

Pengaruh pengaturan voltase terhadap kekuatan tarik pada *gas metal arc welding* antara pipa STKM 13B dan pelat SPH 440

The effect of voltage setting towards tensile strength of gas metal arc welding between STKM 13B pipe and SPH440 plate

Juliyanto Simamora¹, Adhes Gamayel¹, Ida Bagus Indra², Mohamad Zaenudin^{1*}

^{1*} Jurusan Teknik Mesin, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

² Jurusan Teknik Industri, Universitas Global Jakarta, Jl. Boulevard Raya No. 2, Tirtajaya, Sukmajaya, Depok 16412, Indonesia

*E-mail: mzaenudin@jgu.ac.id

Article Submit: 07/02/2023

Article Revision: 20/03/2023

Article Accepted: 26/03/2023

Abstrak: *Gas Metal Arch Welding* (GMAW) adalah suatu metode pengelasan yang saat ini sudah banyak digunakan di industri manufaktur. Hal ini dikarenakan GMAW memiliki beberapa keunggulan seperti pengelasan yang cepat dan dapat digunakan dalam berbagai posisi dan material. Namun demikian, cacat pada las berupa porositas masih sering terjadi, sehingga untuk mendapatkan hasil yang maksimal melalui teknik pengelasan GMAW masih diperlukan penelitian lebih lanjut secara ekstensif. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari mengenai pengaruh pengaturan voltase terhadap kekuatan tarik hasil las GMAW, yang mana sangat dipengaruhi oleh porositas hasil lasnya. Dalam hal ini, material yang digunakan yaitu berupa pipa STKM 13B dan pelat SPH 440. Pengelasan antara pipa dan pelat secara saling tegak lurus memiliki kemungkinan yang besar untuk terjadinya porositas pada hasil las, sehingga sangat menarik dan penting untuk diteliti. Arus yang digunakan pada penelitian ini yaitu 110 Ampere dengan variasi voltase 18, 20, dan 22 Volt. Hasil pengelasan menunjukkan bahwa pengelasan dengan voltase yang meningkat menunjukkan peningkatan kekuatan tarik dari material yang sudah dilas. Namun demikian, pada sampel dengan 20 Volt menunjukkan hasil terbaik yang terjadi dikarenakan pada hasil foto mikro terlihat bahwa pada sampel tersebut tidak terdapat porositas atau paling tidak minim porositas. Lebih lanjut lagi, nilai standar untuk area las menunjukkan bahwa pengelasan dengan voltase yang tinggi mendukung tercapainya standar ketebalan, kedalaman, dan panjang las yang disarankan. Penelitian ini berhasil memberikan gambaran hasil kekuatan tarik dari las GMAW pada material pipa dan pelat dengan perbedaan nilai tegangan.

Kata kunci: GMAW; pipa STKM 13B; pelat SPH 440, kekuatan tarik; foto mikro.

Abstract. *Gas metal arch welding, also known as GMAW, is currently very well-liked in the industrial industry. This is because GMAW has a number of advantages, such as fast welding and adaptability to various materials and circumstances. To get the best outcomes with GMAW welding techniques, however, significant additional study is still required due to the prevalence of porosity-related weld defects. This research aims to investigate the effect of voltage regulation on the tensile strength of GMAW welds, which is greatly influenced by the porosity of the welds. The items used in this case are SPH 440 plates and STKM 13B pipes. Due to the high probability that the resulting weld will contain porosity, studying welding between parallel pipes and plates is both intriguing and important. This study made use of voltage changes of 18, 20, and 22 volts along with 110 amps of current. The welding data show that welding at higher voltage increases the tensile strength of a material's welded joint. However, because micro-photo analysis of the sample with a voltage of 20 V showed that it had no or very little porosity, the sample with that voltage gave the best results. Additionally, high voltage welding supports meeting the recommended standards for weld thickness, depth, and length, according to the standard values for the weld area. It was successful for this study to provide a summary of the results regarding the tensile strength of GMAW welds on materials for pipes and plates with different stress values.*

Keywords: *Evaporator; air filter; compressor operation; cooling effectiveness; car air conditioner.*



