

Pengaruh PWHT Pengelasan Dissimilar Material *Stainless Steel* Dengan *Carbon Steel* Terhadap Sifat Mekanik, Struktur Mikro Material dan Luas HAZ

Kameswara Darmajaya Kusuma^{1*}, Budi Prasajo², Dianita Wardani³

Program Studi D4 Teknik Perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya, Indonesia^{1*,2,3}

Email: kameswara.darmajaya@student.ppns.ac.id^{1*}; budiprasajo@ppns.ac.id^{2*}; dianitawardani@ppns.ac.id^{3*};

Abstract - This study investigates the effect of PWHT on welding different materials between SA 312 TP304L and SA 106 Grade B. Welding is not carried out PWHT which causes high residual stress and potential cracks. PWHT is part of the heat treatment process that aims to eliminate residual stresses formed due to the welding process. The research methodology includes hardness test, microstructure observation with optical microscope, and HAZ width measurement. The results showed that PWHT improved the welding quality in terms of mechanical properties, microstructure, and HAZ area. The width of HAZ in specimens with PWHT is smaller than without PWHT. Hardness test shows that the specimen without PWHT has an average hardness of 175.38 HV, while with PWHT is 167.94 HV. The microstructure shows that the CS base metal produces ferrite and pearlite phases, PWHT shows that the ferrite phase is more dominating. In SS base metal shows lamellar pearlite and austenite phases, PWHT specimen lamellar pearlite dominates. In the carbon steel HAZ, PWHT produces cementite and ferrite with weaker cementite bonds, while in the SS HAZ, PWHT shows austenite and pearlite phases, while without PWHT shows austenite, pearlite and lamellar pearlite phases. In the weld metal, the microstructure consists of pearlite and ferrite.

Keyword: Hardness, HAZ, Microstructure, PWHT.

Nomenclature

PWHT : Post Weld Heat Treatment
HAZ : Heat Affected Zone
SMAW : Shielded Metal Arc Welding
GTAW : Gas Tungsten Arc Welding

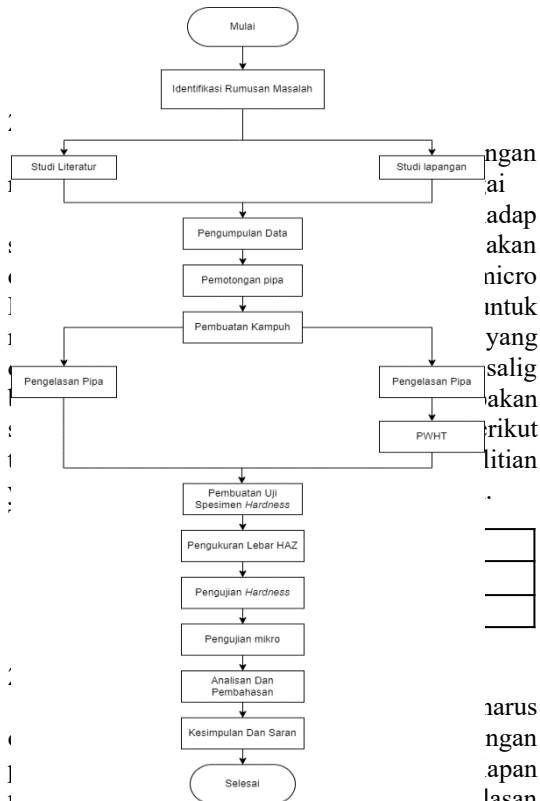
1. PENDAHULUAN

Sistem perpipaan yang baik dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah proses pengelasan yang dilakukan. Karena sistem perpipaan tidak akan luput dari proses pengelasan atau penyambungan. Proses pengelasan juga dipengaruhi oleh berbagai faktor, mulai dari jenis material yang akan dilakukan pengelasan, filler untuk pengelasan, bahkan sampai perlakuan panas yang dilakukan sebelum dan sesudah proses pengelasan, hal tersebut sudah diatur oleh berbagai standar yang sudah ditetapkan. Proses perlakuan panas dapat berpengaruh terhadap berbagai faktor yang nantinya akan dipertimbangkan dalam pemilihan jenis material pada pipa, salah satunya adalah dapat mempengaruhi sifat mekanik, struktur

mikro dan lebar HAZ dari material itu sendiri[4]. Penelitian ini mengkaji pengaruh PWHT pada pengelasan *dissimilar* antara SA 312 TP304L dengan SA 106 Grade B terhadap sifat mekanik, struktur mikro, dan luas HAZ.

