

# PEMBUATAN DAN PENGUJIAN SIFAT MEKANIK WELDING SPESIMEN LOGAM DISSIMILAR AISI 1015 DENGAN AISI 304L MENGGUNAKAN PROSES GMAW

Riswanda <sup>1)</sup>, Harlian Kadir <sup>1)</sup>, Albert Daniel Saragih <sup>1)</sup> ✉

<sup>1)</sup> Department of Mechanical Engineering  
Bandung State Polytechnic  
Bandung, Indonesia  
riswanda@polban.ac.id  
Harlian.kadir@polban.ac.id  
albertdanielsrgh@polban.ac.id

## Abstract

*The manufacture of specimens produced by MAG welding on the joining of metal plates not AISI 1015 with SS304L, must meet the welding standards used. Low carbon steel AISI 1015 and stainless steel SS304L were used in this experiment by applied different current variations to each sample, namely 120, 130 and 140A in MAG welding using ER70S6 electrode. The results of the examination on the identification of the macro appearance in the heat affected area (HAZ) and Vickers microhardness and tensile testing were carried out in this study. From the data obtained, the hardness value of the weld metal is higher when compared to the parent metal between AISI 1015 and SS304L, and the hardness value of the weld metal is also higher due to the influence of the ER70S6 solid wire electrode used. The tensile strength and yield strength of MAG welded joints increased at 120 and 140A, and the fault position occurred in hypo eutectoid steel (AISI 1015) at the boundary between the heat affected area and the parent metal. The results of the research on MAG welded joints with a welding current of 120A is preferably used for joining dissimilar metals between low carbon steel (AISI 1015) and austenitic stainless steel (AISI 304L).*

**Keywords:** AISI 1015, ASS 304L, Hypo Eutectoid, HAZ, MAG.

## 1. PENDAHULUAN

Dewasa ini, banyak kebutuhan pengelasan dan permintaan dari industri akan pengelasan dengan menggunakan material yang tak sejenis. Keperluan penyambungan material yang tak sejenis ini banyak sekali ditemui di bidang minyak bumi dan gas, aeronautika serta otomotif dalam rangka meningkatkan sifat mekanik dan fungsinya. Hal ini disebabkan karena kemampuan dalam menyambung material tak sejenis menawarkan suatu peluang dan inovasi yang baru <sup>[1-4]</sup>. *Metal Active Gas welding* (MAG) adalah salah satu proses pengelasan yang banyak diterapkan untuk pengelasan logam yang tidak sejenis karena ada beragam kondisi lingkungan yang terkait dengan industri ini yang dapat mempengaruhi kegagalan fungsi dari komponen baja yang dipasang sebagai utilitas dan struktur <sup>[5-7]</sup>. Perbedaan suhu titik leleh dari masing-masing logam tak sejenis yang akan dilakukan pengelasan adalah salah tantangan didalam melakukan pengelasan dengan material yang tidak sejenis. Oleh karena itu, studi tentang sangat diperlukan kajian lebih lanjut terkait sifat mekanik dan struktur mikro atau aspek metallurgi dari jenis sambungan ini sangat penting dalam prasyarat disain dan sudut pandang analisis keselamatan <sup>[8]</sup>. Kegagalan didalam sambungan las akan gagal

Corresponding Author:  
✉ Albert Daniel Saragih  
Received on: 2023-01-03  
Revised on: 2023-11-12  
Accepted on: 2023-11-12

apabila koefisien muai panas antara kedua logam tak sejenis ini mengalami kelelahan termal<sup>[9]</sup>. Oleh karena itu, pemilihan parameter dan level proses pengelasan yang tepat sangat penting untuk mencapai sifat mekanik dan geometri pengelasan yang terbaik<sup>[10-13]</sup>. Dalam penelitian ini dianalisa pengaruh variasi arus pengelasan MAG sambungan las baja tidak sejenis terhadap sifat mekanik (kekuatan tarik dan kekerasan) pada daerah terpengaruh panas (HAZ) AISI 1015) dan SS 304L.

