

PENGARUH KEKERASAN TERHADAP VARIASI *HEAT INPUT* SAMBUNGAN LAS TAK SEJENIS PADA BAJA KARBON A36 DAN BAJA TAHAN KARAT (AISI 304)

Agus Hariyanto¹⁾, Markus Tato¹⁾, Mangando¹⁾

¹⁾ Dosen Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda

ABSTRACT

Welding is one of the combining methods used to connect metal or metal parts, where this connection utilizes heat energy from the welding machine used in welding. In the welding process melting occurs between the filler metal and the welded metal. Welding strength is influenced by many factors including heat input, current strength, filler and flux, weld speed and cooling rate. This study aims to determine the effect of heat input on the value of hardness in different materials. In this study, the A36 Low Carbon Steel Plate was connected with 304 Stainless Steel plates using AWS A5.4: E-309L-16 stainless steel electrodes with SMAW welding system. The test results show that the greater the welding heat input, the lower the value of hardness. At low heat inputs, the rate of cooling will be faster, so that the crystal will form martensite on a surface that has hard properties. Whereas in high heat input the cooling rate will be slower, at room temperature the crystal will form a softer and more ductile perlite.

Keywords: *dissimilar welding, hardness, metals.*

1. PENDAHULUAN

Penyambungan logam dengan sambungan las merupakan bagian dari proses manufaktur yang sering diaplikasikan di dunia industri. Proses pengelasan merupakan penggabungan dua material atau lebih yang umumnya terdapat pada logam. Proses ini dilakukan dengan melelehkan benda kerja dan menambah logam pengisi (filler) untuk membentuk ikatan kuat antara logam.

Dua hal yang harus diperhatikan dalam pengelasan baja tahan karat adalah memberikan kondisi bebas retak pada lasan dan menjaga lasan dan daerah terpengaruh panas (*heat-affected zone*) atau HAZ memiliki sifat ketahanan korosi sama dengan logam dasar. Pengontrolan logam pengisi (*filler*), masukan panas, permukaan lasan dan menjaga prosentase delta-ferit di mikrostruktur lasan dapat meningkatkan ketahanan korosi (Ahluwalia,2003).

Penggunaan pengelasan terhadap dua material atau logam induk yang berbeda atau dikenal *dissimilar* banyak digunakan di industri kimia dan konstruksi- konstruksi mesin dan bangunan. Hal ini berhubungan dengan efisiensi bahan dan fungsi dari bagian-bagian mesin dan bangunan tersebut, yang tidak kalah penting adalah ketangguhan 2 (dua) material yang disambung terhadap beban statis. Kelemahan- kelemahan pengelasan dissimilar yang mendasar adalah perbedaan sifat fisik, mekanik dan sifat metalurgi dua logam yang dilas sehingga menimbulkan permasalahan yang berbeda pada masing-masing logam dasar.

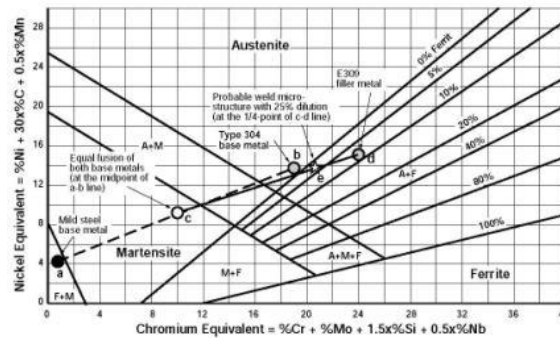
Untuk mengatasi masalah-masalah yang timbul tersebut perlu adanya penelitian-penelitian untuk meningkatkan kualitas hasil lasan. Salah satu penelitian yang dilakukan yaitu dengan melakukan variasi *heat input* pada pengelasan *dissimilar metals* dengan material baja karbon A36 dengan *Stainless steels* AISI 304.

