

ANALISIS PENGARUH VARIASI *INTERPASS TEMPERATURE* PADA MATERIAL *CHROMIUM-MOLYBDENUM SA 387 GRADE 12* DENGAN PENGELASAN FCAW TERHADAP NILAI KEKERASAN DAN STRUKTUR MIKRO

Hendri Budi Kurniyanto¹, Aufa Risqy Reyhan¹, Moh. Thoriq Wahyudi¹

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{1*}

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{2*}

Program Studi Teknik Pengelasan, Jurusan Teknik Bangunan Kapal, Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Surabaya 60111^{3*}

Email: hendribudi@ppns.ac.id¹, aufarey.888@gmail.com¹, thoriq@ppns.ac.id¹

Abstract – The pressure vessel manufacturing process requires a material with high hardenability because it get a fairly intense pressure treatment. SA 387 Grade 12 cromoly steel is a steel that is often used in pressure vessel work. Cr-Mo alloy steel has the disadvantage of being susceptible to hydrogen cracking, so cooling too quickly must be avoided. Interpass temperature here takes an important role in stabilizing the cooling process during welding. So this research raised the formulation of the problem; 1) How was the effect of Interpass temperature variations with FCAW welding on hardness value?, 2) How was the effect of Interpass temperature variation with FCAW welding on microstructure?. The purpose of this study was to determine the effect of Interpass temperature variations on FCAW welding on hardness and microstructure values. This research method was an experiment using 3 specimens with Interpass temperature variations of 100°C, 250°C and 400°C. Instruments in this study included hardness and micro. From the results of hardness testing, the highest hardness value in the weld metal area was found in the 100 °C interpass temperature variation with an average value of 298.07 HVN and the lowest hardness value was found in the 400 °C interpass temperature variation with an average value of 248.11 HVN. In micro testing, it was found that the bainite content was getting less at higher temperatures, namely at the 400 °C interpass temperature variation with a value of 59.35% bainite and 40.65% ferrite. The conclusion of this research was that the variation of interpass temperature had a significant influence on the value of hardness and microstructure. This research is expected to contribute to industries engaged in the production of pressure vessels.

Keyword: Chromium-Molybdenum, FCAW, Interpass Temperature, SA 387

1. PENDAHULUAN

Dunia industri fabrikasi semakin berkembang pesat Di Indonesia. Pada dasarnya proses fabrikasi tidak lepas dari adanya pengelasan yang merupakan inovasi dari teknik penyambungan logam dengan memanfaatkan perlakuan panas. PT. Swadaya Graha merupakan fabrikator dibidang baja yang hampir seluruh pekerjaannya menggunakan proses pengelasan. Perusahaan tersebut berfokus pada perancangan, produksi, dan perawatan. Perusahaan tersebut memiliki produk diantaranya *structure construction*, *hopper container*, *pressure vessel*, dan lain sebagainya.

Proses pembuatan *pressure vessel* memerlukan material dengan *hardenability* yang tinggi karena akan mendapatkan perlakuan tekanan yang cukup intens. Baja paduan *chromium-molybdenum* (Cr-Mo) merupakan baja yang sering digunakan dalam pengerjaan *pressure vessel*. Baja *cromoly SA 387 Grade 12* merupakan baja yang cocok untuk pembuatan barang

tersebut. Memiliki kandungan ½%Cr-1%Mo dan beberapa logam paduan seperti *carbon*, *sulfur*, *phosphor*, *silicon*, *manganese*, *chromium*, *molybdenum* membuat baja ini memiliki kemampuan yang cukup untuk menghadapi situasi tekanan yang tinggi.

Material ini memiliki sifat *hardenability* yang tinggi sehingga rentan terjadi resiko seperti *hydrogen cracking*. Pemanasan awal atau *preheating* sangat penting untuk mencegah hal tersebut terjadi. Pengontrolan *heat input* pada saat pengelasan berlangsung perlu juga diperhatikan. *Interpass Temperature* disini berperan penting dalam menjaga agar suhu tetap pada batasnya karena pada tahap ini sangat beresiko menyebabkan *hydrogen cracking*. Rentang suhu yang dapat menyebabkan retak tersebut berada pada suhu dibawah 150°C dan pada suhu sekitar 300°C.