1. PENDAHULUAN

Berbagai jenis logam memiliki keunggulan dan kekurangan dalam proses penyambungan melalui pengelasan. Fleksibilitas merupakan salah satu keunggulan yang diperlukan dalam proses pengelasan [1]. Jenis pengelasan yang sering dipakai oleh industri adalah pengelasan cair dengan kombinasi busur listrik dan gas [2]. Jenis pengelasan yang dimaksud berupa SMAW (*Shield Metal Arc Welding*) dan GMAW (*Gas Metal Arc Welding*). Penelitian yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan sambungan *lap joint* terhadap hasil pengelasan SMAW pada baja AISI 1050 dengan elektroda 7016 dan Variasi arus 100A, 125A dan 150A telah dilakukan [3][4]. Hasil yang didapat berupa nilai kekuatan tegangan tarik tertinggi terjadi pada arus 100A sebesar 74.05 kgf/mm², sedangkan untuk tegangan tarik terendah pada arus 150A sebesar 68.60 kgf/mm². Pengujian impak dari pengelasan GMAW pada baja ST-42 secara *zig-zag* dan non *zig-zag* menghasilkan nilai ketangguhan pada proses pengelasan non *zig-zag* lebih tinggi daripada pengelasan *zig-zag* [5]. Pengujian impak lainnya dilakukan pada logam AISI 1050 dan sudut kampuh V sudut 70° pada arus 100, 120, 140 ampere menghasilkan ketangguhan terendah terjadi pada arus 120 ampere dan ketangguhan tertinggi pada 100 ampere [6]. Selain itu, telah dilakukan pengujian kekerasan (*hardness test*) pada proses las GMAW terhadap baja ASTM A-36 dengan kampuh V sudut 60° dan variasi arus yang digunakan yaitu 80,100, dan 120 Ampere [7][8]. Kekerasan terendah terjadi pada arus 80 A yaitu 65.60 Hrc dan kekerasan tertinggi pada arus 100 A sebesar 80.40 Hrc [9].

Ketebalan pelat dengan variasi 8 mm, 10 mm, dan 12 mm pada sambungan las *mild steel* SS 400 berpengaruh terhadap nilai kekuatan tarik [2]. Tebal pelat 12 mm memiliki nilai kekuatan tarik tertinggi pada penelitian tersebut. Penelitian lain mengenai pengelasan pipa ke pelat, menyatakan bahwa ketebalan pelat memiliki pengaruh yang signifikan terhadap kelelahan (*fatigue*) dan titik awal retak pada daerah sambungan [10][11][12]. Penelitian selanjutnya mengarah kepada hasil yang diperoleh memberikan wawasan yang mendalam tentang distribusi tegangan sisa di dekat las untuk spesimen yang diperiksa dan akan digunakan untuk penilaian kelelahan selanjutnya [13][14].

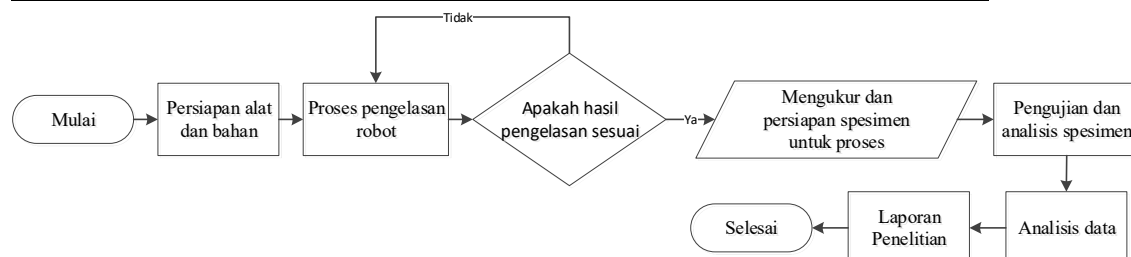
Dari beberapa penelitian yang diuraikan, belum ada penelitian tentang pengelasan GMAW antara pipa dan pelat menggunakan bahan logam yang berbeda. Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui struktur mikro dan kekuatan tarik dari pengelasan GMAW antara Pipa STKM 13B dan Pelat SPH 440

