

Analisis pengaruh arus dan kecepatan pengelasan terhadap lebar manik las dan distorsi pada pengelasan gas metal arc welding (GMAW) dengan sambungan tumpul SS 304

Ario Sunar Baskoro¹, Dhedhe Rodat Budi P¹, Agus Widyianto¹

¹Departemen Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia
Kampus Baru UI Depok 16424
Email korespondensi: ario@eng.ui.ac.id

Abstrak

Pada penelitian ini pengaruh dari arus dan kecepatan pengelasan terhadap lebar manik las dan distorsi pada pengelasan gas metal arc welding (GMAW) sambungan tumpul SS 304 telah dilakukan. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah baja tahan karat tipe 304 (SS 304) dengan konfigurasi sambungan tumpul. Variasi parameter pengelasan GMAW yang digunakan adalah arus pengelasan dan kecepatan pengelasan. Arus pengelasan yang digunakan adalah 115 A, 120 A dan 125 A, sedangkan kecepatan pengelasan yang digunakan adalah 3,6 mm/s, 3,9 mm/s dan 4,2 mm/s. Hasil dari pengelasan akan dianalisis dari lebar manik las dan distorsi yang terjadi. Lebar manik las dan distorsi diukur menggunakan Dino-Lite dan Coordinate Machine Measure (CMM). Metode perpindahan vertikal rata-rata digunakan untuk menghitung distorsi lentur membujur dan distorsi sudut. Hasilnya menunjukkan bahwa menaikkan arus pengelasan akan meningkatkan lebar manik las dan distorsi, tetapi jika menaikkan kecepatan pengelasan akan menurunkan lebar manik las dan distorsi. Pada arus pengelasan 125 A dan kecepatan pengelasan 3,6 mm/s menghasilkan lebar manik las atas dan bawah yang terbesar 8,062 mm dan 4,984 mm. Distorsi lentur membujur dan distorsi sudut yang terbesar adalah 1,748 mm dan 4,076 derajat pada arus dan kecepatan pengelasan masing-masing sebesar 125 A dan 3,6 mm/s.

Kata kunci: gas metal arc welding (GMAW), SS 304, manik las, distorsi

Abstract

In this study the influence of welding current and welding speed on weld bead width and distortion on gas metal arc welding (GMAW) of SS 304 butt joint has been carried out. The material used in this study was type 304 stainless steel (SS 304) with a butt joint configuration. The variation of GMAW welding parameters used were the welding current and the welding speed. The welding speed used were 115 A, 120 A and 125 A while the welding speed used are 3.6 mm/s, 3.9 mm/s and 4.2 mm/s. The results of welding will be analyzed from the width of the weld bead and the distortion that occurs. Weld bead width and distortion were measured using Dino-Lite and Coordinate Machine Measure (CMM). The mean vertical displacement method was used to calculate longitudinal bending distortion and angular distortion. The results show that increasing the welding current will increase the width of the weld bead and distortion, but if increasing the welding speed will reduce the width of the weld bead and the distortion. At a welding current of 125 A and a welding speed of 3.6 mm/s produced the largest upper and lower weld bead widths of 8.062 mm and 4.984 mm. The greatest longitudinal bending distortion and angular distortion were 1,748 mm and 4,076 degrees at the welding current and welding speed of 125 A and 3.6 mm/s, respectively.

Keywords: gas metal arc welding (GMAW), SS 304, weld bead, distortion

1. Pendahuluan

Pengelasan memegang peranan penting dalam bidang konstruksi sehingga menjadikannya salah satu bagian penting dari perindustrian. Saat ini, pengelasan yang paling umum digunakan adalah pengelasan cair. Pengelasan cair merupakan cara pengelasan di mana sambungan dipanaskan sampai mencair dengan sumber panas dari busur listrik atau semburan api gas yang terbakar [1]. Pengelasan cair ini banyak digunakan

untuk pembuatan komponen-komponen seperti pada pesawat, otomotif, dan perkapalan. Salah satu contoh dari pengelasan cair ini adalah las busur *Gas Metal Arc Welding* (GMAW). Las GMAW menggunakan gas mulia untuk melindungi proses pengelasan. Las GMAW memiliki beberapa keunggulan dalam hal konsentrasi busur, efisiensi, terak, dan ketangguhan sehingga banyak digunakan dalam perindustrian untuk

pengelasan, salah satunya adalah untuk pengelasan baja tahan karat, salah satunya jenis 304.