2. METODOLOGI .

Metode penelitian ini adalah *experiment* menggunakan 3 spesimen dengan variasi *Interpass temperature* 100°C, *Interpass temperature* 250°C dan *Interpass temperature* 400°C. Pengelasan yang digunakan yaitu FCAW. Instrumen dalam penelitian ini meliputi pengujian kekerasan, mikro, tarik, *bending*, dan dampak

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

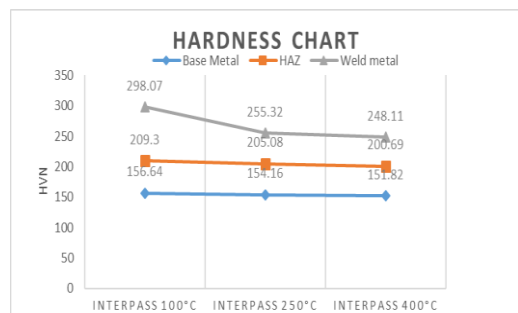
3.1 Hasil Pengujian Hardness

Hardness test merupakan salah satu jenis *destructive test* atau pengujian merusak yang memiliki tujuan untuk mengetahui nilai kekerasan suatu material akibat dari suatu proses pengelasan dan perlakuan lainnya. Nilai kekerasan mengalami sedikit penurunan seiring dengan meningkatnya suhu *interpass* pada material (Silva, Miranda, & Motta, 2014) [1]. Hasil pengujian kekerasan dapat dilihat pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan

Spesimen	Indentasi	Base Metal (HVN)	HAZ (HVN)		Weld metal (HVN)	
			Atas	Bawah	Atas	Bawah
Interpass 100°C	1	148,04	197,13	212,93	252,54	309,73
	2	165,12	199,80	217,07	278,94	312,80
	3	156,76	209,01	219,83	328,05	306,36
Rata-Rata		156,64	209,30		298,07	
Interpass 250°C	1	151,52	293,59	175,01	267,59	250,16
	2	149,64	228,77	182,06	261,17	248,99
	3	161,32	223,85	181,25	255,44	248,61
Rata-Rata		154,16	205,08		255,32	
Interpass 400°C	1	154,31	218,87	188,87	237,41	254,10
	2	156,60	218,55	178,32	244,41	234,89
	3	144,55	208,22	191,31	253,44	264,43
Rata-Rata		151,82	200,69		248,11	

Untuk detail dari grafik pengujian kekerasan pada daerah *base metal*, *HAZ*, dan *weld metal* dapat dilihat pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Grafik pengujian kekerasan pada base metal, HAZ, dan weld metal

Berdasarkan grafik hasil pengujian *hardness* di atas terlihat bahwa semakin tinggi temperatur *interpass* maka semakin rendah pula nilai kekerasan yang didapatkan. Terjadi perubahan nilai kekerasan paling signifikan pada pengelasan dengan *interpass temperature* 400°C terlebih pada daerah *weld metal*.

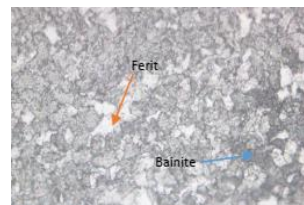
Perbedaan kekerasan ini disebabkan karena adanya perbedaan struktur mikro yang terbentuk selama proses transformasi γ (austenit) menjadi α (ferit) pada interval suhu 800°C-500°C.(Arifin, 2012)[2]. Rata-rata kekerasan tertinggi pada daerah *weld metal* terjadi pada variasi *interpass temperature* 100°C yaitu sebesar 298,07 HVN.

3.2 Hasil Pengujian Mikro

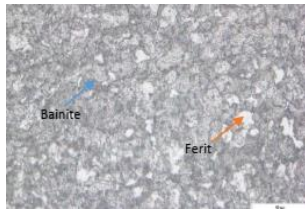
Morfologi pembentukan fasa yang terbentuk pada material SA 387 Grade 12 class 1 yaitu *ferrite* dan *bainite*, dimana *ferrite* membuat material menjadi lunak sedangkan *bainite* membuat material menjadi keras, pernyataan tersebut sesuai dengan penelitian (M.Gojic, 2006)[3]. Fasa *bainite* dapat terbentuk dikarenakan dalam proses pembuatan material SA 387 Grade 12 class 1 diperlukan *tempering* sesuai dengan ASTM A 387 pada temperatur 620 °C, lalu ketika pendinginan mengacu pada diagram CCT material 1.25Cr-0.5Mo maka terbentuk fasa *bainite* dan *ferrite* (ASM Atlas of TTT Diagram, 1977)[4]. Fasa *ferrite* ditunjukkan dengan warna terang dan fasa *bainite* dengan warna yang cenderung gelap (Robert F.Mehl, 1972)[5]. Berikut merupakan hasil pengujian mikro pada *base metal* pada ketiga variasi yang dapat dilihat pada Gambar 2 sampai 4.



