

**PENGARUH VARIASI KECEPATAN PENGELASAN GMAW  
BAJA TAHAN KARAT AUSTENITIK AISI 316L  
TERHADAP STRUKTUR MIKRO DAN SIFAT MEKANIK**

**Harlian Kadir<sup>1\*</sup>, Gunawan Dwi Haryadi<sup>2</sup>, Sri Nugroho<sup>2</sup>, Kim Jeon<sup>3</sup>**

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Mesin, Magister Teknik Mesin,  
Universitas Diponegoro

Jl. Prof. Sudarto SH, Tembalang, Semarang 50275.

<sup>3</sup>School of Mechanical and Automotive Engineering,  
Pukyong National University, Busan, 608-739, Korea

\*Email: harliankadir@yahoo.com

**Abstrak**

*Jenis Pengelasan baja tahan karat austenitik AISI 316L banyak di aplikasikan pada bidang konstruksi dan pembuatan komponen. Permasalahan pengelasan baja tahan karat austenitik AISI 316L adalah menurunnya kualitas hasil las akibat masalah penggetasan oleh endapan halus karbida krom diantara batas butir dan juga ketahanan korosi menjadi berkurang. Pada sisi lain baja tahan karat austenitik AISI 316L akan mengalami kekurangan krom pada daerah fusi karena terbentuknya krom karbida. Metode penelitian ini dilakukan dengan memvariasikan kecepatan pengelasan gas metal arc welding (GMAW) secara semiotomatis pada pelat baja tahan karat austenitik AISI 316L dengan tebal 3 mm, menggunakan kawat elektroda pejal ER 308L dengan diameter 0.8 mm, pada kecepatan pengelasan bervariasi 175 mm/menit, 190 mm/menit, 205 mm/menit, dengan arus las 140A, pada polaritas arus direct current electrode positive (DCEP). Dilakukan beberapa pengujian kekerasan, dan pemeriksaan struktur mikro pada daerah terpengaruh panas (HAZ) dan daerah fusi las.*

**Kata kunci:** AISI 316L, DCEP, ER308L, HAZ, krom karbida, krom oksida, kecepatan pengelasan.

## **1. PENDAHULUAN.**

Menurut *American Iron and Steel Institute* (AISI) untuk jenis 316L adalah bagian dari seri 300 baja tahan karat austenitik yang merupakan jenis baja tahan karat dalam kelompok besar, luas dan bagian yang penting dari kelompok baja tahan karat.

Baja tahan karat memiliki sifat ketahanan korosi yang sangat baik dan mempunyai keunggulan mudah untuk di las serta banyak digunakan di industri [P. Atanda, 2012]. Jenis baja tahan karat 316L mempunyai kadar molibdenum hampir 2% dan akan meningkatkan sifat ketahanan korosi sumur.

AISI 316L dimana notasi huruf L menunjukkan bahwa baja tahan karat tersebut memiliki kadar karbon yang rendah, berkisar antara 0,03% dan banyak digunakan secara umum untuk pekerjaan fabrikasi [Rati Saluja, 2012].

Beberapa penelitian pengelasan baja tahan karat austenitik telah dilakukan beberapa peneliti S. Nansaarng dan C. Chaisang (2007) meneliti pengaruh parameter pengelasan GMAW terhadap mikrostruktur dan sifat mekanik baja tahan karat austenitik, menunjukkan bahwa pengaruh parameter arus las, kecepatan pengelasan dan gas pelindung terhadap kekuatan tarik maksimum.

Kecepatan pengelasan yang tinggi 400 mm/menit, pada arus las yang rendah (90A) menghasilkan kekuatan tarik 62.95 kg/mm<sup>2</sup>. Hasil pengujian kekuatan tarik yang rendah dan yang tinggi menghasilkan struktur mikro dendrite kolumnar dan mempunyai banyak perbedaan pertumbuhan butir pada daerah terpengaruh panas (HAZ), dimana terdapat bentuk struktur dendrite yang halus dengan kekuatan tarik yang tinggi dan pertumbuhan butir yang lambat dan karbida krom dapat saja terjadi pada semua kondisi.

Pengelasan *gas metal arc welding* (GMAW) merupakan salah satu jenis proses pengelasan yang penting dan banyak digunakan secara manual atau semi otomatis maupun robot [Jesper S. Thomsen, 2005]. Pengelasan *gas metal arc welding* (GMAW) banyak digunakan pada baja tahan karat austenitik AISI 316L di bidang konstruksi dan komponen.