Baja tahan karat jenis 304 banyak digunakan untuk berbagai aplikasi seperti untuk penampungan dan juga banyak digunakan dalam Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir karena baja tahan karat jenis 304 memiliki ketahanan korosi paling baik dan juga kuat untuk penggunaan di temperatur yang tinggi [2]. Baja tahan karat 304 juga cenderung murah dibandingkan dengan jenis lainnya. Namun baja tahan karat 304 ini merupakan jenis *austenitic* dimana memiliki karakteristik koefisien ekspansi termal yang lebih tinggi dan konduktivitas termal yang lebih rendah dibandingkan dengan baja karbon maupun baja paduan, sehingga setelah dilakukan proses pengelasan pada baja tahan karat ini, dapat terjadi sejumlah besar distorsi, penyusutan, dan juga tegangan sisa [3].

Pada pengelasan baja tahan karat menggunakan GMAW, terdapat parameter pengelasan yang perlu diperhatikan agar didapatkan hasil pengelasan yang baik. Parameter yang harus diperhatikan dalam las GMAW antara lain kuat arus, *arc voltage*, dan kecepatan pengelasan. Kuat arus pada las GMAW akan berpengaruh besar pada kapasitas pencairan, ukuran dan geometri manik las, dan kedalaman penetrasi. Arus listrik yang besar juga dapat memperkecil percikan butiran dan meningkatkan penguatan manik. Tetapi dengan arus yang tinggi, daerah HAZ akan semakin luas. Kecepatan pengelasan juga berpengaruh terhadap penetrasi dan geometri manik las [4].

Pengontrolan arus pengelasan sangat mempengaruhi karakteristik hasil pengelasan karena pengontrolan ini mempengaruhi kualitas hasil las seperti kekuatan geser, kekerasan dan kekuatan terhadap pengaruh dari luar. Pemilihan arus pengelasan akan mempengaruhi hasil las. Apabila arus pengelasan yang digunakan terlalu rendah, maka panas yang terjadi tidak cukup untuk melelehkan material, sehingga menghasilkan daerah logam las yang kecil serta penembusan kurang dalam, sebaliknya bila arus pengelasan terlalu tinggi, maka pencairan logam induk terlalu cepat dan menghasilkan daerah logam las yang lebar serta penembusan yang dalam sehingga menghasilkan kekuatan tarik yang rendah dan menambah kerapuhan [5].

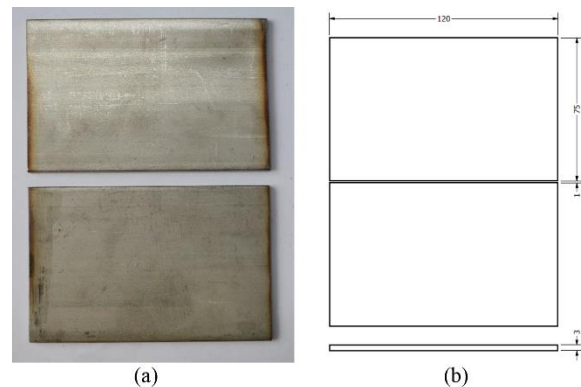
Penggunaan atau pengontrolan parameter yang tidak tepat juga menyebabkan terjadinya cacat-cacat las seperti *crack*, *lack of fusion*, *undercut* dan distorsi yang berpengaruh terhadap kekuatan material hasil lasan [6]. Sattari-Far [7] melaporkan hasil penelitiannya bahwa urutan pengelasan memiliki pengaruh terhadap distorsi yang terjadi. Jenis sambungan ini menggunakan sambungan V-groove dan hasil percobaan dibandingkan dengan model FE. Selain itu verifikasi hasilnya dibandingkan dengan pemodelan FE. Banyak

penelitian menggunakan model seperti elemen hingga, ANSYS dan ABAQUS untuk memprediksi distorsi, hasil tegangan sisa dan lebar manik las dari pengelasan [8-10]. Oleh karena itu, pada penelitian ini akan diteliti mengenai pengaruh kuat arus dan kecepatan pengelasan terhadap lebar manik bagian atas dan bawah, distorsi lentur membujur dan distorsi sudut hasil las pada material *Stainless Steel* 304 serta optimasi parameter pengelasan GMAW untuk mendapatkan lebar manik las dan distorsi yang optimal.