2. METODE

Alur penelitian dapat dilihat pada **Gambar 1**. Penelitian ini menggunakan material pipa STKM13B dengan diameter 28.6 mm dan tebal 2.3 mm dengan panjang 100 mm. Pipa STKM13B merupakan baja dengan kandungan karbon (C) 0.072, Silicon (Si) 0.008, Mangan (Mn) 0.793, Fosfor (P) 0.014, Sulfur (S) 0.004. Pelat SPH 440 dibentuk menjadi spesimen benda kerja dengan ukuran 35mm x 100 mm dan ketebalan 3.2 mm. Pelat SPH 440 baja dengan kandungan karbon (C) 0,102%, Silicon (Si) 0,08%, Mangan (Mn) 1.10%, Fosfor (P) 0,012%, Sulfur (S) 0,003%. **Tabel 1** memperlihatkan komposisi kimia lengkap pipa logam SKM13B dan pelat SPH 440.

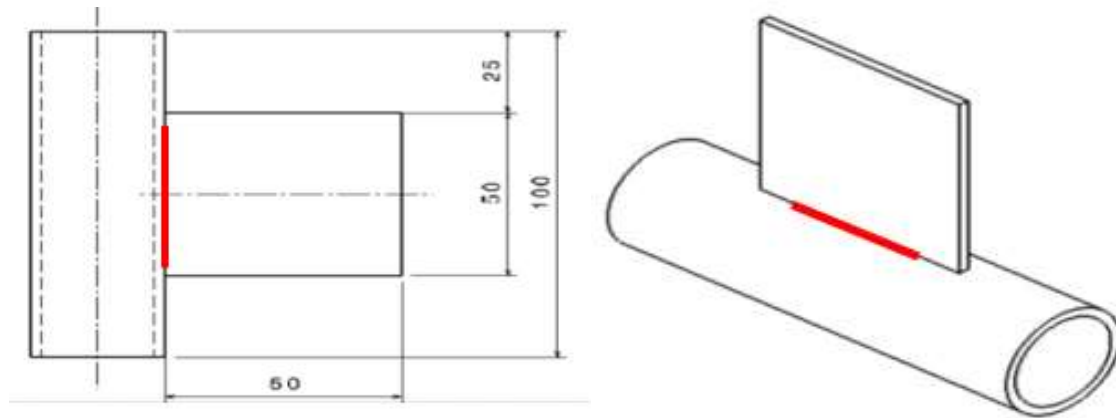
Tabel 1. Komposisi kimia pipa logam SKM13B dan pelat SPH 440.

Jenis Material	Elemen				
	C	Si	Mn	P	S
Pipa STKM13B	Max 0.25	Max 0.35	0.3 – 0.9	Max 0.04	Max 0.04
Pelat SPH 440	-	-	-	Max 0.04	Max 0.04



Gambar 1. Diagram alur penelitian.

Kedua material ini diletakkan pada *jig welding* untuk dilakukan pengelasan menggunakan mesin las robot OTC Daihen tipe Almega II-V6. Arus listrik yang digunakan sebesar 110 ampere dan tegangan listrik bervariasi dari 18V, 20V, dan 22V. Adapun skema pengelasan dapat dilihat seperti **Gambar 2**.



