

# PENGARUH KUAT ARUS LISTRIK DAN JENIS KAMPUH LAS TERHADAP KEKERASAN DAN STRUKTURMAKRO PADA PENGELASAN *STAINLESS STEEL* AISI 304

Eriek Wahyu Restu Widodo<sup>1</sup>, Suheni<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknologi Industri

Intitut Teknologi Adhi Tama Surabaya, Jl. Arief Rahman Hakim No.100 Surabaya, 60117

Email: eriek@itats.ac.id

## ABSTRACT

*A properly welding parameters' choice determine the result, such as current and groove. That was caused by the differences of current and groove which resulted of different heat flow so it was affected by hardness on the weld metal. The SMAW welding is the arc welding with shielded electrode by flux, where the flux as a shield of weld metal. The research of the effect of current and groove of SMAW to the hardness and macrostructure for stainless steel material AISI 304 was obtained the maximum hardness of HAZ was 270.43 kg/mm<sup>2</sup> and the weld metal was 283.99 kg/mm<sup>2</sup> using double V-joint and 130 A of current. The higher current given, the harder weld metal got. That was affected by the effect of heat input that happened on the weld metal during welding process.*

*Key words: Stainless steel AISI 304, SMAW welding, hardness, current, groove*

## ABSTRAK

Pemilihan parameter pengelasan yang sesuai dan tepat menentukan hasil lasan, beberapa parameter yang menentukan adalah kuat arus listrik dan jenis kampuh. Hal ini disebabkan oleh perbedaan kuat arus listrik dan jenis kampuh menghasilkan panas yang berbeda sehingga mempengaruhi kekerasan pada daerah lasan. Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*), merupakan las busur listrik dengan elektroda terbungkus oleh fluks, dimana fluks berfungsi sebagai pelindung logam las. Penelitian pengaruh variasi kuat arus listrik dan jenis kampuh las SMAW terhadap kekerasan hasil lasan dan strukturmakro pada material *Stainless Steel* AISI 304 diperoleh nilai kekerasan maksimal pada bentuk kampuh las *double V* dan kuat arus listrik 130 A dengan daerah HAZ sebesar 270.43 kg/mm<sup>2</sup> dan pada daerah logam lasnya sebesar 283.99 kg/mm<sup>2</sup>. Semakin besar kuat arus listrik yang diberikan akan semakin keras pula daerah lasannya. Hal ini dapat disebabkan adanya pengaruh panas (*heat input*) yang terjadi pada logam lasan saat proses pengelasan.

Kata kunci : *stainless steel* AISI 304, las SMAW, kekerasan, kuat arus listrik, jenis kampuh las

## PENDAHULUAN

Pengelasan adalah teknologi fabrikasi yang sering digunakan pada berbagai aplikasi industri, bermacam-macam isu dan perhatian selama proses pengelasan berperan penting dalam menentukan kepuasan dan kepercayaan unjuk kerja dari fabrikasi lasan [1]. Secara umum, proses fabrikasi melibatkan proses pengelasan seperti *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) [2]. Pengelasan SMAW telah secara luas digunakan untuk berbagai aplikasi dalam berbagai bidang teknik [3].

Parameter pada pengelasan busur listrik seperti kuat arus listrik, tegangan, polaritas, diameter elektroda, komposisi gas pelindung, dan laju aliran panas mempunyai pengaruh yang besar pada performa keberhasilan lasan [4]. Selain itu, hasil lasan juga dipengaruhi oleh jenis sambungan yang digunakan. Bagaimanapun, efek termal berhubungan dengan proses pengelasan secara umum yang menyebabkan kegagalan struktur pada logam lasan dan konsekuensinya berpengaruh terhadap struktur lasan, parameter las, morfologi padatan hasil lasan terhadap sifat mekanik sambungan *stainless steel* [2].

*Stainless steel* austenit telah menjadi fokus perhatian para peneliti pada dewasa ini karena mempunyai kekuatan tinggi, mudah dibentuk, tahan korosi, dan sifat mampu las [5]. Sifat-sifat tersebut membuat *stainless steel* austenit menjadi kandidat material yang digunakan pada sistem

fabrikasi pipa, sistem gas buang otomotif, dan beberapa peralatan yang berhubungan dengan kimia dan industri tenaga nuklir. Selain itu, *Stainless steel* SS 304 dipilih sebagai material kerja dikarenakan sifat tahan panas pada temperatur tinggi dan sifat ketahanan korosinya yang sangat baik [6].