2. METODOLOGI .

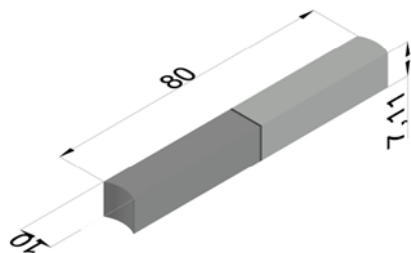
Dalam Penelitian ini penulis melakukan pengukuran lebar HAZ dengan metode Macro Etsa, pengujian Hardness Vickers, dan uji micro metalografi dengan dua specimen yang dipakai, specimen yang pertama tanpa perlakuan PWHT dan specimen kedua diberi perlakuan PWHT. Maka dari itu perlu dilakukan identifikasi maupun persiapan material agar penelitian berjalan sesuai dengan yang diharapkan oleh penulis. Berikut metode penelitian yang ditunjukkan pada diagram alir gambar 1 di bawah ini.



Langkah selanjutnya adalah pemotongan material menjadi benda uji dilakukan dengan ukuran

Gambar 1

Panjang 80 mm dan lebar 10 mm untuk pengamatan lebar HAZ dan pengujian hardness material berikut bentuk sketsa dari spesimen yang ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2

2.3 Pengujian Metalografi

Metallography test adalah suatu metode untuk menyelidiki struktur logam dengan menggunakan mikroskop optik dan mikroskop elektron. Pengamatan tersebut dilakukan terhadap spesimen yang telah diproses sehingga bisa diamati dengan pembesaran tertentu. [3]. Pengujian metallography dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu pengujian makro dan mikro.

1. Pengujian Makro

Pengujian makro adalah pengujian yang dilakukan pada penampang memanjang sebagai pengujian independen untuk mengevaluasi kondisi bawah permukaan atau sebagai langkah selanjutnya dari pengujian lain untuk

mengungkap efek pada bawah 14 permukaan. Umumnya tes atau pemeriksaan makro dilakukan dengan pembesaran kurang dari 10x. Tujuan dari uji makro ini adalah untuk melihat daerah HAZ, daerah weld metal, daerah base metal, jumlah layer, dan juga beberapa cacat las yang ada di dalam weld metal. Pada penelitian ini pengujian makro digunakan untuk melihat fusi atau tidak fusinya pengelasan serta cacat pengelasan daerah haz.

2. Pengujian Mikro

Pengamatan struktur mikro adalah suatu pengujian untuk mengetahui susunan fasa pada suatu benda uji atau spesimen. Struktur mikro dan sifat paduannya dapat diamati dengan berbagai cara bergantung pada sifat informasi yang dibutuhkan. Salah satu cara dalam mengamati struktur suatu bahan yaitu dengan teknik metalografi (pengujian mikroskopik).

Pengamatan *micro test* pada dasarnya adalah melihat perbedaan intensitas sinar pantul permukaan logam yang dimasukkan ke dalam mikroskop sehingga terjadi gambar yang berbeda (agak terang, terang, gelap). Dengan demikian apabila seberkas sinar dikenakan pada permukaan spesimen maka sinar tersebut akan dipantulkan sesuai dengan orientasi sudut permukaan bidang yang terkena sinar. Semakin tidak rata permukaan, maka semakin sedikit intensitas sinar yang terpantul ke dalam mikroskop. Akibatnya, warna yang tampak pada mikroskop adalah warna hitam. Sedangkan permukaan yang sedikit terkorosi akan tampak berwarna terang putih. Larutan pengetsa yang cocok untuk paduan karbon dan karbon paduan rendah adalah HNO₃ ditambah dengan alkohol dengan perbandingan volume tertentu.