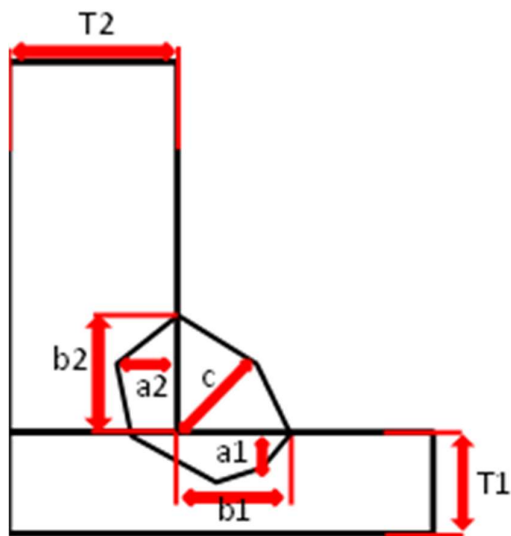
Gambar 2. Skema pengelasan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil Pengelasan yang sudah didapat sesuai **Gambar 3** pengamatan yang dilakukan dari hasil pengelasan Pipa STKM 13B dan Pelat SPH 440 adalah kekuatan tarik hasil pengelasan dan pengamatan penetrasi pengelasan menggunakan mikroskop mikro struktur. Penetrasi pengelasan diamati pada daerah *fusion line* (garis warna merah pada gambar 1) yaitu daerah antara logam las dan HAZ. Pengamatan penetrasi pengelasan berdasarkan **gambar 3**, di mana tebal, kedalaman, dan panjang las merupakan poin yang diamati.



Gambar 3. Hasil pengelasan (a) A110, 18V, (b) A110, 20V, (c) A110, 22V

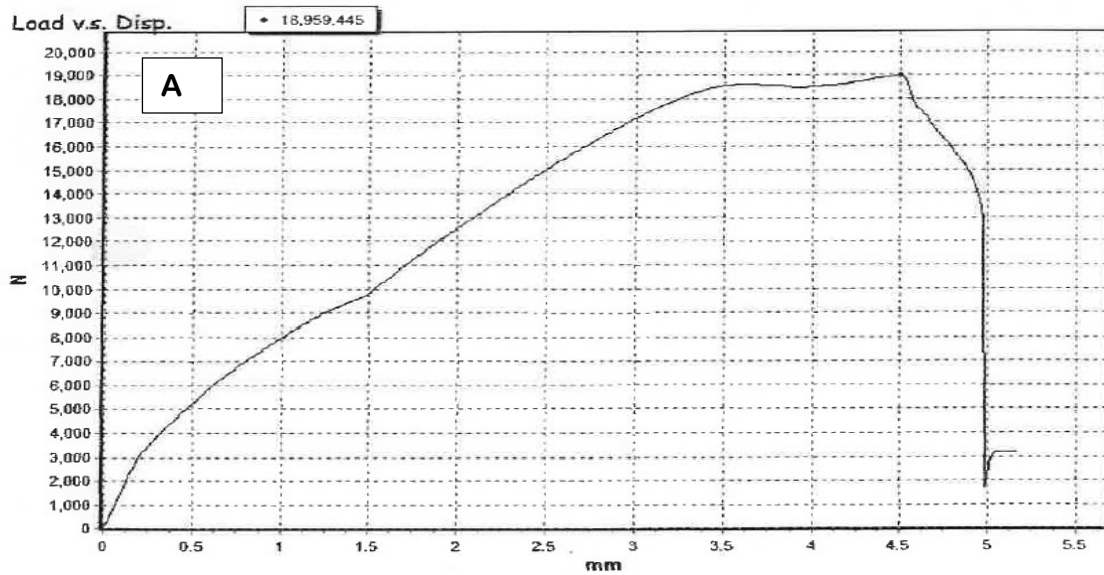


Gambar 4. Tebal, kedalaman, dan panjang las yang diamati.

