

Pengaruh Variasi *Shielding Gas* Pada Pengelasan Pipa *Duplex Stainless Steel* Terhadap *Hardness*, Struktur Mikro, dan *Ferrite Content*

Evelyn Eustacia^{1*}, Budi Prasajo², Ika Erawati³

Program Studi Teknik Permesinan Kapal, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1,2}

Program Studi Teknik Perpipaan, Jurusan Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia³

Email: evelyneustacia@student.ppns.ac.id^{1*}; budiprasajo@student.ppns.ac.id²; ika.iger@student.ppns.ac.id³

Abstract - *Duplex Stainless Steel (DSS)* is a type of stainless steel with a combination of 2 (two) phases in a balanced proportion, namely ferritic and austenitic. *Duplex Stainless Steel* has a balanced amount of ferritic and austenitic phases. However, unlike its parent metal, the solidification microstructure of the weld-melt zone does not have nearly equal amounts of ferritic and austenitic phases. The mechanical properties of duplex welding may decrease due to the selection of shielding gas. So, the analysis of 3 types of shielding gas variations namely *Shielding Gas Pure Ar 99.999%*, *Shielding Trimix Gas Ar 87.5% + He 11% + H₂ 1.5%* and, *Shielding Mixed Gas Ar 98% + N₂ 2%* against duplex pipes needs to be done by testing hardness, microstructure and ferrite content. The results of these 3 tests were obtained for hardness values, trimix gas shielding variation of 288 HVN, shielding pure Ar 277 HVN, shielding mixed gas 276 HVN. In microstructure testing, it was found that shielding trimix gas got the most ferrite value, and shielding mixed gas got the most austenite value. Meanwhile, ferrite content testing obtained a shielding trimix gas value of 34.3%, shielding pure Ar of 33.2%, shielding mixed gas 32.4%. This is due to each microstructure element, such as nitrogen gas as (austenite forming) and helium gas as (ferrite forming). The higher the austenite, the lower the hardness.

Keyword: duplex stainless steel, shielding gas, hardness. Microstructure, ferrite content

Nomenclature

P Gaya tekan [kgf]

d Diagonal identasi [mm]

1. PENDAHULUAN

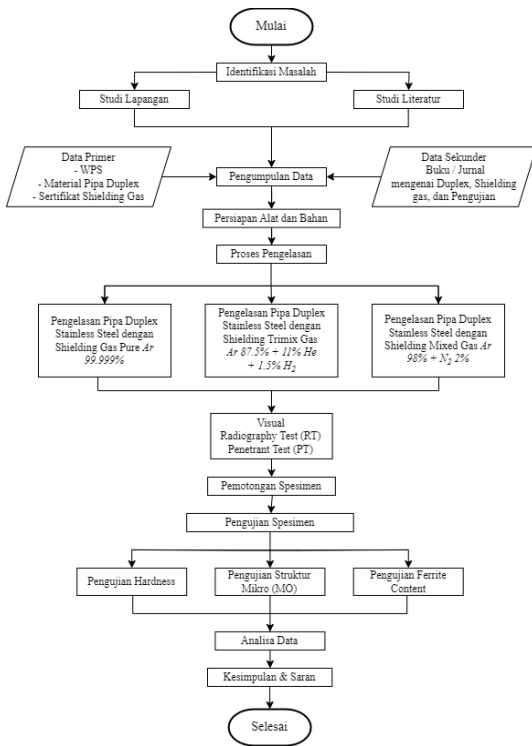
Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin pesat sangat berpengaruh di dunia industri, salah satunya perkembangan industri minyak dan gas bumi yang sebagian besar telah menggunakan material *Stainless Steel* sebagai bahan bakunya. *Stainless Steel* memiliki 4 bagian salah satunya ialah material *Duplex*. *Duplex Stainless Steel (DSS)* adalah jenis *Stainless Steel* dengan gabungan 2 fasa dalam proporsi yang seimbang yaitu feritik dan austenitik. Material *Duplex Stainless Steel* menjadi salah satu jenis material *stainless* yang banyak digunakan dalam industri karena memiliki sifat mekanik yang tangguh dan memiliki kekuatan pada hambatan korosi dengan baik sehingga material *duplex* sangat cocok digunakan di lingkungan dengan tingkat korosi yang tinggi. *Duplex Stainless Steel* memiliki sifat mampu las yang baik serta dapat menghasilkan sambungan lasan berkualitas tinggi. Perusahaan yang bergerak di bidang fabrikasi *oil & gas* memiliki banyak *project* salah satunya *project* dengan penggunaan pipa *duplex*. Pipa *duplex* selalu dilakukan pengelasan dengan

