

Analisis Pengaruh *Preheat* dan PWHT Pengelasan *Dissimilar Material A312 TP316* dengan *A106 Grade B* Terhadap Sifat Mekanik Material dan Luas HAZ pada Instalasi Perpipaan *Condensate Polishing System*

Muhammad Mulky Adreansyah^{1*}, Budi Prasajo², Endah Wismawati³

PT. Jurong Engineering Lestari (JEL), Jakarta, Indonesia¹

Program studi D-IV Teknik perpipaan, Jurusan Teknik Permesinan Kapal, Politenik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia^{2,3}

Email: mmulky430@student.ppns.ac.id^{1*}; budiprasajo@ppns.ac.id²; endahw@ppns.ac.id³

Abstract - On the condensate polishing system development project being carried out in Batang, there is a piping system that functions for fluid distribution. Pipes connected to this system have different materials and are not preheated and PWHT are not carried out. In one of the condensate polishing piping systems, the materials used are A312 TP316 and A106 Grade B. The purpose of this final project is to analyze the influence of preheat and PWHT welding of dissimilar materials. The results of observing the highest HAZ width were found in carbon steel "B" which was 4.19mm and the lowest width was found in carbon steel "A". The PWHT process beaked the "C" and "D" specimens where the HAZ width was not visible. The results of the hardness test data, material "A" which did not receive preheat and PWHT heat treatment had the highest hardness value with an average value of 160.31 HV while the lowest value was material "D" which was given preheat and PWHT heat treatment with an average value the average is 142.77 HV, this proves that preheat and PWHT can affect the hardness of a material.

Keyword: Welding, Dissimilar Material, Heat Treatment, HAZ, Hardness Test

Nomenclature

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

1. PENDAHULUAN

Sistem perpipaan yang baik dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah proses pengelasan yang dilakukan. Hal tersebut dikarenakan sistem perpipaan tidak akan luput dari proses pengelasan atau penyambungan. Proses pengelasan dipengaruhi oleh berbagai faktor yaitu, jenis material yang akan dilakukan pengelasan, filler untuk pengelasan, serta perlakuan panas yang dilakukan sebelum dan sesudah proses pengelasan yang diatur pada standar yang sudah ditetapkan. Proses perlakuan panas pada pengelasan dapat digunakan sebagai salah satu pertimbangan dalam penentuan material pipa yang dapat mempengaruhi sifat mekanik dan lebar HAZ dari material. Berpengaruh terhadap berbagai faktor yang nantinya akan dipertimbangkan dalam pemilihan jenis material pada pipa, salah satunya adalah dapat mempengaruhi komposisi material, sifat material, dan life time dari material itu sendiri.

Pada proyek pembangunan sistem condensate polishing yang dikerjakan di Batang, terdapat sistem perpipaan yang berfungsi untuk pendistribusian fluida. Pipa yang tersambung pada sistem ini memiliki material yang berbeda

dan tidak dilakukan preheat dan PWHT. Preheat merupakan proses pemanasan di base metal sebelum dilakukannya proses pengelasan sedangkan PWHT adalah proses heat treatment yang bertujuan untuk menghilangkan tegangan sisa.

Pada salah satu sistem perpipaan condensate polishing, material yang digunakan adalah A312 TP316 dan A106 Grade B. Sehingga hal tersebut mengakibatkan terjadinya pengelasan dissimilar material untuk menyambung kedua pipa, pada sambungan las dissimilar material carbon steel A106 dengan stainless steel A312 TP312 yang pada proses pengelasannya perlu dilakukan preheat dan PWHT. Sehingga, pada tugas akhir ini yang berjudul "Analisis Pengaruh Preheat dan PWHT Pengelasan Dissimilar Material A312 TP316 Dengan A106 Grade B Terhadap Sifat Mekanik Material Dan Luas HAZ Pada Instalasi Perpipaan Condensate Polishing System" akan dilakukan penelitian terkait adanya pengaruh preheat dan PWHT pengelasan dissimilar material. Objek yang akan diamati yaitu sifat mekanik material dengan dilakukannya uji hardness dan p untuk mengetahui lebar HAZ.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis melakukan pengujian hardness vickers dan metalografi dengan berbagai variasi perlakuan panas PWHT dan preheat yang dilakukan terhadap material. 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.