Banyak kendala dalam pengelasan baja tahan karat austenitik diantaranya terjadinya distorsi dan tegangan sisa, dimana sifat muai baja tahan karat yang lebih besar dibandingkan dengan baja karbon. Masalah lainnya dalam pengelasan baja tahan karat austenitik *AISI 316L* pada daerah fusi akan berkurangnya kadar krom karena terbentuk krom oksida pada daerah fusi dan krom karbida (*precipitate*) diantara batas butir fasa austenit [Wiryo Sumarto dan Okumura, 2000].

Dalam pengelasan baja tahan karat austenitik bagaimana memberikan kondisi bebas retak pada lasan dan menjaga lasan maupun daerah terpengaruh panas (*HAZ*) memiliki sifat ketahanan korosi mendekati sama dengan logam dasarnya, melalui pemilihan kawat elektroda (*filler*), masukan panas dan menjaga prosentase delta ferit pada daerah lasan serta dapat meningkatkan sifat ketahanan korosi [Reny Indraswari, 2010].

Penelitian ini dilakukan untuk mengidentifikasi pengaruh variasi kecepatan pengelasan *GMAW* baja tahan karat austenitik *AISI 316L* terhadap struktur mikro dan sifat mekanik pada sambungan las dan diharapkan menghasilkan solusi alternatif yang bisa diaplikasikan di bidang pengelasan konstruksi dan komponen baja tahan karat austenitik.

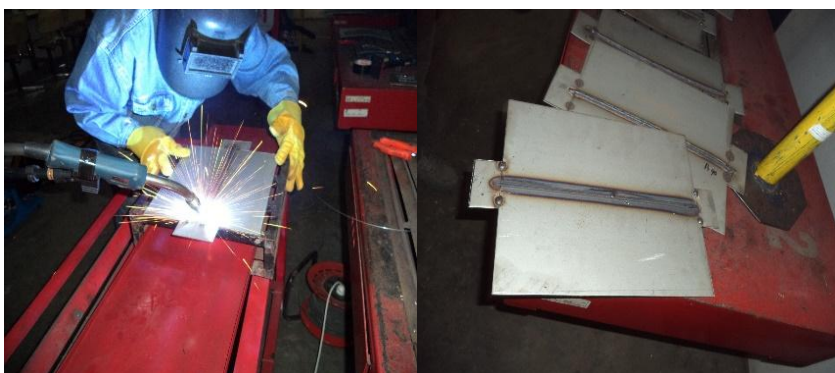
## 2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan baja tahan karat *AISI 316L* dengan dimensi 300 mm x 250 mm dengan ketebalan 3,0 mm. Pada pengelasan *GMAW* menggunakan gas argon murni *UHP* 99,99% sebagai gas pelindung. Variasi kecepatan pengelasan dan penggunaan arus las (*ampere*) pada pengelasan *GMAW* secara semiotomatis pelat baja tahan karat austenitik *AISI 316L*. Kawat elektroda yang digunakan baja tahan karat austenitik *AWS A.5,9 ER308L* dengan diameter 0,8 mm, dengan komposisi kimia bahan baja tahan karat austenitik *AISI 316L* dan kawat pejal elektroda *AWS.A.5,9 ER308L* seperti ditunjukkan pada tabel dibawah ini.

**Tabel 1. Komposisi kimia baja tahan karat austenitik *AISI 316L* dan kawat pejal elektroda [Polman, 2014 dan [www.carttech.com](http://www.carttech.com)]**

Material	% C	% Cr	% Ni	% Mo	% Si	% P	% S	% Mn	% Fe
<i>AISI -316L</i>	0,022	17,50	10,01	2,09	0,47	0,04	0,008	1,89	67,29
<i>ER - 308L</i>	0,022	20,2	9,2	0,03	0,44	0,02	0,02	1,6	-

Proses pengelasan dilakukan menggunakan parameter las seperti: polaritas arus las *direct current electrode positive (DCEP)* dengan kecepatan pengelasan bervariasi 175 mm/menit, 190 mm/menit dan 205 mm/menit, dengan arus las yang juga bervariasi yaitu 140 Ampere.



**Gambar 1. Proses pengelasan *GMAW* semiotomatis**

Pengelasan *GMAW* dilakukan secara semiotomatis dengan acuan pada *welding procedure specification (WPS)* yang terdiri dari variabel tetap dan variabel tidak tetap seperti ditunjukkan pada tabel 1. berikut ini.