2. Metode

Bahan Penelitian

Pada penelitian ini bahan yang digunakan adalah baja tahan karat (*stainless steel*) tipe 304 (SS 304). Dimensi dari bahan yang akan dilas adalah 120 x 75 mm dengan ketebalan 3 mm. Bahan SS 304 dan dimensi dari bahan yang akan dilas ditunjukkan oleh Gambar 1a dan b.



Gambar 1. (a) Plat SS 304 dan (b) Dimensi benda kerja

Kawat pengumpan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ER-308. Pengujian *optical emission spectrometer* (OEM) digunakan untuk mengetahui komposisi kimia dari bahan SS 304 dan kawat pengumpan. Tabel 1 dan 2 menunjukkan komposisi kimia dari bahan SS 304 dan kawat pengumpan ER-308. Sebelum pengelasan dilakukan, bahan diampelas menggunakan amplas dari kekasaran 80 sampai 400, setelah itu dibersihkan dengan cairan aseton.

Tabel 1. Komposisi kimia dari SS 304 (wt %)

C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo
0,076	0,40	1,84	0,037	0,021	18,5	0,118
Ni	Al	Cu	Nb	Ti	V	Fe
8,26	0,006	0,096	0,018	0,002	0,078	bal.

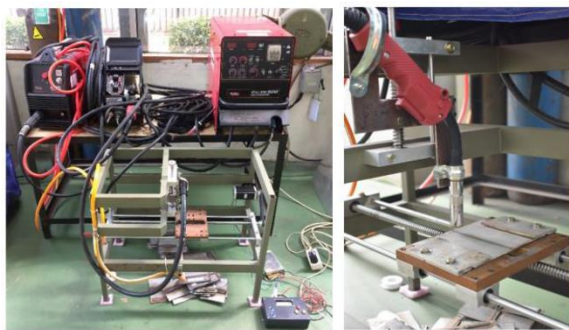
Tabel 2. Komposisi kimia dari ER-308 (wt %)

C	Cr	Mn	P	S
0,08	20,2	1,6	0,03	0,03
Ni	Mo	Cu	Si	Other

9,2	0,75	0,11	0,44	0,03
-----	------	------	------	------

Proses Pengelasan

Metode pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini adalah pengelasan *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) dengan sambungan tumpul dan kawat pengumpan seri ER-308 dengan diameter 1,2 mm. Mesin las yang digunakan dalam penelitian ini adalah mesin Optimarch CV/CC 500. Gas argon murni (99,99%) digunakan untuk melindungi bagian atas las dari oksidasi dengan laju aliran 11 L/min. Gambar 2 menunjukkan proses pengelasan otomatis dengan GMAW. Parameter pengelasan yang digunakan dalam penelitian ini ditunjukkan pada Tabel 3.



Gambar 2. Proses pengelasan otomatis GMAW

Tabel 3. Parameter pengelasan

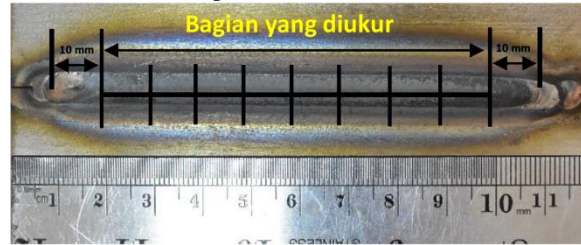
Parameter	Nilai
Sumber daya	DCEN
Arus pengelasan	1) 115 A
	2) 120 A
	3) 125 A
Kecepatan pengelasan	1) 3,6 mm/s
	2) 3,9 mm/s
	3) 4,2 mm/s
Jenis elektroda	ER-308
Diameter elektroda	1,2 mm
Panjang busur	3 mm
Celah antara spesimen	1 mm

