

Pengaruh Parameter Post Weld Heat Treatment terhadap Sifat Mekanik Lasan Dissimilar Metal AISI 1045 dan AISI 304

Meilinda Nurbanasari^{1*)}, Djoko Hadiprayitno²⁾, Yulius Erwin Tandiayu³⁾

Dosen Tetap T. Mesin, Institut Teknologi Nasional, Bandung¹⁾

Jl. PHH Mustapha No.23 Bandung, 40124

Staf Peneliti pada Laboratorium Metalurgi PTNBR - BATAN²⁾

Jl. Tamansari 71 Bandung 40132

Almuni T. Mesin, Institut Teknologi Nasional, Bandung³⁾

E-mail : meilinda@itenas.ac.id^{*)}

Abstrak

Proses penyambungan dua logam yang berbeda (dissimilar metal) seperti pengelasan AISI 304 dengan AISI 1045 banyak dilakukan pada industri pembangkit tenaga, petrokimia, otomotif, dan perminyakan. Perbedaan komposisi kimia, mampu las, sifat fisik dan mekanik kedua jenis logam yang akan dilas sangat menentukan proses dan parameter pengelasan yang dipilih karena akan berdampak pada kualitas lasan yang dihasilkan. Salah satu cara untuk memperbaiki kualitas lasan termasuk ketidakhomogenan fasa dan sifat mekanik adalah dengan Post weld heat treatment (PWHT). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh parameter post weld heat treatment terhadap kualitas lasan pada pengelasan dua jenis baja yang berbeda yaitu AISI 304 dan AISI 405. Metode pengelasan yang dipilih adalah submerge arc welding dengan tiga variasi arus (80, 90 dan 100 Amper). Proses PWHT dilakukan melalui variasi temperatur pemanasan yaitu 450 °C dan 1100 °C dengan waktu tahan masing-masing 4 dan 9 jam dan variasi laju pendinginan. Indikator kualitas lasan ditentukan berdasarkan hasil analisa struktur mikro, uji tarik dan kekerasan.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel lasan yang telah mengalami PWHT memiliki kualitas lasan yang cukup baik, dan harga kekerasan tertinggi sebesar 238,5 VHN diperoleh pada sampel dengan parameter arus las 100 amp dan PWHT dengan pemanasan pada 450 °C selama 4 jam dan pendinginan di udara.

Keywords: pengelasan, dissimilar metal, struktur mikro, kekerasan, kekuatan

1. Pendahuluan

Pengelasan merupakan salah satu proses penyambungan logam yang banyak dilakukan untuk logam sejenis ataupun berbeda. Dalam dunia industri, pengelasan dua jenis logam yang berbeda biasanya bertujuan untuk memenuhi kriteria kombinasi sifat tertentu dan efisiensi biaya [1]. Di antara jenis logam yang banyak diaplikasikan dalam pengelasan dua logam yang berbeda antara lain adalah baja tahan karat dengan baja perkakas, baja tahan karat dengan baja tahan karat tetapi berbeda tipe, dan baja karbon biasa dengan baja tahan karat. Kedua jenis logam yang berbeda tersebut tentunya memiliki sifat mampu las yang berbeda. Adanya perbedaan karakteristik /sifat kedua logam yang dilas memerlukan perhatian khusus baik dalam pemilihan metode, parameter dan prosedur

pengelasan. Keberhasilan dalam melakukan pengelasan dua logam yang berbeda sudah banyak dilaporkan, seperti pengelasan baja tahan karat dengan high speed steel [2] dan pengelasan baja karbon biasa dengan baja tahan karat menggunakan metoda friction welding [3, 4]. Pengelasan dissimilar metal antara baja tahan karat dengan baja karbon biasa diaplikasikan pada sistem exhaust manifold kendaraan bermotor. Pemilihan jenis baja bergantung pada sifat material yang harus dipenuhi sesuai dengan kondisi operasi komponen. Baja tahan karat digunakan pada collector dan baja karbon biasa digunakan pada flange. Penelitian sebelumnya, melaporkan bahwa kegagalan akibat pengelasan kedua jenis material sering terjadi yang dapat mengakibatkan masalah serius [5].

