

# Pengaruh Variasi Arus terhadap Sifat Mekanik Sambungan Las GMAW Material Tidak Sejenis ASS 304L dengan AISI 1015

Padli Fadilah<sup>1</sup>, Riswanda<sup>2</sup>, Harlian Kadir<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Mahasiswa Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : padli.fadilah.pmf17@polban.ac.id

<sup>2</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : riswanda@polban.ac.id

<sup>3</sup>Dosen Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

E-mail : harliankadir@yahoo.com

## ABSTRAK

Pengelasan logam tidak sejenis (*dissimilar metal welding*) banyak digunakan seiring dengan perkembangan teknologi pada bidang konstruksi. Dalam rangka pengembangan penelitian terhadap bidang tersebut, dilakukan pengelasan logam tidak sejenis ASS 304L dengan baja karbon AISI 1015. Pengelasan GMAW dilakukan pada spesimen ukuran 300 x 125 mm ketebalan plat 3 mm dengan gas pelindung CO<sub>2</sub>. Jenis kawat las yang digunakan adalah ER70S-6 dengan melakukan variasi arus 100 A, 110 A, dan 120 A, pada tegangan dan kecepatan pengelasan yang konstan. Sambungan yang digunakan pada pengelasan ini adalah jenis sambungan tumpul. Pengujian mekanik yang dilakukan yaitu uji tarik dan uji kekerasan serta pengamatan struktur makro pada daerah terpengaruh las, logam las, dan logam induk. Pengamatan visual menunjukkan arus 120 A menghasilkan *face* dan *root* yang lebih stabil dibanding arus lainnya. Hasil uji tarik menunjukkan peningkatan kekuatan tarik maupun kekuatan luluh untuk tiap kenaikan arus, kekuatan tarik dan kekuatan luluh terbesar yaitu pada arus 120 A sebesar 374.86 MPa dan 315.67 MPa, sedangkan yang terendah yaitu pada arus 100 A dengan nilai seesar 359.28 MPa dan 303.82 MPa. Distribusi kekerasan secara umum pada daerah logam las relatif lebih tinggi dibandingkan daerah terpengaruh panas maupun logam induk.

## Kata Kunci

AISI 1015, ASS 304L, Dissimilar metal, GMAW, Arus las

## 1. PENDAHULUAN

Perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi yang semakin maju menjadikan inovasi & terobosan baru sebagai hal yang perlu diterapkan pada bidang konstruksi yang erat kaitannya dengan penyambungan logam guna memenuhi tuntutan dan kriteria yang diinginkan. Salah satu perkembangan tersebut yaitu melakukan penyambungan logam tidak sejenis melalui proses pengelasan. Pengelasan logam tidak sejenis (*dissimilar metal welding*) yang dilakukan untuk menyambungkan baja tahan karat dengan baja karbon perlu memperhatikan perbedaan mendasar antara sifat kedua logam induk, seperti perbedaan sifat fisika, kimia, dan mekanik sehingga dapat menghasilkan sambungan seperti yang diharapkan [1,2]. *Austenitic stainless steel* (ASS) 304L merupakan jenis material yang terdiri dari elemen nikel (Ni) dan krom (Cr) memiliki sifat tahan terhadap korosi sehingga sering digunakan untuk sambungan logam menggunakan proses pengelasan.

ASS 304L cocok diaplikasikan untuk wadah cairan seperti tangki sehingga banyak digunakan pada industri pertambangan maupun kimia [3]. AISI 1015 adalah baja yang mempunyai kandungan karbon dibawah 0.25% dan termasuk golongan baja karbon rendah. Baja jenis ini banyak diaplikasikan untuk komponen konstruksi maupun pada kendaraan bermotor karena memiliki mampu bentuk yang baik.

