

## PENGARUH ARUS LISTRIK DAN *FILLER* PENGELASAN LOGAM BERBEDA BAJA KARBON RENDAH (ST 37) DENGAN BAJA TAHAN KARAT (AISI 316L) TERHADAP SIFAT MEKANIS DAN STRUKTUR MIKRO

Bambang Teguh Baroto<sup>1\*</sup>, Petrus Heru Sudargo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jurusan Teknik Mesin, Akademi Teknologi Warga Surakarta  
Jl Raya Solo Baki KM 2 Kwarasan Baki Sukoharjo.

\*Email: petrusatw@yahoo.com

### Abstrak

*Pertumbuhan dan Perkembangan teknologi di bidang konstruksi yang semakin maju dan pesat, tidak dapat dipisahkan dari proses penyambungan logam yang sejenis atau penyambungan logam tak sejenis.. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pengelasan logam berbeda dengan variasi arus dan filler pada sambungan las (dissimilar metal welding) antara baja karbon ST 37 dengan baja tahan karat AISI 316L. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental yaitu baja karbon ST 37 disambung dengan baja AISI 316L menggunakan mesin las GMAW dengan filer metal ER308 L dan ER70S, arus 60 A dan 90 A. Jenis sambungan yang digunakan adalah sambungan tumpul dengan kampuh I tunggal dengan ukuran specimen sesuai standar JIS Z2202. Selanjutnya dilakukan pengujian meliputi pengujian tarik, kekerasan dan struktur mikro. Hasil penelitian menunjukkan bahwa arus las berpengaruh terhadap kekuatan tarik pengelasan GMAW. Kekuatan tarik tertinggi pada pengelasan GMAW sebesar 330 MPa dengan arus 90 A, dan kekuatan tarik terendah 275 MPa pada arus 60 A.. Kekerasan pengelasan GMAW tertinggi pada arus 90 A dan kekerasan terendah pada arus 60 A. Struktur mikro yang terjadi pada arus 60 A didominasi oleh struktur ferit, sementara pada arus 90 A struktur yang terbentuk adalah perlit yang berwarna gelap.*

**Kata Kunci:** Pengelasan Berbeda, GMAW, Variasi Arus, Struktur Mikro

### 1. PENDAHULUAN

Seiring dengan perkembangan teknologi di bidang konstruksi, pengelasan merupakan bagian yang tidak terpisahkan dari pertumbuhan dan peningkatan industri, karena mempunyai peranan yang sangat penting dalam rekayasa dan reparasi produksi logam. Hampir pada setiap pembangunan suatu konstruksi dengan logam melibatkan unsur pengelasan (Pareke,2014).

Pengelasan tak sejenis adalah suatu proses pengelasan logam yang mempunyai perbedaan sifat fisik, mekanik, termal, dan metalurgi sehingga karakteristik sambungan las antara keduanya perlu diteliti. Salah satu kasus adalah pengelasan antara AISI 316L dan baja karbon rendah akan menghasilkan perbedaan struktur mikro dan sifat mekanik pada daerah sambungannya. Pengontrolan struktur mikro daerah lasan (*Weld Zone*) khususnya saat *root pass* sangat penting karena bisa terbentuk fasa campuran austenit, ferit, dan martensit (Lippold, 2005).

Salah satu jenis pengelasan yang banyak dipakai untuk mengelas baja karbon dan AISI 316L adalah *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). GMAW merupakan las busur gas yang menggunakan kawat las sekaligus sebagai elektroda. Elektroda tersebut berupa gulungan kawat (rol) yang gerakannya diatur oleh motor listrik. Las ini menggunakan gas mulia dan gas CO<sub>2</sub> sebagai pelindung busur dan logam yang mencair dari pengaruh atmosfer. Besarnya arus listrik pengelasan dan penggunaan kawat las (filler) adalah contoh dari parameter pengelasan yang dapat mempengaruhi hasil pengelasan baja karbon dan AISI 316L. Makin tinggi arus listrik yang digunakan dalam pengelasan, makin tinggi pulapenembusan (penetrasi) serta kecepatan pencairan. Arus listrik yang besar juga dapat memperkecil percikan butiran dan meningkatkan penguatan manik. Tetapi dengan tingginya arus listrik maka akan memperlebar daerah HAZ (Nasrul, 2016).

