

## ANALISA PENGARUH JENIS ELEKTRODA PENGELASAN SMAW TERHADAP KEKUATAN STAINLESS STEEL 304

Vuri Ayu Setyowati<sup>1</sup>, Eriek Wahyu Restu Widodo<sup>2</sup>, Suheni<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Teknik Mesin – Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya  
Jl. Arief Rahman Hakim 100 Surabaya, 60117  
Email : vuri@itats.ac.id

### ABSTRACT

*This research has studied about the effect of welding electrode and groove angle of SMAW to mechanical properties of stainless steel 304 SS. NSN-312 electrode with 45° of groove angle was obtained maximum tensile strength 39.97 kg/mm<sup>2</sup> and yield strength 36.3 kg/mm<sup>2</sup>. The tensile and yield strength were affected by Mn in NSN-312 electrode which formed carbide. In other side, the using of NSN-312 electrode for SMAW welding process on stainless steel 204 SS caused the groove could be fully filled. This resulted in the HAZ' area of the specimen could be seen by macroscopic observation.*

**Key words :** SS 304, SMAW, electrode, tensile strength, yield strength

### ABSTRAK

Penelitian ini membahas tentang pengaruh jenis elektroda las dan sudut sambungan pada pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) terhadap sifat mekanik material *stainless steel* 304 SS. Elektroda NSN-312 dengan sudut sambungan lasan 45° diperoleh kekuatan maksimal ( $\sigma_u$ ) yaitu 39.97 kg/mm<sup>2</sup> dan kekuatan luluh ( $\sigma_y$ ) yang lebih besar yaitu 36.3 kg/mm<sup>2</sup>. Besarnya kekuatan tarik dan kekuatan luluh tersebut dipengaruhi oleh kandungan Mn dalam elektroda NSN-312 yang membentuk karbida. Selain itu, penggunaan elektroda NSN-312 untuk proses pengelasan SMAW pada *stainless steel* 304 SS ini menyebabkan kampuh las terisi penuh. Hal ini mengakibatkan daerah *Heat Affected Zone* (HAZ) pada spesimen tersebut dapat terlihat dengan pengamatan makro.

**Kata Kunci :** SS 304, SMAW, elektroda, kekuatan tarik, kekuatan luluh

### PENDAHULUAN

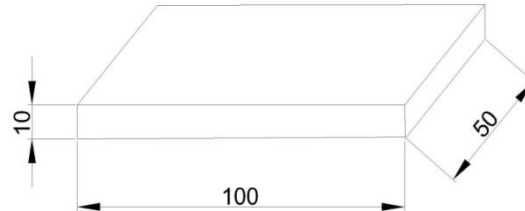
*Stainless steel* austenit telah menjadi fokus perhatian para peneliti pada dewasa ini karena mempunyai kekuatan tinggi, mudah dibentuk, tahan korosi, dan sifat mampu las [1]. Sifat-sifat tersebut membuat *stainless steel* austenit menjadi kandidat material yang digunakan pada sistem fabrikasi pipa, sistem gas buang otomotif, dan beberapa peralatan yang berhubungan dengan kimia dan industri tenaga nuklir. Selain itu, *Stainless steel* 304 SS dipilih sebagai material kerja dikarenakan sifat tahan panas pada temperatur tinggi dan sifat ketahanan korosinya yang sangat baik [2].

Pengelasan adalah teknologi fabrikasi yang utama yang digunakan pada berbagai aplikasi industri, dan bermacam-macam isu dan perhatian selama proses pengelasan berperan penting dalam menentukan kepuasan dan kepercayaan unjuk kerja dari fabrikasi lasan [3]. Secara umum, proses fabrikasi melibatkan proses pengelasan seperti *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) [4]. Pengelasan SMAW telah secara luas digunakan untuk berbagai aplikasi dalam berbagai bidang teknik [5]. 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* [4].

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 [3]. Kedalaman penetrasi dan lebar dari HAZ berperan penting terhadap penentuan sifat mekanik dan kualitas hasil lasan [2]. Hasil proses pengelasan dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya jenis elektroda. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui sifat mekanik dari material las akibat perbedaan elektroda.

## METODE

Material yang digunakan untuk penelitian ini adalah stainless steel 304 dengan dimensi tebal 10 mm, lebar 5 mm, dan panjang 100 mm seperti yang ditunjukkan pada Gambar. Material dipotong dengan mesin potong (gerinda) dengan berpendingin *coolant* yang tidak mengalami perubahan struktur maupun sifat-sifat fisiknya maupun komposisi kimia dari material tersebut.