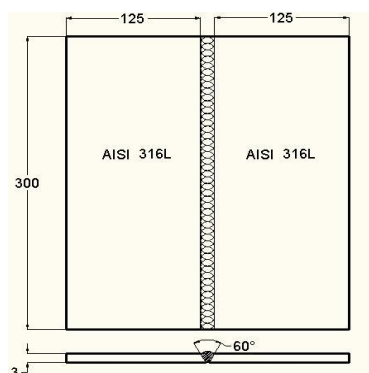
Gambar 2. Ampere dan *Voltage* pengelasan GMAW

Tabel 1. Parameter pengelasan GMAW

Parameter dan Jenis Proses pengelasan	
Proses Las	<i>Gas Metal Arc Welding (GMAW)</i>
Elektroda	<i>Solid Wire AWS A.5,9 ER308L</i>
Logam Induk	Baja Tahan Karat Austenitik AISI 316L
Polaritas Arus Las	DCEP
Arus Las	140A
Kecepatan pengelasan ( <i>welding speed</i> )	175 mm/min /195mm/min /205 mm/min
Proses pengelasan	Semi otomatis
Tekanan Gas l/min	12
Mode perpindahan logam cair	<i>Short circuit metal transfer</i>
Diameter kawat elektroda	0,8 mm
Jenis Sambungan Las	Sambungan V ( <i>butt weld V joint</i> )
Alur proses pengelasan	<i>Single pass /Single Layer/ stringer</i>
Ukuran pelat baja tahan karat AISI 316L	250 mm x 300 mm x 3 mm
<i>Voltage</i>	20.1 V
<i>Wire Feed Rate</i>	2,0 m/menit
<i>CTWD</i>	19 - 22 mm

Penelitian ini dilakukan menggunakan pengelasan gas metal arc welding (GMAW) dengan metoda perpindahan logam cair *short circuit metal transfer*, dengan variasi kecepatan pengelasan 175 mm/menit, 190 mm/menit, 205 mm/menit dan arus las 140 A.

Sambungan *butt joint* baja tahan karat austenitik AISI 316L dibuat V – groove dengan ketebalan pelat 3,0 mm, dengan alur pengelasan satu alur (*single pass*), seperti ditunjukkan pada gambar 3 dibawah ini.

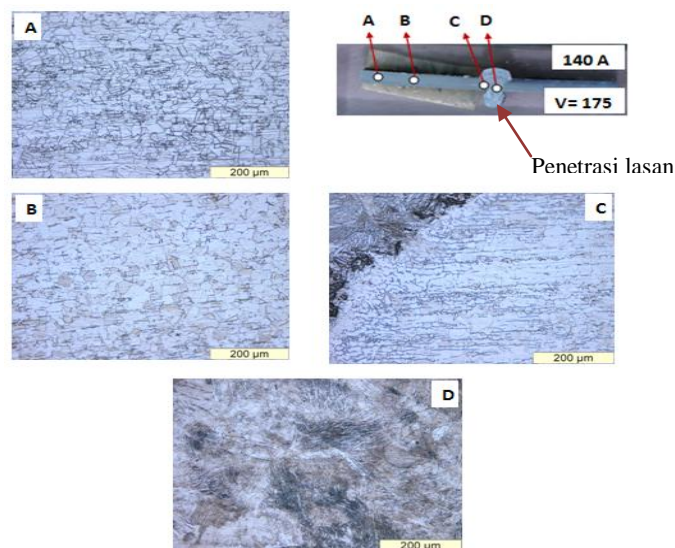


Gambar 3. Sambungan Las

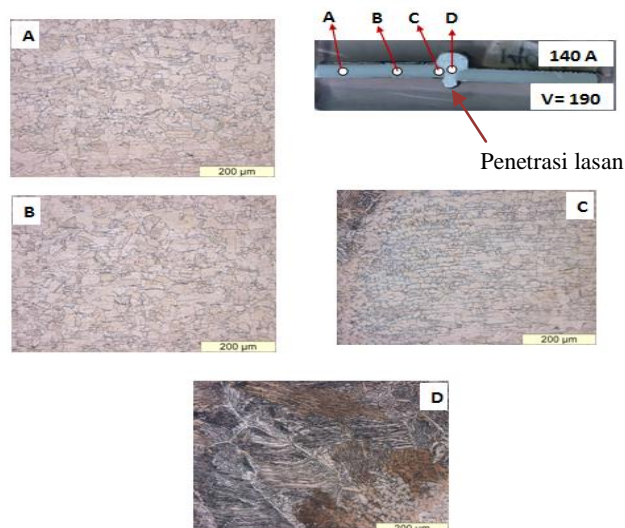
Pengujian hasil las dilakukan setelah terlebih dahulu dilakukan pemeriksaan makro seperti pengujian *dyepenetrant* dan hasil las yang bebas dari cacat las (*welding defect*) dilakukan beberapa pengujian diantaranya pengujian kekerasan mikro *vickers*, dan pemeriksaan struktur logam induk dan daerah terpengaruh panas (*HAZ*), daerah fusi las dan pengujian komposisi kimia logam induk.

