

Pengaruh Kecepatan Zig-Zag Terhadap Lebar Manik Dan Struktur Mikro Pipa Stainless Steel 316l Pada Pengelasan Pipa Orbital Tungsten Inert Gas (Tig)

Danar Febriyanto ¹, Eko Prasetyo ²

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pancasila, Jakarta

Email : danarfebriyanto159@gmail.com¹

Abstract

Common problems in pipe welding are microstructural instability, weld width, and deformation, especially in orbital system welding. Important factors that affect the quality of welding, especially in orbital system welding, are the microstructure of the weld, the width of the weld bead, and the degree of deformation. Therefore, this research focuses on the impact of zig-zag speed on the width of the weld bead and the microstructure of 316L stainless steel pipe welding using the tungsten inert gas (TIG) orbital method. The zig-zag speed also affects the microstructure because it affects the heat-affected zone, the weld metal and the base metal. Weld bead width and microstructure in orbital system welding can be adjusted by increasing or decreasing the welding speed. The faster the welding speed, the tighter the stacks of the weld pool formed, so that the resulting zig-zag pattern will be denser with smaller spacing between piths. Heat distribution during the welding process is also very influential on the microstructure. Uneven distribution can cause the formation of an imperfect material structure. However, the higher the zig-zag speed in the welding process, the more perfect the microstructure will be. The results showed a correlation between the width of the weld bead at a speed of 0.161 mm/s which had a finer microstructure compared to the width of the weld bead and the microstructure at a lower zig-zag speed.

Article History

Submitted: 19 Juli 2024

Accepted: 24 Juli 2024

Published: 25 Juli 2024

Key Words

Bead width, TIG (Tungsten Inert Gas),

Microstructure, SS 316 L, Zig-Zag

Abstrak

Masalah umum dalam pengelasan pipa adalah ketidakstabilan struktur mikro, lebar las, dan deformasi, terutama dalam pengelasan sistem orbital. Faktor-faktor penting yang mempengaruhi kualitas pengelasan, khususnya pada pengelasan sistem orbital, adalah struktur mikro las, lebar manik las, dan tingkat deformasi. Oleh karena itu, penelitian ini berfokus pada dampak kecepatan zig-zag terhadap lebar manik las dan struktur mikro pada pengelasan pipa stainless steel 316L dengan metode tungsten inert gas (TIG) orbital. Kecepatan zig-zag juga mempengaruhi struktur mikro karena berpengaruh pada daerah yang dipengaruhi panas (heat-affected zone), logam lasan (weld metal), dan logam dasar (base metal). Lebar manik las dan struktur mikro pada pengelasan sistem orbital dapat diatur dengan menambah atau mengurangi kecepatan las. Semakin cepat kecepatan pengelasan, maka tumpukan weld pool yang terbentuk akan lebih rapat, sehingga pola zigzag yang dihasilkan akan lebih padat dengan jarak antar pith yang lebih kecil. Distribusi panas selama proses pengelasan juga sangat berpengaruh pada struktur mikro. Distribusi yang tidak merata dapat menyebabkan terbentuknya struktur material yang tidak sempurna. Namun, semakin tinggi kecepatan zig-zag dalam proses pengelasan, maka struktur mikro akan semakin sempurna. Hasil penelitian menunjukkan korelasi antara lebar manik las pada kecepatan 0.161 mm/s yang memiliki struktur mikro yang lebih halus dibandingkan dengan lebar manik las dan struktur mikro pada kecepatan zig-zag yang lebih rendah

Sejarah Artikel

Submitted: 19 Juli 2024

Accepted: 24 Juli 2024

Published: 25 Juli 2024

Kata Kunci

Lebar manik, TIG (Tungsten Inert Gas), Struktur Mikro, SS 316 L, Zig-Zag

PENDAHULUAN

Selama periode ini, banyak teknik canggih terlibat dalam pengembangan industri pengelasan. Pengelasan merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan dalam proses ini untuk rekayasa kompetitif. Proses ini biasa terjadi, terutama di bidang teknik, pembangunan jembatan, dan perkapalan. Selain itu, metode ini sering digunakan untuk menyambung material dan struktur baja. Proses penyambungannya adalah pengelasan dua logam dengan cara melebur logam pengisi dan logam dasar sehingga tercipta ikatan yang sangat kuat. Salah satunya mengelas *pipa stainless steel 316L*.