Metode Analisis Data

Lebar manik las

Pengukuran lebar manik las dilakukan pada bagian atas dan bawah hasil las. Pengukuran dilakukan menggunakan Digital-Microscope dengan 10 titik pengukuran dimulai 10 mm setelah titik awal pengelasan dan berakhir 10 mm sebelum titik akhir

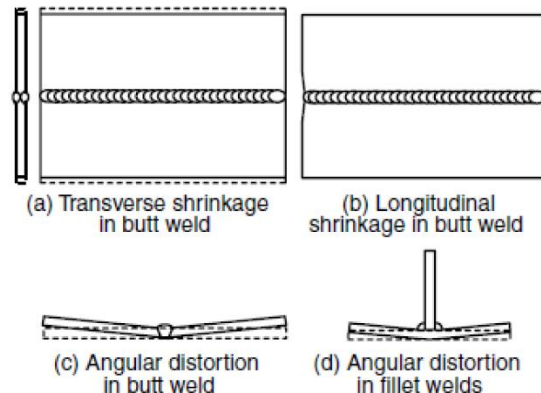
pengelasan dengan jarak masing-masing titik 10 mm. Gambar 3 menunjukkan metode pengukuran lebar manik las atas maupun bawah.



Gambar 3. Metode pengukuran lebar manik las

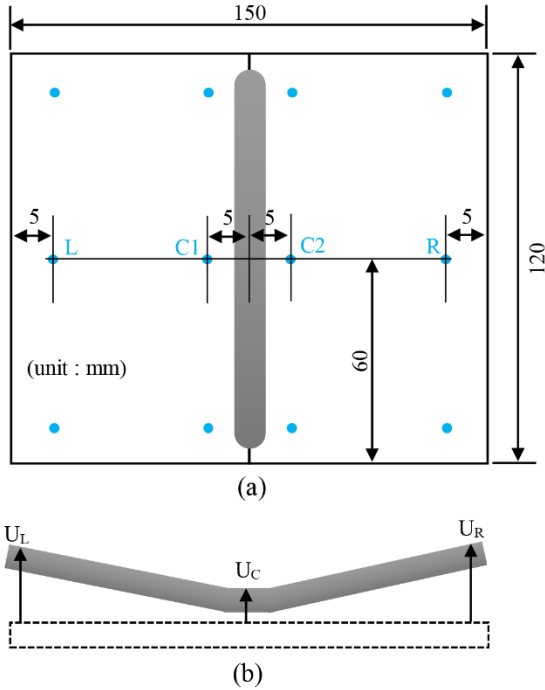
Distorsi

Distorsi terjadi karena adanya penyusutan pembekuan dan kontraksi termal dari logam selama proses pengelasan [11]. Benda kerja yang dilas akan menyusut dalam arah melintang (*transverse*) dan juga arah memanjang/membujur (*longitudinal*). Selain itu akibat penyusutan melintang yang tidak sama dapat menyebabkan distorsi sudut (*angular*). Beberapa jenis distorsi yang dapat terjadi pada pengelasan dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Distorsi pada pengelasan [11]

Pengujian distorsi dilakukan dengan menggunakan mesin Mutituyo *Coordinate Measuring Machine* (CMM) M443. Setelah itu untuk mengetahui besarnya distorsi yang terjadi digunakan perhitungan dengan metode perpindahan vertikal rata-rata. Dalam pengukuran distorsi ini terdapat 12 titik pengukuran, 4 titik dibagian atas, 4 titik dibagian tengah dan 4 titik dibagian bawah dari spesimen uji. Jarak setiap titik dengan tepi spesimen adalah 5 mm. Gambar 5 menunjukkan ilustrasi skematis dari pengujian distorsi.