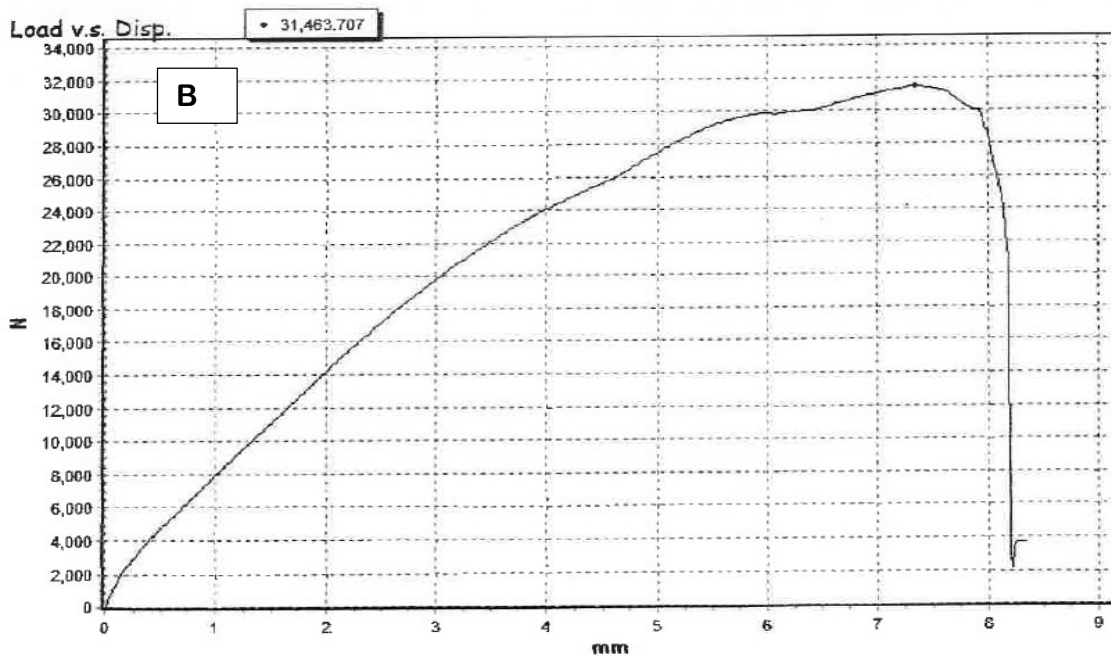
Adapun keterangan dari **Gambar 4** yaitu sebagai berikut:

1. t1: tebal material tertipis (tmin)
2. t2: tebal material tertebal (tmax)
3. a1: kedalaman las t1
4. a2: kedalaman las t2
5. b1: panjang las t1
6. b2: panjang las t2
7. c: tinggi las

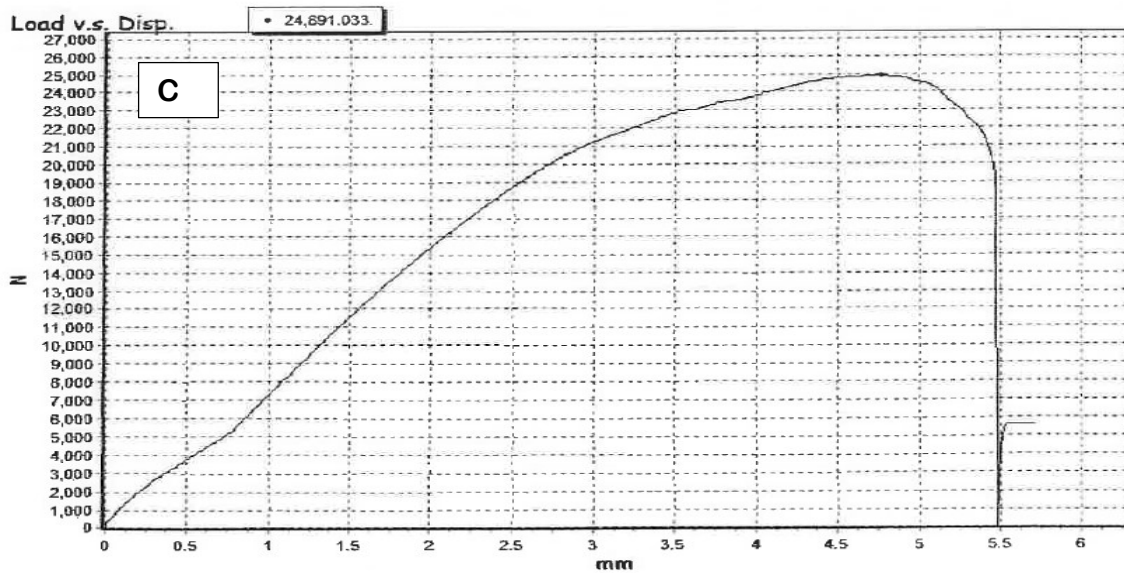
Gambar 5, Gambar 6, Gambar 7 merupakan hasil uji tarik dari masing-masing variasi tegangan listrik pada proses pengelasan