2.4 Pengujian Hardness

Sebelum Pengujian Hardness dilakukan dengan menggunakan metode vickers dan menggunakan beban 1000gf dengan indenter diamond piramida 136°. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan yang dihasilkan dari proses pengelasan menggunakan variasi di atas. Pengujian ini dilakukan di semua lokasi pemotongan untuk mendapatkan hasil yang optimal dan akurat. Berikut adalah hal yang harus diperhatikan ketika melakukan vickers:

- 1) Spesimen harus memenuhi persyaratan :
 - a. Permukaan diharuskan rata dan halus.
 - b. Dapat ditumpu dengan baik dan permukaan uji harus horizontal.
- 2) Indentor yang digunakan adalah pyramid intan yang beralas bujur sangkar dengan sudut puncak antara dua sisi yang berhadapan adalah 136°
- 3) Pada dasarnya semua beban bisa digunakan, kecuali untuk plat yang tipis harus digunakan beban yang ringan.

- 4) Pada pelaksanaannya, pengujian kekerasan ini dilakukan dengan menekan indenter pada permukaan spesimen selama 10 – 30 detik.
- 5) Nilai kekerasan pengujian ini dinyatakan dalam satuan DPH (Vickers Diamond Pyramid Hardness) yang dihitung berdasarkan diagonal indentasi dengan Persamaan sebagai berikut :

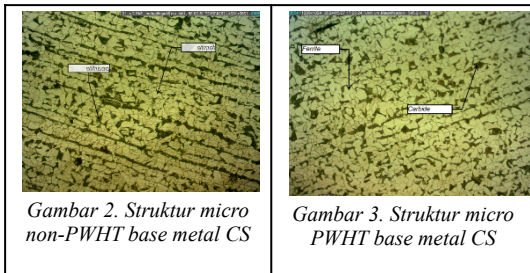
$$DPH = \{ 2P \sin(\alpha/2) \} / d2 = 1,854P/d2$$

Untuk : $\alpha = 136^\circ$
 Dimana : P = Gaya tekan (kgf)
 d = diagonal indentasi (mm) [3]

3.HASIL DAN PEMBAHASAN

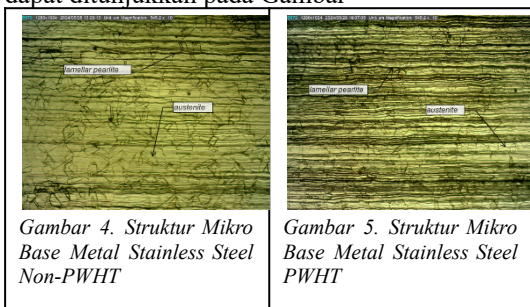
3.3 Hasil Pengujian Micro

Struktur mikro pada carbon steel pada spesimen variasi PWHT dan Non-PWHT dengan skala perbesaran 500x yang dapat dilihat ditunjukkan pada Gambar.



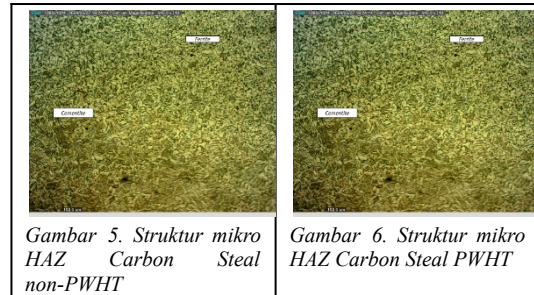
Dapat diketahui bahwa fasa yang terdapat pada base metal carbon steel PWHT adalah ferrite dengan warna terang dan pearlite dengan warna yang lebih gelap. Pada spesimen PWHT ferrite mendominasi dibandingkan pearlite.

Struktur mikro daerah base metal Stainless Steel pada spesimen variasi PWHT dan Non-PWHT dengan skala perbesaran 500x yang dapat ditunjukkan pada Gambar



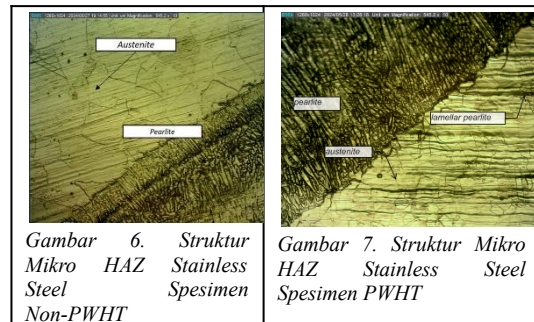
Pada base metal stainless steel erdapat dua jenis fasa yaitu lamellar pearlite dan austenite.pada spesimen PWHT lamellar pearlite mendominasi dibanding austenite .

