



Analisis Kuat Arus, Jenis Logam Pengisi, dan Jenis Kampuh Las Terhadap Kekuatan Tarik dan Kekerasan *Dissimilar Welding* dengan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW)

Analysis of Current, Filler Metal, and Groove on Tensile Strength and Hardness of Dissimilar Welding Using Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)

Eriek Wahyu Restu Widodo^{1,*}, Vuri Ayu Setyowati², Suheni³,
Amang Kuswanto⁴, M. Wiji Santoso⁵

^{1,2,3,4,5}Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya
Jl. Arief Rachman Hakim 100, Surabaya, Indonesia

Received 13 September 2018; Revised 09 October 2018; Accepted 12 October 2018, Published 20 October 2018
<http://dx.doi.org/10.21063/JTM.2018.V8.56-60>

Academic Editor: Asmara Yanto (asmarayanto@yahoo.com)

*Correspondence should be addressed to eriek@itats.ac.id

Copyright © 2018 E. W. R. Widodo. This is an open access article distributed under the [Creative Commons Attribution License](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Abstract

Dissimilar welding commonly used on many industries, for example power plant field. This paper presents the investigations carried out to study the influence of current, filler metal, and groove on 304 Stainless Steel to AISI 1040 Carbon Steel dissimilar joints. Gas Tungsten Arch Welding (GTAW) was conducted to join the both of base metals. 100 and 120 Ampere of current were conducted on this research, V and double-V groove with 70° of the angle as well. The maximum hardness was obtained 623.2 HVN of ER 70S-6 filler metal with 120 A of current and V groove. While the maximum tensile strength was obtained from the joint using ER 308L with 100 A of current and V-groove of 673.74 MPa. The HAZ region was obtained from the joint using double-V groove was wider than HAZ region of joint using V-groove according the macrostructure image of the joints.

Keywords: *dissimilar welding, current, filler metal, groove.*

1. Pendahuluan

Stainless Steel (SS) pada umumnya banyak digunakan pada dunia industri seperti industri makanan, pupuk, dan industri tenaga listrik. Penggunaan SS yang luas dikarenakan SS memiliki jangka waktu umur pemakaian yang lama dan ketahanan terhadap korosi yang bagus [1]. Sambungan logam yang tak sejenis banyak dilakukan pada berbagai aplikasi yang memerlukan sifat kombinasi yang spesifik untuk menghemat anggaran dan material yang sukar didapat [2]. *Stainless Steel* 304 telah digunakan secara luas sebagai bagian struktur stasiun pembangkit karena ketahanan mereka yang sangat bagus pada keretakan dan korosi pada kenaikan temperatur [3]. *Stainless Steel* 304 adalah *Austenitic Stainless Steel* yang

sangat umum digunakan. Selain dalam bidang stasiun pembangkit, *Austenitic Stainless Steel* (ASS) 304 telah ditemukan pada berbagai aplikasi dalam bidang pertahanan dan pengetahuan nuklir karena ketahanan korosi mereka yang sangat bagus pada lingkungan air laut karena mempunyai kandungan molibdenum yang mana mencegah korosi klorida [4].

Penggunaan SS yang diaplikasikan pada beberapa peralatan industri tidak lepas dari proses pengelasan. Pengelasan merupakan upaya untuk melakukan penyambungan material baik material yang sama maupun material yang berbeda dengan menggunakan energi panas, sehingga logam di sekitar mengalami perubahan sifat baik sifat mekanik, struktur metalurgi, deformasi, maupun

tegangan termal [5]. Teknik pengelasan perlu diperhatikan karena berakibat pada sifat mekanik material dan performa peralatan yang dihasilkan. Saat terjadi pengelasan terdapat beberapa permasalahan diantaranya perubahan tegangan pada material yang besar disebabkan oleh adanya perubahan struktur mikro pada daerah sekitar lasan. Fenomena seperti itu akan mengakibatkan penurunan kekuatan material yang disebabkan adanya tegangan sisa (*residual stress*) sehingga lebih mudah terjadinya retakan [3].