## 2. MATERIAL AND METHOD

### 2.1. Material

Baja karbon rendah yaitu AISI 1015 dan baja tahan karat SS304L digunakan eksperimen ini dengan tebal 3 mm. Tabel 1 menunjukkan data hasil spektrofotometer untuk menganalisa komposisi kimia material ASS 304 L, AISI 1015 dan elektroda ER 70S-6. Tabel 2 menunjukkan standar sifat mekanik baja AISI 1015 dalam bentuk panas (HF) dan dalam keadaan dingin (CF).

**Tabel 1.** Hasil spektrofotometer material ASS 304 L, AISI 1015 dan elektroda ER 70S-6.

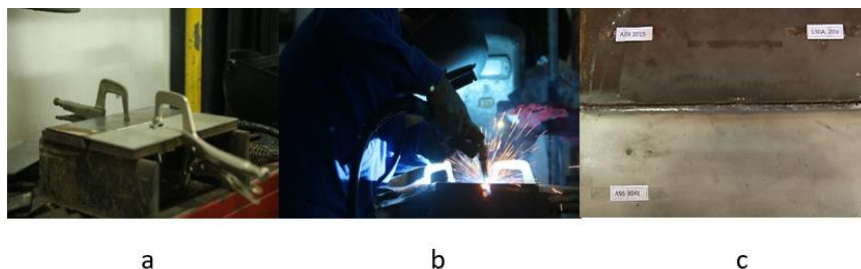
Material/Wire	Presentase (%)									
	C	Cr	Ni	Mn	Si	P	S	Mo	Cu	Fe
ASS 304L	0,028	18,24	8,04	1,469	0,42	0,028	0,004	-	0,031	71,6
AISI 1015	0,142	0,02	0,05	0,454	0,132	0,015	0,012	0,016	0,007	99,109
ER 70S-6	0,07-0,015	0,15	0,15	1,40-1,85	0,80-1,15	0,025	0,035	-	0,5	-

**Tabel 2.** Sifat mekanik standar baja AISI 1015<sup>[14-15]</sup>.

Sifat	Kondisi	
	HF	CF
Tensile Strength (MPa)	324	365
Yield Strength (MPa)	179	303
Elongation (in 2 in. %)	28	20

### 2.2. Methods

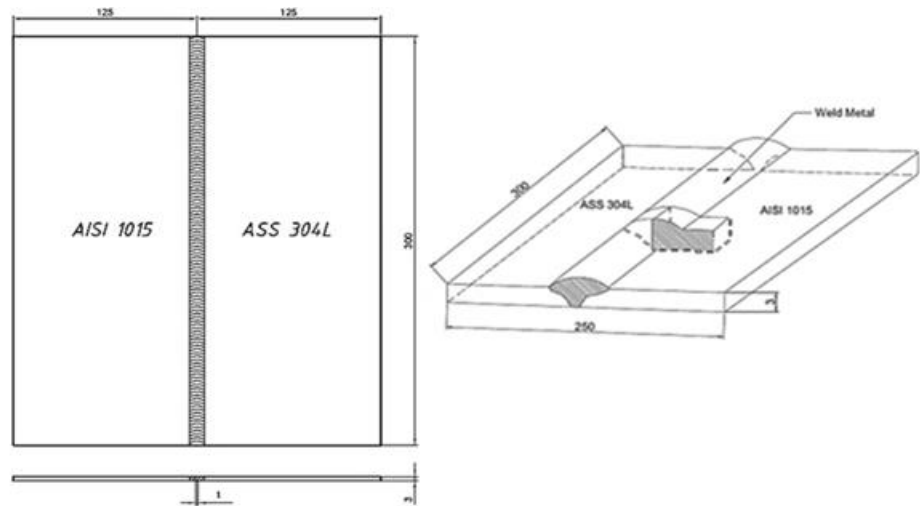
Proses pengelasan seperti pada gambar 1 dilakukan secara manual dengan polaritas arus las DCRP (*Direct Current Reverse Polarity*). Pengelasan dilakukan pada voltase yang tetap yaitu 20 V dengan memvariasikan arus las sebesar 120, 130 dan 140 A. Adapun posisi pengelasan adalah 1G/PA dengan kecepatan pengelasan 3,5 mm/s. *Shielding* gas atau gas pelindung yang digunakan adalah CO<sub>2</sub> dengan tekanan gas sebesar 15 L/min.