Gambar 5. Hasil uji tarik (A) 110A, 18V



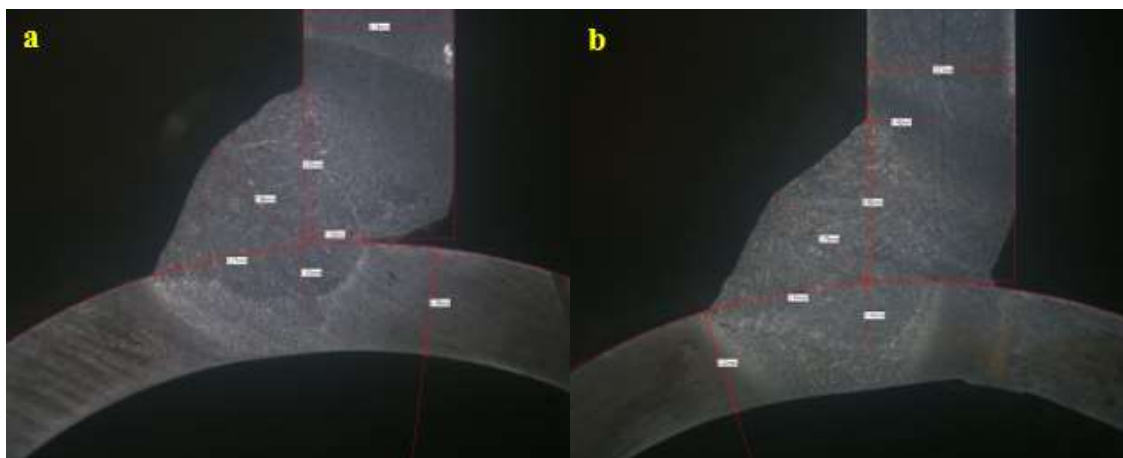
Gambar 6. Hasil uji tarik (B) 110A, 20V



Gambar 7. Hasil uji tarik (C) 110A, 22V

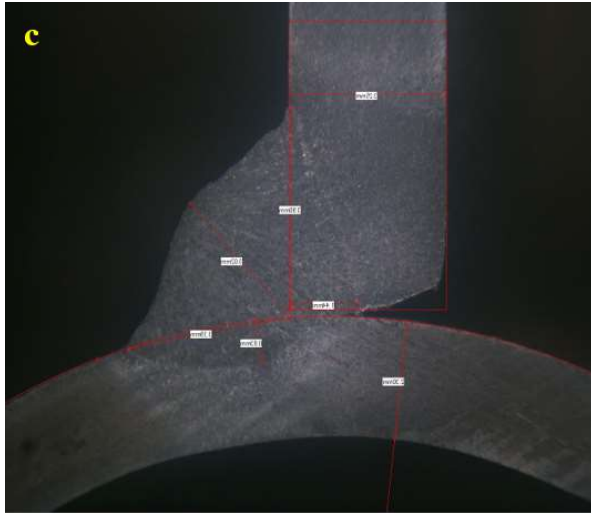
Dari **Gambar 5**, **Gambar 6** dan **Gambar 7** terlihat bahwa hasil las dengan *ultimate strength* tertinggi terjadi pada penggunaan voltase senilai 20V, yang ada pada Gambar 4(B). Pada tegangan tersebut tegangan tarik maksimal sebesar 31.400 N dengan mulur sejauh 7,2 mm. Hasil las dengan kekuatan tarik terendah ada pada penggunaan Voltase sebesar 18V (Gambar 4(A)). Pada tegangan ini dihasilkan pembebanan tarik maksimal sebesar 18.959 N dengan mulur sejauh 4.5 mm. Variasi Voltase menyebabkan permukaan las menjadi melebar sehingga terbentang merata dan hasil las cenderung datar. Akibat adanya perbedaan Voltase, maka tegangan tarik pada hasil las cenderung meningkat. Hal ini sesuai dengan apa yang disimpulkan oleh peneliti sebelumnya bahwa variasi Voltase terhadap hasil las memiliki pengaruh yang signifikan [15].