Gambar 1. Material stainless steel 304

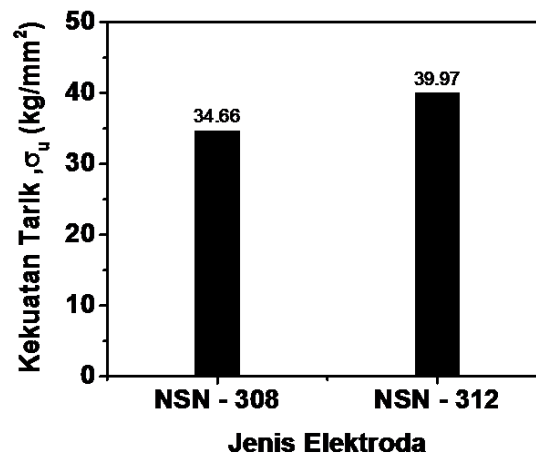
Stainless steel 304 memiliki kandungan unsur Cr sebanyak 11 – 20%, Ni sebanyak 8 – 12%, Mn sebanyak 3-4%. Material plat tersebut dilas menggunakan variasi elektrode yaitu NSN 308 dan NSN 312 yang berdiameter 2,6 mm. Proses pengelasan yang digunakan pada penelitian ini adalah SMAW ((*Shielded Metal Arc Welding*)). Besar sudut sambungan V yang digunakan pada spesimen las adalah 45°. Selain itu, tidak ada perubahan arus listrik dan tegangan saat pengelasan sehingga variabel yang perlu dianalisa adalah penggunaan jenis elektroda yang berbeda.

Selanjutnya perlu dilakukan karaktersasi dari hasil spesimen las. Pengujian yang dilakukan meliputi uji tarik dan pengamatan makro. Pengujian tarik bertujuan untuk mengetahui kekuatan bahan yaitu sifat mekanis dari bahan terhadap kekuatan tarik dari bahan. Prosedur pelaksanaan pengujian tarik menggunakan standart ASTM E8. Tujuan dari pengamatan makro ini adalah untuk mengetahui lebar daerah yang berpengaruh panas (HAZ) dan kedalaman penetrasi yaitu seberapa dalam logam las masuk kedalam logam induk dengan adanya perbedaan elektroda dan jenis sambungan.

## ANALISA DAN PEMBAHASAN

### Pengaruh Jenis Elektrode Terhadap Kekuatan Tarik

Kemampuan suatu material menerima beban dinyatakan sebagai kekuatan material. Sifat mekanik kekuatan material diperoleh dari pengujian tarik. Berdasarkan pengujian tarik plat hasil las diperoleh nilai beban dan perubahan panjang, akan tetapi perlu dilakukan konversi untuk kekuatan material yang dinyatakan dalam tegangan maksimum ( $\sigma_u$ ). Gambar 2 menunjukkan pengaruh jenis elektroda terhadap kekuatan tarik SS 304 dengan variasi elektroda. Tegangan maksimum didapatkan pada jenis elektroda NSN-312 dengan sudut 45° mempunyai nilai  $\sigma_u$  yang lebih tinggi yaitu 39,97 kg/mm<sup>2</sup>. Sedangkan pada jenis elektroda NSN-308 didapatkan pada sudut 45° yang mempunyai harga  $\sigma_u$  sebesar 34,66 kg/mm<sup>2</sup>.