**Gambar 1.** Proses pengelasan: a. Persiapan, b. Proses pengelasan dan c. Hasil Pengelasan

### 2.3. Pembuatan spesimen uji

Pada gambar 2 terlihat *lay-out* spesimen sampel yang digunakan dengan dimensi 300×125×3 mm.



**Gambar 2.** Layout spesimen dengan ukuran dimensi standar pengujian.

#### 2.4. Pengamatan struktur mikro

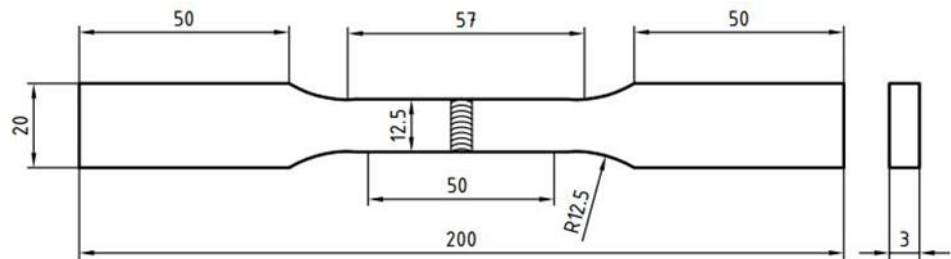
Pengamatan struktur makro dilakukan untuk mengetahui bentuk dan ukuran *weld metal* (*face* dan *root*) yang terbentuk hasil pengelasan pada masing-masing parameter (120, 130 dan 140A). Hasil pengamatan struktur makro diharapkan dapat memperjelas dan mendukung dari pengamatan visual (gambar 3).

#### 2.5. Pengujian kekuatan tarik

Hasil pengujian ini akan menentukan arus pengelasan yang optimum untuk melakukan pengelasan tak sejenis material ASS 304L dan AISI 1015. Uji tarik mengacu pada standar ASTM E8M seperti gambar 4.



**Gambar 3.** Proses pengamatan struktur makro, mikroskop optik (kiri) dan proses pengambilan gambar sampel dengan menggunakan mikroskop optik (kanan).









Gambar 4. Lay-out sampel uji Tarik

### 3. HASIL DAN DISKUSI

#### 3.1. Pemeriksaan secara visual

Hasil proses pengelasan pada tabel 3 menunjukkan perbedaan arus yang digunakan mempengaruhi hasil pada manik-manik atau rigi-rigi las yang terbentuk. Pada arus 120A, secara visual bentuk manik las pada bidang *face* lebih menumpuk dan memiliki ukuran yang lebih kecil. Kondisi *root* (penetrasi) atau penembusan pada arus 120A juga sangat minim bahkan di posisi tertentu katagori unpenetration atau terjadi cacat las. Hal tersebut indikasi besaran arus yang kurang. Arus 130A *face* atau manik-manik las halus dan stabil serta bidang lasan lebih lebar. Penembusan atau *root* pada arus 130A juga terlihat jauh lebih stabil dibandingkan dengan arus 120A. Arus 140, secara visual bentuk manik-manik las pada bidang *face* tidak stabil dan terjadi bercak-bercak dari spater atau percikan cairan *wire*. Bidang *root* juga tidak stabil bahkan di bagian-bagian tertentu terjadi penetrasi yang berlebihan atau terjadi *excessive penetration*. Hal tersebut indikasi arus yang terlalu besar. Dari hasil pengamatan visual untuk sementara arus 130A yang paling optimal.