Apabila dilihat pada unsur penyusun di kedua material, kadar silikon (Si) pada pelat SPH 440 lebih tinggi daripada kadar Silikon pada pipa STKM 13B. Hal ini menjadi salah satu faktor yang menyebabkan hasil uji tarik memiliki nilai minimal 18.000 N. Secara keseluruhan, perbedaan komposisi kimia masing-masing menjadikan kekuatan hasil las berbeda-beda dan cenderung sensitif pada tingkat Voltase tertentu, yaitu pada saat tegangan berkisar 20 V. Elemen pembentuk tersebut juga mempengaruhi hasil las yang ditampilkan pada **Gambar 8** dan **Gambar 9**.



Gambar 8. Hasil foto mikro dengan Arus 110 A dan Voltase berbeda-beda, yaitu (a) 18V, (b) 20V

Apabila **Gambar 8** dan **Gambar 9** disesuaikan dengan **Gambar 3**, di mana tebal $t_1 = 2.30$ mm dan $t_2 = 3.20$ mm, maka akan didapatkan **Tabel 1**.



Gambar 9. Hasil foto mikro dengan Arus 110 A dan Voltase berbeda-beda (c) 22V

Secara umum, kedalaman las pada pelat (a2) lebih tinggi daripada kedalaman las pada pipa (a1). Hal ini dimungkinkan karena komposisi unsur mangan (Mn) pada pelat jauh lebih banyak daripada pipa. Unsur Mn berperan untuk mengurangi kadar porositas pada hasil las. Sehingga kecenderungan logam dengan unsur Mn yang tinggi akan memiliki ketangguhan yang baik. Unsur mangan (Mn) pada pelat adalah 1.10% dan pada pipa sebesar 0.793%.

Tabel 2. Nilai hasil pengelasan.

Spesimen	Parameter	a1 (pipa) (mm)	a2 (pelat) (mm)	b1 (pipa) (mm)	b2 (pelat) (mm)	c (mm)
1	110A; 18V	1.15	1.32	3.27	3.28	2.86
2	110A; 20V	1.41	1.42	3.38	3.50	2.79
3	110A; 22V	0.83	1.44	3.39	3.90	3.02

Jika diamati pada panjang las pipa (b1) dan panjang las pelat (b2) memiliki nilai dua kali lipat daripada kedalaman las (a1 dan a2). Hal ini membuktikan bahwa variasi voltase menyebabkan hasil las lebih melebar dan datar. Tinggi las menjadi lebih tinggi akibat dari voltase tinggi. Voltase 20V memiliki tinggi las paling rendah karena nilai kedalaman las dan panjang las memiliki selisih yang kecil.

3 SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian didapatkan kesimpulan bahwa *ultimate strength* tertinggi senilai 31.400 N dan mulur 7.4 mm terjadi pada penggunaan 20 Volt. Sedangkan, *ultimate strength* terendah senilai 18.959 N dengan mulur sejauh 4.5 mm terjadi pada penggunaan voltase 18 V. Pelat mengalami penetrasi terdalam yaitu 1.44 mm dan panjang las tertinggi yaitu 3.90 mm ketika beroperasi pengelasan dengan 110 A dan 22 V, yaitu pada Voltase tertinggi. Pipa mengalami penetrasi terdalam dan panjang las terbesar ketika mengalami pengelasan pada operasi 110 A dan 20 V. Material pipa lebih susah melebur dikarenakan komposisi unsur yang dimiliki lebih rendah daripada yang dimiliki material pelat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Universitas Global Jakarta atas dukungannya dalam bentuk fasilitas dan pendanaan dalam pelaksanaan penelitian ini

REFERENSI

- [1] H. Muzakki, A. S. Baskoro, G. Kiswanto, and Winarto, "Mechanical properties of the micro resistance spot welding of aluminum alloy to stainless steel with a zinc interlayer," *Int. J. Technol.*, vol. 9, no. 4, pp. 686–694, 2018, doi: 10.14716/ijtech.v9i4.1867.
- [2] M. A. I. Afit Reni Prastiwi, "Analisa pengaruh variasi ketebalan plat terhadap kekuatan tarik