Struktur mikro HAZ Carbon Steel pada spesimen variasi PWHT dan Non-PWHT dengan skala perbesaran 500x yang dapat ditunjukkan pada Gambar



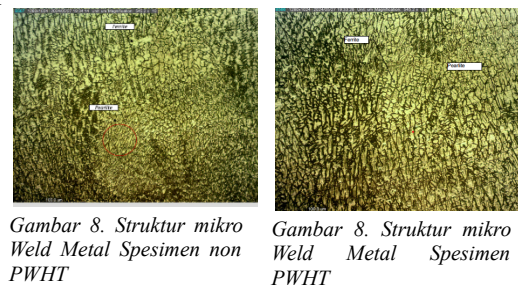
Structure micro yang terbentuk pada daerah ini merupakan fasa cementite dan ferrite. Perbedaan dari daerah HAZ pada baja sebelum dilakukan proses perlakuan panas cementite membentuk rapatan atau ikatan yang lebih kuat.

Struktur mikro HAZ Stainless Steel pada spesimen variasi PWHT dan Non-PWHT dengan skala perbesaran 500x yang dapat ditunjukkan pada Gambar



Spesimen non-PWHT hanya terdapat dua jenis fasa pada daerah HAZ yaitu austenite dan pearlite, sedangkan specimen yang diberi variasi PWHT terdapat tiga fasa pada daerah HAZ yaitu pearlite, lamellar ferrite, dan austenite

Struktur mikro HAZ Stainless Steel pada spesimen variasi PWHT dan Non-PWHT dengan skala perbesaran 500x yang dapat ditunjukkan pada Gambar



Perbandingan pada hasil dissimilar welding pada material baja karbon Sa 106 Gr.B dengan material stainless steel Sa 312 TP304L dengan perlakuan panas pasca pengelasan dengan furnace hingga temperature 620°C dan ditahan selama 135 menit (1 jam 15 menit) tidak

menghasilkan perubahan struktur mikro pada weld metal. Sebelum diberikan perlakuan panas daerah struktur micro pada daerah las-an terdapat structure *pearlite* dan *ferrite*. Pemanasan dengan temperatur di bawah A1(723°C) sehingga tidak memiliki banyak perubahan didalamnya, dengan proses ini *karbida karbida* mulai membentuk suatu ikatan yang masih lemah.

3.2 Lebar HAZ

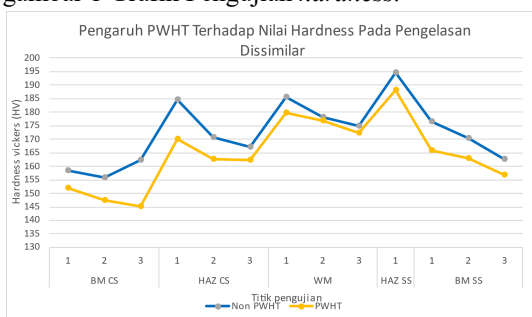
Tabel 1: Lebar HAZ

Vr	Lebar HAZ SS			Lebar HAZ CS		
A	Fusion line	Fusion line	Fusion line	3,3	3,2	3,3
B	Fusion line	Fusion line	Fusion line	2,8	3,0	3,0

Pada pengamatan ini, terdapat 2 variasi.. Pengamatan dan pengukuran lebar HAZ dilakukan pada 3 bagian, yaitu bagian atas, tengah, dan bawah. Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat lebar HAZ dengan nilai yang berbeda. Pada variasi proses pengelasan tanpa perlakuan panas apapun memiliki lebar HAZ bagian atas sebesar 3,3 mm, tengah 3,2 mm ,dan bawah 3,3 mm. Pada variasi proses pengelasan dengan PWHT memiliki lebar HAZ bagian atas sebesar 2,8 mm, tengah 3,0 mm ,dan bawah 3,0 mm. Data diatas menunjukkan bahwa pada material stainless steel dengan kedua variasi perlakuan panas tidak memiliki lebar HAZ melainkan nampaknya fusion line. Perlakuan PWHT pada material carbon steel memberikan perbedaan terhadap material yang tidak di PWHT, pada material yang diberikan proses PWHT lebar HAZ lebih kecil

3.3 Hasil Pengujian Hardness

Pengujian *hardness* dilakukan untuk mengetahui nilai kekerasan pada pengelasan beda material yang tidak diberikan PWHT dan diberikan PWHT. Setiap pengujian di ambil 3 titik pada setiap daerah yang akan diuji yaitu *base metal*, *weld metal*, dan HAZ. Hasil pengujian *hardness* pada gambar 1 berikut gambar 1 Grafik Pengujian *hardness*.