Namun terdapat permasalahan yang timbul akibat pengelasan logam tidak sejenis yaitu adanya perbedaan titik lebur, koefisien muai, hingga sifat mekanis. Maka pengelasan kedua logam yang berbeda memerlukan suatu prosedur pengelasan yang baik agar didapat mutu las yang maksimal [4]. Parameter pengelasan memiliki peran yang penting terhadap kualitas hasil yang ingin dicapai. Salah satu parameter tersebut yaitu arus karena berhubungan dengan penetrasi las, kampuh yang terbentuk, serta perubahan struktur akibat pemanasan dan pendinginan yang mempengaruhi kekuatan bahan lasan pada sambungan. Besarnya masukan arus juga mempengaruhi struktur atom pada daerah lasan karena semakin panas saat proses pengelasan akan menimbulkan suatu proses rekristalisasi yaitu terbentuknya butir-butir pada daerah pengaruh panas yang dikenal dengan istilah HAZ (*Heat Affected Zone*). Jika butiran ini semakin membesar akan menurunkan kualitas dan kekuatan sambungan las [5].

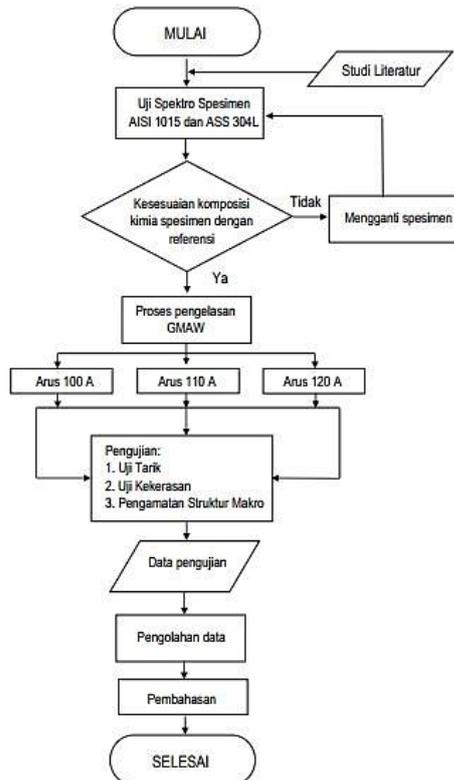
Pada penelitian ini dibahas mengenai pengaruh variasi arus sambungan las material tidak sejenis antara baja tahan karat ASS 304L dengan baja karbon rendah AISI 1015 terhadap sifat mekaniknya pada proses pengelasan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*) menggunakan gas pelindung CO<sub>2</sub> atau dikenal dengan istilah MAG (*Metal Active Gas*) sehingga didapat parameter pengelasan yang optimal.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

GMAW merupakan salah satu proses pengelasan yang pemanasan logamnya terjadi akibat terbentuknya busur listrik diantara permukaan logam benda kerja dengan ujung kawat las (*wire*). Penggunaan gas pelindung pada GMAW berfungsi untuk melindungi busur las dari kontak langsung dengan udara luar pada saat proses pengelasan sehingga tidak ada benda asing yang masuk ke area logam las yang dapat menyebabkan kontaminasi. Gas pelindung karbon dioksida (CO<sub>2</sub>) biasa diaplikasikan untuk pengelasan bahan logam atau baja karbon rendah [6] sehingga cocok untuk digunakan pada material yang tipis, selain itu gas ini menjadi pilihan karena harganya yang relatif murah dibanding gas mulia. Pengelasan logam tidak sejenis perlu memperhatikan sifat-sifat dasar kedua logam induk, seperti sifat kimia, mekanik, dan fisika. Sehingga diperlukan parameter pengelasan yang tepat untuk mendapat hasil yang optimal. Parameter pengelasan memiliki peran penting terhadap hasil las, salah satu parameter tersebut yaitu arus karena berpengaruh pada penetrasi logam las, bentuk manik, lebar HAZ dan dilusi [7]. Baja tahan karat austenitik memiliki komposisi kimia 16 - 26% Cr, 0.75 - 19% Mn, 1 - 40% Ni, dan 0.03 - 0.35% C [8]. Baja karbon rendah AISI 1015 memiliki komposisi kimia dengan 99.13 - 99.57% Fe, 0.13 - 0.18% C, 0.3 - 0.6% Mn, ≤0.050% S dan ≤0.040% P.