- pada sambungan las butt joint mild steel ss 400,” *Jptm*, vol. 08, no. 03, 2019.
- [3] Azwinur, A. S. Ismy, R. Nanda, and Ferdiansyah, “Pengaruh arus pengelasan SMAW terhadap kekuatan sambungan las double lap joint pada material AISI 1050,” *J. Weld. Technol.*, vol. 2, no. 1, 2020.
- [4] M. Farhan, F. Azharul, and H. Sholih, “Pengujian Pengelasan Plat Stainless Steel JIS SS304 Menggunakan Mikro Struktur,” vol. 3, no. 1, pp. 33–44, 2023.
- [5] M. Z. dan T. A. Badaruddin Anwar, “Analisis Ketangguhan Hasil Pengelasan GTAW Posisi Vertikal pada Baja ST 42 dengan Pola,” *Teknologi*, vol. 21, no. 1, pp. 42–45, 2020.
- [6] N. J. Zainal Fakri, Bukhari, “Analisa pengaruh kuat arus pengelasan GMAW terhadap ketangguhan sambungan baja AISI 1050,” *J. Weld. Technol.*, vol. 1, no. 1, pp. 5–10, 2019.
- [7] Juwanda, Saifuddin, and Marzuki, “Analisa pengaruh kuat arus hasil pengelasan GMAW terhadap kekerasan material ASTM A 36,” *J. Weld. Technol.*, vol. 3, no. 1, pp. 6–11, 2021.
- [8] R. Chakrabarti, J. Roy, P. Biswas, and S. C. Saha, “Influence of microstructural changes on residual stress characteristics and macro-hardness of submerged arc welded p-91 steel plates,” *Soldag. e Insp.*, vol. 26, 2021, doi: 10.1590/0104-9224/SI26.01.
- [9] Heni Hendaryati, M. Mamungkas, Iis Siti Aisyah, and Muhammad Hasbi Rusmana, “The effect of variations in thickness of 2024 T42 aluminum plate on tensile strength and macrography in the process of resistance spot welding,” *JTTM J. Terap. Tek. Mesin*, vol. 3, no. 2, pp. 96–107, 2022, doi: 10.37373/jttm.v3i2.299.
- [10] L. Bertini, F. Frendo, and G. Marulo, “Effects of plate stiffness on the fatigue resistance and failure location of pipe-to-plate welded joints under bending,” *Int. J. Fatigue*, vol. 90, 2016, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2016.04.015.
- [11] Joni Arif and Koswara, “Pengaruh Variasi Sudut Kampuh V Terhadap Sifat Mekanis Pada Sambungan Las Aluminium 5083 Engine Girder Kapal Laut,” *TEKNOSAINS J. Sains, Teknol. dan Inform.*, vol. 8, no. 1, pp. 54–62, 2021, doi: 10.37373/tekno.v8i1.63.
- [12] C. K. Lee, S. P. Chiew, and J. Jiang, “Residual stress study of welded high strength steel thin-walled plate-to-plate joints, Part 1: Experimental study,” *Thin-Walled Struct.*, vol. 56, 2012, doi: 10.1016/j.tws.2012.03.015.
- [13] A. Chiocca, F. Frendo, and L. Bertini, “Evaluation of residual stresses in a pipe-to-plate welded joint by means of uncoupled thermal-structural simulation and experimental tests,” *Int. J. Mech. Sci.*, vol. 199, 2021, doi: 10.1016/j.ijmecsci.2021.106401.
- [14] P. Ferro, F. Berto, and N. M. James, “Asymptotic residual stress distribution induced by multipass welding processes,” *Int. J. Fatigue*, vol. 101, 2017, doi: 10.1016/j.ijfatigue.2016.11.022.
- [15] D. Febriyanto and R. E. Purwanto, “Pengaruh Variasi Voltase dan Waktu Penekanan Sambungan Pengelasan Titik (Spot Welding) Terhadap Kekuatan Geser dan Kekuatan Peel Baja,” vol. 4, pp. 59–64, 2018.