Stainless Steel 304 memiliki kadar karbon lebih tinggi yaitu 0,8% sehingga mengandung karbida yang tinggi. *Stainless Steel* 304 juga sebagai reaktor *pressure vessel* yang merupakan bagian dari *power plant* [6]. *Dissimilar welding* pada reaktor nuklir dilakukan untuk menggabungkan baja karbon rendah dan *stainless steel* dapat menggabungkan kelebihan-kelebihan dari kedua logam tersebut dan sangat menjanjikan untuk bidang ini. Tetapi ada beberapa kelemahan dalam proses penggabungan *dissimilar welding* ini karena perbedaan komposisi kimia dan sifat fisik termal antara kedua logam tersebut [7]. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh variasi

kuat arus pengelasan, jenis logam pengisi las, jenis dan sudut kampuh las dalam proses pengelasan *dissimilar welding* dari dua material yang tak sejenis dengan menggunakan las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) terhadap kekuatan tarik, kekerasan, dan strukturmakro yang terbentuk dari hasil lasan.

2. Material dan Metode

Material yang digunakan dalam penelitian *dissimilar welding* ini adalah *Stainless Steel* 304 dan Baja Karbon AISI 1040, sedangkan untuk logam pengisi lasan digunakan dua macam logam pengisi yaitu logam pengisi untuk pengelasan material baja yaitu ER 70S-6 dan logam pengisi untuk pengelasan material *stainless steel* yaitu 308L. Diameter logam pengisi yang digunakan masing-masing adalah 2.4 mm untuk kedua jenis logam pengisi tersebut. Logam induk *Stainless Steel* 304 dan Baja Karbon AISI 1040 yang digunakan berbentuk lembaran dengan ketebalan 12 mm. Komposisi kimia penyusun dari kedua jenis logam induk tersebut dapat dilihat pada Tabel 1. Sedangkan komposisi logam pengisi yang digunakan dalam pengelasan ini, ER 308L dan ER 70S-6, dapat ditilikat pada Tabel 2.

Tabel 1. Komposisi kimia logam induk

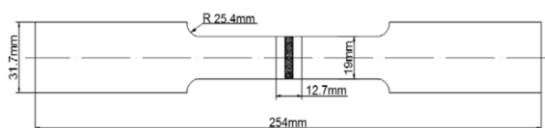
| Material | Fe | C | Mn | Si | Cr | Cu | Ni |
|-----------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| SS 304 | 70.78 | 0.08 | 1.140 | 0.410 | 18.40 | 0.180 | 8.190 |
| AISI 1040 | 99.10 | 0.40 | 0.39 | 0.11 | 0.02 | 0.02 | 0.016 |

Tabel 2. Komposisi logam pengisi ER 308L-16 (AWS A5.9) and ER 70S-6 (AWS A5.18) (wt%)

| Logam Pengisi | C | Si | Mn | P | S | Cr | Mo | Ni | V | Cu |
|---------------|--------|------|--------|-------|-------|--------|------|-------|------|----------|
| ER 308L | 0.03 | 0.30 | 1.0 – | 0.03 | 0.03 | 19.5 – | 0.75 | 9.0 – | - | 0.75 max |
| | max | – | 2.5 | max | max | 22.0 | max | 11.0 | | |
| ER 70S-6 | 0.06 – | 0.80 | 1.40 – | 0.025 | 0.035 | 0.15 | 0.15 | 0.15 | 0.03 | 0.50 max |
| | 0.15 | – | 1.85 | max | max | max | max | max | max | |

Proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan las *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) merk Miller MaxStar 200SD dengan parameter variasi kuat arus 100 A dan 120 A. Sedangkan untuk variasi jenis kampuh las digunakan jenis kampuh las V dan *double-V* atau disebut juga kampuh X dengan sudut kampuh 70°. Proses pengelasan dilakukan dengan 12 layer. Setelah pengelasan selesai dilakukan, hasil lasan kemudian dibentuk menjadi spesimen uji tarik sesuai dengan standar pengujian tarik ASME IX. Pengujian untuk hasil lasan *dissimilar welding* tersebut

adalah pengujian kekuatan tarik, kekerasan, dan pengamatan strukturmakro. Pengamatan strukturmakro dilakukan untuk mengetahui perbedaan daerah lasan, daerah logam induk, dan daerah HAZ dari lasan *dissimilar welding* tersebut. Sebelum dilakukan pengamatan strukturmakro, dilakukan proses *grinding*, *polishing*, dan etsa untuk membedakan ketiga daerah tersebut. Proses etsa digunakan larutan nital untuk baja dan larutan aqua regia berperan sebagai larutan etsa untuk *stainless steel*.