Pada penelitian ini, dilakukan proses pengelasan dua jenis logam yang berbeda yaitu baja karbon biasa (AISI 1045) dengan baja tahan karat (AISI 304) dengan metoda pengelasan SMAW (sub merge arc welding). Untuk mendapatkan sifat mekanik yang optimum dilakukan variasi arus pada proses pengelasan. Post weld heat treatment / PWHT dengan variasi temperatur dan laju pendinginan dilakukan terhadap spesimen yang sudah dilas dalam rangka memperbaiki sifat mekanik dan juga meminimalkan ketidakhomogenan yang terjadi akibat pengelasan.

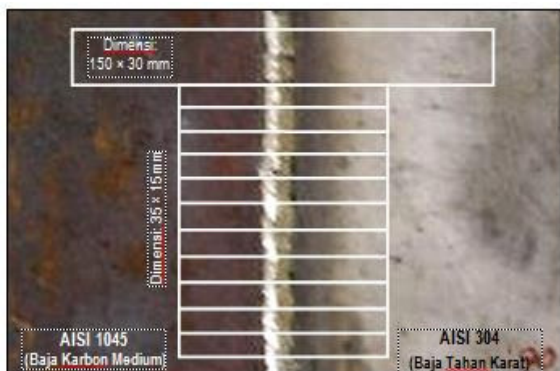
2. Metode Penelitian

Jenis logam yang digunakan adalah baja AISI 1045 dan AISI 304 berbentuk pelat dengan ketebalan masing-masing 6 mm. Komposisi kimia kedua jenis baja tersebut dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi kimia baja yang digunakan (% wt)

	C	Mn	Si	Cr	Ni	P	S
AISI 1045	0.43	0.60	0.30	-	-	0.04	0.05
						max	max
AISI 304	0.08	2.0	1.0	18.0	10.0	0.04	0.03
						max	max

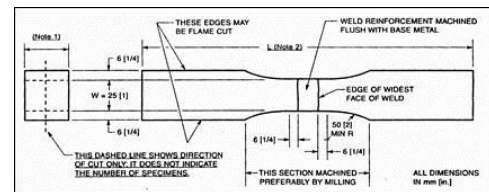
Pelat baja yang akan dilas dibuat kampuh V-Tunggal (Single V Groove Weld, butt joint) dengan sudut 45° sesuai standar Bridge Welding Code (AASSTO/AWS D1.5M/D1.5:2002). Metode pengelasan yang dipilih adalah SMAW, menggunakan mesin tipe DC arc welding gen, ESSAB LTD 200 dengan variasi arus yang 80, 90 dan 100 Amper. Jenis elektroda yang dipakai yaitu Xuper 2222 XHD (tipe eutectic castolin) berdiameter 2,5 mm. Sebelum digunakan elektroda dipanaskan terlebih dahulu pada temperatur 70°C . Sampel yang telah dilas kemudian dipotong untuk dilakukan proses PWHT (Gambar 1).



Gambar 1. Pemotongan sampel las.

Gambar 1 memperlihatkan lokasi sampel las untuk dilanjutkan proses PWHT. Sampel dipotong dengan ukuran 35×15 mm dan tegak lurus pada daerah lasan. Untuk mengetahui kekuatan sambungan las, dilakukan uji tarik dengan memotong sampel berdimensi 300×30 mm. Sampel yang telah dilas, dilakukan PWHT dengan dua variasi temperatur pemanasan 1100°C dan 450°C . Pemilihan temperatur 1100°C ini bertujuan untuk memperoleh 100% fasa austenit, sedangkan pemilihan temperatur 450°C bertujuan untuk menghindari daerah sensitasi (pembentukan kromium karbida pada baja tahan karat). Variasi waktu tahan juga dilakukan pada masing-masing sampel yaitu 4 jam dan 9 jam yang dilanjutkan dengan variasi pendinginan dalam air (untuk semua sampel) dan di udara (untuk sampel dengan waktu tahan 4 jam).

