pengelasan sambungan 1

Flow rate 10 lpm				
Pass	Current (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (KJ/mm)
Root	90	11	50.922	1.166
Hot	118	9	78.901	0.808
Fill	120	11	59.506	1.331
Cap 1	108	10	65.872	0.984
Cap 2	110	11	68.160	1.065

Tabel 4. Parameter pengelasan sambungan 2

Flow rate 20 lpm				
Pass	Current (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (KJ/mm)
Root	88	11	47.758	1.216
Hot	120	10	91.279	0.789
Fill	122	11	68.381	1.178
Cap 1	114	10	72.525	0.943
Cap 2	116	10	70.392	0.989

Tabel 5. Parameter pengelasan sambungan 3

Flow rate 30 lpm				
Pass	Current (A)	Voltage (V)	Travel Speed (mm/min)	Heat Input (KJ/mm)
Root	86	11	50.210	1.130
Hot	118	10	86.506	0.818
Fill	128	11	62.982	1.341
Cap 1	114	10	72.775	0.939
Cap 2	114	10	69.264	0.990

Setelah dilakukan pengelasan selanjutnya spesimen dipotong menjadi 2 bagian untuk dilakukan pengujian visual pada area root dan

cap. Kemudian setelah pengujian visual selesai selanjutnya dilakukan pengujian kandungan ferrite, komposisi kimia dan kekerasan.

2.4 Pengujian Kandungan Ferrite

Pengujian kandungan kandungan ferrite merupakan pengujian yang perlu dilakukan terhadap material *duplex stainless steel*. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui persentase kandungan ferrite (*ferrite content*) pada *duplex stainless steel*. Pengujian dilakukan pada 4 titik pada bagian weld metal setiap masing-masing spesimen kemudian diambil nilai rata-rata dari 4 titik tersebut. Pengujian ini dilakukan menggunakan alat *ferrite scope* yang telah dikalibrasi. *Acceptance criteria* dari pengujian kandungan ferrite mengacu pada standart *NACE(2015) ANSI/NACE MR0175/ISO 15156*.

2.5 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia dilakukan menggunakan alat *Positif Material Identification* (PMI). Cara melakukannya adalah dengan menempelkan probe PMI gun ke permukaan material uji lalu tekan tombol pengujian. Setelah beberapa saat alat akan menampilkan komposisi material tersebut di layar tampilan.

2.6 Pengujian Kekerasan

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material. Banyak metode yang digunakan dalam pengujian kekerasan salah satunya yaitu dengan metode rebound atau pantulan. Pengujian ini menggunakan alat leeb hardness tester yang telah dikalibrasi. Nilai kekerasan diambil pada 5 titik pengujian masing-masing spesimen yaitu BM1, BM2, HAZ1, HAZ2 dan Weld Metal. Nilai kekerasan yang diperbolehkan yaitu 300 HV (Client Spec No: TEP-900-SPE-MM-BP4-0003_B05).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Pengujian Visual

Hasil pengujian visual dari masing-masing spesimen dengan *flow rate backing gas* 10 lpm, 20 lpm dan 30 lpm menunjukkan tidak terjadi cacat atau diskontinuitas pada area lasan baik di bagian *root* maupun *cap*. Tetapi terjadi *discoloration* atau perubahan warna pada area *root* dan *cap* pada semua variasi *flow rate backing gas*. Terlihat warna coklat kehitaman disepanjang daerah terpengaruh pengelasan. Namun perbedaan *discoloration* terlihat pada *flow rate backing gas* 10 lpm yang terlihat berwarna kebiruan pada area *root*. *Discoloration* terjadi karena *weld metal* terkontaminasi dengan gas pengotor sehingga terbentuk warna yang bervariasi (AWS D18.2). secara keseluruhan menurut standart kriteria penerimaan pada API 1104 semua hasil uji visual diterima. Berikut adalah hasil visual pada *root* dan *cap* dengan *flow rate backing gas* 10 lpm, 20 lpm dan 30 lpm.