Ramirez, dkk (2005) meneliti tentang pengaruh kecepatan pendinginan dalam PWHT pada daerah HAZ pipa baja V-Microalloyed X60. Kecepatan pendinginan dari 5 sampai 80 C°/s akan meningkatkan kekerasan baja dari 233 sampai 392 HVN. Kecepatan pendinginan yang tinggi akan menyebabkan terbentuknya struktur mikro dari ferit ke tahap martensit. Disamping perubahan kekerasan, kecepatan pendinginan akan menyebabkan perubahan kekuatan tarik dan ketahanan terhadap peretakan korosi tegangan (SCC).

Pengelasan Dissimilar

Pada dasarnya sebagian besar baja tahan karat dapat dilas dengan baja karbon rendah. Pada sambungan dissimilar metal mengacu pada diagram Schaeffler. Dengan menghitung Cr-equivalen dan Ni-equivalen pada raw material maupun filler yang digunakan, maka endapan struktur mikro dapat diperkirakan. Analisa struktur mikro pada diagram schaeffler berlaku pada berbagai macam jenis pengelasan seperti: GTA welding, SMA welding, SAW maupun GMAW.

¹ Korespondensi penulis: Agus Hariyanto, Telp 082351389500, hariyantoagus95@yahoo.co.id



Gambar 1.1. Diagram schaeffler (Barnhouse dan Lippold, 2002)

$$H = \frac{\eta \cdot P}{v} = \frac{\eta \cdot E \cdot I}{v} \dots 1$$

Masukan panas yang terjadi pada pengelasan dapat dirumuskan

Dimana H adalah Heat Input..J/mm,P :Tenaga input (watt),v:Kecepatan pengelasan (mm/s), η : Efisiensi, E: Potensial listrik (volt),I : Arus listrik (ampere)

Kekerasan Vickers

Uji kekerasan vickers menggunakan indenter piramida intan yang pada dasarnya berbentuk bujurangkar. Besar sudut antar permukaan-permukaan piramida yang saling berhadapan adalah 136. Nilai ini dipilih karena mendekati sebagian besar nilai perbandingan yang diinginkan antara diameter lekukan dan diameter bola penumbuk pada uji kekerasan brinell (Dieter, 1987).

Angka kekerasan vickers didefinisikan sebagai beban dibagi luas permukaan lekukan. Pada prakteknya, luas ini dihitung dari pengukuran mikroskopik panjang diagonal jejak. VHN dapat ditentukan dari persamaan berikut:

$$VHN = \frac{2P \sin(\theta/2)}{d^2} = \frac{(1,854)P}{d^2} \dots 2$$

dengan: P = beban yang digunakan (kg)

d = panjang diagonal rata-rata (mm)

2. Metodologi Penelitian

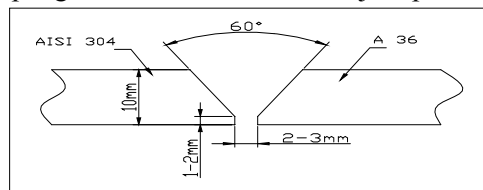
Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode eksperimental,yaitu melakukan pengamatan untuk mencari data sebab akibat dalam suatu proses melalui eksperimen sehingga dapat mengetahui pengaruh kekuatan tarik terhadap variasi *heat input* pengelasan tidak sejenis (*dissimilar metals*)

Penelitian dilakukan di Laboratorium Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Samarinda dan Laboratorium Teknik Mesin Universitas Gadjah Mada.

Bahan Penelitian meliputi : Plate baja tahan karat austenitik (AISI 304) dan baja karbon rendah (A36), Elektroda *stainless steel* NSN-309 dengan spesifikasi AWS A5.4 : E-309L-16,Autosol.Resin dan katalis, Amplas.

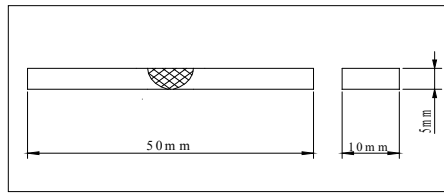
Alat Penelitian meliputi :Mesin las busur dengan elektroda terbungkus (SMAW)., Dapur pemanas listrik (*furnace*), Mikroskop Optik dan kamera digital, Mikro Hardness Test, Alat-alat pendukung lainnya.