Gambar 2. Pengaruh jenis elektroda terhadap kekuatan tarik SS 304

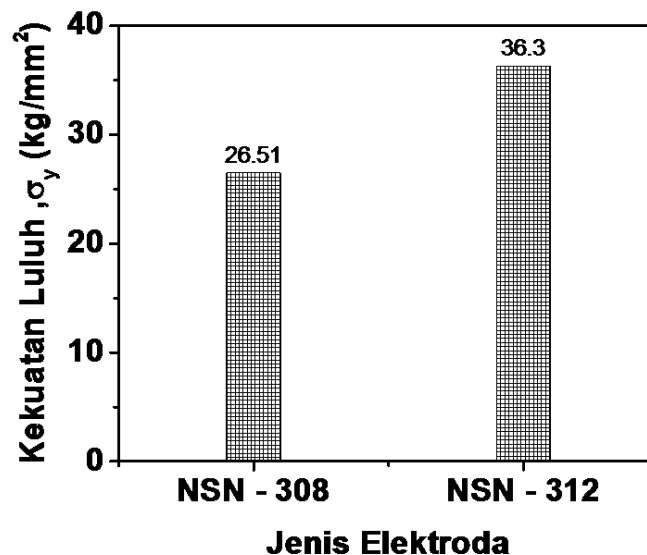
Elektroda NSN-312 memberikan nilai kekuatan tarik lebih tinggi dikarenakan kandungan karbon yang lebih tinggi. Kadar karbon mempengaruhi sifat suatu material. Carbon Equivalent (CE) merupakan perhitungan komposisi kimia sebagai salah satu parameter sifat mampu las yang dipengaruhi oleh jumlah karbon beserta unsur penyusun material lainnya [6-7]. Penggunaan elektroda yang berbeda tentunya menyebabkan kekuatan sambungan las berbeda pula, karena elektroda memiliki komposisi yang berbeda seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1 di bawah ini [8,9]. Kandungan Mn pada elektroda 308 lebih tinggi dibandingkan 312 sehingga Mn akan cenderung membentuk Mangan Carbida ( $Mn_3C$ ) sehingga kecenderungan retak lebih tinggi dibandingkan elektroda 312 [10]. Hal tersebut mengakibatkan kekuatan lebih rendah dibandingkan elektroda 312.

Tabel 1. Komposisi unsur pada elektroda NSN-308 dan NSN-312

Unsur	NSN-308	NSN-312
Carbon (C)	0.058	0.11
Manganese (Mn)	1.28	1.03
Silicon (Si)	0.62	0.82
Phosphorus (P)	0.028	0.026
Sulphur (S)	0.010	0.012
Nickel (Ni)	9.43	10.13
Chromium (Cr)	19.70	28.87

### Pengaruh Jenis Elektrode Terhadap Kekuatan Luluh

Pengelasan akan menghasilkan tegangan sisa yang tidak hanya berpengaruh terhadap kekuatan tarik suatu material tetapi juga pada kekuatan luluh. Hal tersebut disebabkan karena siklus termal yang terjadi selama proses pengelasan yakni meliputi pemuaihan dan penyusutan di sekitar daerah sambungan las dengan bagian lain yang temperaturnya lebih rendah [11]. Kekuatan luluh yang paling tinggi didapatkan pada jenis elektroda NSN-312 sebesar  $\sigma_y$  36,3 kg/mm<sup>2</sup> sedangkan elektroda NSN-308 sebesar  $\sigma_y$  26,51 kg/mm<sup>2</sup>. Hal tersebut linear dengan kekuatan tarik spesimen dengan elektroda NSN-312 yang lebih besar daripada NSN-308.

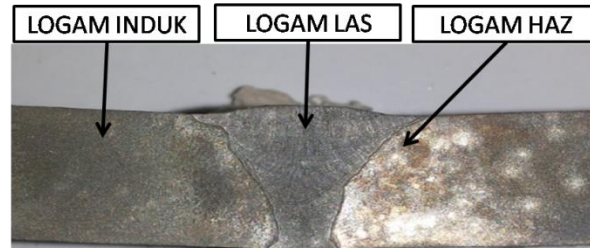


Gambar 3. Pengaruh jenis elektroda terhadap kekuatan luluh SS 304

### Pengamatan Makro

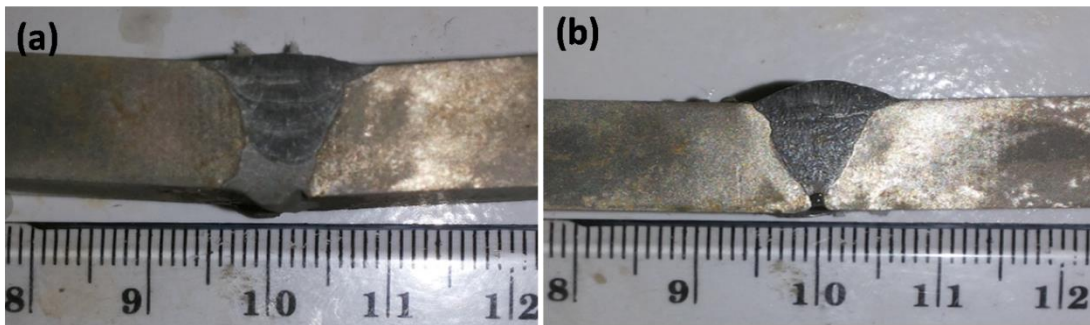
Tujuan pengamatan foto struktur makro untuk mengetahui geometri daerah lasan, yaitu : daerah logam las, HAZ, dan logam induk untuk dapat dilakukan pengujian tarik didaerah tersebut. Ketiga zona yang didapatkan setelah pengelasan ditunjukkan pada Gambar berikut. Pada potongan