Gambar 1. Grafik Pengujian Hardness

Dapat diketahui bahwa PWHT memberikan pengaruh terhadap nilai kekerasan pada material. Terdapat nilai kekerasan yang berbeda pada

setiap daerah pengujian. dapat disimpulkan bahwa spesimen dengan perlakuan PWHT memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan PWHT. Hal ini menunjukkan bahwa proses PWHT mampu mengurangi kekerasan pada material, yang mungkin disebabkan oleh pengurangan tegangan internal dan perubahan mikrostruktur material yang terjadi selama proses perlakuan panas tersebut.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisa yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya dengan variasi perlakuan panas *PWHT* terhadap sifat mekanik, struktur mikro material dan luas daerah *HAZ* dapat diambil sebagai berikut :

- Dari pengujian *Hardness vickers* yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa spesimen dengan perlakuan PWHT memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan tanpa PWHT. Hal ini menunjukkan bahwa proses PWHT mampu mengurangi kekerasan yang mungkin disebabkan oleh pengurangan tegangan internal dan perubahan mikrostruktur material yang terjadi selama proses perlakuan panas tersebut.
- Dari Pengujian metalografi dapat disimpulkan bahwa PWHT mempengaruhi struktur mikro pada baja karbon dan *stainless steel*. Pada baja karbon, PWHT meningkatkan dominasi fase *ferrite* pada logam dasar serta menghasilkan *cementite* dan *ferrite* dengan ikatan *cementite* yang lebih lemah di HAZ. Pada *stainless steel*, PWHT meningkatkan *lamellar pearlite* pada logam dasar dan menghasilkan kombinasi fase *austenite*, *pearlite*, dan *lamellar pearlite* di HAZ. Struktur mikro logam las tetap terdiri dari *pearlite* dan *ferrite* dari pengujian *Hardness Vickers* yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa spesimen dengan perlakuan PWHT memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan spesimen tanpa perlakuan PWHT. Hal ini menunjukkan bahwa proses PWHT mampu mengurangi kekerasan yang mungkin disebabkan oleh pengurangan tegangan internal dan perubahan mikrostruktur material yang terjadi selama proses perlakuan panas tersebut.
- Dari hasil Pengamatan lebar dapat disimpulkan bahwa PWHT mempengaruhi lebar HAZ pada material hasil pengelasan. Pada *Carbon steel* yang diberi PWHT, lebar HAZ mengecil dengan bagian atas 2,8 mm, tengah 3,0 mm, dan bawah 3,0 mm, sedangkan pada *Stainless steel* hanya terlihat

fusion line. Sebaliknya, pada *Carbon steel* tanpa PWHT, lebar HAZ di bagian atas 3,3 mm, tengah 3,2 mm, dan bawah 3,3 mm, dengan *Stainless steel* juga hanya menunjukkan *fusion line*.

5. PUSTAKA

- [1] Modul Uji Bahan PPNS, (2019). “Uji Kekerasan”.
- [2] Modul Uji Bahan PPNS, (2019). “Uji Metalografi”.
- [3] Prakoso, A. B. (2023). Analisis Variasi Shielding Gas dan Flowrate pada Pengelasan Dissimilar Aluminium Grade 5083 dengan 6061 Terhadap Internal Imperfection, Struktur Mikro, dan Kuat Tarik.
- [4] Nuruddin, M. R. (2021). Pengaruh Perlakuan Panas PWHT dan Preheat Pengelasan Dissimilar Material SA-106 Grade B dengan SA-312 TP316L Terhadap Sifat Mekanik Material dan Luas HAZ pada Instalasi Pig System Tangki Curah Cair HSD dan Methanol.