Gambar 1. Spesimen uji tarik standar ASME IX

3. Hasil dan Diskusi

Pengujian kekerasan yang dilakukan adalah pengujian kekerasan Vickers. Hasil pengujian kekerasan seperti ditunjukkan pada Tabel 3 dan Gambar 2. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan pada Tabel 3 dan Gambar 2 tersebut dapat diperoleh nilai kekerasan paling tinggi dihasilkan oleh sambungan dengan menggunakan logam pengisi ER 70S-6 dengan jenis kampuh V dan kuat arus 120 A sebesar 623.2 HVN. Sedangkan kekerasan paling rendah dihasilkan oleh logam pengisi ER 308L dengan jenis kampuh *double-V* atau X dan kuat arus 100 A sebesar 382.1 HVN. Berdasarkan hasil pengujian kekerasan tersebut diperoleh bahwa semakin tinggi kuat arus yang diberikan dalam proses pengelasan, maka semakin meningkat kekerasan sambungan tersebut. Hal ini dikarenakan semakin tinggi arus maka, panas masukan yang diberikan semakin tinggi sehingga temperturnya yang terjadi juga semakin tinggi. Peningkatan temperature las menyebabkan nilai kekerasan hasil lasan tersebut semakin meningkat. Peningkatan nilai kekerasan ini dikarenakan semakin tinggi temperatur maka austenisasi akan mudah tercapai dalam proses pengelasan tersebut.

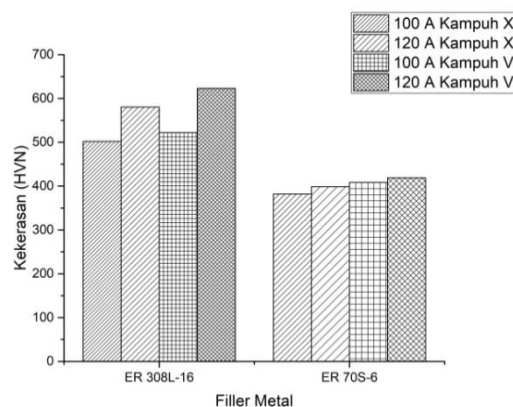
Kekuatan tarik material hasil lasan menunjukkan nilai keuletan dari material hasil lasan tersebut. Tabel 4 dan Gambar 3 menunjukkan hasil pengujian kekuatan tarik terhadap spesimen hasil lasan *dissimilar welding* tersebut. Kekuatan tarik maksimal yang diperoleh dari sambungan logam tidak sejenis tersebut adalah sebesar 673.74 MPa dan elongasi sebesar 41.63% dari logam pengisi ER 308L dengan jenis kampuh V dan kuat arus 100 A, sedangkan paling rendah adalah 510.68 MPa dan elongasi 45.66% yang diperoleh dari logam pengisi ER 70S-6 dengan jenis kampuh X dan kuat arus 120 A. Berdasarkan hasil tersebut diperoleh bahwa semakin tinggi kuat arus yang diberikan maka semakin rendah kekuatan tarik hasil lasannya. Hal ini berkebalikan dengan kekerasan hasil lasan yang diperoleh.

Tabel 1. Hasil pengujian kekerasan

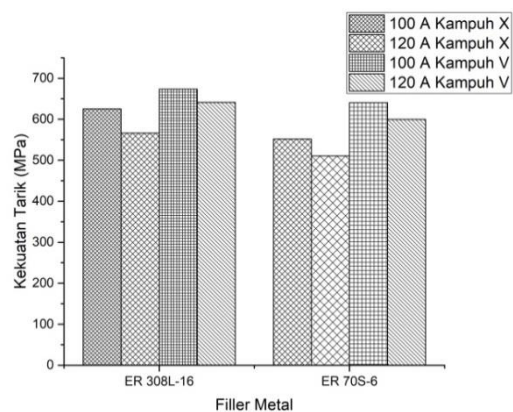
| Logam Pengisi | Kampuh Las | Kuat Arus (A) | Kekerasan (HVN) |
|---------------|------------|---------------|-----------------|
| ER 308L | V | 100 | 408.6 |
| | | 120 | 418.7 |
| | X | 100 | 382.1 |
| | | 120 | 398.5 |
| ER 70S-6 | V | 100 | 522.2 |
| | | 120 | 623.2 |
| | X | 100 | 502.1 |
| | | 120 | 580.3 |

Tabel 2. Hasil pengujian tarik

| Logam Pengisi | Kampuh Las | Kuat Arus (A) | Kekuatan Tarik (MPa) | Elongasi (%) |
|---------------|------------|---------------|----------------------|--------------|
| ER 308L | V | 100 | 673.74 | 41.63 |
| | | 120 | 641.39 | 49.74 |
| | X | 100 | 625.18 | 50.57 |
| | | 120 | 566.10 | 26.35 |
| ER 70S-6 | V | 100 | 640.41 | 47.59 |
| | | 120 | 599.78 | 40.88 |
| | X | 100 | 551.71 | 44.40 |
| | | 120 | 510.68 | 45.66 |