Pengelasan menyebabkan bervariasinya struktur mikro sekitar daerah lasan dan *Heat-Affected Zone* (HAZ), yang mana hasilnya membengaruhi proses korosi secara termodinamika dan kinematika yang mengarah pada percepatan korosi dan/atau retak lasan. Perbedaan daerah lasan berpengaruh terhadap struktur mikro yang terjadi pada daerah lasan tersebut [1]. Kedalaman penetrasi dan lebar dari HAZ berperan penting terhadap penentuan sifat mekanik dan kualitas hasil lasan [6]. Berdasarkan parameter-parameter pengelasan tersebut, dalam penelitian kali ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik dan jenis sambungan pengelasan terhadap kekerasan dan strukturmakro.

## TINJAUAN PUSTAKA

Proses penggabungan *Stainless Steel* melibatkan proses pengelasan las busur listrik yaitu SMAW, dimana ada banyak faktor yang berpengaruh terhadap hasil lasan antara lain bentuk kampuh lasan. Bentuk kampuh lasan berpengaruh terhadap *sedidual stress* dan deformasi pada gabungan lasan [7]. Menurut penelitian yang telah dilakukan oleh Ye, dkk (2015), dimana mereka membandingkan kekerasan dari beberapa bentuk kampuh lasan yaitu bentuk V, bentuk K, dan bentuk *double V* atau bentuk X, didapatkan bahwa nilai kekerasan kampuh lasan bentuk V mempunyai kekerasan lebih besar 40% dibanding bentuk lainnya.

Penelitian yang dilakukan oleh Ye, dkk (2015) hanya mengamati pada daerah lasan saja, tidak dibandingkan dengan daerah HAZ. Sedangkan material yang digunakan adalah *stainless steel* AISI 304. Penelitian ini akan dilakukan pengukuran kekerasan untuk mengetahui pengaruh kuat arus listrik dan jenis sambungan pengelasan terhadap kekerasan dan strukturmakro pada material *stainless steel* AISI 304.

## METODE

Material yang digunakan pada penelitian ini adalah berupa plat *stainless steel* AISI 304 dengan dimensi 90 mm x 30 mm x 10 mm. Material *stainless steel* AISI 304 memiliki kandungan Cr sebanyak 11 – 20%, Ni sebanyak 8 – 12%, dan Mn 3 – 4%. Material dipotong dengan mesin potong (gerinda), kemudian dibuat bentuk kampuh tipe *single V* dengan sudut kampuh 60°, tipe *double V* dengan sudut kampuh 60°, dan tipe J.

Langkah berikutnya adalah proses pengelasan material sesuai dengan bentuk kampuhnya, proses pengelasan dilakukan dengan menggunakan pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) dengan parameter tegangan 24 Volt dan variasi kuat arus listrik yaitu 110 A, 120 A, dan 130 A. Posisi pengelasan dilakukan dengan posisi datar (*flat*) dan tipe sambungan adalah *butt-joint*, elektroda yang digunakan adalah E 309-16 dengan diameter 3.2 mm.

Selanjutnya dilakukan pengujian kekerasan dan pengamatan strukturmakro terhadap material. Pengujian kekerasan dengan menggunakan Pengujian Kekerasan Vickers, pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kekerasan material setelah dilakukan proses pengelasan dengan menggunakan variasi kuat arus dan jenis kampuh las. Pengujian kekerasan Vickers dilakukan berdasarkan standar ASTM E92. Sedangkan karakterisasi strukturmakro dilakukan untuk mengetahui perbedaan daerah lasan, daerah HAZ, dan daerah logam induk dari material *stainless steel* AISI 304.

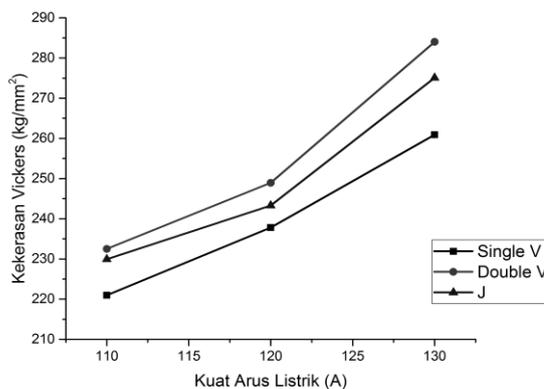
## HASIL DAN PEMBAHASAN

Kekerasan sering dinyatakan sebagai kemampuan untuk menahan indentasi/penetrasi/abrasi. Pengujian kekerasan yang dilakukan pada logam lasan dan daerah HAZ dengan menggunakan pengujian kekerasan Vickers berdasarkan standar ASTM E92. Berdasarkan pengujian kekerasan Vickers pada daerah logam lasan diperoleh nilai kekerasan paling tinggi