Pada pengelasan selalu akan terjadi proses thermal yang dapat ditunjukkan dengan terjadinya perubahan struktur mikro pada daerah HAZ (*Heat Affected Zone*), daerah panas ini dipengaruhi oleh jenis material, input panas, dan kecepatan

pendinginan. Kecepatan pendinginan seluruh permukaan terjadi tidak seragam, hal ini disebabkan karena pemberian panas terjadi hanya pada salah satu sisi saja, sehingga terjadi tegangan sisa pada daerah las.

Pengembangan yang terjadi akibat pemanasan setempat pada baja karbon dan AISI 316L dengan ukuran yang relatif besar akan terhalang, Hal ini disebabkan oleh panas yang terserap oleh material sehingga jangkauan panas semakin pendek. Besarnya tegangan yang terjadi pada proses pengelasan tergantung pada jenis pengelasan, jenis material, proses pengelasan, dan proses pendinginan (Nurhidayat, 2012).

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh *filler* dan arus listrik terhadap sifat fisik-mekanik hasil pengelasan. Sifat fisik yang diteliti adalah struktur mikro sedangkan sifat mekanik yang diteliti adalah kekuatan tarik dan kekerasan pada masing-masing daerah logaminduk, daerah HAZ, daerah batas las, dan daerah lasan.

Proses pengelasan adalah proses penyambungan dua buah atau lebih material logam menjadi satu kesatuan dengan adanya energi panas (Wiriosumarto,2004). Energi panas yangdigunakan untuk mencairkan logam pada proses pengelasan dapat berasal dari pembakaran gas, sinar elektron, gesekan, gelombang ultrasonik, tahanan listrik, atau busur listrik. Baja karbon rendah dapat dilas dengan semua cara pengelasan. Sifat mampu las dari baja berbeda-beda tergantung dari kualitas komposisi kimia dan sifat-sifat mekanik lainnya. Sifat mampu las ini sangat penting untuk diketahui karena akan menentukan sifat-sifat mekanik dan konstruksi yang akan dibuat. Dalam las GMAW, kawat las pengisi yang juga berfungsi sebagai elektroda diumpankan secara terus-menerus. Busur listrik terjadi antara kawat pengisi dan logam induk (Pareke,2014).

Baja Karbon Rendah (*Low Carbon Steel*) bersifat lunak, kekuatan relatif rendah, tetapi keuletannya tinggi atau sering disebut baja lunak (*Mild Steel*) dengan kandungan karbon kurang dari 0,3%. Baja karbon rendah sangat luas penggunaannya sebagai baja konstruksi, rangka kendaraan, mur, baut, pipa, tangki minyak, dan lain-lain karena memiliki sifat pengerjaan yang baik seperti sifat keuletan, sifat mampu tempa, kelunakan, dan mampu mesin yang baik. Dengan keadaan tersebut baja karbon rendah sangat baik sekali untuk disambung dengan proses pengelasan (Wiriosumarto, 2004).

Baja karbon memiliki sifat mampu las yang baik. Baja jenis ini dapat dilas dengan semua cara pengelasan yang ada di dalam praktek dan hasilnya akan baik bila persiapan dan semua persyaratannya terpenuhi. Baja karbon memiliki kepekaan retak las yang rendah bila dibandingkan dengan baja karbon lainnya atau baja paduan. Retak las pada baja dapat terjadi dengan mudah pada pengelasan pelat atau bila di dalam baja tersebut terkandung belerang bebas yang cukup tinggi (Purnama, 2015).