Tabel 3. Hasil las *face* dan *root*

Face	Ampere	Root
	120 A	
	130 A	
	140 A	

### 3.2. Pembahasan hasil foto makro

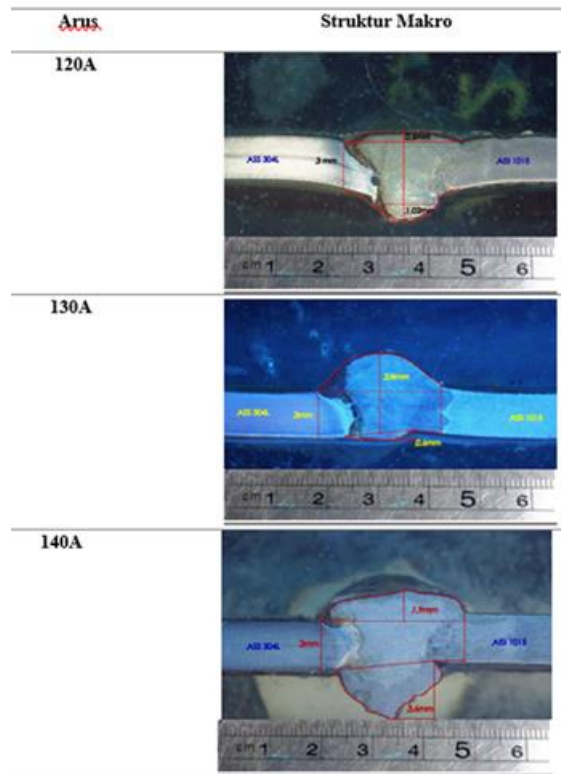
Hasil pemeriksaan struktur makro dapat dilihat pada gambar 4. Terlihat pada foto makro hasil pengelasan dengan arus 120A pada bagian muka dan pada bagian akar sudah cukup. Untuk luas daerah *weld metal* adalah 7,3 mm untuk muka dan akar adalah 4 mm. Untuk ukuran tinggi muka adalah 0,6 mm dan akar adalah 1 mm.

Hasil foto makro hasil pengelasan dengan arus 130A pada bagian muka dan pada bagian akar sudah optimal. Untuk luas daerah *weld metal* adalah 7,8 mm untuk muka dan akar 4,3 mm. Untuk ukuran tinggi muka adalah 2,4 mm dan akar adalah 0,6 mm. Terjadinya penetrasi lebih dangkal dibandingkan dengan 120A, indikasi kurang tepat dalam pengambilan sampel/*specimen* (secara teori lebih besar arus yang digunakan lebih dalam penetrasi yang terjadi).

Hasil foto makro hasil pengelasan dengan arus 140A pada bagian muka sudah cukup baik tetapi akar terjadi penetrasi yang berlebih *excessive penetration* karena arus pengelasan terlalu besar. Untuk luas daerah *weld metal* adalah 8,8 mm untuk muka dan akar 6,6 mm. Untuk ukuran tinggi muka adalah 1,9 mm dan akar adalah 3,6 mm (maksimum 3 mm).

### 3.3. Pembahasan hasil uji tarik

Pengujian tarik dilakukan dengan masing-masing 3 spesimen untuk tiap parameter besaran arus yang digunakan. Tabel 4 menunjukkan hasil dari pengujian tarik yang sudah dilakukan.