Karakterisasi yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh parameter PWHT adalah uji keras, uji tarik dan analisa struktur mikro (ASM). Pengujian kekerasan dilakukan pada Vickers Hardness Testing Machine (Mitutoyo MVK-H1) dengan beban 1000 gram dan waktu pembebanan 30 detik. Uji tarik hanya dilakukan pada sampel dengan parameter tertentu. Spesimen uji tarik sesuai dengan standar Bridge Welding Code (AASSTO/AWS D1.5M/D1.5:2002), seperti dapat dilihat pada Gambar 2 dan mesin uji tarik yang digunakan adalah merk controls tipe 70-C0820/C.



Gambar 2. Bentuk dan ukuran spesimen uji tarik.

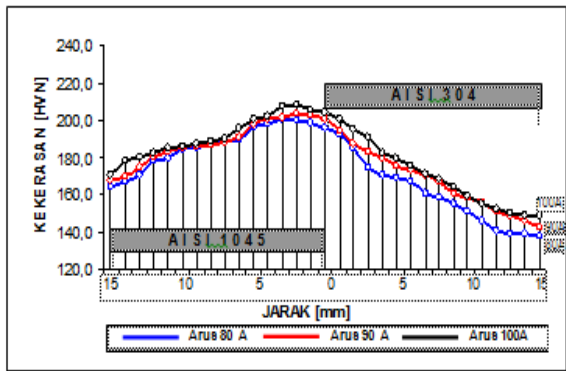
Analisa struktur mikro menggunakan 2 jenis larutan etsa. Baja AISI 304 menggunakan larutan aqua regia dan baja AISI 1045 menggunakan Nital 3 %. Observasi struktur mikro menggunakan Optic Inverted Metallurgy Microscope Ephiapat Time, Nikon.

3. Hasil dan diskusi

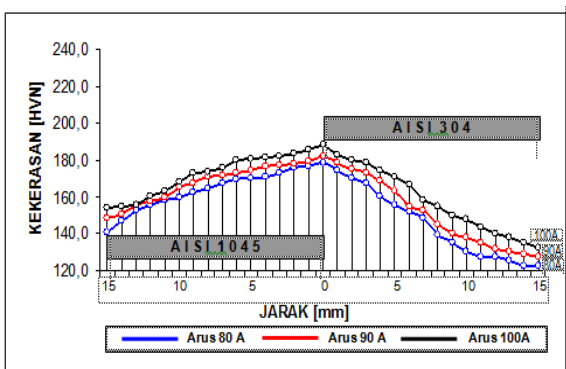
3.1 Uji keras dan Uji tarik

Hasil uji keras terhadap logam induk diperoleh untuk baja AISI 304 adalah 131 HV dan baja AISI 1045 adalah 173 HV. Harga kekerasan kedua baja tersebut masuk dalam standar yang ditentukan. Hasil pengujian kekerasan pada baja yang dilas kemudian dilakukan PWHT dengan variasi temperatur pemanasan, waktu tahan dan laju

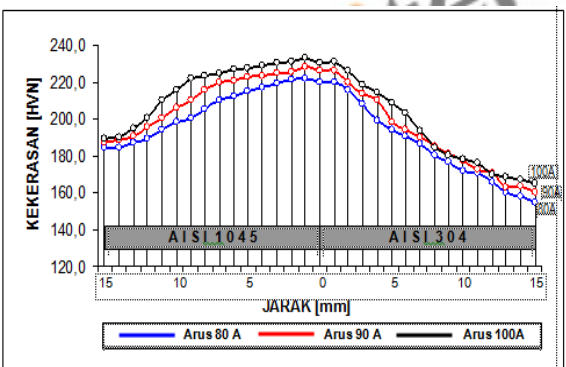
pendinginan dapat dilihat pada Gambar 3 s.d 6.