Gambar 5. (a) Skematis pengukuran distorsi dan (b) bentuk distorsi

Hasil dari pengukuran ini dapat digunakan untuk menghitung distorsi lentur membujur dan distorsi sudut. Distorsi lentur membujur U (mm) dapat dihitung dengan Persamaan 1 [12]:

$$U = \frac{(A + B) - (C + D)}{2} \quad (1)$$

dimana A , B , C dan D merupakan nilai perpindahan rata-rata dari setiap titik pengukuran.

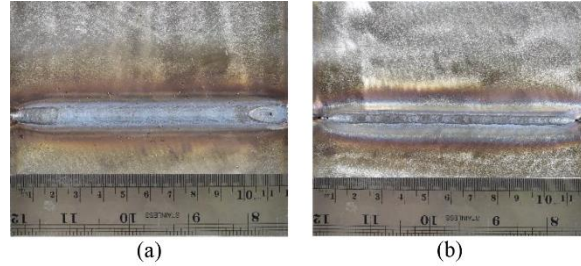
Distorsi sudut δ (rad) dapat diestimasi dari pengukuran perpindahan vertikal dengan menggunakan Persamaan 2 [13]:

$$\delta \text{ (rad)} = \frac{U_R + U_L - 2U_C}{55(60 - 5)} \quad (2)$$

3. Hasil dan Pembahasan

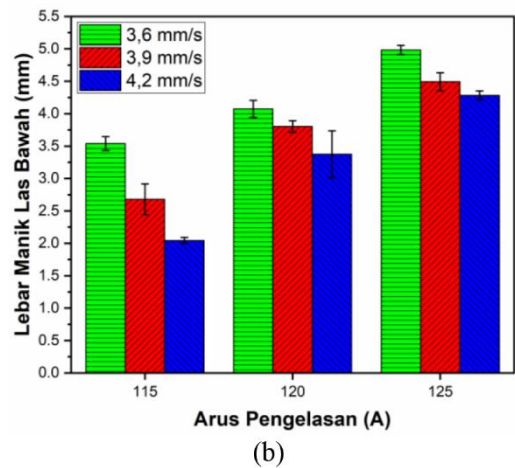
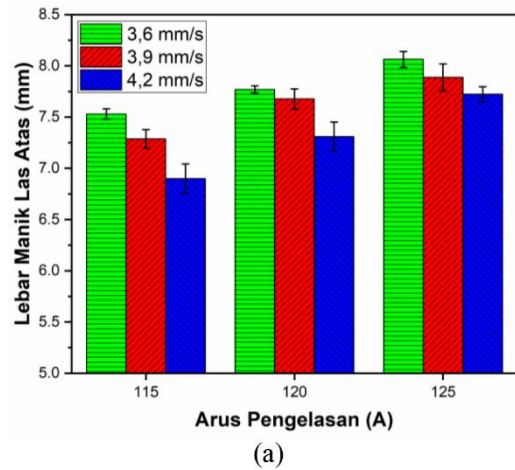
Lebar Manik Las

Profil permukaan las pada bagian atas dan bawah ditunjukkan oleh Gambar 6a dan b. Gambar 7a dan b menunjukkan rata-rata lebar manik las atas dan bawah dengan variasi arus pengelasan dan kecepatan pengelasan. Kenaikan arus pengelasan memiliki pengaruh terhadap lebar manik las atas dan bawah yang dihasilkan.



Gambar 6. Profil permukaan hasil las (a) atas dan (b) bawah

Peningkatan arus pengelasan akan mengakibatkan temperature dan *heat input* semakin meningkat, sehingga lebar manik las semakin lebar. Peningkatan arus pengelasan berbanding lurus dengan lebar manik las yang dihasilkan. Selain itu kecepatan pengelasan juga berpengaruh terhadap lebar manik las. Menaikkan kecepatan pengelasan akan berpengaruh terhadap distribusi temperature yang diterima oleh spesimen sehingga lebar manik las semakin mengecil. Kenaikan kecepatan pengelasan berbanding terbalik dengan lebar manik las yang dihasilkan.