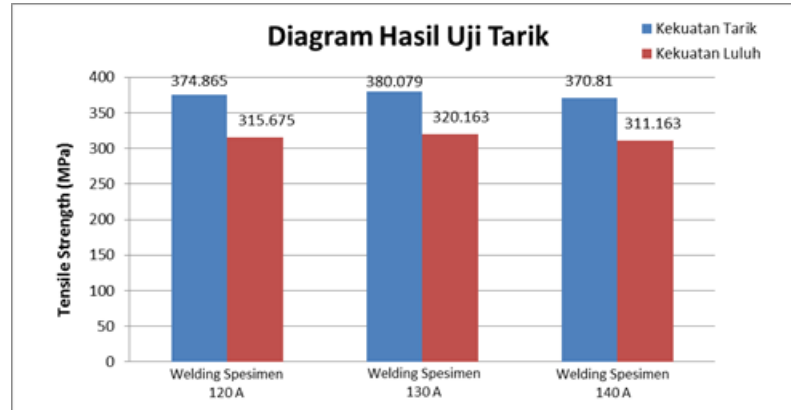
Gambar 4. Struktur makro hasil las

**Tabel 4.** Data hasil pengujian Tarik

Spesimen No.	Dimensi						Hasil Perhitungan				Rata-rata	
	Lo	L1	Wo	t	ΔL	Ao	Fmax	ε	σ max	σy max	σ max	σy max
	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm)	(mm <sup>2</sup> )	(N)	(%)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)	(Mpa)
<b>120 Amper</b>												
1	50	60,25	12,5	3	10,25	37,5	13980,64	18,648	372,8171	315,758	374,8658	315,6757
2	50	59,4	12,5	3	9,4	37,5	14085,78	17,227	375,6208	316,511		
3	50	58,2	12,5	3	8,2	37,5	14105,98	15,186	376,1595	314,758		
<b>130 Amper</b>												
1	50	59,3	12,5	3	9,3	37,5	14110,67	17,059	376,2845	315,489	380,0793	320,163
2	50	59,7	12,5	3	9,7	37,5	14289,34	17,731	381,0491	317,242		
3	50	60,5	12,5	3	10,5	37,5	14358,91	19,062	382,9043	327,758		
<b>140 Amper</b>												
1	50	59,25	12,5	3	9,25	37,5	13965,97	16,974	372,4259	311,489	370,8104	311,163
2	50	58,5	12,5	3	8,5	37,5	13784,33	15,7	367,5821	312,242		
3	50	55,15	12,5	3	5,15	37,5	13965,87	9,8034	372,4232	309,758		

Dari tabel 4, dapat diketahui dimensi awal spesimen yang digunakan untuk pengujian kekuatan tarik memiliki ukuran panjang awal (Lo) 50 mm, lebar (Wo) 12,5 mm, tebal (t) 3 mm dan luas penampang awal (Ao) 37,5 mm, serta dapat diketahui perubahan panjang dan juga gaya penarikan maksimum dari setiap spesimen uji dengan variasi arus pengelasan yang digunakan.

Hasil pengelasan dengan arus 120 A memiliki kekuatan tarik rata-rata sebesar 374,8658 MPa dan memiliki kekuatan luluh rata-rata sebesar 315,6757 MPa. Hasil Pengelasan dengan arus 130 A memiliki kekuatan tarik dan kekuatan luluh rata-rata tertinggi yaitu sebesar 380,0793 MPa dan 320,163 MPa. Hasil pengelasan dengan arus 140 *Ampere* memiliki kekuatan tarik dan kekuatan luluh rata-rata terendah yaitu sebesar 370,8104 MPa dan 311,163 MPa.



**Gambar 5.** Grafik diagram hasil uji Tarik

Dari diagram kekuatan tarik dan kekuatan luluh hasil pengelasan pada gambar 5, dapat dilihat adanya peningkatan kekuatan tarik pada hasil lasan dengan kuat arus 130A, yang mulanya sebesar 374,865 MPa pada arus 120A menjadi sebesar 380,079 MPa pada arus 130A. Hal ini mengindikasikan adanya pengaruh kuat arus pengelasan terhadap kekuatan tarik. Menurut [3], dalam penelitiannya menunjukkan bahwa semakin tinggi kuat arus pengelasan yang digunakan maka kekuatan tarik dari sambungan las nya pun akan semakin meingkat. Begitupun dengan kekuatan luluh pada arus 130A yang mengalami peningkatan, hal tersebut mengindikasikan adanya pengaruh variasi kuat arus pengelasan terhadap kekuatan luluh.

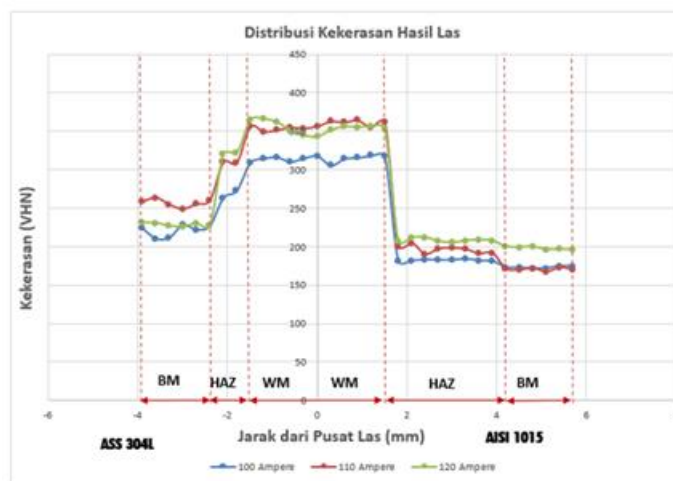
Kekuatan tarik mengalami penurunan pada arus 140A, yang mulanya sebesar 380,079 MPa pada arus 130A menjadi sebesar 370,81 MPa pada arus 140A. Hal tersebut dapat

disebabkan oleh arus yang terlalu tinggi. Menurut <sup>[16]</sup>, dalam penelitiannya menyatakan bahwa kekuatan tarik cenderung menurun seiring dengan meningkatnya kuat arus, hal tersebut dapat diakibatkan oleh daerah HAZ yang lebar yang diakibatkan oleh input panas yang diberikan selama pengelasan terlalu besar. Siklus termal yang terjadi pada saat proses pengelasan akan berpengaruh terhadap struktur mikro sehingga dapat berpengaruh pula terhadap sifat mekaniknya.