Gambar 1. Diagram Alir Penelitian

2.1 Langkah Penelitian

Beberapa Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan perlakuan panas *PWHT* dan *preheat* sebagai variasi yang akan dilakukan terhadap spesimen. Dari variasi tersebut nantinya akan dilakukan pengujian *hardness vickers* dan pengamatan *HAZ* untuk menganalisa nilai kekerasan dan lebar *HAZ* yang dihasilkan. Sifat mekanik material salig bersangkutan Kekerasan suatu bahan merupakan sifat mekanik yang paling penting [1], Berikut tabel 1 yang akan menunjukkan variasi dari penelitian yang akan dilakukan pada saat proses pengelasan.

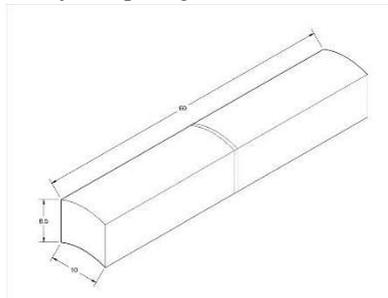
Tabel 1 Variasi Penelitian

Variasi	Preheat	PWHT
A	-	-
B	√	-
C	-	√
D	√	√

2.2 Persiapan Material

Sebelum pengelasan dilakukan, harus dilakuan persiapan material yaitu pemotongan pipa dengan panjang 10 cm, setelah persiapan material selesai, dilanjutkan dengan pengelasan terhadap variasi yang sudah dijelaskan di atas, langkah selanjutnya adalah pemotongan material

menjadi benda uji dilakukan dengan ukuran Panjang 60 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. Pemotongan Spesimen

2.3 Pengujian Metalografi

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui lebar *HAZ* yang dihasilkan dari berbagai variasi perlakuan panas *PWHT* dan *preheat*. Pengujian metalografi hanya dilakukan pada lokasi pemotongan 0° dan 180°, karena dianggap perlu dilakukan analisa yang disebabkan oleh pengelasan dilakukan dengan menggunakan metode *6G uphill*. Pengujian metalografi dilakukan dengan pengamatan menggunakan kamera agar mendapatkan hasil yang cukup optimal. Agar permukaan logam dapat diamati secara metalografi maka terlebih dahulu dilakukan persiapan berikut :

1. Pemotongan spesimen
Diusahakan bentuk spesimen datar sehingga memudahkan untuk pengamatan.
2. *Mounting* spesimen (bila diperlukan). *Mounting* spesimen hanya dilakukan untuk material yang kecil atau tipis saja. Untuk material yang tebal tidak memerlukan mounting.
3. *Grinding* dan *polishing*
Grinding dan *polishing* bertujuan untuk membentuk permukaan spesimen yang benar-benar rata. *Grinding* dilakukan dengan menggosok spesimen pada *hand grinding* yang diberi kertas gosok dengan urutan grit paling kasar sampai grit yang halus. Sedangkan *polishing* dilakukan dengan menggosok spesimen diatas *hand grinding* yang dilengkapi kain woll dan diberi serbuk alumina dengan kehalusan 1 – 0,05 mikron.
4. *Etsa (etching)*

Proses etsa pada dasarnya adalah proses korosi yakni mengkorosikan permukaan spesimen yang telah rata karena proses *grinding* dan *polishing* menjadi tidak rata lagi. Ketidak rataan permukaan spesimen ini dikarenakan mikrostruktur yang berbeda akan dilarutkan dengan kecepatan yang berbeda sehingga meninggalkan bekas permukaan dengan orientasi sudut yang berbeda pula. Pada pelaksanaannya, etsa dilakukan dengan mencelupkan spesimen pada cairan etsa yang mana tiap jenis logam mempunyai cairan etsa (*etching reagent*) sendiri-sendiri. [2]

2.4 Pengujian Hardness

Pengujian *Hardness* dilakukan dengan menggunakan metode *vickers* dan menggunakan beban 1000gf dengan indentor 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 indentor 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]

2.5 Analisis Data

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini yaitu analisis terhadap data pengujian yang sudah dilakukan. Data tersebut digunakan sebagai pembandingan analisis pengaruh perlakuan panas pada pengelasan *dissimilar material*, yang ditinjau dari nilai kekerasan dan lebar HAZ yang dihasilkan. Langkah selanjutnya adalah pengambilan kesimpulan dari data hasil pengujian.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengamatan HAZ

Tabel 1. Hasil Pengamatan HAZ

Variasi	Lebar HAZ A312 TP316			Lebar HAZ A106		
	Atas	Tengah	Bawah	Atas	Tengah	Bawah
A	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	3,1	3,75	3,8
B	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	3,55	4,12	4,19
C	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line
D	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line	Fusion Line