Ada berbagai jenis pengelasan. Salah satu teknik pengelasan yang digunakan adalah *Gas Tungsten Arc Welding (GTAW)*, yaitu proses pengelasan yang digunakan untuk melebur dan menyambung logam dengan menggunakan panas yang dihasilkan oleh busur las dari celah antara elektroda tungsten non-konsumsi (*non-consumable*) dan las. Logam dasar dan juga dapat digunakan untuk mengelas sambungan dari lembaran tipis hanya dengan tanpa bahan tambahan, yang disebut pengelasan *autogenous*.

Pipa merupakan salah satu bahan yang digunakan sejak zaman dahulu untuk transportasi seperti air, minyak dan gas. Ini adalah salah satu alat transportasi yang ekonomis dibandingkan dengan alat transportasi lainnya. Saat ini, jalur pipa banyak digunakan untuk mengangkut barang jarak jauh. Oleh karena itu diperlukan pembangunan pipa dan penyambungan pipa untuk meningkatkan produktivitas, salah satunya dengan pengelasan orbital pipa

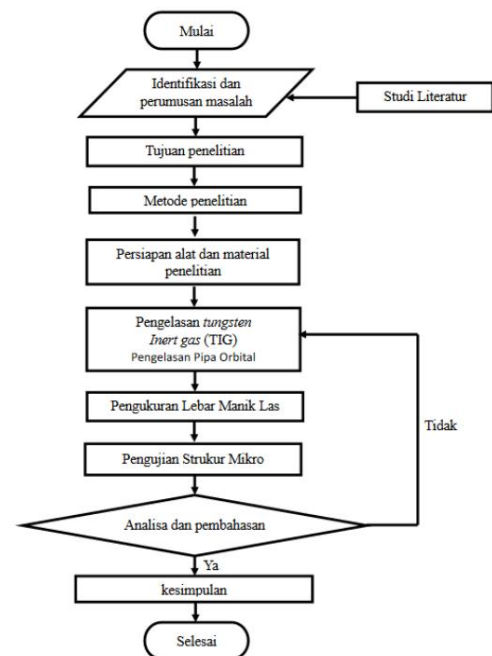
Permasalahan yang sering timbul pada pengelasan pipa adalah struktur mikro, lebar las dan deformasi yang tidak stabil khususnya pada pengelasan sistem orbital. Karena struktur mikro las, lebar manik las dan tingkat deformasi merupakan faktor penting yang

menentukan kualitas las, terutama pada pengelasan sistem orbital. Struktur mikro dan lebar manik lasan pada GTAW dapat dicapai dengan menambah arus las atau menurunkan kecepatan las. Oleh karena itu, penelitian ini fokus pada Pengaruh kecepatan zig-zag terhadap lebar manik dan struktur mikro pipa *stainless steel 316L* pada pengelasan pipa orbital *tungsten inert gas (TIG)* Penelitian ini bertujuan untuk mengukur lebar manik las hasil proses pengelasan pipa orbital dengan *stainless steel 316L*, menganalisis hasil uji struktur mikro pada lebar manik las pada *tungsten inert gas (TIG)*, dan menganalisis lebar manik las hasil TIG pada struktur mikro pipa *stainless steel 316L* menggunakan mekanisme las zig-zag.

METODE PENELITIAN

Tahapan Penelitian

Langkah penelitian ini digunakan untuk membantu menggambarkan struktur dari suatu proses penelitian. Di bawah ini adalah diagram dari penelitian ini :



Gambar 3.1. Diagram Alir Identifikasi Masalah

Proses ini memandu keseluruhan rangkaian penelitian dan memberikan pemahaman masalah yang jelas dan terstruktur. Hal ini juga memandu peneliti dalam mengarahkan tujuan, ruang lingkup, dan metode penelitian. Dengan demikian, Perumusan Masalah merupakan tahapan kunci dalam menentukan arah dan ruang lingkup penelitian, yang melibatkan identifikasi, penilaian, dan pemilihan masalah yang tepat untuk menyumbangkan pengetahuan dan pemahaman di bidang yang relevan.