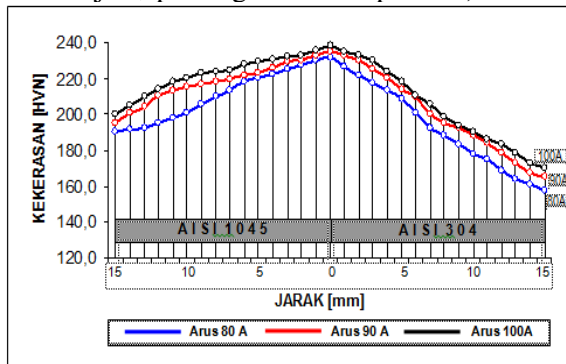
Gambar 3. Distribusi kekerasan hasil lasan dengan variasi arus las dan PWHT (T=1100 °C dan t=4 jam, pendinginan di air).



Gambar 4. Distribusi kekerasan hasil lasan dengan variasi arus las dan PWHT (T=1100 °C dan t=9 jam, dicelup di air).



Gambar 5. Distribusi kekerasan hasil lasan dengan variasi arus las dan PWHT (T=450 °C dan t=4 jam, pendinginan dicelup ke air).



Gambar 6. Distribusi kekerasan hasil lasan dengan variasi arus las dan PWHT (T=450 °C dan t=4 jam, pendinginan di udara).

Gambar 3 s/d 6 menunjukkan profil harga kekerasan pada baja yang telah di las dan PWHT. Secara umum, keempat gambar memiliki kesamaan profil distribusi kekerasan dimana harga kekerasan tertinggi terjadi pada daerah logam las dan kekerasan pada HAZ (heat affected zone) baja AISI 1045 lebih tinggi dibandingkan HAZ baja AISI 304. Hal ini dikarenakan logam induk AISI 1045 memiliki kandungan karbon yang lebih besar dibandingkan AISI 304. Variasi arus las terhadap kekerasan menunjukkan bahwa semakin tinggi arus las semakin tinggi kekerasan pada daerah logam las walaupun kenaikan harga kekerasan tidak terlalu signifikan. Arus las yang semakin besar mengindikasikan temperatur yang diterima logam juga semakin besar dan berpengaruh terhadap laju pendinginan ($\Delta T/\Delta t$).

Variasi temperatur pemanasan memberikan pengaruh terhadap kekerasan hasil las. Pemanasan pada 450 °C memberikan harga kekerasan yang lebih tinggi pada weld metal dan HAZ dibandingkan dengan pemanasan pada temperatur 1100 °C. Pemanasan pada temperatur 1100 °C menyebabkan terjadinya pelarutan karbida yang dapat memberikan penguatan dan peningkatan harga kekerasan pada matriks, namun demikian pada kondisi temperatur tersebut, terjadi pembesaran butir dan hal ini memberikan efek yang lebih dominan sehingga terjadi penurunan harga kekerasan. Efek penahanan waktu pada temperatur pemanasan juga memberikan dampak terhadap harga kekerasan, dimana waktu tahan 9 jam (pada temperatur pemanasan yang sama) menghasilkan harga kekerasan yang lebih rendah dibandingkan waktu tahan 4 jam. Analisa struktur mikro akan memberikan dukungan terhadap analisa tersebut.

Pengujian tarik tidak dilakukan pada seluruh kondisi parameter pengujian. Uji tarik dilakukan pada sampel yang telah dilas (90 amp) dan PWHT pada temperatur 450 °C, waktu tahan 4 jam dan variasi laju pendinginan.