## 3. METODE PENELITIAN

### 3.1 Diagram Alir Penelitian



Gambar 1. Diagram alir penelitian

### 3.2 Uji Komposisi Kimia

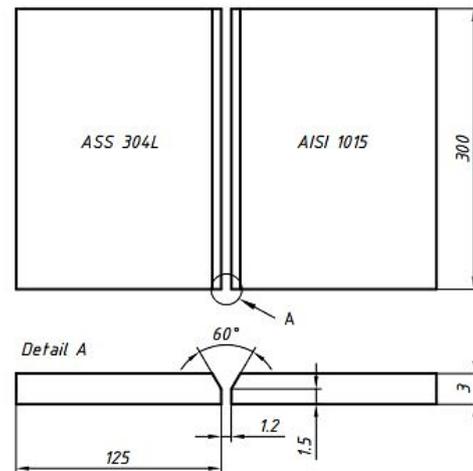
Uji komposisi kimia spesimen dilakukan menggunakan metode spektroskopi emisi optik mesin *ARL 3460* dengan tujuan untuk memastikan kesesuaian antara kandungan komposisi kimia pada spesimen dengan referensi. Tabel 1 menunjukkan komposisi kimia hasil pengujian dari spesimen dan kawat las.

Tabel 1. Komposisi kimia spesimen dan kawat las

	Composition, WT%							
	C	Mn	S	Fe	P	Ni	Si	Cr
AISI 304L (Hasil Pengujian)	0.028	1.469	0.004	18.24	0.028	8.04	0.42	18,24
AISI 1015 (Hasil Pengujian)	0.142	0.454	0.012	99.1	0.015			
	Composition, WT%							
	C	Mn	S	Mo	P	Ni	Si	Cr
Kawat las ER70S-6	0.06- 0.15	1.40 - 1.85	0.035 max	0.15 max	0.025 max	0.15 max	0.80 - 1.15	0.15 max

### 3.3 Pembuatan Spesimen Las

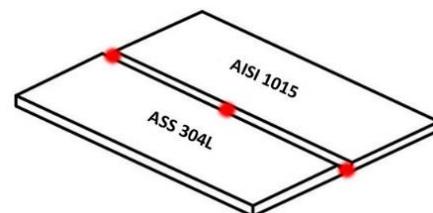
Spesimen las berbentuk pelat dengan ukuran 300 x 125 x 3 mm dibuat sudut kampuh untuk sambungan jenis tumpul (*butt weld*) yang mengacu pada standar DIN EN ISO 9692-1.



Gambar 2. Ukuran sudut kampuh

### 3.4 Proses Pengelasan

Proses pengelasan menggunakan variasi arus 100 A, 110 A, dan 120 A diawali dengan melakukan proses *tack weld* pada spesimen seperti pada Gambar 3.



Gambar 3. Benda kerja las (*tack weld*)

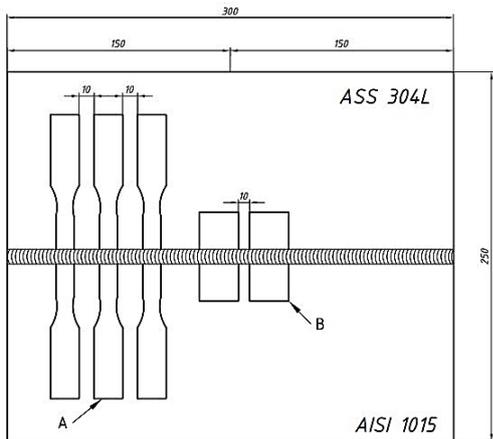
Tack weld dilakukan untuk membuat sambungan sementara berupa titik las seperti ilustrasi berupa titik merah pada Gambar 3 sehingga dapat menahan spesimen agar tidak berubah posisi saat dilakukan proses pengelasan. Parameter pengelasan yang digunakan tertera pada Tabel 2 untuk masing-masing spesimen.