Tujuan Penelitian

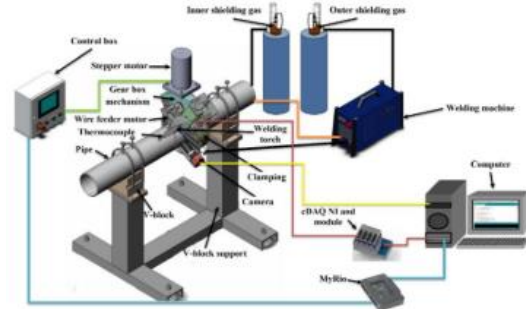
Penelitian ini bertujuan untuk mengukur lebar *weld bead* yang dihasilkan dari pengelasan pipa orbital dengan menggunakan bahan *stainless steel 316L*. juga menguji struktur mikro pada area manik las yang luas menggunakan metode Pengelasan *Tungsten Inert Gas (TIG)*. Penelitian ini juga menganalisis hubungan antara lebar *weld bead* dengan struktur mikro yang terbentuk pada pipa *stainless steel 316L* dengan menggunakan mekanisme pengelasan zig-zag. Tujuannya bertujuan untuk memahami karakteristik pengelasan pipa orbital pada material dan kondisi tertentu.

Metode Penelitian

Pada bagian metode penelitian memberikan penjelasan rinci mengenai pendekatan penelitian dan metode yang digunakan, termasuk pengumpulan data melalui observasi, wawancara, dan analisis dokumen. Pendekatan kualitatif juga dijelaskan, dan kerangka teoritis dibahas untuk memberikan landasan dalam menafsirkan hasil. Dijelaskan langkah-langkah penelitian termasuk analisis kualitatif, beserta pendekatan kualitatif yang digunakan untuk analisis data.

Persiapan Alat dan Material Penelitian

Alat uji disusun sesuai dengan skematik setup alat pada Gambar 2. Skematik setup alat ini memungkinkan untuk melakukan pengelasan pipa pada posisi 5G atau pengelasan pipa secara orbital.



Gambar 2. Skematik Setup Alat Prototipe OPW

Pengelasan Tungsten Inert Gas (TIG) Orbital Pipe Welding

Pada tahap ini dilakukan kalibrasi motor utama (gerakan memutar) dan motor *weaving* (zig – zag). Didapat kecepatan masing – masing motor sebagai berikut :

Tabel 1. Kalibrasi Motor Utama

No	Set kecepatan	Frekuensi (Hz)	Pengukuran kecepatan (mm/d)	Perhitungan kecepatan (mm/d)	Error
1	2	200	0,70	0,54	0,16
2	2,5	250	0,88	0,72	0,16
3	3	300	1,05	0,90	0,15
4	3,5	350	1,23	1,28	0,06
5	4	400	1,40	1,35	0,05
6	4,5	450	1,57	1,60	0,02
7	5	500	1,75	1,80	0,05
8	5,5	550	1,92	1,96	0,04
9	6	600	2,08	2,10	0,01
10	6,5	650	2,27	2,21	0,06
11	7	700	2,45	2,57	0,12
12	7,5	750	2,61	2,63	0,02
13	8	800	2,80	2,92	0,12
14	8,5	850	2,98	2,96	0,02
15	9	900	3,15	3,19	0,05
16	9,5	950	3,31	3,40	0,09
17	10	1000	3,49	3,59	0,10

Tabel 2. Kalibrasi Motor Weaving

Set kecepatan	Jarak weaving (mm)	Waktu (det)	Perhitungan kecepatan (mm/det)
1	3	120,43	0,043
2	3	23,49	0,127
3	3	23,28	0,129
4	3	23,23	0,129
5	3	22,54	0,133
6	3	19,95	0,150
7	3	19,80	0,152
8	3	19,26	0,154
9	3	18,97	0,158
10	3	18,61	0,161