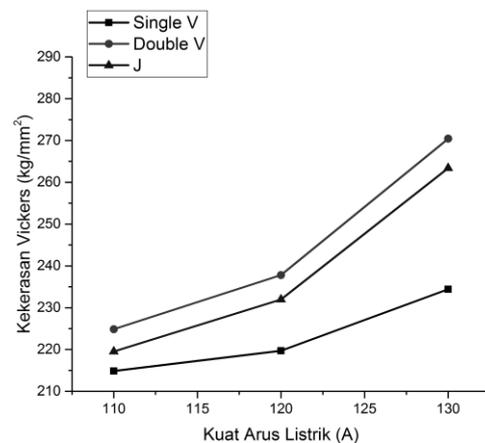
adalah pada logam lasan dengan parameter kuat arus listrik 130 A dan bentuk kampuh *double V* sebesar 283.99 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan untuk daerah HAZ, nilai kekerasan paling tinggi diperoleh pada kuat arus 130 A dengan bentuk kampuh *double V* yaitu sebesar 270.43 kg/mm<sup>2</sup>.

Kekerasan paling tinggi diperoleh pada hasil dari proses pengelasan dengan parameter kuat arus listrik sebesar 130 A disebabkan oleh butiran lasan dan daerah HAZ yang halus sehingga kekuatannya semakin tinggi. Hal ini dikarenakan semakin tinggi kuat arus, maka butiran-butiran logam cair yang terbawa akan semakin halus. Karena butiran yang halus, maka ketika terjadi ikatan antarbutir semakin kuat.

Sedangkan kekerasan paling tinggi diperoleh dari hasil las dengan jenis kampuh *double V* dikarenakan pada jenis kampuh ini merupakan kampuh yang simetris sehingga deposisi logam lasan dapat berlangsung merata, selain itu dikarenakan oleh proses pengelasan pada dua sisi ini pemanasannya lebih merata. Sehingga dari jenis kampuh ini dapat dihasilkan nilai kekerasan pada daerah lasan yang tinggi jika dibandingkan dengan jenis kampuh yang lain pada penelitian ini. Perbandingan nilai kekerasan dengan parameter kuat arus dan jenis kampuh dapat dilihat pada Gambar 1 untuk hasil pengujian pada daerah lasan dan Gambar 2 untuk hasil pengujian pada daerah HAZ.

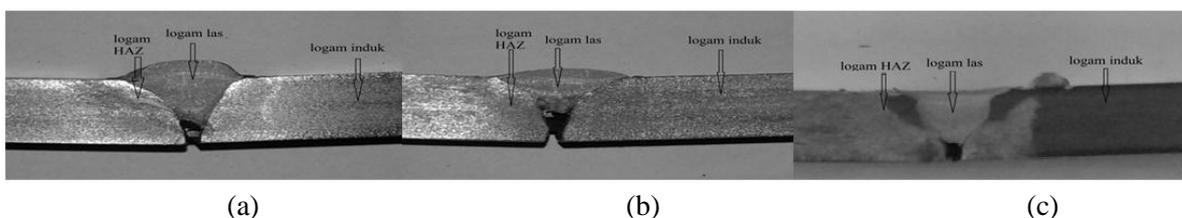


Gambar 1. Grafik kekerasan vickers pada daerah lasan



Gambar 2. Grafik kekerasan vickers pada HAZ

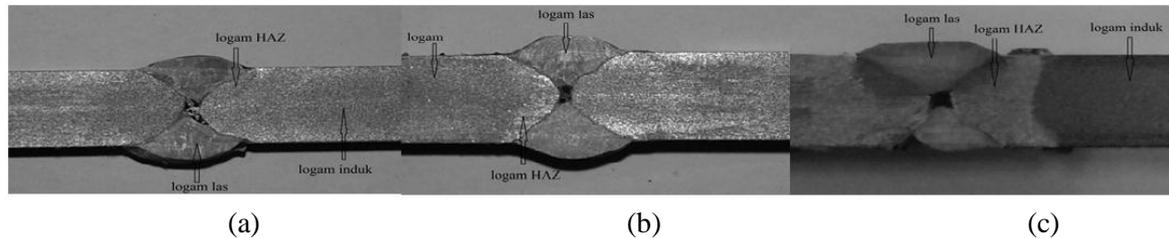
Pengamatan struktur makro bertujuan untuk mengetahui geometri daerah lasan yaitu daerah logam lasan, HAZ, dan daerah logam induk untuk selanjutnya dapat dilakukan pengujian kekerasan pada daerah-daerah tersebut. Pengelasan dengan menggunakan bentuk kampuh *single V* ditunjukkan oleh Gambar 3. Berdasarkan gambar tersebut dapat dilihat perbedaan dari tiga zona pengelasan yaitu daerah lasan, HAZ, dan daerah logam induk. Distribusi logam lasan pada pengelasan dengan kampuh *single V* ini kurang merata, sehingga nilai kekerasan yang didapat paling rendah diantara dua kampuh yang lain.