**2.METODOLOGI**

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah Baja karbon ST 37 dan AISI 316L dengan komposisi kimia sesuai Tabel 1.

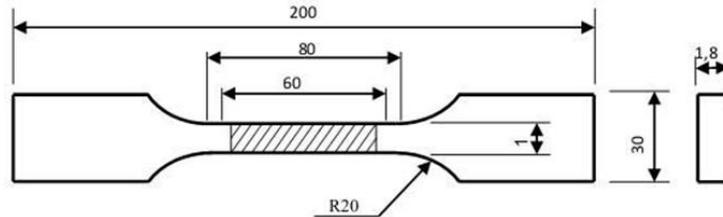
**Tabel 1. Komposisi Kimia Baja Karbon ST 37 dan AISI 316L**

	E	C	l						
	lement		n	r	i	u	i		
W	S	0	C						
eight %	T 37	.15-0.2	.04	.05	.6-0.9	.072	.134	.027	.067
W	3	0	2						
eight %	16 L	.03	.045	.03	.0	6-18	0-14	.03	.75

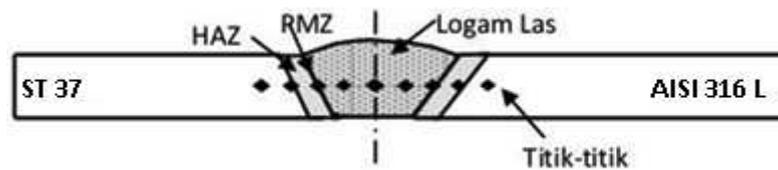
Baja karbon ST 37 dan Baja tahan karat AISI 316L tebal 1,8 mm di las. Dengan mesin las GMAW (*Gas Metal Arc Welding* ) dengan *filler* ER 308 L dengan variasi arus 60 A serta 90 A dan ER 70 S dengan variasi arus 60 A serta 90 A.

Bentuk spesimen yang dilas berukuran panjang 200 mm dan lebar 30 mm. Pembuatan spesimen uji tarik sesuai dengan standar JIS Z2202 dengan dimensi

seperti yang terlihat pada Gambar 1. dan masing-masing dilakukan uji *micro hardness* dan *micro structure. Cutting*, yaitu prosedur proses pemotongan sampel dan menentukan teknik pemotongan yang tepat dalam pengambilan *sampel metalografi* sehingga didapat benda uji yang representatif. Spesimen dipotong menggunakan gergaji manual sesuai ukuran yang telah ditetapkan.



Gambar 1. Spesimen uji tarik standar JIS Z2202



Gambar 2. Titik-titik pengujian kekerasan mikro

Uji kekerasan dilakukan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada logam las, daerah cair sebagian (*partially melted zone*), daerah terpengaruh panas (HAZ), dan logam dasar. Pengujian kekerasan dilakukan pada arah *horizontal*, seperti terlihat pada gambar 2.

Pengujian kekerasan dilakukan dengan mesin uji kekerasan mikro Vickers (*Vickers micro hardness tester*). Jarak antar titik pengujian adalah 1 mm. Garis tengah logam las (*weld metal*) dijadikan sebagai titik acuan (titik nol) dalam penentuan titik-titik pengujian.

Pengamatan struktur mikro dan makro dilakukan dengan alat yang sama yaitu dengan mikroskop logam optik. Pengamatan struktur mikro fokus pengamatan adalah distribusi perubahan struktur mikro pada tiap-tiap bagian sebagai akibat adanya siklus termal selama pengelasan. Metalografi dilakukan untuk melihat terjadinya perubahan struktur mikro pada objek penelitian sebagai akibat dari proses-proses eksperimen yang telah diterimanya. Pada spesimen las metalografi yang diamati adalah pada parent metal, daerah HAZ, dan weld metalnya.