Pengukuran Lebar Manik Las

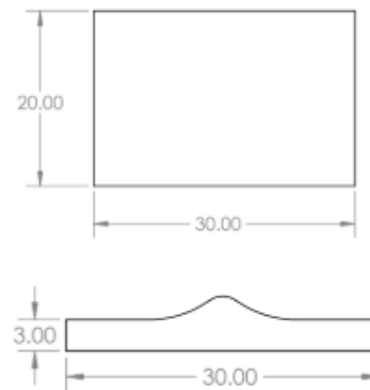
Mikroskop Digital Dino-Lite adalah kamera/mikroskop mikroskopis portabel dan terhubung ke USB dari *AnMo Electronics Corporation*, banyak digunakan di berbagai bidang seperti industri, kesehatan, forensik, dan perhiasan. Perangkat disiapkan terlebih dahulu dan dihubungkan melalui USB ke komputer penelitian. Pengaturannya meliputi jarak 60 mm dari tutup depan ke permukaan spesimen, rasio pembesaran 16,3 kali, dan resolusi gambar 1280 x 1024 piksel dengan kerapatan 96 dpi.

DinoCapture 2.0 adalah perangkat lunak yang terintegrasi dengan Dino-Lite untuk melakukan pengamatan dan pengukuran mikroskopis, seperti jarak, radius, dan diameter. Dilengkapi fitur kontrol LED, eksposur, *white balance*, level warna, pengambilan foto atau video, garis pengukur, lingkaran, busur, sudut, kalibrasi, deteksi tepi, dan pengukuran warna. Empat pengukuran lebar manik sampel diambil dari dalam satu pipa pada sudut yang berbeda, 0°, 90°, 180°, dan 270°. Mikroskop Digital Dino-Lite adalah alat yang berharga untuk berbagai aplikasi di berbagai bidang.

Pengujian Struktur Mikro

Pada pengujian mikro, hal awal yang harus dilakukan adalah membuat benda kerja menjadi spesimen uji mikro. Berikut adalah

langkah-langkah yang umumnya dilakukan dalam persiapan spesimen uji mikro:

**Gambar 3. Arah pemotongan spesimen**

Setelah menyelesaikan proses pengelasan pada seluruh spesimen, langkah berikutnya melibatkan pemotongan spesimen sebagaimana ditampilkan dalam Gambar 3. Pemotongan dilakukan dengan memperhatikan sudut pandang depan dan atas untuk mendapatkan hasil yang optimal. Proses pemotongan ini dilakukan dengan tepat di tengahnya daerah las, karena pengujian foto mikro harus dilakukan pada bagian pusat logam las. Pemotongan spesimen dilakukan dengan menggunakan gergaji besi. Alur pemotongan spesimen yang akan digunakan untuk pengujian metalografi dapat dilihat pada Gambar 3.

Proses meratakan atau menghaluskan permukaan spesimen dilakukan dengan menggunakan amplas. Proses penghalusan dilakukan dengan menggunakan amplas dengan nomor kekasaran 100, 500, 1000, 2000, dan 5000.



Gambar 4.

- a) Proses penghalusan permukaan dengan amplas 100 grit b) Proses penghalusan permukaan dengan amplas 500 grit c) Proses penghalusan permukaan dengan amplas 1000 grit d) Proses penghalusan permukaan dengan amplas 2000 grit**

Setelah semua permukaan dihaluskan dengan amplas bergradasi 100, 500, 1000, dan 2000, tahap selanjutnya adalah melakukan proses finishing dengan menggunakan amplas 5000 untuk mencapai hasil yang sangat halus pada permukaan material

Pemolesan dilakukan untuk menciptakan permukaan yang sangat halus dan berkilau sehingga ketika melakukan pengamatan melalui lensa mikroskop, permukaan spesimen akan memantulkan cahaya dengan baik. Proses pemolesan menggunakan *metal polish* (autosol) dan kain bludru sebagai media untuk mencapai hasil penghalusan yang diinginkan.