melintang dapat diketahui bahwa panas yang didapatkan dapat mencairkan logam las sehingga dapat mencari dan mengisi V groove. Distribusi panas dapat terjadi dari logam las ke logam induk, daerah tersebut dinamakan HAZ (Heat Affected Zone). Daerah HAZ terletak di antara logam las dan logam induk. Besarnya panas dari proses pengelasan ini mengakibatkan adanya perubahan ukuran butir. Apabila panas yang digunakan lebih rendah maka logam akan mengalami pendinginan yang lebih cepat sehingga mempengaruhi tingkat kekasaran dendrit. Dendrit berpengaruh terhadap pertumbuhan butir [12].



Gambar 4. Zona spesimen setelah pengelasan

Perbedaan pengamatan makro dapat ditunjukkan pada Gambar 5. Bentuk logam las yang mengisi kampuh. Spesimen las yang menggunakan elektroda NSN 308 memiliki bentuk yang tidak beraturan pada bagian logam las, sedangkan elektroda NSN 312 menunjukkan bentuk yang mengisi penuh groove (kampuh) sehingga terlihat bentuk sudut 45°. Elektroda NSN 308 mengakibatkan distribusi panas las yang lebih cepat, akibatnya logam las cepat mengalir untuk mengisi kampuh. Selama proses pengelasan, panas akan mempengaruhi daerah HAZ dan logam induk sehingga akan terjadi perubahan fasa [13].



Gambar 5. Pengamatan makro SS 304 pada pengelasan SMAW dengan elektroda (a) NSN 308 (b) NSN 312

## Kesimpulan

Berdasarkan analisa yang sudah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa :

1. Dalam proses pengelasan dan pengujian tarik menggunakan elektroda NSN-312 dengan sudut 45° mempunyai kekuatan tarik maksimal ( $\sigma_u$ ) dan kekuatan luluh yang lebih besar dari pada pengelasan menggunakan elektroda NSN-312 ( $\sigma_y$ ). Besarnya kekuatan disebabkan karena kandungan Mn pada elektroda NSN-312 sehingga membentuk karbida.
2. Pengamatan makro pada hasil las menggunakan elektroda NSN-312 memiliki bentuk las yang mengisi penuh bagian kampuh las sehingga terlihat daerah HAZ pada spesimen.

## Daftar Pustaka

- [1] Garner, F.A., Branger, H. R., Gelles, D. S. & McCarthy, J. M. 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, 294-301.
- [2] 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, 3342-3349.

- [3] Kumar S. & Shahi, A. S. 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.
- [4] 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, 206-215.
- [5] Tong, L. G., Gu, J. C., Yin, S. W., Wang, L. & Bai, S. W. 2016. Impacts of torch moving on phase change and fluid flow in weld pool of SMAW. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 100, 949-957.
- [6] Purwaningrum, Yustiasih. 2006. Karakterisasi Sifat Fisis dan Mekanis Sambungan Las SMAW Baja A-287 sebelum dan Sesudah PWHT. *TEKNOIN*, Vol 11, No. 3 : 233 – 242.
- [7] Putri, Fenoria. 2010. Analisa Pengaruh Kuat Arus dan Jarak Pengelasan terhadap Kekuatan Tarik, Sambungan Las Baja Karbon Rendah dengan Elektroda 6013. *Jurnal Austenit*, Vol. 2, No. 2.
- [8] Material data sheet of SS-312. Covered Electrodes For Stainless Steel. SOREX
- [9] Material data sheet of SS-308. Covered Electrodes For Stainless Steel. SOREX
- [10] H. Cary. *Welding Technology*, 2nd Edition, Prentice Hall, 1988
- [11] Easterling, K.E., (1992) *Introduction to the Physical Metallurgy of Welding*, Butterworth-Heinemann, London, UK
- [12] Setiawan, Anang. 2006. Analisa Ketangguhan dan Struktur Mikro pada Daerah las dan HAZ Hasil Pengelasan Submerged Arc Welding pada Baja SM 490. *Jurnal Teknik Mesin*, Vol. 8, No. 2.
- [13] R. Unnikrishnan, K.S. Idury, T. Ismail, A. Bhadauria, S. Shekhawat, R.K. Khatirkar, S.G. Sapate, Effect of heat input on the microstructure, residual stresses and corrosion resistance of 304L austenitic stainless steel weldments, *Materials Characterization*, 93 (2014) 10-23.

*-halaman ini sengaja dikosngkan-*