### 3.HASIL DAN PEMBAHASAN

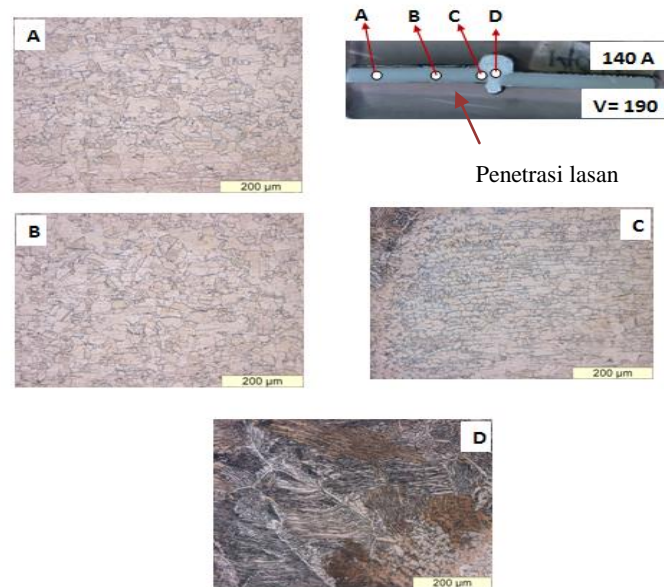
Hasil pemeriksaan struktur mikro pada daerah terpengaruh panas (*HAZ*) menunjukkan adanya beberapa perbedaan fasa dan besar butir pada daerah fusi (*fusion line*) dan daerah logam las, serta daerah *HAZ*, serta tidak terdapat pengendapan karbida krom pada batas butir pada pengelasan baja tahan karat austenitik AISI 316L. Pada gambar dibawah ini ditunjukkan beberapa fasa yang terjadi pada kecepatan pengelasan yang bervariasi yaitu 175 mm/menit, 195 mm/menit dan 205 mm/menit. Pada kecepatan pengelasan yang rendah terlihat pada struktur makro penetrasi hasil las lebih besar, apabila dibandingkan dengan penetrasi hasil las pada kecepatan yang tinggi yaitu 205 mm/menit.



**Gambar 4. Struktur mikro pada kecepatan pengelasan 175 mm/menit**



**Gambar 5. Struktur mikro pada kecepatan pengelasan 190 mm/menit**



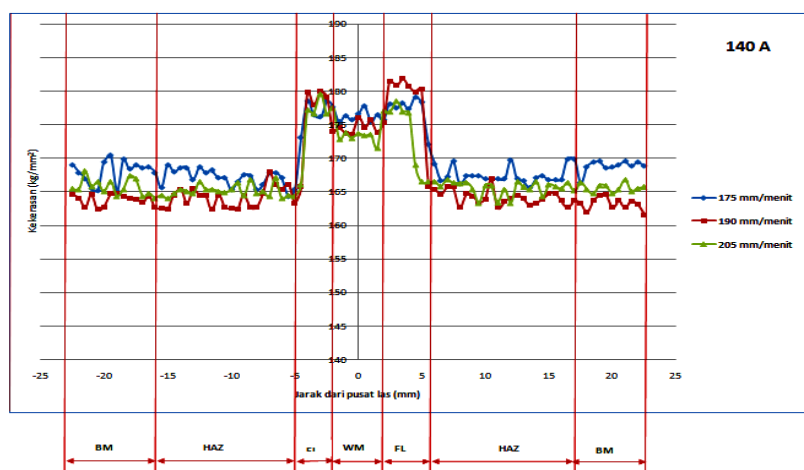
- A = Struktur mikro logam induk  
 B = Struktur mikro daerah terpengaruh panas  
 C = Struktur mikro daerah fusi  
 D = Struktur mikro logam las

**Gambar 6. Struktur mikro pada kecepatan pengelasan 205 mm/menit**

Pengaruh variasi kecepatan pengelasan terhadap struktur mikro yang terjadi dan sifat mekanik pada daerah terpengaruh panas (HAZ) sangat dipengaruhi oleh panas masukan pada daerah sambungan las, terutama pada daerah fusi yaitu batas antara daerah HAZ dan logam las.