Tabel 2. Parameter pengelasan

Parameter	Spesimen 1	Spesimen 2	Spesimen 3
Arus (A)	100	110	120
Tegangan (V)	20	20	20
Kecepatan Pengelasan (mm/s)	3.5	3.5	3.5
Ukuran Spesimen (mm)	300 x 125 x 3	300 x 125 x 3	300 x 125 x 3
Posisi Las	1G	1G	1G
Gas Pelindung	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>
Polantas	DCRP	DCRP	DCRP
Tipe Kawat Las	ER70S-6	ER70S-6	ER70S-6
Diameter Kawat Las (mm)	1.2	1.2	1.2

### 3.5 Pembuatan Spesimen Uji

Pelat baja karbon rendah dan baja tahan karat yang telah dilas kemudian dipotong menjadi beberapa bagian untuk dibuat menjadi spesimen uji seperti pada Gambar 4.



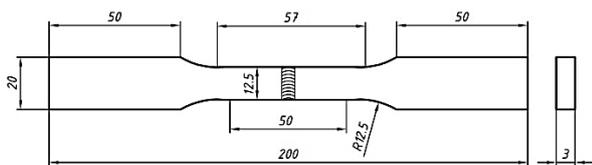
Gambar 4. Layout pemotongan spesimen uji

Keterangan:

A = Spesimen untuk uji tarik

B = Spesimen untuk uji keras dan foto makro

Pelat dipotong sesuai dengan layout seperti pada Gambar 4 untuk masing-masing spesimen uji. Spesimen uji tarik dibuat sesuai dengan standar ASTM E8M dengan ukuran yang ditampilkan Gambar 5.



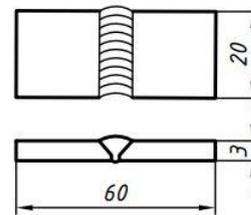
Gambar 5. Ukuran standar ASTM E8M [9]

Pembuatan spesimen uji tarik dilakukan menggunakan mesin sekrup dengan hasil seperti pada Gambar 6.



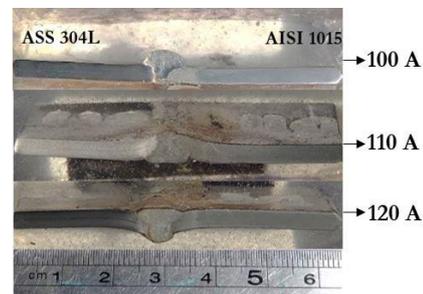
Gambar 6. Spesimen uji tarik

Pemotongan pelat untuk spesimen uji keras dan foto makro dibuat berdasarkan ukuran pada Gambar 7.



Gambar 7. Ukuran spesimen uji keras

Pembuatan spesimen uji keras dan foto makro dilakukan melalui proses amplas dan polishing yang hasilnya ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Struktur makro spesimen

### 3.6 Pengujian Spesimen

Spesimen yang sudah dibuat selanjutnya dilakukan pengujian tarik dan kekerasan.

#### 3.6.1 Uji Tarik

Pengujian kekuatan tarik dilakukan untuk mengetahui informasi kekuatan tarik dari masing-masing spesimen las arus 100 A, 110 A, dan 120 A menggunakan mesin *tokyo koki seizosho 916503*. Hasil uji tarik dalam bentuk data selanjutnya diolah sesuai dengan persamaan 1 dan 2. Persamaan 1 untuk mengetahui tegangan tarik, sedangkan persamaan 2 untuk mengetahui regangan atau penambahan panjang spesimen.

Tegangan Teknik (*Engineering Stress*):

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

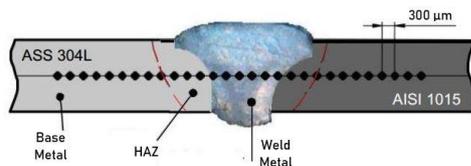
Regangan Teknik (*Engineering Strain*):

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} = \frac{\Delta L}{L_0} \quad (2)$$

### 3.6.2 Uji Keras

Pengujian kekerasan bertujuan untuk mengetahui distribusi kekerasan pada hasil lasan. Pengujian dilakukan pada dua sisi karena seri logam yang berbeda. Daerah uji berada pada logam las (*weld metal*), daerah terpengaruh panas (HAZ), dan logam induk (*base metal*) seperti yang diilustrasikan pada Gambar 9. Metode uji keras yang diterapkan yaitu *micro hardness vickers* dengan pembebanan 200 gf dan jarak antar titik sebesar 300  $\mu\text{m}$  (0.3 mm) menggunakan mesin *mitutoyo HM-122*. Angka kekerasan *micro vickers* dapat dihitung melalui persamaan 3.