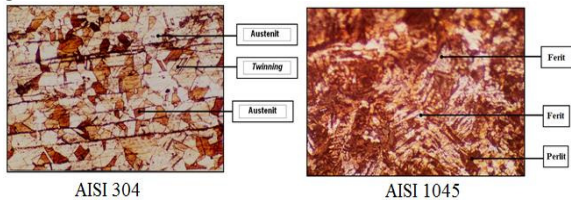
Tabel 2. Hasil uji tarik pada sampel las (Arus=90 amp, T=450°C, t=4jam)

Laju pendinginan	Elongasi (%)	σ_u (N/mm ²)
Udara	37,50	101,4
Air	2,22	147,5

Hasil uji tarik pada Tabel 2 menunjukkan bahwa sampel yang didinginkan di udara lebih ulet dibandingkan sampel yang didinginkan di air (celup cepat). Jika harga kekuatan dibandingkan dengan harga kekerasan pada weld metal (dengan kondisi parameter sampel yang sama), harga kekerasan sampel yang didinginkan di udara, 235 HV (Gambar 6) lebih besar dibandingkan dengan sampel yang dicelup cepat ke air, 226 HV (gambar 5). Hal ini bukan suatu anomali, tetapi perlu diingat bahwa hasil uji keras dilakukan dalam skala mikron pada weld metal, sedangkan uji tarik dilakukan dalam bulk. Pengamatan terhadap hasil patahan uji tarik menunjukkan bahwa patahan terjadi pada baja karbon medium (AISI 1045) dan bukan di daerah lasan.

3.2 Analisa struktur mikro

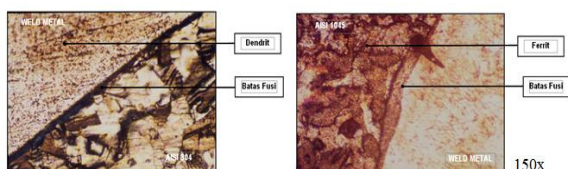
Analisa struktur mikro dua logam induk yaitu AISI 304 dan AISI 1045 dapat dilihat pada gambar berikut:



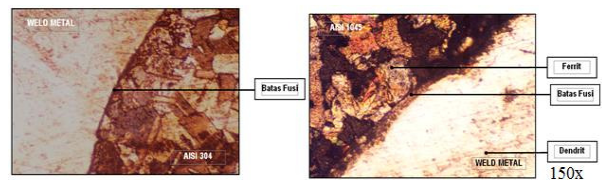
Gambar 7. Struktur mikro logam induk AISI 304 dan AISI 1045.

Baja AISI 304 didominasi oleh fasa austenit, hal ini sesuai kandungan unsur kimia baja tersebut yang memiliki kandungan unsur penstabil austenit, Cr mencapai 18 %. Twinning juga tampak jelas pada struktur mikro baja AISI 304. Sedangkan pada baja AISI 1045, fasa yang tampak adalah kombinasi ferit dan perlit. Baja ini merupakan baja karbon medium dan tidak memiliki unsur paduan dalam jumlah tinggi.

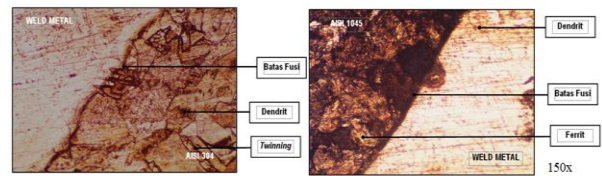
Perubahan struktur mikro pada kedua jenis logam yang telah mengalami pengelasan dan PWHT dapat dilihat pada Gambar 8 s.d 13. (Gambar struktur mikro hanya ditampilkan untuk kondisi parameter tertentu).



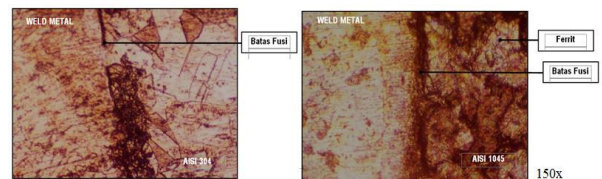
Gambar 8. Struktur mikro lasan (arus las 80 amp, T=1100°C, t = 4 Jam, pendinginan di air).



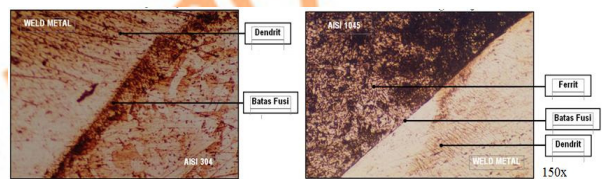
Gambar 9. Struktur mikro lasan (arus las 100 amp, T= 1100°C, t = 4 Jam, pendinginan di udara).