Gambar 5. Pemolesan menggunakan kain bludru dengan autosol

Sebelum melakukan pengujian metalografi dengan mikroskop, langkah terakhir yang dilakukan adalah pengetsaan. Pengetsaan pada dasarnya adalah proses pengikisan (korosi) terkendali yang terjadi pada permukaan logam melalui reaksi kimia. Proses pengikisan ini memungkinkan struktur mikro dari logam dapat diamati dengan jelas melalui mikroskop. Untuk material baja karbon rendah, pengetsaan dilakukan menggunakan cairan Nitrid Acid 95% dan Ethanol 5%. Proses pengetsaan dilakukan dengan meneteskan cairan tersebut ke permukaan logam selama sekitar 10 detik. Setelah itu, cairan pengetsaan dibersihkan dengan air dan kemudian permukaan logam dikeringkan dengan menggunakan hair dryer selama beberapa detik. Setelah semua spesimen dipersiapkan mengikuti langkah-langkah di atas, langkah selanjutnya adalah melakukan pengujian metalografi. Pengujian metalografi digunakan untuk mengamati struktur mikro dari spesimen menggunakan mikroskop dengan pembesaran yang telah ditentukan, yaitu 50x, 100x, dan 200x

Analisa dan pembahasan

Tahap analisis dan pembahasan merupakan saat di mana data yang terkumpul akan dianalisis secara mendalam untuk mengidentifikasi pola, tren, dan temuan penting. Selanjutnya, hasil analisis tersebut akan dibahas dengan merujuk pada tujuan penelitian serta literatur yang relevan guna mendapatkan pemahaman yang lebih dalam mengenai permasalahan yang diteliti

Kesimpulan

Secara keseluruhan, berdasarkan analisis data dan temuan yang telah diperoleh selama penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa [ringkasan kesimpulan utama penelitian]. Temuan ini memberikan pemahaman yang lebih dalam terhadap [permasalahan yang diteliti] dan memiliki implikasi yang penting dalam konteks [konteks aplikasi atau bidang penelitian]. Selain itu, hasil penelitian ini juga memberikan kontribusi terhadap [pengetahuan baru/peningkatan pemahaman] di dalam [bidang terkait]. Meskipun demikian, perlu diingat bahwa penelitian ini tidak terlepas dari beberapa batasan, seperti [batasan metodologi atau faktor-faktor lainnya]. Oleh karena itu, rekomendasi untuk penelitian lanjutan dapat melibatkan [saran untuk pengembangan atau perluasan penelitian ini]

HASIL DAN PEMBAHASAN

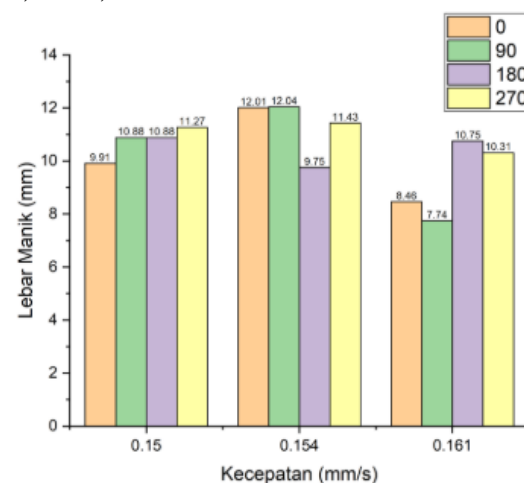
Hasil Pengelasan TIG OPT

Pada penelitian ini digunakan proses pengelasan *TIG Orbital Pipe Welding* dengan sistem yang diatur agar dapat beroperasi otomatis. Sesuai dengan metode penelitian, pengelasan ini menggunakan dua buah *filler metal* / bahan pengisi EWCe-2, gas pelindung argon pada flowrate konstan sebesar 11 L/menit, kecepatan motor utama 1,4 mm/s. Melalui proses pengelasannya, didapatkan tiga spesimen berbeda yaitu kecepatan motor

weaving 0,150 mm/s, 0,154 mm/s, dan 0,161 mm/s. Untuk pengolahan data diseleksi berdasarkan kategori las serta kualitasnya dan dipilih 12 sampel (masing – masingnya empat titik 0°, 90°, 180°, 270°). Dari sampel tersebut diukur lebarnya menggunakan dino-lite serta diukur kekuatannya.