$$HV = \frac{2P \sin \frac{\theta}{2}}{d^2} = 1.854 \frac{P}{d^2} \left( \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right) \quad (3)$$



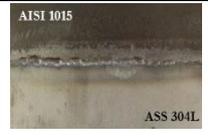
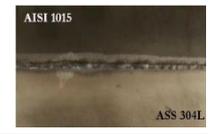
Gambar 9. Metode pengujian kekerasan

## 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

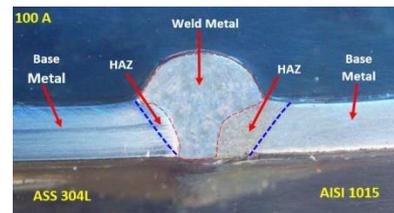
### 4.1 Analisa Struktur Makro

Tabel 3 menunjukkan hasil proses las pada bagian manik-manik muka las (*face*) dan penembusan (*root*). Analisa secara visual menunjukkan perbedaan bentuk dan kondisi dari *face* dan *root* dari masing-masing parameter arus. Hasil lasan pada arus 100 A memiliki *face* yang kecil dan timbul disertai dengan kondisi tali las yang tidak stabil serta bagian *root* yang tidak tembus (*unpenetrations*), indikasi dari hal tersebut disebabkan oleh penggunaan arus yang terlalu kecil sehingga menimbulkan cacat las. Pada arus 110 A menghasilkan kampuh lasan yang masih terlihat timbul dan bentuk rigi-rigi yang belum stabil disertai *root* yang terlihat putus-putus dan belum stabil, indikasi dari hal tersebut juga karena penggunaan arus yang masih kurang besar. Arus 120 A menghasilkan manik-manik las yang terlihat jauh lebih halus dan stabil, begitu pula pada bagian penembusan (*root*) lebih stabil bila dibandingkan dengan arus 100 dan 110 A.

Tabel 3. *Face* dan *root* hasil las

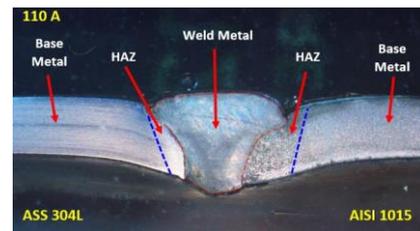
Face	Ampere	Root
	100	
	110	
	120	

Pengamatan secara kasat mata hasil struktur makro spesimen 100 A pada Gambar 10 menunjukkan kampuh yang terlalu timbul dan tidak terjadi penembusan. Hal tersebut disebabkan arus yang terlalu kecil.



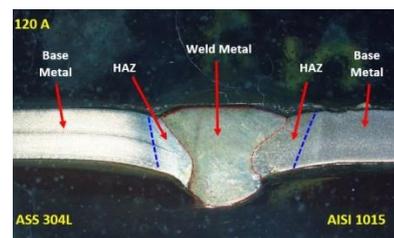
Gambar 10. Struktur makro spesimen 100 A

Daerah *weld metal* untuk spesimen 110 A pada Gambar 11 tampak lebih lebar dan menghasilkan sedikit tembusan pada *root* dibandingkan spesimen 100 A.



Gambar 11. Struktur makro spesimen 110 A

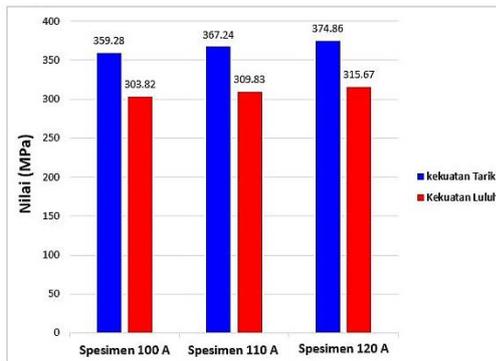
Spesimen 120 A pada Gambar 12 memperlihatkan kampuh yang terbentuk sesuai standar, memperhatikan baik tinggi maupun lebar *face* cukup. Penembusan atau *root* juga menunjukkan hasil yang cukup baik jika dibandingkan dengan arus 100 dan 110 A.