### 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 3.1. Foto Struktur Mikro

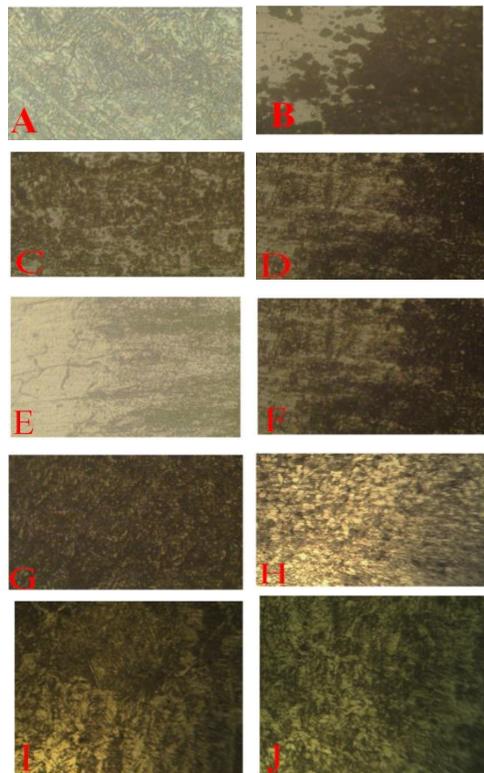
Hasil pengujian mikrostruktur memperlihatkan terjadinya perbedaan jenis/ukuran struktur mikro dan fasa yang terbentuk dan dinyatakan dengan warna kontras, terutama antara logam las (manik-manik) dengan daerah pengaruh panas sangat jelas perbedaannya yang dipisahkan pada batas las. Ukuran butir terbesar adalah pada manik-manik las kemudian berubah semakin halus setelah melewati batas las masuk kedalam HAZ dan kemudian logam induk.

Mikrostruktur dari baja karbon rendah dan AISI 316L dapat terlihat bahwa struktur dasar pada logam induk untuk semua jenis kampuh adalah *austenit* dan *delta ferit*. Hal ini dikarenakan daerah base metal merupakan suatu daerah yang tidak menerima distribusi panas sehingga struktur yang terbentuk relatif sama, dimana austenit ditunjukkan pada penampakan bagian yang putih terang, sedangkan ferit ditampakkan dengan bagian yang lebih gelap. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 3.

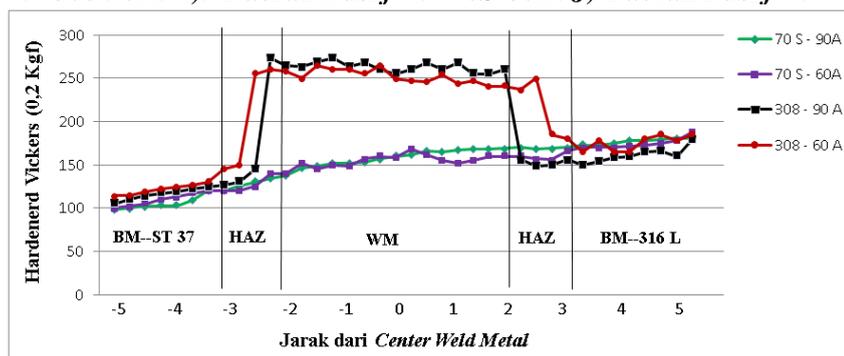
### 3.2. Hasil Uji Kekerasan

Hasil uji kekerasan mikro terlihat adanya perbedaan kekerasan antara baja karbon dan AISI 316L. Ini disebabkan karena adanya pemanasan setempat, beda laju pendinginan, dan karakteristik kedua material tersebut. Sementara uji kekerasan raw material baja karbon adalah 95 VHN dan kekerasan mikro raw material baja tahan karat AISI 316L adalah 200 VHN.