shielding gas Ar 99.999%. welding engineer memberi *Welding Procedure Specification (WPS)* dengan penggunaan *shielding gas* berbeda berupa *shielding mixed gas* (gabungan 2 varian gas) Ar 98% + N₂ 2% dan *shielding trimix gas* (gabungan 3 varian gas) Ar 87.5% + He 11% + H₂ 1.5%. Penelitian ini memiliki tujuan untuk menganalisa pengaruh variasi *Shielding gas* yang berbeda dengan metode pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*). Variasi gas yang digunakan yaitu Gas Pure Ar 99.999%, *Mixed Gas* Ar 98% + N₂ 2%, *Trimix Gas* Ar 87.5% + He 11% + H₂ 1.5%. Metode pengujian yang digunakan adalah *Hardness*, Struktur Mikro, dan *Ferrite Content* yang hasilnya akan mendeskripsikan pengaruh dari 3 variasi *Shielding Gas* pada karakteristik sifat mekanik dan metalurgi pada sambungan pengelasan.

2. METODOLOGI .

2.1 Metode Penelitian

Untuk diagram alir metodologi penelitian, dapat dilihat pada Gambar 1 sebagai berikut.



Gambar 1 Diagram Alir Penelitian

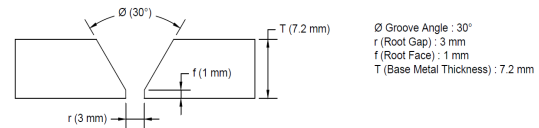
2.2 Persiapan Spesimen

Spesimen pengujian menggunakan pipa material duplex stainless steel SA 790 UNS 31803 dengan Panjang pipa 190 mm, OD 6 inch Sch STD. Material pipa duplex yang digunakan sebanyak 6 pipa. Untuk menghasilkan spesimen, pipa dilakukan pengelasan sebanyak 3x sesuai dengan jumlah variasi shielding gas yang digunakan.

Proses pengelasan menggunakan GTAW dengan sambungan butt joint V groove 60° dengan penggunaan Shielding gas penuh dari root sampai capping. Pengelasan spesimen untuk pipa Duplex yang telah dilakukan bevel masing-masing 30° dilakukan pengelasan dengan elektroda ER 2594 menggunakan teknik pengelasan GTAW dengan ampere yang sesuai pada WPS dengan polaritas negative dimana dilakukan pada 1 buah spesimen dengan penggunaan backing gas full layer.



Gambar 2 Proses Pengelasan



Gambar 3 Desain sambungan pipa

Setelah progress pengelasan dilakukan dan tidak adanya cacat/crack pada hasil pengelasan, maka selanjutnya adalah tahap persiapan sebelum dilakukan pengujian yaitu pemotongan spesimen pipa duplex sesuai pada standar untuk pengujian Hardness, Struktur Mikro, dan Ferrite Content. Standar yang dipakai sesuai pada standar ASME IX. Setiap 1 material pipa dipotong sebanyak 6 spesimen, sehingga hasil akhir spesimen yang didapatkan adalah 18 spesimen.

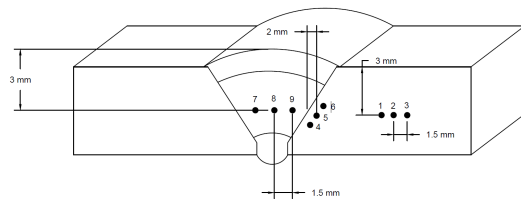


Gambar SEQ Gambar 1* ARABIC 4 Spesimen pipa duplex

2.3 Pengujian Material

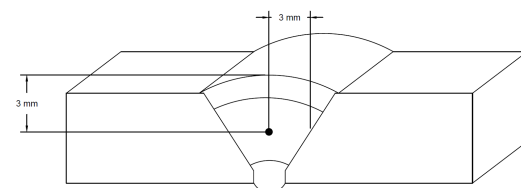
Pengujian material ini menggunakan 3 metode pengujian, Hardness, struktur mikro, dan ferrite content.

Pengujian hardness dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan dari suatu material. Pengujian hardness menggunakan metode Vickers dengan beban 10 kgf.