Berdasarkan pengujian tarik yang telah dilakukan, patahan selalu terjadi di daerah base metal AISI 1015. Hal ini menunjukkan bahwa kekuatan tarik sambungan las (*weld metal*) dan juga base metal ASS 304L lebih tinggi dari pada kekuatan tarik base metal baja karbon AISI 1015. Hal ini sesuai dengan data yang ditunjukkan pada tabel 2 bahwa nilai kekuatan tarik AISI 1015 sebesar 324 MPa pada kondisi HF dan 365 pada keadaan CF. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa ketiga variasi arus tersebut dapat digunakan dalam pengelasan logam tidak sejenis antara material ASS 304L dengan baja karbon rendah AISI 1015 menggunakan proses GMAW, namun berdasarkan pengujian kekuatan tarik, arus pengelasan yang paling optimal untuk melakukan pengelasan logam tidak sejenis antara kedua material tersebut yaitu menggunakan arus 130.

### 3.4. Pembahasan hasil uji kekerasan

Gambar 6 adalah grafik yang memperlihatkan bahwa kekerasan ketiga spesimen yang diuji dari daerah logam las menuju daerah induk relatif sama, tidak ada perbedaan atau perubahan yang signifikan.



**Gambar 6.** Hasil uji keras

Kekerasan tertinggi (rata-rata) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6 terdapat pada daerah logam las, untuk semua arus. Sedangkan kekerasan terendah terdapat pada daerah logam induk. Perbedaan nilai kekerasan yang didapat dari ketiga daerah tersebut disebabkan oleh adanya masukan panas (*heat input*) secara tidak merata pada saat proses pengelasan, dan dilanjutkan dengan proses pendinginan secara cepat (*rapid cooling rate*).

Distribusi kekerasan tertinggi terdapat pada arus 120A lebih tepatnya pada daerah logam las dengan nilai kekerasan sebesar 366,63 VHN dan terendah terdapat pada daerah logam induk AISI 1015 dengan harga 167,11 VHN. Menurut sumber daftar pustaka, hubungan antara kekerasan dengan kekuatan tarik memperjelas teori yang menyatakan bahwa semakin tinggi nilai kekerasannya maka kekuatannya juga akan meningkat <sup>[17,18]</sup>.

#### 4. KESIMPULAN

- a) Pengelasan logam tidak sejenis telah berhasil dilakukan dengan variasi arus.
- b) Secara visual diidentifikasi bahwa luas daerah terpengaruh panas AISI 1015 dibandingkan dengan SS 304L.
- c) Kekuatan tarik tertinggi terdapat pada 130A yaitu sebesar 380.079 MPa dan kekuatan luluh dengan nilai 320.163 MPa.
- d) Kekerasan tertinggi terdapat pada arus 120A lebih tepatnya pada daerah logam las dengan nilai sebesar 366,63 VHN dan kekerasan terendah terdapat pada daerah logam induk AISI 1015 sebesar 167,11 VHN

#### PERNYATAAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada P3M Politeknik Negeri Bandung dan Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung atas fasilitas yang diberikan dalam pelaksanaan penelitian sampai penulisan karya tulis ini selesai.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Pierpaolo Carlone, Antonello Astarita., “*Dissimilar metal welding*”, *Metals*, v. 9, n, 11, pp. 1206, 2019.
- [2] Yang, J, Wang, L., “*Optimizing the local strength mismatch of a dissimilar metal welded joint in a nuclear power plant*”, *Metals*, v. 8, pp. 494, 2018.
- [3] Jai Paul Dudeja., “*Analysis and advantages of welding dissimilar metal by fiber laser*”. *International Journal of advanced Scientific Technologies in Engineering and Management Sciences*, v. 5, August. 2018.
- [4] L.O.Osaba, I.C. Ekpe, R.A.Elemuren., “*Analysis of dissimilar welding of austenitic stainless steel to low carbon steel by tig welding process*”, *International Journal of Metallurgical & Materials Science and Engineering (IJMMSE)*, v. 5, pp. 1-12, Oct. 2015.
- [5] T.E.Abioye.,O.E. Ariwoola.,T.I. Ogedengbe.,P.K. Farayibi., O.O.Gbadeyan., “*Effect of welding speed on the microstructure and corrosion behavior of dissimilar gas metal arc weld joints of aisi 304 stainless steel and low carbon steel*”, *International Conference on Recent Advanced in Materials, Minerals & Enviroment (RAMM), Proceedings*, pp. 871 – 877, 2019.
- [6] Bambang Teguh Baroto., Petrus Heru Sudargo., “*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*”, *Prosiding SNATIF ke -4, , ISBN 978, 2017.*
- [7] Winarto., Winarto., Muhammad Anis, Teguh Puji Hertanto., “*Mechanical Properties and Microstructure of Welded Dissimilar Metals using Buttering & Non-Buttering Layer*, *Advanced Materials Research*, v. 789, pp. 341-346, 2013.
- [8] M.F.Mamat.,E.Hamzah.,Z.,Ibrahim.,Rohah.A.M.,A.Bahador., “*Effect of filler metals on the microstructures and mechanical properties of dissimilar low carbon steel and 316l stainless steel welded joints*”, *Materials Science Forum*, v. 819, pp 57 -62, 2015.
- [9] M.Velu, Sunil Bhat, “*Metallurgical and Mechanical examinations of steel – copper joints arc welding using bronze and nickel base superalloy filler materials*”, *Materials and Design*, v. 47, pp. 793-809, 2013.



- [10] Tarng Y., Yang W., “*Optimisation of the weld bead geometry in gas tungsten arc welding by the Taguchi method*”, *Int J Adv Manuf Technol*, v. 14(8), pp. 549-545, 1998.
- [11] Juang S, Tarng Y.,”*Process parameter selection for optimizing the weld pool geometry in the tungsten inert gas welding of stainless steel*”, *J Mater Process Technol*, v. 122, pp. 33-37, 2002.
- [12] Bodkhe Sc., Dolas DR.,”*Optimization of activated tungsten inert gas welding of 304L austenitic stainless steel*”, *Procedia Manufacturing*, v. 20, pp. 277-282, 2018.
- [13] Handa A., Chawla V, “*An investigation on the effect of axial pressures on the mechanical properties of friction welded dissimilar steels*”, *Advances in Mechanical Engineering*, v. 2014, pp. 1-6, 2014.
- [14] Emad Kh. Hamd., Abbas Sh. Alwan., Ihsan Khalaf Irthiea, “*Study the Effect of Welding Heat Input on the Microstructure, Hardness, and Impact Toughness of AISI 1015 Steel*”, *Al-Khwarizmi Engineering Journal*, Vol. 14, No.1, pp. 118-127, 2017.
- [15] Rechard S.Sabo, “*The procedure Handbook of Arc welding*”, *The lincolin electric company*, Cleveland, Ohio44117, Australia, 1999.
- [16] P.Cico., D.Kalincova., M.Kotus., “*Influence of welding method on microstructural creation of welded joints*”, *Res.Agr.Eng.*, v. 57, (Special Issue): S50 – S56, 2011.
- [17] Khubaib Zafar Ghumman., Sadaqat Ali., Emad Ud Din., Aamir Mubashar., Niaz Bahadur Khan., Syed Waqar Ahmed.,”*Experimental investigation of effect of welding parameters on surface roughness, micro-hardness and tensile strength of AISI 316L stainless steel welded joints using 308L filler material by TIG welding*”, *Journal of Materials Research and Technology*, v. 21, pp. 220-236, 2022.
- [18]. Santillan Esquivel A., Nayak S S., Xia M S., Zhou Y., “*Microstructure, hardness and tensile properties of fusion zone in laser welding of advanced high strength steels*”, *Mechanical Performance of Welds*, v. 51, pp. 328-335, 2012.