Dari hasil uji kekerasan diketahui bahwa nilai kekerasan tertinggi diperoleh pada daerah WM untuk filler ER 70 S dengan arus 90 A dan nilai kekerasan terendah diperoleh pada daerah *base metal* pada baja karbon ST 37. Pada Gambar 5 terlihat distribusi kekerasan untuk filler ER 308 L dari *base metal*, HAZ, dan *weld zone* relatif homogen. Hasil sesuai dengan yang dipersyaratkan oleh NACE MR0715 dimana kekerasan pada semua daerah tidak boleh melebihi 250 VHN (NACE MR0715, 2001).



**Gambar 3. Struktur Mikro Lasan : A) Baja Karbon. B) AISI 316L. C) Daerah HAZ filler 308-60A. D) Daerah HAZ filler 308-90A. E) Daerah HAZ filler 70S-60A. F) Daerah HAZ filler 70S-90A. G) Daerah Fusi filler 308-60A. H). Daerah Fusi filler 308-90A. I). Daerah Fusi filler 70S-60A. J) Daerah Fusi filler 70S-90A**

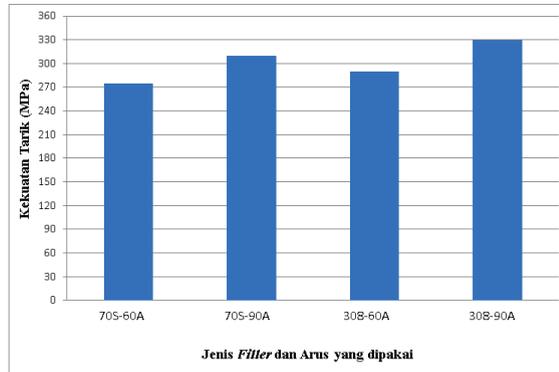


**Gambar 4. Grafik kekerasan mikro**

Kekerasan kedua elektrode ER 308 L dan ER 70 S menunjukkan harga yang sama, yaitu pengelasan tak sejenis dapat dilaksanakan. Dapat dilihat pada data kekerasan dan struktur mikro yang terjadi, di logam induk. Sedang HAZ lebih kasar karena laju pendinginan yang berbeda, dan logam las lebih kasar lagi karena laju pendinginan lebih tinggi dari HAZ, dan logam induk.

**3.3. Hasil uji Tarik**

Dari hasil pengujian tarik, kekuatan tarik baja karbon dan AISI 316L yang dilas dengan menggunakan filler ER 308 L dan ER 70 S dengan arus 60 amper, 90 amper, kekuatan tariknya relatif sama. Hal ini disebabkan karena jumlah logam las yang masuk dalam kampuh akan lebih banyak. Data kekuatan tarik untuk masing – masing filler dan kuat arus listrik bisa dilihat pada Gambar 5.

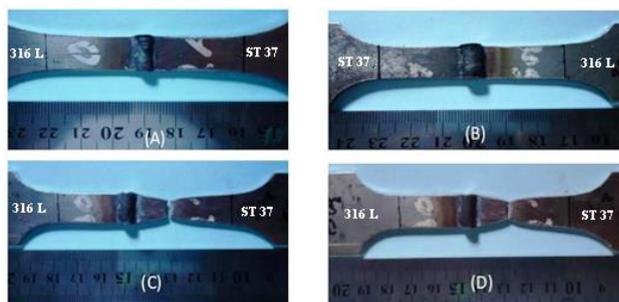


**Gambar 5. Grafik kekuatan tarik**

Dilihat dari kekuatan tariknya pengelasan baja karbon dan AISI 316L dengan menggunakan beberapa arus dan filler hasilnya hampir sama. Kekuatan tarik pada pengelasan sangat tergantung pada metode pengelasan, kuat arus listrik, tekanan gas, dan cara pengelasan. Walaupun dengan filler dan kuat arus yang baik tapi bila pengelasannya kurang baik, maka kualitas hasil lasan akan berkurang.