Proses pengelasan dilakukan dengan material A36 dan Stainless Steel 304 ukuran 400 x 20 x 10 mm, Pengelasan menggunakan jenis pengelasan SMAW, arus DCSP (*Direct Current Straight Polarity*)(+) voltase 24- 40 A, filler E- 309L-16, jumlah pelat 8 buah, system pengelasan menggunakan 4 variasi arus yaitu : 95 A, 110 A, 117 A dan 122 A.Sebelum pengelasan dimulai benda kerja dipanaskan dahulu pada suhu 200°C.



Gambar 2.1 . Desain kampuh alur V menurut standar ISO 2560

Pengujian kekerasan dilakukan dengan metode Vickers Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan daerah las, HAZ dan logam induk. Harga kekerasan mikro didapat dengan persamaan 1:



Gambar 2.2. Spesimen uji kekerasan dan pengamatan struktur mikro.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1. Masukan Panas (Head Input)

Masukan panas masing-masing benda uji yang dilihat pada table 5.1 :

Tabel 3.1. Parameter las

Benda uji	Arus (A)	Voltase (Volt)	Kecepatan las (mm/s)	EI/v (J/mm)
Benda uji I	95	29	2,90	950
Benda Uji II	105	29	2,98	1022
Benda Uji III	115	29	2,85	1170
Benda Uji IV	122	29	2,99	1184

3.2. Komposisi Kimia Pengelasan

Komposisi kimia pengelasan *dissimilar metals* diperoleh prosentase berat masing-masing unsur pada daerah baja karbon, elektroda dan stainless steels sebagai berikut:

Tabel 3.2. Komposisi Kimia Logam Induk dan Elektroda Las.

Bahan	Komposisi kimia (%berat)									
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb	FN
AISI 304	0,06	0,48	0,003	0,031	1,72	8,2	18,2	0,3	0,04	
A36	0,29	0,38	-	-	0,93	-	-	-	-	
Elektroda E309L-16	0,04	0,9	0,025	0,03	0,75	13	25	0,5	-	8-13

Tabel 3.3. Komposisi Kimia Logam Las.

Lokasi	Komposisi kimia (%berat)								
	C	Si	S	P	Mn	Ni	Cr	Mo	Nb
Las	0,09	0,86	0,012	0,018	0,8	8,73	29,32	-	-

Dari hasil komposisi kimia bahan sebelum pengelasan, harga Cr-equivalen dan Ni-equivalen yang diperlukan untuk sambungan *dissimilar metals* mengacu pada diagram Schaeffler (Gambar 2.3).

- Nilai dari Cr-equivalen dan Ni-equivalen baja tahan karat (AISI 304) adalah 19,28 % dan 10,86 %.
- Nilai dari Cr-equivalen dan Ni-equivalen baja karbon rendah (A36) adalah 0,57 % dan 4,68 %.
- Nilai dari Cr-equivalen dan Ni-equivalen Elektroda (E309L-16) adalah 26,85 % dan 14,58 %.

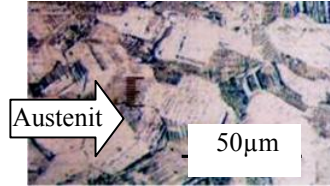
Dengan menggambarkan Cr-equivalen dan Ni-equivalen untuk logam induk AISI 304 dan logam induk A36 pada diagram Schaeffler kemudian menghubungkan kedua logam induk tersebut dengan garis lurus, kemudian titik tengah dari garis lurus logam induk dihubungkan ke Cr-dan Ni-equivalen logam pengisi E309L-16. Pada pengelasan SMAW dengan posisi posisi datar, faktor pencairan logam induk adalah 30% sehingga endapan struktur mikro logam las yang dapat diperkirakan adalah 9 % ferit dan austenit, dan diidentifikasi sebagai baja tahan karat berfasa ganda (dupleks) Pada kondisi ini, logam las dan HAZ AISI 304 akan mengalami peningkatan kekerasan dan penurunan ketahanan korosi akibat dari presipitasi karbida (Ornig, 1994).