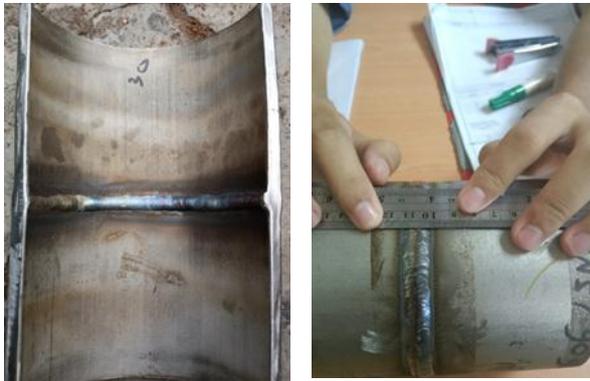
(a)

(b)

Gambar 4. Hasil Visual *flow rate* 10 lpm
(a) *Root*; (b) *Cap*



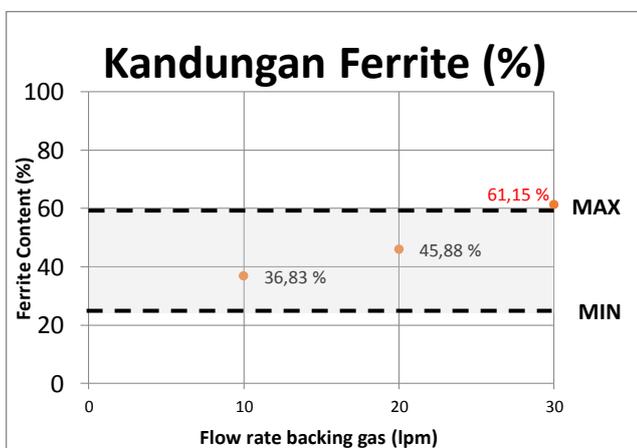
(a) (b)
 Gambar 5. Hasil Visual *flow rate* 20 lpm
 (a) *Root*; (b) *Cap*



(a) (b)
 Gambar 6. Hasil Visual *flow rate* 30 lpm
 (a) *Root*; (b) *Cap*

3.2 Pengujian Kandungan Ferrite

Pengujian kandungan ferrite dilakukan pada 4 titik pada bagian *weld metal* masing-masing spesimen dan diambil rata-rata dari data tersebut agar mendapatkan data yang lebih valid. Hasil pengujian kandungan ferrite dapat dilihat dari grafik berikut :



Gambar 7. Hasil pengujian kandungan ferrite

Menurut standart *NACE(2015) ANSI/NACE MR0175/ISO 15156* range kandungan ferrite yang diperbolehkan pada area lasan atau *weld*

zone yaitu 25%-60%. Hasil pengujian menunjukkan *backing gas* dengan *flow rate* 10 lpm, kandungan ferrite rata-rata yang didapat dari 4 titik pengujian pada bagian *weld metal* yaitu 36,83% dan pada *backing gas* dengan *flow rate* 20 lpm , kandungan ferrite rata-rata yang didapat yaitu 45,88%. sementara pada *backing gas* dengan *flow rate* 30 lpm , kandungan ferrite rata-rata yang didapat yaitu 61,15%. angka ini melebihi batas maximum kandungan ferrite yang di perbolehkan yaitu 60%.

Grafik tersebut menyimpulkan bahwa semakin besar *flow rate backing gas* yang dialirkan maka semakin besar pula kandungan ferrite yang terbentuk. Kelebihan kandungan ferrite dalam *duplex stainless steel* akan menyebabkan ketangguhan material tersebut menurun sehingga penggunaan *flow rate backing gas* perlu diperhatikan guna mengontrol kandungan ferrite agar tidak melebihi *range* toleransi yang telah ditentukan.