Gambar 2. Diagram hasil pengujian kekerasan

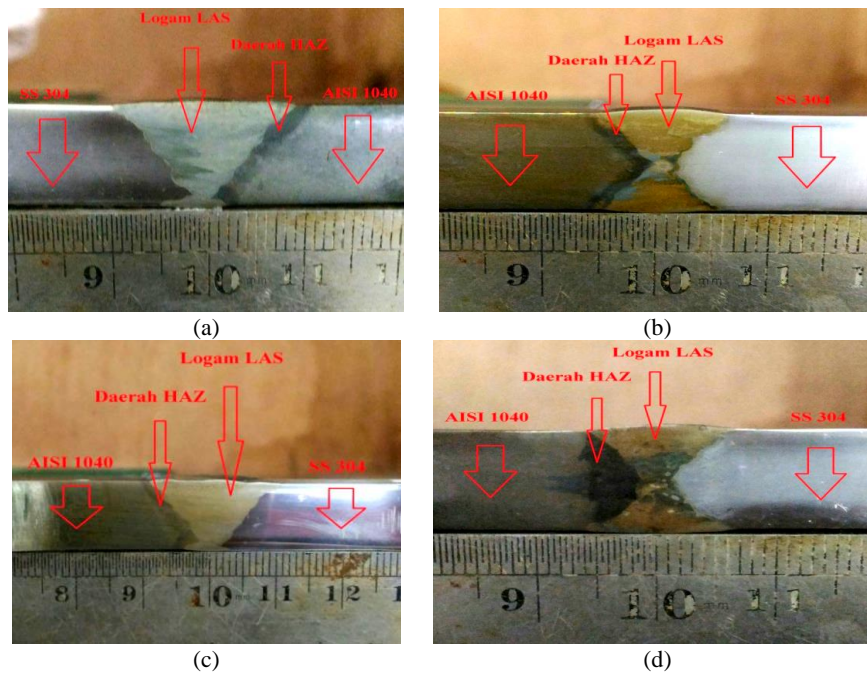


Gambar 3. Diagram hasil pengujian tarik

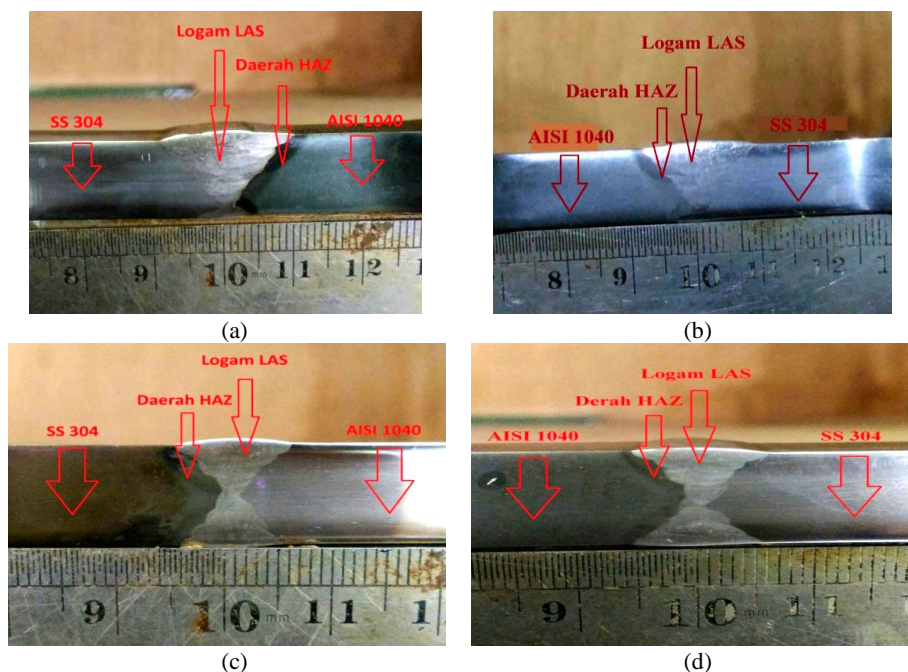
Strukturmakro yang diperoleh dari hasil lasan *dissimilar welding* antara *Stainless Steel* 304 dengan Baja Karbon AISI 1040 ditunjukkan oleh Gambar 4 untuk logam pengisi ER 70S-6 dan Gambar 5 untuk logam pengisi ER 308L. Berdasarkan hasil strukturmakro tersebut diperoleh bahwa pada pengelasan *dissimilar welding* dengan