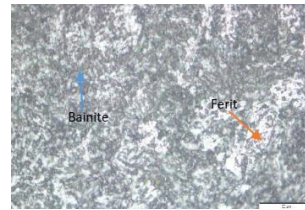
Gambar 1. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 100 °C



Gambar 3. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 250 °C

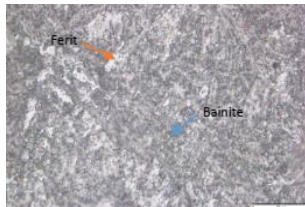


Gambar 4. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 400 °C

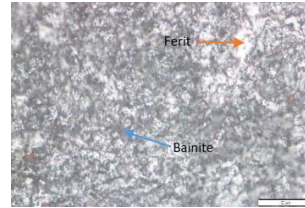


Gambar 9. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 250 °C

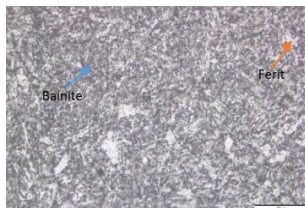
Berikut merupakan hasil pengujian mikro pada *weld metal* pada ketiga variasi yang dapat dilihat pada Gambar 5 sampai 7.



Gambar 5. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 100 °C



Gambar 10. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 400 °C

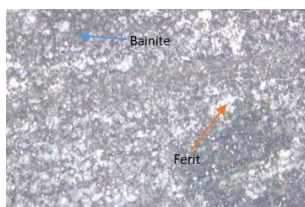


Gambar 6. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 250 °C



Gambar 7. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 400 °C

Berikut merupakan hasil pengujian mikro pada *HAZ* pada ketiga variasi yang dapat dilihat pada Gambar 8 sampai 10.



Gambar 8. Hasil pengujian mikro pada variasi *interpass temperature* 100 °C

Hasil pengujian struktur mikro pada bagian spesimen yang telah mengalami variasi *interpass temperature* didapatkan fasa yang terbentuk pada *base metal*, *HAZ*, maupun *weld metal* berupa *ferrite* dan *bainite*. Struktur mikro *ferrite* terlihat berwarna putih sedangkan untuk struktur mikro *bainite* terlihat berwarna hitam.

Setelah diamati terutama pada pengujian mikro di daerah *HAZ* dan *weld metal* memperlihatkan adanya *ferrite* yang semakin bertambah seiring bertambahnya temperatur *interpass*, hal tersebut karena adanya perlakuan *tempering* pada *pass* sebelumnya yang dapat memperlambat laju pendinginan yang berkelanjutan karena terpapar panas ulang (*reheating*), sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan struktur mikro *ferrite*. Hal ini membuat spesimen dengan *interpass temperature* paling tinggi atau dalam pengujian ini bersuhu 400°C memiliki nilai kekerasan yang lebih rendah dibandingkan dengan material *interpass* 250°C dan 100°C.

Rangkuman hasil uji presentase fasa pada daerah *base metal*, *HAZ*, maupun *weld metal* menggunakan software *image j* yang terdapat pada spesimen hasil uji mikro dapat dilihat pada Tabel 2 berikut.

Tabel 2. Presentase fasa

Spesimen	BM		HAZ		WM	
	Bainite (%)	Ferit (%)	Bainite (%)	Ferit (%)	Bainite (%)	Ferit (%)
<i>Interpass</i> 100°C	55,62	44,38	59,23	40,77	63,84	36,16
<i>Interpass</i> 250°C	49,95	50,05	56,95	43,05	63,13	36,87
<i>Interpass</i> 400°C	49,89	50,11	47,90	52,10	59,35	40,65

Hasil analisa menggunakan software *image j* dapat dilihat bahwa presentase *bainite* akan berkurang seiring dengan meningkatnya temperatur *interpass* yang digunakan. Hal ini juga sesuai dengan hasil pengujian kekerasan

yang menyatakan semakin tinggi *interpass temperature* maka nilai kekerasan akan semakin turun.