3.3 Pengujian Komposisi Kimia

Pengujian komposisi kimia bertujuan untuk mengetahui komposisi kimia yang terkandung pada *base metal* maupun *weld metal*. Pengujian ini dilakukan di 3 titik pada masing-masing spesimen, yaitu area *Base Metal (BM)* , *Heat Affected Zone (HAZ)* dan *Weld Metal (WM)*. Standard komposisi kimia untuk material *duplex stainless steel UNS S31803* dan *weld metal* mengacu pada prosedur TEP-1203355-H11-0001 (*PMI Testing Procedure*). Hasil pengujian komposisi kimia dapat dilihat pada tabel berikut :

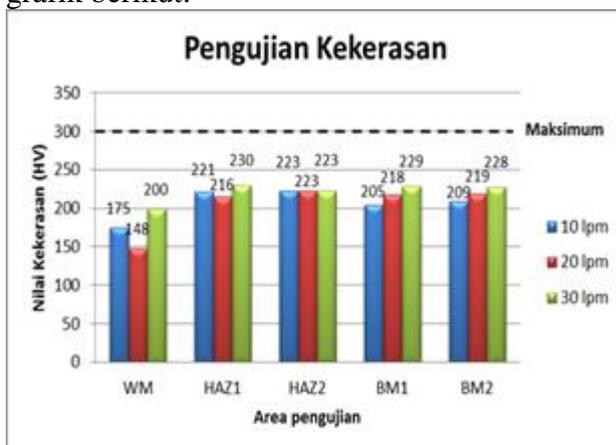
Tabel 6. Hasil Pengujian Komposisi Kimia

No	Flowrate Backing Gas (lpm)	Lokasi	PMI ELEMENT (%)					Kategori
			Fe	Cr	Ni	Mo	Mn	
1	10	BM	63,03	22,32	5,10	3,11	1,10	Diterima
		HAZ	63,15	22,40	5,12	3,25	1,19	Diterima
		WM	63,26	21,56	9,15	3,19	1,59	Diterima
2	20	BM	63,30	22,21	5,09	3,19	1,14	Diterima
		HAZ	63,29	22,34	5,09	3,21	1,16	Diterima
		WM	63,45	22,39	8,79	3,50	1,59	Diterima
3	30	BM	63,26	22,29	5,10	3,11	1,23	Diterima
		HAZ	63,27	22,34	5,15	3,13	1,39	Diterima
		WM	63,52	22,45	9,11	3,39	1,53	Diterima

Hasil analisis komposisi kimia menunjukkan tidak terlihat perubahan yang signifikan dari setiap spesimen yang diuji. Terlihat kandungan *chrome* (Cr) tertinggi pada *flow rate* 30 l/m dengan angka 22,45% dan yang terendah pada *flow rate* 10 l/m dengan angka 21,56%. Untuk *weld metal* dan *base metal* masing memiliki komposisi kimia yang berbeda dimana *weld metal* memiliki nilai kandungan *chrome* dan nikel yang lebih tinggi daripada *base metal*.

3.4 Pengujian Kekerasan

Hasil pengujian kekerasan yang telah dilakukan menggunakan alat pengujian *leeb hardness* didapat nilai kekerasan maximum untuk *flow rate* 10 lpm yaitu pada area HAZ2 dan nilai kekerasan minimum untuk *flow rate* 10 lpm yaitu pada area *weld metal*. Untuk *flow rate* 20 lpm nilai kekerasan maximum yaitu pada area HAZ2 dan nilai minimum pada area *weld metal*. Untuk *flow rate* 30 lpm nilai kekerasan maximum pada area HAZ1 dan nilai kekerasan minimum pada area *weld metal*. Hasil pengujian kekerasan ditunjukkan pada grafik berikut:



Gambar 8. Hasil Pegujian Kekerasan

Hasil analisis uji kekerasan menunjukkan bahwa *flow rate backing gas* tidak memiliki pengaruh yang signifikan terhadap nilai kekerasan pada material *duplex stainless steel* UNS S31803.