menggunakan jenis kampuh las *double-V* atau yang biasanya disebut kampuh X dihasilkan daerah HAZ yang lebih lebar dibandingkan dengan lasan dengan jenis kampuh V. Hal ini dipengaruhi oleh masukan panas yang diberikan pada sambungan dengan jenis kampuh X lebih besar dibandingkan dengan masukan panas untuk sambungan dengan jenis kampuh V. Sambungan jenis kampuh X diberi masukan panas dua kali yaitu bagian atas dan bagian bawah sehingga masukan panas akan

menjadi lebih besar. Tetapi hal ini tidak berpengaruh signifikan terhadap kekerasan maupun kekuatan tarikannya, karena nilai maksimal yang diperoleh justru dengan menggunakan jenis kampuh V. Hal ini dikarenakan perbedaan laju pendinginan pada kampuh jenis X sehingga kemungkinan menyebabkan terbentuknya karbida pada hasil lasan dengan jenis kampuh X yang mana menurunkan kekerasan dan kekuatan tarikannya.



Gambar 4. Hasil sambungan dissimilar welding dengan logam pengisi ER 70S-6 dengan kuat arus (a) 100 A kampuh V, (b) 120 A kampuh V, (c) 100 A kampuh X, dan (d) 120 A kampuh X



Gambar 5. Hasil sambungan dissimilar welding dengan logam pengisi ER 308L dengan kuat arus (a) 100 A kampuh V, (b) 120 A kampuh V, (c) 100 A kampuh X, dan (d) 120 A kampuh X

4. Simpulan

Berdasarkan penelitian pengelasan *dissimilar welding material Stainless Steel 304* dengan Baja Karbon AISI 1040 dapat disimpulkan bahwa kekuatan tarik maksimal yang diperoleh adalah sebesar 623.2 HVN pada sambungan dengan logam pengisi ER 70S-6, kuat arus las 120 A dan jenis kampuh las V. Sedangkan untuk kekerasan maksimal diperoleh dari sambungan dengan logam pengisi ER 308L, kuat arus 100 A dan jenis kampuh V sebesar 673.74 MPa. Selain itu, dapat disimpulkan pula bahwa daerah HAZ yang diperoleh sambungan dengan jenis kampuh X lebih lebar dibandingkan dengan daerah HAZ yang diperoleh sambungan dengan jenis kampuh V.

Ucapan Terimakasih

Ucapan terimakasih disampaikan oleh pengarang kepada Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia atas bantuan dana hibah penelitian yang telah diberikan kepada pengarang.

Pustaka

- [1] X. Yuan, L. Chen, Y. Zhao, H. Di, and F. Zhu, "Influence of annealing temperature on mechanical properties and microstructures of a high manganese austenitic steel," *Journal of Materials Processing Technology*, vol. 217, pp. 278-285, 2015.
- [2] J. A. James and R. Sudhish, "Study on Effect of Interlayer in Friction Welding for Dissimilar Steels: SS 304 and AISI 1040," *Procedia Technology*, vol. 25, pp. 1191-1198, 2016.
- [3] D. Luder, T. Hundhausen, E. Kaminsky, Y. Shor, N. Iddan, S. Ariely, *et al.*, "Failure analysis and metallurgical transitions in SS 304L air pipe caused by local overheating," *Engineering Failure Analysis*, vol. 59, pp. 292-303, 2016.
- [4] X. Y. Wang and D. Y. Li, "Mechanical, electrochemical and tribological properties of nano-crystalline surface of 304 stainless steel," *Wear*, vol. 255, pp. 836-845, 2003/08/01/ 2003.
- [5] A. Setiawan and Y. A. Y. Wardana, "Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah Las dan HAZ Hasil Pengelasan Sumerged Arc Welding pada Baja SM 490," *Jurnal Teknik Mesin*, vol. 8, pp. pp. 57-63, 2006.
- [6] N. Arivazhagan, S. Singh, S. Prakash, and G. M. Reddy, "Investigation on AISI 304 austenitic stainless steel to AISI 4140 low alloy steel dissimilar joints by gas tungsten arc, electron beam and friction welding," *Materials & Design*, vol. 32, pp. 3036-3050, 2011.
- [7] H. Ma, G. Qin, P. Geng, F. Li, B. Fu, and X. Meng, "Microstructure characterization and properties of carbon steel to stainless steel dissimilar metal joint made by friction welding," *Materials & Design*, vol. 86, pp. 587-597, 2015.