3.3 Pengamatan Struktur Mikro.

Dari pengamatan struktur mikro bahwa masing-masing benda uji mempunyai bentuk struktur mikro yang berbeda-beda, karena masing-masing benda uji mempunyai *head input* yang berbeda-beda.

A. Struktur Mikro logam induk AISI 304

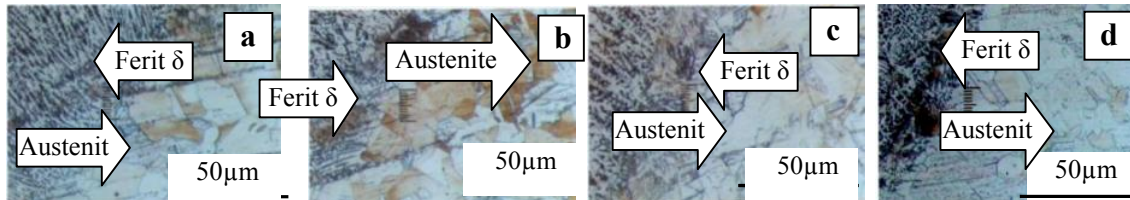
Struktur mikro logam induk AISI 304 mempunyai bentuk struktur mikro yang sama pada masing-masing benda uji.



Gambar 3.1. Logam induk AISI 304

Pada Gambar 3.1 memperlihatkan bentuk mikro struktur logam induk AISI 304. Daerah yang gelap merupakan slip (twinning). Pada logam induk AISI 304 merupakan material yang berstruktur austenit berfase FCC pada suhu kamar yang berarti sangat sulit mengalami perubahan fase meskipun dilakukan pengelasan dengan berbagai variasi arus.

B. Struktur Mikro HAZ AISI 304

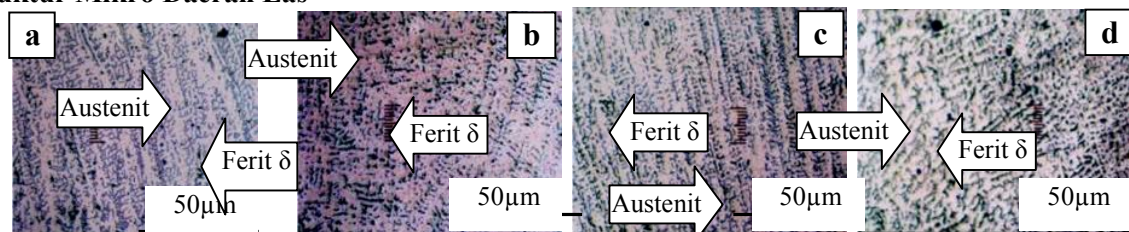


Gambar 3.2. Struktur mikro. (a) Daerah HAZ AISI 304 dan Las (950 J/mm), (b) Daerah Haz AISI 304 dan Las (1022 J/mm), (c) Daerah HAZ AISI 304 dan Las (1170 J/mm), dan (d) Daerah HAZ AISI 304 dan Las (1184 J/mm)

Pada saat pengelasan, logam induk yang bersebelahan dengan logam las mengalami siklus termal berupa pemanasan sampai mendekati titik cair kemudian diikuti dengan pendinginan. Keadaan ini mengakibatkan terjadinya perubahan struktur mikro dan sifat-sifat mekanis dari keadaan awal logam induk. Daerah logam induk yang mengalami siklus termal ini disebut daerah terpengaruh panas (*heat affected zone*), HAZ dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu HAZ butir kasar yang bersebelahan dengan logam las dan HAZ butir halus yang bersebelahan dengan logam induk.

Pada Gambar 3.2, struktur mikro HAZ AISI 304 mempunyai bentuk struktur mikro berupa sedikit ferit δ , austenit butir kasar dan karbida. Pada stainless steels tipe austenitik mempunyai struktur mikro yang sama, tetapi yang membedakan adalah ukuran butir atau adanya karbida.