4. KESIMPULAN DAN SARAN

4.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dengan *flow rate backing gas* 10 lpm, 20 lpm dan 30 lpm terhadap hasil pengelasan dapat disimpulkan beberapa hal yaitu :

1. Hasil pengujian visual tidak menunjukkan pengaruh signifikan antara *flow rate backing gas* terhadap diskontinuitas atau cacat las yang terjadi pada hasil lasan
2. Hasil pengujian kandungan ferrite menunjukkan bahwa pengelasan dengan *flow rate backing gas* 10 lpm menghasilkan rata-rata ferrite terendah sebesar **36,83%** sedangkan *flow rate* 20 lpm menghasilkan rata-rata ferrite **45,88%** dan yang tertinggi yaitu *flow rate* 30 lpm dengan hasil ferrite rata-rata sebesar **61,15%** (diatas batas maximum kandungan ferrite yang diperbolehkan). Hasil ini menunjukkan bahwa semakin besar *flow rate backing gas* yang diberikan maka semakin besar pula persentase kandungan ferrite yang terbentuk . Oleh karena itu penggunaan *flow rate backing gas* diatas 30 lpm perlu dipertimbangkan karena memungkinkan peningkatan kandungan ferrite melebihi batas maximum yang diperbolehkan
3. Hasil pengujian komposisi kimia tidak terdapat pengaruh yang signifikan antara *flow rate backing gas* terhadap komposisi kimia pada *weld metal*, HAZ maupun Base metal
4. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan nilai kekerasan tertinggi terdapat pada *flow rate backing gas* 30 lpm dengan nilai kekerasan 230 HV pada area HAZ1 sedangkan untuk *flow rate* 10 dan 20 lpm masing-masing nilai kekerasan sebesar 223 HV pada area HAZ2.

4.2 Saran

Adapun saran yang ingin penulis sampaikan untuk penelitian selanjutnya antara lain :

1. Menambah jumlah spesimen pengujian

2. Adanya pengujian lanjutan yang lebih mendalam pada struktur mikro dan laju korosi
3. Adanya variasi flow rate pada shielding gas.

5. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Amman, T. (2010). *Purging While Welding. BOC, 1-16*
- [2] *API Standard 1104 21st edition (2013). Welding of Pipelines and Related Facilities. Washington D.C, USA*
- [3] Arjanto, Bagas Rama Putra (2019). *Analisa Penggunaan Jenis Backing Gas Pada Pengelasan GTAW Pipa Stainless Steel 316L Full Layer Terhadap Struktur Mikro, Kekerasan, Ferrite Content, dan Laju Korosi. Surabaya. Indonesia*
- [4] *ASME BPVC Section II Part C (2019). Specification for Welding Rod , Electrode and Filler metal. New York, USA*
- [5] Aufa, Prima Adam (2019). *Analisis Variasi Backing Gas pada pengelasan Duplex stainless steel 31803 terhadap struktur mikro,kekerasan, laju korosi dan ferrite konten. Surabaya. Indonesia.*
- [6] Sanjaya, Fredyo Dwi (2018). *Analisis Penggunaan Filler Metal TGX 308L dan TGF 316L Sebagai Pengganti Filler Metal ER 308L dengan Pengelasan GTAW Terhadap Sifat Mekanik dan Struktur Mikro. Tugas Akhir Sarjana Sains Terapan dari Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya*
- [7] Suharno,Bambang dan Sri Harjanto. (2007). **"Karakteristik dan Pemilihan Material Duplex Stainless Steel"**. *Indonesia: Departement Teknik Metallurgi dan Materials Universitas Indonesia.*
- [8] *TEP Procedure (2018).Ferrite Test Procedure, BP Tangguh, Indonesia*
- [9] *TEP Procedure (2018).Hardness Test Procedure, BP Tangguh, Indonesia*