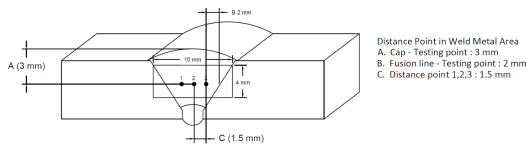
Gambar 5 Lokasi Indentasi Hardness Test

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro yang ada pada material. Pengujian struktur mikro ini menggunakan mikroskop optic dengan larutan CuCl₂ + HNO₃ + Aquades.



Gambar 6 lokasi Indentasi Struktur Mikro

Pengujian *ferrite content* dilakukan untuk mengetahui kandungan fasa *ferrite* yang ada pada material. Pengujian *ferrite content* menggunakan *ferrite scope*.



Gambar 7 Lokasi Indentasi Ferrite Content

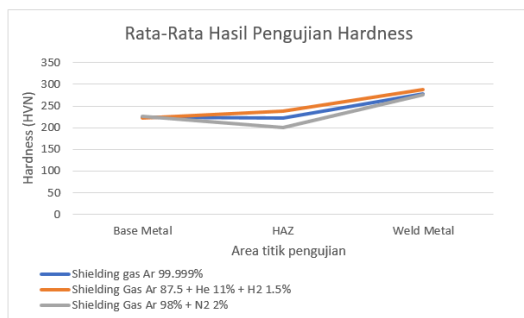
3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Hardness

Pengujian *hardness* dilakukan di beberapa titik diantaranya 3 titik di area base metal, 3 titik di area HAZ, 3 titik di area weld metal.

Tabel 1 Rata-Rata hardness

Lokasi	Vickers Hardness Number (HV)		
	Shielding Gas Ar 99.999%	Shielding Trimix Gas Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5%	Shielding Mixed Gas Ar 98% + N2 2%
Base Metal (Rata-Rata)	225	223	226
HAZ (Rata-Rata)	222	238	201
Weld Metal (Rata-Rata)	277	288	276



Gambar 8 Grafik Rata-Rata Hardness

Dari hasil pengujian *Hardness* didapatkan nilai kekerasan paling tinggi pada *shielding trimix* gas Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5% sebesar 288 HVN. *Shielding trimix* gas mendapat hasil tertinggi dikarenakan pengaruh gas helium yang terkandung dalam komposisi gas *shielding* ini. [1] Gas helium memiliki keefektifan yang dapat memberikan lebih banyak masukan panas saat pengelasan, dengan kelebihan ini maka bisa menyebabkan *over heat*. [2] Terjadinya kelebihan panas menyebabkan *cooling rate* menjadi tinggi sehingga *ferrite* tidak akan berubah kembali menjadi *austenite*, akibat itu maka didapat terbentuknya *ferrite* tambahan di area *weld metal* dan HAZ.

3.2 Hasil Pengujian Struktur Mikro

Pengujian struktur mikro bertujuan untuk mengetahui struktur mikro pada material. Pengujian ini diambil gambar foto mikro pada bagian *fill pass* area *weld metal*.

Tabel 2 Hasil Struktur Mikro Area Weld Metal

	WM Perbesaran 500x	WM Perbesaran 1000x
Ar 99.999%		
Ar 87.5 + He 11% + H2 1.5%		
Ar 98% + N2 2%		
Keterangan	<ul style="list-style-type: none"> • Area gelap menunjukkan fasa ferrite • Area terang menunjukkan fasa austenite 	

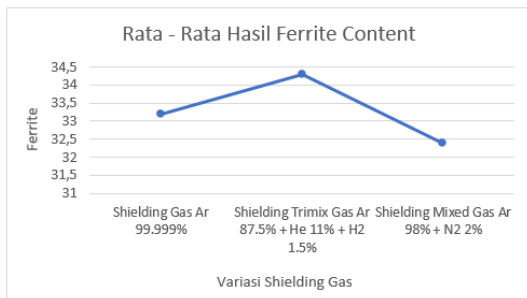
Setelah dilakukan pengujian mikro pada spesimen variasi *shielding gas* dengan perbesaran 500x dan 1000x maka didapatkan di area *weld metal* terjadi perubahan struktur mikro. Pada spesimen *shielding gas* Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5% terlihat bahwa variasi *shielding gas* ini menghasilkan fasa ferrite lebih banyak dibandingkan dengan variasi *shielding gas* lainnya. Ini dikarenakan penggunaan campuran gas helium dan hidrogen. Pada variasi *shielding gas* Ar 98% + N2 2% memiliki persentase ferrite terendah, ini dikarenakan variasi gas ini memiliki campuran gas nitrogen yang membuat fasa austenite bertambah. Selain itu, gas nitrogen berfungsi sebagai *stabilizer austenite* pada material *duplex stainless steel*. Oleh karena itu, gas nitrogen pada campuran gas ini akan membuat fasa austenite lebih banyak terbentuk.