Nilai kekerasan mikro vickers yang paling tinggi terjadi pada daerah fusi 182 HV dengan kecepatan pengelasan 190 mm/menit, dan yang terendah 165 HV pada kecepatan pengelasan yang sama yaitu 190 mm/menit, hal menunjukkan tidak terdapat banyak perubahan kecuali pada daerah fusi las yang menunjukkan nilai kekerasan naik.

Untuk kecepatan pengelasan 175 mm/menit dihasilkan kekerasan pada daerah fusi sebesar 179 HV dan untuk kecepatan pengelasan tertinggi 205 mm/menit dihasilkan kekerasan mikro vickers 177 HV, sehingga kecepatan pengelasan yang sesuai untuk pengelasan baja tahan karat austenitik AISI 316L tebal 3,0 mm, dengan proses pengelasan *gas metal arc welding* (GMAW) secara semiotomatis adalah sebesar 205 mm/menit, dengan *ampere* 140 A pada voltase 20,1 Volt.



**Gambar 7. Hasil pengujian mikro vickers pada daerah HAZ**



Sedangkan tembusan hasil pengelasan pada kecepatan yang berbeda menunjukkan pada kecepatan pengelasan 205 mm/menit, tembusan hasil las relatif lebih besar apabila dibandingkan dengan kecepatan pengelasan 190 mm/menit dan 205 mm/menit, yang menghasilkan tembusan hasil las yang relatif sama.

#### **4.KESIMPULAN**

4.1 Variasi kecepatan pengelasan sangat berpengaruh terhadap masukan panas pada daerah sambungan las dan struktur mikro yang terjadi pada daerah HAZ dan hampir tidak terdapat endapan karbida krom pada batas butir dan logam las.

4.2 Pada daerah fusi (*fusion line*) atau FL yang tidak terlalu lebar nilai kekerasan naik, hal ini menunjukkan konsistensi terhadap struktur mikro dengan butir lebih halus dibandingkan dengan daerah logam las dan logam induk.

4.3 Kekerasan mikro vickers daerah terpengaruh panas (HAZ) dan logam induk mendekati sama dengan logam induk, hal ini sangat dipengaruhi oleh panas masukan yang hampir sama untuk pengelasan semiotomatis bila dibandingkan dengan pengelasan manual, serta tidak banyak terjadi perubahan transformasi fasa pada daerah HAZ dibandingkan dengan daerah fusi.

#### **DAFTAR PUSTAKA**

- Atanda, P., Fatudimu, A., and Oluwole, O., (2010), *Sensitisation Study of Normalized 316L Stainless Steel*, Material Science and Engineering Department Obafemi Awolowo University, Ile-Ife, Nigeria, Vol 9.No.1, pp. 13-23.
- Alloy Data, [www.carttech.com](http://www.carttech.com)
- Jesper, S. Thomsen, (2006), *Control of Pulsed Gas Metal Arc Welding*, Department of Control Engineering, Institute of electrical systems, Aalborg University, Aalborg Denmark, Vol.1 No.2, pp. 115-125.
- Nansaarn, S., Chaisang, C., (2007), *Influence of Parameters of Gas Metal Arc Welding on Macrostructures and Mechanical Properties of Austenitic Stainless Steels.*, Departement of Production Technology Education., King Mongkut University of technology Thonburi 126 Pracha-u-tid Rd., Bangmond, Troong-kru, Bangkok 10140, Thailand
- Rati Saluja, Moeed, K.M., (July 2012), *Modeling and Experimental Validation of 316L PM<sup>TM</sup> Steel under Dry Environment using Self Adapting Response Surface Methodology*, Mechanical Engineering Department, Goel Institute of Technology & Management, Lucknow, UP, India, Issue 2, Vol.5
- Wiryosumarto, H., Okumura, T (2000), *Teknologi Pengelasan Logam*, Jakarta Pradnya Paramita
- Reny Indraswari. Tesis, H.S., (2010), *Pengaruh hasil pengelasan SMAW dan GTAW terhadap perilaku korosi stainless steel 316L*, Teknik Metalurgi dan Material, Universitas Indonesia.