Gambar 12. Struktur makro spesimen 120 A

#### 4.2 Hasil Uji Tarik

Pengujian tarik dilakukan untuk tiap spesimen pada masing-masing variasi arus dengan standar uji yang digunakan yaitu ASTM E8M. Gambar 13 menunjukkan peningkatan kekuatan tarik maupun luluh untuk setiap kenaikan arus. Kekuatan tarik terendah yaitu pada arus 100 A sebesar 359.28 MPa dan kekuatan luluh sebesar 303.82 MPa. Kekuatan tarik dan kekuatan luluh untuk arus 110 A berturut-turut antara lain 367.24 MPa dan 309.83 MPa, sedangkan kekuatan tarik tertinggi yaitu pada arus 120 A sebesar 374.86 MPa dan kekuatan luluh dengan nilai 315.67 MPa. Hal ini tidak menutup kemungkinan jika arus diatas 120 A masih terjadi peningkatan kekuatan tarik dan kekuatan luluh, masih diperlukan penelitian lanjutan dengan arus yang lebih tinggi lagi. Posisi patahan untuk semua spesimen hasil uji tarik berada logam induk (*base metal*) AISI 1015 seperti yang ditunjukkan pada Gambar 14.



Gambar 13. Grafik hasil uji kekuatan tarik dan kekuatan luluh

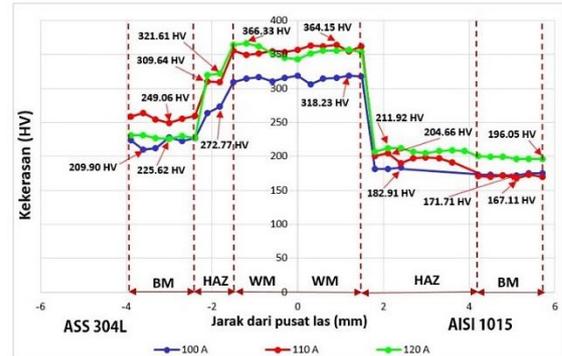


Gambar 14. Posisi patahan hasil uji tarik

#### 4.3 Hasil Uji Keras

Data hasil uji keras pada Gambar 15 menunjukkan distribusi kekerasan secara umum membentuk pola atau bentuk grafik sama yaitu kekerasan pada daerah WM (*weld metal*) relatif lebih tinggi dari daerah HAZ (*heat affected zone*) dan BM (*base metal*). Hal tersebut diakibatkan proses pembekuan yang cepat dari fasa cair saat proses pengelasan. Nilai kekerasan pada logam induk (*base metal*) baja tahan karat 304L mengalami kenaikan ketika mendekati daerah terpengaruh panas

(HAZ), kemudian kekerasan naik ketika memasuki HAZ *stainless steel*. Pada daerah logam las (*weld metal*) kekerasan cenderung stabil dengan nilai tertinggi dari semua zona. Memasuki daerah terpengaruh panas (HAZ) baja karbon rendah AISI 1015 nilai kekerasan turun secara drastis, kemudian pada logam induk AISI 1015 kekerasan turun dengan selisih yang tidak jauh satu sama lain. Daerah kekerasan terkecil terdapat disemua parameter yaitu pada daerah *base metal* (BM) baja karbon rendah AISI 1015. Hal tersebut menunjukkan korelasi dengan hasil uji tarik bahwa patahan berada di daerah yang nilai kekerasannya rendah.