Pada pengamatan ini, terdapat 4 variasi perlakuan panas preheat dan PWHT. Pengamatan dan pengukuran lebar HAZ dilakukan pada 3 bagian, yaitu bagian atas, tengah, dan bawah. Tabel 1 menunjukkan bahwa terdapat 2 variasi yang memiliki lebar HAZ dengan nilai yang berbeda. Pada variasi proses pengelasan tanpa perlakuan panas apapun

memiliki lebar HAZ bagian atas sebesar 3,1 mm, tengah 3,75 mm ,dan bawah 3,8 mm. Pada variasi proses pengelasan dengan preheat memiliki lebar HAZ bagian atas sebesar 3,55 mm, tengah 4,12 mm ,dan bawah 4,19 mm. Data diatas menunjukkan bahwa pada material stainless steel dengan keempat 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 hanya muncul fussion line. Berikut hasil pengamatan pengaruh preheat dan PWHT terhadap lebar HAZ.

3.2 Hasil Pengujian Hardness

Pengujian hardness vickers yang dilakukan pada spsimen “A” mendapatkan data sebagai berikut yang akan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Hardness

No	Titik Pengujian Hardness	Nilai Pengujian Hardness														
		Base Metal (Stainless Steel)	HAZ (Stainless Steel)	Weld Metal	HAZ (Carbon Steel)	Base Metal (Carbon Steel)										
1	Atas	169,08	173,93	169,8	172,97	173,12	175,53	153	150,13	153,18	154,32	160,4	162,63	143,91	144,88	139,21
2	Bawah	166,09	169,15	175,4	177,08	180,85	176,46	147,45	142,28	142,34	157,25	160,02	158,42	152,62	150,6	155,22

Pengujian hardness vickers yang dilakukan pada spsimen “B” mendapatkan data sebagai berikut yang akan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. hasil Pengujian Hardness

No	Titik Pengujian Hardness	Nilai Pengujian Hardness														
		Base Metal (Stainless Steel)	HAZ (Stainless Steel)	Weld Metal	HAZ (Carbon Steel)	Base Metal (Carbon Steel)										
1	Atas	163,31	156,60	166,23	149,83	151,95	165,22	134,89	138,14	144,88	156,34	144,14	157,07	143,07	142,39	152,93
2	Bawah	166,16	165,3	165,1	152,75	165,67	154,06	150,18	157,83	154,81	142,06	148,5	147,02	131,26	129,79	133,16

Pengujian hardness vickers yang dilakukan pada spsimen “C” mendapatkan data sebagai berikut yang akan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 5. hasil Pengujian Hardness

No	Titik Pengujian Hardness	Nilai Pengujian Hardness														
		Base Metal (Stainless Steel)	HAZ (Stainless Steel)	Weld Metal	HAZ (Carbon Steel)	Base Metal (Carbon Steel)										
1	Atas	160,40	149,15	157,57	159,61	152,75	148,56	146,61	145,68	148,61	144,31	136,14	140,08	133,86	133,06	136,55
2	Bawah	153,49	161,41	157,66	160,87	160	157,86	143,71	137,66	142,45	140,32	135,56	135,93	131,85	129,99	130,47

Pengujian hardness vickers yang dilakukan pada spsimen “D” mendapatkan data sebagai berikut yang akan disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. hasil Pengujian Hardness

No	Titik Pengujian Hardness	Nilai Pengujian Hardness														
		Base Metal (Stainless Steel)	HAZ (Stainless Steel)	Weld Metal	HAZ (Carbon Steel)	Base Metal (Carbon Steel)										
1	Atas	147,02	153,18	152,5	156,47	161,21	156,6	142,86	143,57	142,21	129,55	133,46	130,18	134,32	123,88	131,06
2	Bawah	145,22	148,56	154,68	153,00	148,5	156,48	147,01	146,43	146,3	130,36	135,1	135,93	136,08	128,36	132,77

3.3 Analisa Pengaruh PWHT dan Preheat terhadap Lebar HAZ dan Nilai Kekerasan Material

Dari hasil data yang sudah dijelaskan di atas, didapatkan data bahwa sifat mekanik material dan lebar HAZ yang dihasilkan dari variasi pengujian yang dilakukan dipengaruhi

oleh preheat dan perlakuan panas PWHT, yaitu sebagai berikut:

1. Material "A" yang tidak mendapatkan preheat dan perlakuan panas PWHT cenderung memiliki nilai kekerasan yang besar daripada material lain, yang dapat diartikan preheat dan perlakuan panas PWHT dapat menurunkan nilai kekerasan suatu material.
2. Nilai kekerasan material yang diberikan preheat dan perlakuan panas PWHT pada carbon steel memiliki penurunan yang lebih signifikan daripada stainless steel yang berarti bahwa material tersebut mempunyai ketahanan terhadap panas yang lebih kuat daripada material carbonsteel.
3. Nilai kekerasan pada titik pengujian HAZ lebih besar daripada yang terdapat pada titik pengujian lain, hal ini dikarenakan terjadinya proses pengelasan yang menimbulkan panas, sehingga dapat berpengaruh pada daerah tersebut.
4. Lebar HAZ yang dihasilkan pada material carbon steel lebih besar daripada yang terdapat pada material stainless steel. Pada material stainless steel hanya terdapat fusion line.
5. Terdapat lebar daerah HAZ pada spesimen "A" dan "B" yang tidak mendapatkan PWHT. Pada spesimen "C" dan "D" yang mendapatkan PWHT, area HAZ hanya berbentuk fusion line. Hal tersebut dapat disimpulkan bahwa lebar daerah HAZ dipengaruhi oleh preheat dan perlakuan panas PWHT yang dilakukan.

Proses pengelasan akan menciptakan HAZ yang muncul di antara base metal dan weld metal, dimana pada HAZ nilai uji sifat kekerasan lebih tinggi yang berarti ada penurunan sifat mekanik pada daerah tersebut. Untuk mengembalikan sifat mekanik dibutuhkan PWHT. Proses PWHT akan memulihkan sifat mekanik dari material yang berarti akan berpengaruh pula terhadap lebar HAZ.

Nilai kekerasan yang lebih tinggi tidak menjadi jaminan material tersebut lebih bagus daripada material yang memiliki nilai kekerasan rendah, karena nilai kekerasan saling berkaitan dengan sifat mekanik lainnya. Semakin keras suatu material, maka akan menyebabkan material tersebut menjadi brittle.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil Analisa yang sudah dijelaskan pada bab sebelumnya dengan variasi preheat dan PWHT terhadap sifat mekanik material dan luas daerah HAZ dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Dari hasil pengamatan lebar HAZ yang dilakukan pada material yang sudah diberikan preheat dan PWHT dapat disimpulkan bahwa hal tersebut berpengaruh terhadap material dimana pada A106 grade b lebar HAZ terlihat pada spesimen yang tidak

di PWHT. Sedangkan pada proses PWHT mengakibatkan lebar HAZ tidak terlihat.

2. Dari hasil pengujian hardness Vickers yang dilakukan dapat disimpulkan bahwa material "A" yang tidak mendapat preheat dan perlakuan panas PWHT memiliki nilai kekerasan tertinggi dengan nilai rata-rata yaitu 160,31 HV sedangkan nilai terendah pada material "D" yang diberikan preheat dan perlakuan panas PWHT dengan nilai rata-rata yaitu 142,77 HV, hal tersebut membuktikan bahwa preheat dan perlakuan panas PWHT dapat berpengaruh terhadap kekerasan suatu material.

5. SARAN

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dan lebar daerah HAZ pada pengelasan *dissimilar material* A-106 Grade B dengan A316 TP316, terdapat beberapa saran yang digunakan untuk pengembangan pada dunia industri maupun pada penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Memperhatikan perlakuan panas *PWHT* dan *preheat* yang dilakukan pada proses pengelasan yang nantinya akan berdampak pada nilai kekerasan dan lebar *HAZ* suatu material yang tentunya tetap mengacu pada *code* dan *standart*.
2. Menggunakan metode pengujian lain seperti uji tarik (*tensile test*), uji takik (*impact test*), dan uji tekuk (*bending test*). untuk mengetahui pengaruh lain perlakuan panas *PWHT* dan *preheat* terhadap sifat mekanik material pada proses pengelasan material.
3. Menggunakan pengujian metalografi dengan pengamatan mikroskopis yang memiliki pembesaran yang lebih besar atau mikro agar bisa mengetahui struktur mikro yang terbentuk pada material tersebut ketika diberikan perlakuan panas *PWHT* dan *preheat* pada proses pengelasan sehingga tidak hanya mengetahui lebar *HAZ* yang terbentuk.

7. DAFTAR PUSTAKA

- [1] Modul Uji Bahan PPNS, (2019). "Uji Kekerasan".
- [2] Modul Uji Bahan PPNS, (2019). "Uji Metalografi".
- [3] Modul Uji Bahan PPNS, (2019). "Uji Kekerasan".