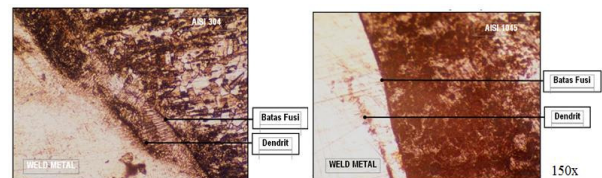
Gambar 10. Struktur mikro lasan (arus las 80 amp, T= 1100°C, t = 9 jam, pendinginan di air).



Gambar 11. Struktur mikro lasan (arus las 100 amp, T= 1100°C, t = 9 Jam, pendinginan di air).



Gambar 12. Struktur mikro lasan (arus las 80 amp, T= 450°C, t = 4 Jam, pendinginan di udara)



Gambar 13. Struktur mikro lasan (arus las 100 amp, T= 450°C, t = 4 Jam, pendinginan di udara).

Gambar 8 s/d 13 memperlihatkan perubahan struktur mikro pada daerah perbatasan logam lasan yang telah mengalami PWHT dan dendrit masih ada pada daerah logam las. Pengaruh arus las tidak terlalu memberikan dampak yang besar terhadap struktur mikro. Hal ini juga sejalan dengan hasil uji keras yang menunjukkan perubahan tidak terlalu besar.

Pengaruh temperatur pemanasan PWHT memperlihatkan adanya perubahan terhadap kekasaran butir, dimana temperatur pemanasan PWHT yang lebih tinggi menghasilkan butir yang lebih kasar. Hal ini sesuai dengan hasil uji kekerasan. Demikian juga halnya dengan waktu tahan, dimana waktu tahan 9 jam

menghasilkan butir yang lebih besar dibandingkan waktu tahan 4 jam.

Pengaruh laju pendinginan di udara terbuka dan dicelup ke air (pada arus dan temperatur yang sama) memberikan perubahan terhadap struktur mikro. Pendinginan di udara, butir cenderung lebih halus (Gambar 8, 10 dan 11). Observasi lebih dalam berkaitan dengan analisa struktur mikro dan perubahan komposisi perlu dilakukan pada weld metal dengan menggunakan SEM-EDS.

4. Kesimpulan

Berdasarkan data yang diperoleh, dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a) Pengelasan antara AISI 304 dan AISI 1045 dengan kondisi/parameter yang dilakukan dalam penelitian ini memiliki hasil kualitas lasan cukup baik.
- b) Harga kekerasan tertinggi yaitu 238,5 HV terjadi pada weld metal dengan arus las 100 amp, dilanjutkan dengan pemanasan pada temperatur 450 °C selama 4 jam dan pendinginan di udara.

Daftar Pustaka

- [1] N. Ozdemir, "Investigation of the Mechanical Properties of Friction-Welded Joints Between AISI 304 and AISI 4340 Steel as a Function of Rotational Speed," *Materials Letters*, vol. 59, p. 2504, 2005.
- [2] A. Ishibashi, et al., "Studies on Friction Welding of Carbon and Alloy-Steels," *Bulletin of the JSME*, vol. 26, p. 1080, 1983.
- [3] R. Paventhan, et al., "Optimization of Friction Welding Process Parameters for Joining Carbon Steel and Stainless Steel," *Journal of Iron and Steel Research, International*, vol. 19, pp. 66-71, 2012.
- [4] S. Murugan, et al., "Temperature distribution and residual stresses due to multipass welding in type 304 stainless steel and low carbon steel weld pads," *International Journal of Pressure Vessels and Piping*, vol. 78, pp. 307-317, 2001.
- [5] J. Kim, et al., "Microstructure and high temperature properties of the dissimilar weld between ferritic stainless steel and carbon steel," *Metals and Materials International*, vol. 15, pp. 843-849, 2009.