4. KESIMPULAN

1. Dari hasil pengujian kekerasan atau *hardness* yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa nilai kekerasan paling tinggi terdapat pada daerah *weld metal* pada variasi *interpass temperature* 100°C yang mempunyai nilai rata-rata 298,07 HVN dan daerah *weld metal* yang memiliki nilai kekerasan paling rendah terdapat pada variasi *interpass temperature* 400°C yang mempunyai nilai rata-rata 248,11 HVN. Bisa ditarik kesimpulan bahwa semakin tinggi *interpass temperature* yang digunakan maka akan semakin rendah nilai kekerasannya.
2. Dari hasil pengujian struktur mikro yang telah dilakukan pada ketiga variasi *interpass temperature* yaitu *interpass temperature* 100°C, *interpass temperature* 250°C, dan *interpass temperature* 400°C yang dilanjutkan dengan analisa *software* ImageJ dapat dilihat bahwa presentase *bainite* tertinggi berada pada daerah *weld metal* pada variasi *interpass temperature* 100°C dengan nilai 63,84% dan untuk kandungan *bainite* pada *weld metal* paling sedikit terdapat pada variasi *interpass temperature* 400°C dengan nilai 59,35%. Kandungan *bainite* membuat material semakin keras, hal ini juga sesuai dengan hasil pengujian kekerasan yang menyatakan semakin tinggi *interpass temperature* maka nilai kekerasan akan semakin turun.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu baik dalam bantuan materi, moral, dan motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan Penelitian Tugas Akhir, Oleh karena itu penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Kedua orang tua Penulis yaitu Ibu Astamdiah Drifebrianti dan Bapak Agus Yalistiyanto serta Alya Zulfa Risqya selaku saudara kandung yang hingga detik ini selalu memberikan dukungan secara materi, motivasi, nasihat, dan doa yang tidak pernah putus.
2. Ir. Eko Julianto, M.Sc., FRINA selaku Direktur Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.
3. Bapak Rudianto, ST., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Bangunan Kapal.
4. Bapak Moh Syaiful Amri, S.ST., M.T, selaku Koordinator Program Studi Teknik Pengelasan Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya.

5. Bapak Hendri Budi Kurniyanto, S.ST., M.T. selaku Dosen Pembimbing 1 yang berkenan memberikan bimbingan, semangat, motivasi, saran, dan pengetahuan baru pada penulis.
6. Bapak Moh. Thoriq Wahyudi, ST., MM. selaku Dosen Pembimbing 2 berkenan memberikan bimbingan, semangat, motivasi, saran, dan pengetahuan baru pada penulis.
7. PT. Swadaya Graha, selaku perusahaan yang dimana menjadi tempat penulis melaksanakan *On The Job Training* (OJT) serta juga menyediakan semua kebutuhan untuk pengerjaan Tugas Akhir.
8. Bapak Fadholi, Bapak Imam Santoso, Bapak Aris, Bapak Mudhasil, Bapak Iwan, dan Bapak Rio selaku pembimbing OJT penulis selama melaksanakan OJT di PT. Swadaya Graha yang telah memberikan arahan dan masukan terhadap pengerjaan Tugas Akhir Penulis.
9. Bapak Ibu Dosen dan Staff Program Studi D4 Teknik Pengelasan yang telah memberikan bekal ilmu yang sangat berharga dan wawasan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menjalani perkuliahan.
10. Seluruh teman-teman D4 Teknik Pengelasan angkatan 2019 yang bersama-sama berjuang selama 4 tahun dan turut memberikan bantuan motivasi, dan saran dalam penyusunan tugas akhir.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis selama menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir.

6. PUSTAKA

- [1] Silva, Miranda, & Motta. (2014).
- [2] Arifin. (2012).
- [3] Gojic M. (2006). *The Effect of post weld heat treatment on properties of low alloyed CrMoNb steel after submerged welding*. Sisak-Croatia
- [4] ASM. (1977) *Atlas of Time Temperature Diagrams for Irons and Steels*.
- [5] Robert F.Mehl. (1972) *Metallurgy and Metallurgical Engineering Series*.