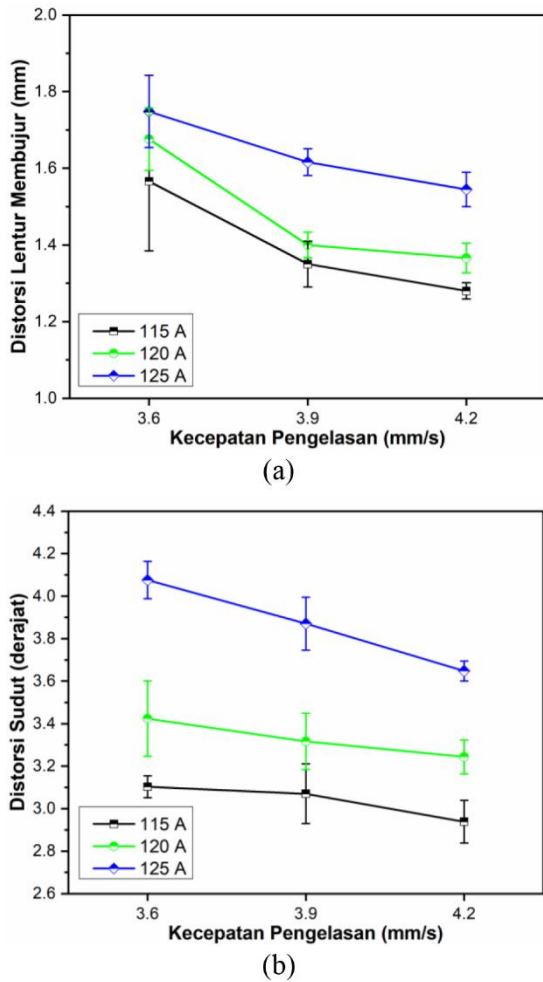


Gambar 7. Perbandingan lebar manik las setiap parameter (a) atas dan (b) bawah

Arus pengelasan dan kecepatan pengelasan berpengaruh terhadap *heat input* dan *temperature* serta laju deposisi logam pengisi. Laju deposisi yang besar menyebabkan volume logam pengisi yang menyatu dengan logam dasar juga semakin besar, sehingga menyebabkan manik menjadi lebih lebar. Semakin lambat laju pengelasan, maka masukan panas akan semakin besar, sedangkan pergerakan logam pengisi akan semakin rendah, menyebabkan volume logam pengisi yang menyatu dengan logam dasar semakin besar [14].

Distorsi

Hasil perhitungan dari distorsi lentur membujur dan distorsi sudut ditunjukkan pada Gambar 8a dan b. Menaikkan arus pengelasan dapat meningkatkan distorsi lentur membujur dan distorsi sudut yang terjadi. Sedangkan meningkatkan kecepatan dapat menurunkan distorsi lentur membujur dan distorsi sudut yang terjadi.



Gambar 8. Perbandingan distorsi setiap parameter (a) lentur membujur dan (b) sudut

Distorsi lentur membujur terbesar yang terjadi pada parameter 115 A dengan kecepatan pengelasan 3,6

mm/s sebesar 1,748 mm. Sedangkan pada parameter yang sama memiliki distorsi sudut yang paling besar diantara parameter lainnya yaitu sebesar 4,076 derajat. Besar kecilnya distorsi yang terjadi karena pengaruh dari besar kecilnya *heat input* dan *temperature* yang diterima oleh benda kerja. Dengan menaikkan arus pengelasan maka secara tidak langsung akan menaikkan *heat input* dan *temperature*. Sedangkan menaikkan kecepatan pengelasan maka secara tidak langsung akan menurunkan *heat input* dan *temperature*.

4. Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian tentang pengaruh arus pengelasan dan kecepatan pengelasan terhadap lebar manik las dan distorsi, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Semakin besar kuat arus yang digunakan dalam pengelasan, maka lebar manik dan distorsi sudut yang dihasilkan akan semakin besar, sedangkan semakin besar kecepatan pengelasan yang digunakan, maka lebar manik dan distorsi sudut yang dihasilkan akan semakin kecil. Kuat arus memberikan pengaruh yang lebih dominan dibanding kecepatan pengelasan.
2. Lebar manik las terbesar terjadi pada parameter arus pengelasan 125 A dan kecepatan pengelasan 3,6 mm/s dengan lebar manik atas 8,062 mm dan manik bawah 4,984 mm. Sedangkan lebar manik terkecil terjadi pada parameter arus pengelasan 115 A dan kecepatan pengelasan 4,2 A dengan lebar manik atas 6,899 mm dan manik bawah 2,043 mm.
3. Distorsi lentur membujur dan distorsi sudut terbesar adalah 1,748 mm dan 4,076 derajat pada parameter arus dan kecepatan pengelasan sebesar 125 A dan 3,6 mm/s, sedangkan distorsi lentur membujur dan distorsi sudut terkecil adalah 1,280 mm dan 2,939 derajat pada parameter arus dan kecepatan pengelasan sebesar 115 A dan 4,2 mm/s.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih atas pendanaan kegiatan penelitian ini melalui skema Penelitian Dasar Unggulan Perguruan Tinggi Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi Republik Indonesia tahun 2019 dengan nomor: NKB-1627/UN2.R3.1/HKP.05.00/2019.

Daftar Pustaka

[1] W. Harsono, O. T. Okumura. 2000, *Teknologi Pengelasan Logam*. Cetakan ke delapan Jakarta, PT Raja Grafindo Persada.
 [2] J. Xu, J. Chen, Y. Duan, C. Yu, J. Chen, H. J. J. o. M. P. T. Lu. 2017, *Comparison of residual stress*

- induced by TIG and LBW in girth weld of AISI 304 stainless steel pipes.* Vol. 248: 178-184.
- [3] J. Xu, J. Chen, Y. Duan, C. Yu, J. Chen, H. Lu. 2017, *Comparison of residual stress induced by TIG and LBW in girth weld of AISI 304 stainless steel pipes.* Journal of Materials Processing Technology, Vol. 248: 178-184.
- [4] H. Ghazvinloo, A. Honarbakhsh-Raouf, N. Shadfar. 2010, *Effect of arc voltage, welding current and welding speed on fatigue life, impact energy and bead penetration of AA 6061 joints produced by robotic MIG welding.* Indian Journal of Science and Technology, Vol. 3, no. 2.
- [5] S. Ariffin, *Las listrik dan Orogen.* Ghalia Indonesia, 1982.
- [6] E. Karadeniz, U. Ozsarac, C. Yildiz. 2007, *The effect of process parameters on penetration in gas metal arc welding processes.* Materials & design, Vol. 28, no. 2: 649-656.
- [7] I. Sattari-Far, Y. Javadi. 2008, *Influence of welding sequence on welding distortions in pipes.* International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol. 85, no. 4: 265-274.
- [8] G. Fu, M. I. Lourenço, M. Duan, S. F. Estefen. 2016, *Influence of the welding sequence on residual stress and distortion of fillet welded structures.* Marine Structures, Vol. 46: 30-55.
- [9] K. C. Ganesh *et al.* 2014, *Modeling, prediction and validation of thermal cycles, residual stresses and distortion in type 316 LN stainless steel weld joint made by TIG welding process.* Procedia Engineering, Vol. 86: 767-774.
- [10] W. Jiang, K. Yahiaoui. 2012, *Effect of welding sequence on residual stress distribution in a multipass welded piping branch junction.* International Journal of Pressure Vessels and Piping, Vol. 95: 39-47.
- [11] S. Kou. 2003, *Welding metallurgy.* New Jersey, USA: 431-446.
- [12] K. Tseng, C. Chou. 2001, *Effect of pulsed gas tungsten arc welding on angular distortion in austenitic stainless steel weldments.* science and Technology of welding and joining, Vol. 6, no. 3: 149-153.
- [13] S. Okano, M. Mochizuki. 2017, *Transient distortion behavior during TIG welding of thin steel plate.* Journal of Materials Processing Technology, Vol. 241: 103-111.
- [14] P. Mistry. 2016, *Effect of process parameters on bead geometry and shape relationship of gas metal arc weldments.* Int J Adv Res Mech Eng Technol (IJARMET), Vol. 2: 24-27.