3.3 Hasil Pengujian Ferrite Content

Pengujian ferrite content dilakukan untuk mengetahui kandungan fasa ferrite pada material. Pengujian ferrite ini dilakukan dengan beberapa titik di bagian *fill weld metal* sebanyak 3 titik tiap spesimen guna mendapatkan data yang lebih banyak.

Tabel 3 Hasil Ferrite Content

No	Spesimen	Ferrite Content %			Rata-Rata	
		Fill Pass				
1	Shielding Gas Ar 99.999%	A1	32,6	32,8	35,0	33,2
		A2	31,3	31,2	36,2	
2	Shielding Trimix Gas Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5%	B1	35,3	35,5	33,7	34,3
		B2	34,2	35,3	31,5	
3	Shielding Mixed Gas Ar 98% + N2 2%	C1	31,1	32,7	35,1	32,4
		C2	32,7	30,9	31,7	



Gambar 9 Grafik Rata-Rata Ferrite Content

Dalam pengujian ferrite content ini, penggunaan shielding gas Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5% diketahui menghasilkan nilai ferrite yang lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan shielding gas lainnya. Hal ini disebabkan karena terdapat pengaruh campuran dari gas helium dan gas hidrogen yang terkandung dalam komposisi shielding gas ini. dibandingkan dengan shielding mixed gas Ar 98% + N2 2% yang menghasilkan nilai paling rendah, hal ini disebabkan karena adanya campuran dengan gas nitrogen. [3] penambahan nitrogen pada gas pelindung mendorong pembentukan austenit primer dan meningkatkan ukuran butir austenit primer sehingga austenit lebih banyak terbentuk daripada ferrite.

4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada variasi shielding gas Ar 99.999%, shielding gas + Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5%, dan shielding gas Ar 98% + N2 2% terhadap pengujian Hardness, struktur mikro, dan ferrite content, maka didapatkan kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya gas helium sebagai ferrite former dapat meningkatkan kekerasan, dan gas nitrogen sebagai austenite former dapat menurunkan kekerasan. Hasil pengujian hardness menunjukkan shielding gas argon sebesar 277 HV, shielding trimix gas sebesar 288 HV, dan shielding mixed gas sebesar 276 HV. Oleh karena itu, didapatkan nilai tertinggi untuk pengujian hardness terjadi pada shielding trimix gas Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5% sebesar 288 HV.
2. Hasil pengujian pada struktur mikro menunjukkan bahwa shielding gas Ar 99.999% memiliki hasil ferrite dan austenite yang seimbang sedangkan pada variasi shielding trimix gas mendapatkan hasil ferrite yang lebih banyak, hal ini disebabkan adanya gas helium yang merupakan pembentuk ferrite. Selanjutnya variasi shielding mixed gas mendapatkan hasil austenite yang lebih banyak, hal ini disebabkan adanya gas nitrogen yang bertindak sebagai pembentuk fasa austenite.

3. Adanya gas helium sebagai ferrite former dapat meningkatkan kekerasan, dan gas nitrogen sebagai austenite former dapat menurunkan kekerasan. Hasil pengujian ferrite content pada shielding gas pure Ar sebesar 33.2%, shielding trimix gas sebesar 34.3% dan shielding mixed gas sebesar 32.4%. Oleh karena itu, didapatkan nilai tertinggi untuk pengujian ferrite content pada shielding trimix gas Ar 87.5% + He 11% + H2 1.5% sebesar 34.3%.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

1. Bapak Rachmad Tri Soelistijono, ST., MT. selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
2. Bapak Budi Prasajo, S.T., M.T. selaku dosen pembimbing I.
3. Ibu Ika Erawati, S.S., M.TEFL. selaku dosen pembimbing II.

6. PUSTAKA

- [1] AWS Welding Handbook Volume 2, 2004. Welding Processes, Part 1. 9th ed. Miami: American Welding Society.
- [2] Corrosion Resistant Alloys R&D, D., 2019. Duplex Stainless Steels Welding Guidelines. s.l.:Industeel ArcelorMittal - 56 rue Clémenceau - 71201 LE CREUSOT.
- [3] Zhang, Z. et al., 2017. Effects of nitrogen in shielding gas on microstructure evolution and localized corrosion behavior of duplex stainless steel welding joint. p. 46.