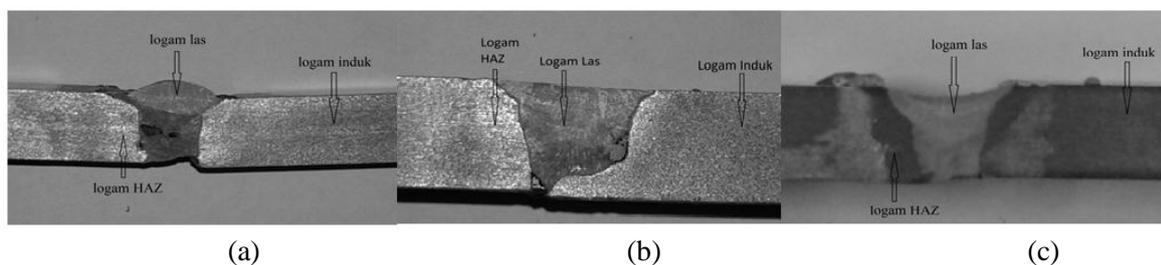
Gambar 3. Hasil pengelasan kampuh jenis *single V* dengan kuat arus listrik (a) 110 A, (b) 120 A, dan (c) 130 A

Struktur makro untuk proses pengelasan dengan bentuk kampuh *double V* ditunjukkan oleh Gambar 4. Hasil kekerasan paling tinggi diperoleh dengan menggunakan bentuk kampuh *double V*,

hal ini dikarenakan bentuk kampuh *double V* merupakan bentuk yang simetris sehingga deposisi logam lasan dapat berlangsung lebih merata. Pengelasan dilakukan pada dua sisi sehingga pemanasan berlangsung merata dan distribusi kekerasannya juga merata. Sedangkan untuk proses pengelasan dengan kampuh jenis J ditunjukkan oleh Gambar 5.



Gambar 4. Hasil pengelasan kampuh jenis double V dengan kuat arus listrik (a) 110 A, (b) 120 A, dan (c) 130 A



Gambar 5. Hasil pengelasan kampuh jenis J dengan kuat arus listrik (a) 110 A, (b) 120 A, dan (c) 130 A

## KESIMPULAN

Proses pengelasan *Stainless Steel* AISI 304 metode pengelasan SMAW dengan variasi kuat arus listrik dan jenis kampuh las dihasilkan nilai kekerasan maksimal pada variasi kuat arus listrik 130 A dan variasi kampuh las jenis *double V*. Dimana untuk daerah logam lasan diperoleh kekerasan maksimal yaitu  $283.99 \text{ kg/mm}^2$  dan untuk daerah HAZ yaitu sebesar  $270.43 \text{ kg/mm}^2$ . Hal tersebut disebabkan oleh masukan panas (*heat input*) tinggi maka butir yang dibawa akan lebih halus sehingga ketika memadat maka logam lasan akan berikatan dengan kuat sehingga menghasilkan kekerasan tinggi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Kumar S, Shahi AS. 2016. *Studies on metallurgical and impact toughness behavior of variably sensitized weld metal and heat affected zone of AISI 304L welds*. Materials & Design, 89:399-412.
- [2] Lee W-S, Cheng J-I, Lin C-F. 2004. *Deformation and failure response of 304L stainless steel SMAW joint under dynamic shear loading*. Materials Science and Engineering: A, 381(1-2):206-15.
- [3] Tong LG, Gu JC, Yin SW, Wang L, Bai SW. 2016. *Impacts of torch moving on phase change and fluid flow in weld pool of SMAW*. International Journal of Heat and Mass Transfer, 100:949-57.
- [4] Costanza G, Sili A, Tata ME. 2016. *Weldability of austenitic stainless steel by metal arc welding with different shielding gas*. Procedia Structural Integrity, 2:3508-14.
- [5] Garner FA, Brager HR, Gelles DS, McCarthy JM. 1987. *Neutron irradiation of Fe-Mn, Fe-Cr-Mn and Fe-Cr-Ni alloys and an explanation of their differences in swelling behavior*. Journal of Nuclear Materials, 148(3):294-301.

- [6] Kumar R, Chattopadhyaya S, Kumar S. 2015. *Influence of Welding Current on Bead Shape, Mechanical and Structural Property of Tungsten Inert Gas Welded Stainless Steel Plate*. Materials Today: Proceedings, 2(4):3342-9.
- [7] Ye Y, Cai J, Jiang X, Dai D, Deng D. 2015. *Influence of groove type on welding-induced residual stress, deformation and width of sensitization region in a SUS304 steel butt welded joint*. Advances in Engineering Software, 86:39-48.

- Halaman ini sengaja dikosongkan -