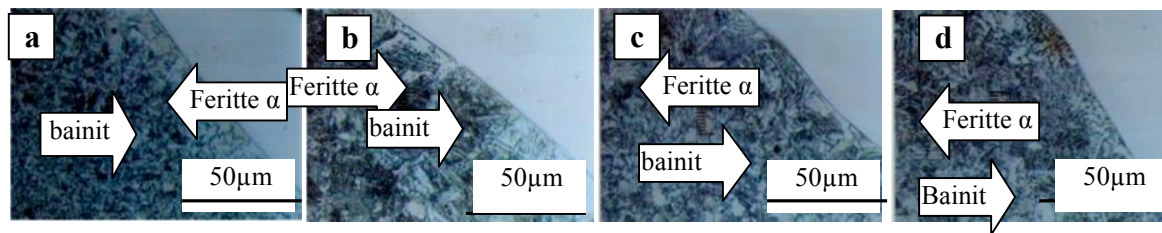
C. Struktur Mikro Daerah Las



Gambar 3.3. Struktur Mikro Las (a) Las (950 J/mm), (b) Las (1022 J/mm), (c) Las (1170J/mm), (d) Las (1184 J/mm).

Variasi *heat input* mempengaruhi struktur mikro daerah las. Struktur mikro daerah las berupa ferit δ , austenit dan karbida mempunyai bentuk *skeletal ferrite*, seperti terlihat Gambar 5.5. Semakin tinggi *heat input* struktur *skeletal ferrite* akan semakin kasar, dan besar, seperti terlihat Gambar 3.3 (d).

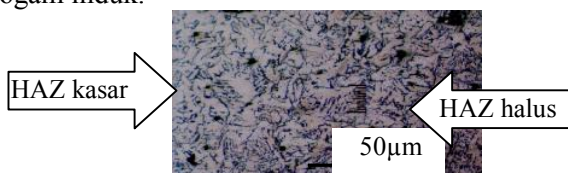
D. Struktur Mikro HAZ Baja Karbon A36



Gambar 3.4. Struktur Mikro HAZ baja karbon A36. (a).HAZ Baja karbon (950J /mm), (b). HAZ Baja karbon (1022 J /mm),(c).HAZ Baja karbon (1170 J /mm), (f). HAZ Baja karbon (1170 J/mm) , (d). HAZ Baja karbon (1184 J/mm).

Kenaikan *heat input* pengelasan pada daerah HAZ baja karbon memperlihatkan perbedaan bentuk sruktur kristal. Dengan kenaikan *heat input* maka pendinginan akan relatif lebih lama sehingga dalam temperatur ruang akan terbentuk bainit. Pada *heat input* 950 J/mm, dan 1022 J/mm struktur mikro terdiri ferit α dan bainit, dimana bentuk bainit yang terbentuk masih menyerupai jarum hitam dan disebut *lower bainit* atau *acicular bainit*.. Sedangkan pada *heat input* 1170 J/mm, dan 1184 J/mm struktur mikro terdiri ferit, dan *feathery bainit*, dimana bentuk bainit menyerupai perlit.

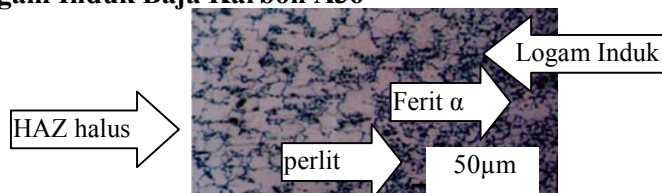
HAZ baja karbon dapat dibedakan dua bagian yaitu: HAZ kasar yang bersebelahan dengan logam las dan HAZ halus yang bersebelahan logam induk.



Gambar 3.5. HAZ kasar dan HAZ halus Baja karbon A36

Pada Gambar 3.5. terlihat jelas perbedaan antara HAZ butir kasar dan HAZ butir halus, HAZ butir halus terjadi karena pendinginan yang terjadi lebih cepat karena bersebelahan dengan logam induk, sedangkan HAZ butir kasar terjadi karena pendinginannya lebih lambat karena bersebelahan dengan logam las (sumber panas).