Gambar 15. Grafik distribusi kekerasan hasil las

#### 5. KESIMPULAN

Berdasarkan data hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa:

1. Pengamatan visual hasil las untuk spesimen arus 120 A menghasilkan manik-manik las (*face*) yang terlihat jauh lebih halus dan stabil, begitu pula pada bagian penembusan (*root*) lebih baik jika dibandingkan dengan arus 100 A dan 110 A. Berdasarkan hasil analisa secara visual dapat disimpulkan bahwa dari tiga variasi arus yang dipilih pada proses pembuatan *welding specimen* tersebut arus yang paling optimal yaitu pada 120 A.
2. Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada arus 120 A sebesar 374.87 MPa dan kekuatan luluh sebesar 315.67 MPa dengan posisi patahan untuk semua spesimen uji berada di logam induk AISI 1015 yang menandakan bahwa patahan berada pada daerah yang lunak. Hasil tersebut menunjukkan bahwa arus 120 A merupakan yang paling optimal.
3. Hasil pengujian kekerasan menunjukkan bahwa secara umum kekerasan pada daerah logam las (*weld metal*) relatif lebih tinggi dibandingkan daerah terpengaruh panas (HAZ) maupun logam induk (*base metal*) karena proses pembekuan yang cepat dari fasa cair saat proses pengelasan. Spesimen arus 120 A memiliki nilai kekerasan yang paling tinggi pada logam las yaitu sebesar 366.33 HV sedangkan nilai kekerasan terendah berada pada logam induk AISI 1015 untuk spesimen 100 A sebesar 167.11 HV.

## **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penelitian ini dapat diselesaikan berkat bantuan dari banyak pihak, oleh karena diucapkan terima kasih kepada:

1. Tim pengelola Laboratorium Metalurgi dan Bahan Politeknik Negeri Bandung.
2. Tim pengelola Laboratorium Pengelasan Politeknik Negeri Bandung.
3. Tim penelitian dan tugas akhir di Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Bandung.

## **DAFTAR PUSTAKA**

- [1] P. H. Sudargo and B. T. Baroto, "Pengaruh Filler Dan Arus Listrik Pengelasan Logam Tak Ssejenis Baja (AISI 1045) Dengan Baja Tahan Karat (AISI 316L) Terhadap Sifat Mekanis Dan Struktur Mikro," *Pros. SNST*, vol. 8, pp. 41–46, 2017.
- [2] E. K. Hamd, A. S. Alwan, and I. K. Irthiea, "Study the Effect of Welding Heat Input on the Microstructure, Hardness, and Impact Toughness of AISI 1015 Steel," *Al-Khwarizmi Eng. J.*, vol. 14, no. 1, pp. 118–127, 2018.
- [3] S. Fatima, M. Khan, S. H. I. Jaffery, L. Ali, M. Mujahid, and S. I. Butt, "Optimization of process parameters for plasma arc welding of austenitic stainless steel (304 L) with low carbon steel (A-36)," *Proc. Inst. Mech. Eng. Part L J. Mater. Des. Appl.*, vol. 230, no. 2, pp. 640–653, 2016.
- [4] H. Wiryosumarto and T. Okumura, *Teknologi Pengelasan Logam*, 8th ed. Jakarta: Pradnya Paramita, 2006.
- [5] A. Azwinur, S. A. Jalil, and A. Husna, "Pengaruh variasi arus pengelasan terhadap sifat mekanik pada proses pengelasan SMAW," *J. POLIMESIN*, vol. 15, no. 2, p. 36, 2017.
- [6] W. H. Minnick, *Gas Metal Arc Welding Handbook*, 5th ed. San Marcos: The Goodheart-Willcox Company INC, 2000.
- [7] P. Sidi, "Analisa Pengaruh Proses Pengelasan Mig Terhadap Distorsi Sudut dan Kedalaman Penetrasi pada Sambungan Butt-Joint," *Metr. Polba*, vol. 5, no. 1, pp. 10–17, 2011.
- [8] E. W. R. Widodo, Vuri Ayu Setyowati, Suheni, and I. Qiromi, "Variasi Jenis Kampuh Las Dan Kuat Arus Pada Pengelasan Logam Tidak Sejenis Material Stainless Steel 304L Dan Baja Aisi 1040 Dengan Gas Tungsten Arc Welding," *Semin. Nas. Sains dan Teknol. Terap. VI*, pp. 327–332, 2018.
- [9] ASTM, *Standard Test Methods for Tension Testing of Materials*. 2004.