Dari hasil pengujian tarik maka yang putus adalah di daerah baja karbon, diluar *Weld Metal*, ini menunjukkan bahwa logam AISI 316L dan HAZ lebih kuat dibanding *base metal* baja karbon. Maka pengelasan untuk filler dan kuat arus diatas bisa dikatakan masih dalam keamanan pemakaian untuk pengelasan GMAW. Lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 6.

Hubungan antara struktur mikro dengan harga kekerasan logam memperjelas teori yang menyatakan bahwa butiran logam yang besar mempunyai kekerasan rendah tetapi nilai regangannya besar dan sebaliknya. Hubungan antara struktur mikro dengan kekuatan tarik logam ditunjukkan pada persamaan *Hall-Petch*, dimana semakin besar butiran logam maka kekuatan luluhnya semakin rendah.



**Gambar 6. A) Spesimen sebelum uji tarik dengan filler ER 70 S, arus 90 A., B) Spesimen sebelum uji tarik dengan filler ER 308, arus 90 A., C) Spesimen sesudah uji tarik dengan filler ER 70 S, arus 90 A., D) Spesimen sesudah uji tarik dengan filler ER 308, arus 90 A.**

#### 4. KESIMPULAN

Dari pengujian-pengujian pengelasan tak sejenis antara baja karbon dan baja tahan karat AISI 316L dapat ditarik beberapa kesimpulan :

- (1) Penggunaan *filler* ER 308 L dan ER 70 S berpengaruh pada kekerasan HAZ karena terjadi penggetasan akibat endapan paduan krom.
- (2) Hasil penelitian menunjukkan bahwa sambungan las dengan *filler* ER 308 L dan menggunakan arus sebesar 90 A mempunyai kekuatan tarik tertinggi yaitu 330 MPa, sedangkan sambungan las dengan *filler* ER 70 S dan menggunakan arus sebesar 60 A mempunyai kekuatan tarik terendah yaitu 275 MPa.
- (3) Pengelasan tak sejenis antara baja karbon ST 37 dan baja tahan karat AISI 316L lebih cocok menggunakan *filler metal* ER 308 L daripada ER 70 S. Hal ini dibuktikan dari distribusi kekerasan <250 VHN.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Lippold, Kotecki, 2005, *Welding Metallurgy and Weldability of Stainless Steel*, Wiley Inter Science, Canada
- NACE MR0715, 2001, *General Principles For Selection of Cracking Resistant Materials*, NACE International Standart.
- Nasrul, Yogi L M., Dkk.,2016, *Pengaruh Variasi Arus Las Smaw Terhadap Kekerasan Dan Kekuatan Tarik Sambungan Dissimilar Stainless Steel 304 Dan St 37*, Jurnal Teknik Mesin. Vol 24. No. 1, Universitas Negeri Malang.
- Nurhidayat, Achmad. 2012. *Pengaruh Metode Pendinginan pada Perlakuan Panas Pasca Pengelasan terhadap Karakteristik Sambungan Las Logam Berbeda antara Baja Karbon Rendah ASTM A36 dengan Baja Tahan Karat Austenitik AISI 304*. POLITEKNO-SAINS. Vol. 11 No. 1. Universitas Surakarta.
- Parekke, Simon. 2014. *Pengaruh Pengelas-an Logam Berbeda (AISI 1045) De-ngan (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis dan Struktur Mikro*. Jurnal Sains & Teknologi . Vol.3 No.2 Desember. Universitas Hasanuddin.
- Purnama, Dewin., Dkk, 2015, *Analisa Kekuatan Mekanik Pada Material Aisi 4340 Terhadap Welding Repair Dengan Metode Smaw*, POLINES National Engineering Seminar Vol 3, No.2, Nopember. Politeknik Negeri Jakarta.
- Surdia T., dan Saito S., 2000, *Pengetahuan Bahan Teknik*, edisi III, PT.Pradnya paramita, Jakarta.