E. Struktur Mikro Logam Induk Baja Karbon A36

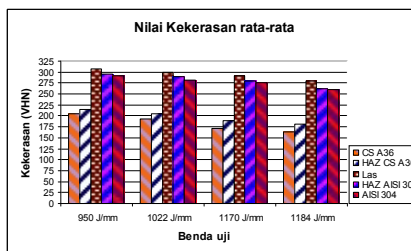


Gambar 3.6. HAZ Halus Dan Logam Induk Baja Karbon A36

Struktur mikro logam induk A 36 terdiri ferit α (terang) dan perlit(gelap) dan mempunyai ukuran butir yang relatif kecil dibanding HAZ halus.

3.4. Hasil Uji Kekerasan Vickers.

Pengujian Kekerasan menggunakan metode *Vickers Mikro Hardness* dengan penggunaan beban 100 gf pada masing-masing spesimen untuk memperoleh distribusi kekerasan mulai dari logam induk A36 sampai ke logam induk AISI 304, maka nilai kekerasan rata rata



Gambar 3.7. Grafik nilai kekerasan rata-rata

Nilai kekerasan pada masing-masing spesimen tergantung pada variasi *heat input* yang digunakan dalam pengelasan seperti tampak pada Gambar 3.7

Nilai kekerasan pada logam induk lebih rendah dibanding daerah HAZ, hal ini disebabkan pengaruh panas pada proses pengelasan mempengaruhi bentuk struktur mikro pada daerah HAZ yang mengakibatkan perbedaan kekerasan.

Hasil uji kekerasan daerah HAZ A 36, daerah las dan daerah HAZ AISI 304 memperlihatkan variasi heat input pengelasan mempengaruhi terhadap kekerasan sambungan las.

Hasil pengujian memperlihatkan bahwa semakin besar heat input pengelasan maka semakin rendah nilai kekerasan. Pada heat input rendah maka laju pendinginan akan semakin cepat, sehingga kristal akan membentuk martensit pada permukaan yang mempunyai sifat keras. Sedangkan pada heat input tinggi laju pendinginan akan lebih lambat, pada suhu kamar kristal akan membentuk perlit yang lebih lunak dan liat.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan data yang diperoleh maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

- 1) Besarnya masukan panas berpengaruh terhadap distribusi kekerasan dimana makin besar masukan panas akan mengakibatkan nilai kekerasan daerah HAZ baja karbon, HAZ *Stainless Steels* dan daerah las menurun.
- 2) Besarnya masukan panas juga berpengaruh nilai kekerasan pada daerah las yang menunjukkan peningkatan nilai kekerasan

5. DAFTAR PUSTAKA

- Fontana, M.G., 2006, *Corrosion Engineering*, McGraw-Hill Book Company, Inc., New York, USA.
- Huang, M.L. and Wang, L., 1998, *Carbon Migration in 5Cr-0.5Mo/21Cr-12Ni Dissimilar Metal Welds*, Metallurgical and Material Transactions A, Vol. 29A, 3037-3046.
- JIS, 2009, *Ferrous Materials and Metallurgy, JIS Handbook 1980*, Japanese Standards Association.
- Jones, D.A., 2009, *Principles and Prevention of Corrosion*, MacMillan Publishing Company, New York.
- Ornig, H., 2006, *Joining Dissimilar Materials*, Welding Engineer Training The Technical Assistance from The Australian Government to Balai Besar Bahan dan Barang Teknik, Austria.
- Rodriguez, P., Ray, S.K. and Bhaduri, A.K., 2008, Optimization of Post-Weld Heat Treatment, *Shadana Journal*, Vol.28, 409-430.
- Rusli, R.H., 2005, *Dasar Teori Solidifikasi Metal*, Penerbit Universitas Indonesia, Jakarta.
- Surdia, T. dan Saito, S., 2006, *Pengetahuan Bahan Teknik*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.
- Wirjosumarto, H. dan Okumura, T., 2007, *Teknologi Pengelasan Logam*, Pradnya Paramita, Jakarta.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar besarnya kepada Politeknik Negeri Samarinda yang telah mendanai penelitian sampai selesai melalui dana PNPB.