Hasil Pengukuran Lebar Manik

Hasil pengukuran merupakan tampak atas dari spesimen pengelasan SS 316L kemudian difoto menggunakan mikroskop digital Dino-Lite AM 4515ZT dengan jarak lensa ke permukaan pelat sejauh 60 mm, rasio magnifikasi 16.3 kali, resolusi gambar yang sama yaitu sebesar 1280 x 1024 pixel, dan 96 dpi. Untuk sampel diambil tiga titik yaitu 0°, 90°, 180°, dan 270°.

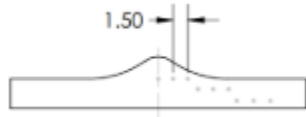


Gambar 6. Grafik Kecepatan Zig - Zag terhadap Lebar Manik Las

Dari gambar 6. menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan zig – zag maka tingkat kerapatan antar weld pool akan semakin rapat, hal ini menyebabkan penumpukan *weld pool* pada titik tertentu sehingga menyebabkan lebar manik las semakin pendek. Dibuktikan pada kecepatan 0.161 mm/s lebar manik las cenderung lebih pendek dibanding kecepatan 0.150mm/s dan 0.154mm/s.

Hasil Pembahasan Struktur Mikro

Dalam penelitian ini, dilakukan pengamatan mikro pada beberapa titik untuk memeriksa perubahan yang terjadi pada material *stainless steel* 316L setelah menjalani proses pengelasan pipa orbital *Tungsten Inert Gas (TIG)*. Berikut adalah skema pengujian struktur mikro yang mencakup tiga titik daerah, yaitu daerah las, HAZ (*Heat Affected Zone*), dan base metal.



Gambar 7. Skema Pengamatan Struktur Mikro Menggunakan Mikroskop Analisis Hasil Penelitian

Penelitian mengukur lebar manik las pada berbagai kecepatan, menghasilkan rata-rata 10,74 mm, 11,33 mm, dan 10,31 mm. Manik terluas terdapat pada kecepatan pengelasan 0,154 mm/s, sedangkan manik tersempit sebesar 7,74 mm pada kecepatan pengelasan 0,164 mm/s. Tingkat kepadatan antara kolom las meningkat dengan kecepatan zig-zag yang lebih tinggi, menyebabkan penumpukan kolom las dan lebar manik las yang lebih pendek. Pada kecepatan 0,161 mm/s lebar manik las cenderung lebih pendek dibandingkan pada kecepatan 0,150 mm/s dan 0,154 mm/s. Pengamatan struktur mikro menunjukkan bahwa kecepatan zig-zag yang lebih tinggi menghasilkan struktur mikro yang lebih terlihat dengan butiran perlit yang banyak, berkorelasi dengan lebar manik las. Hasil struktur mikro pada kecepatan zig-zag yang lebih rendah kurang terlihat. Kecepatan zig-zag mempengaruhi hasil struktur mikro dengan mempengaruhi zona yang terkena panas. Pengelasan yang lebih cepat menghasilkan pola zig-zag yang lebih rapat, sedangkan distribusi panas yang tidak merata selama pengelasan sangat mempengaruhi struktur.

KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkapkan bahwa kecepatan zig-zag yang lebih tinggi meningkatkan kepadatan antar kolom las, sehingga menyebabkan lebar manik las menjadi lebih pendek. Hal ini terlihat pada kecepatan 0,161 mm/s, dimana lebar manik las cenderung lebih pendek. Kecepatan zig-zag yang lebih tinggi juga menghasilkan struktur mikro yang lebih sempurna, terlihat pada korelasi antara lebar manik las dan struktur mikro pada kecepatan yang lebih rendah. Dengan meningkatnya kecepatan pengelasan, lebar manik las dan struktur mikro butiran perlit berpengaruh secara signifikan. Hasil observasi menunjukkan bahwa semakin tinggi kecepatan pengelasan mengakibatkan semakin sedikitnya pembentukan struktur mikro pada butiran perlit, hal ini menunjukkan adanya korelasi antara kecepatan pengelasan dengan jumlah struktur pada butiran perlit. Untuk menyempurnakan proses pengelasan, penelitian menyarankan penambahan alur atau material tambahan pada saat proses pengelasan, terutama untuk material dengan ketebalan 3 mm. Selain itu, disarankan untuk melakukan pengelasan secara berurutan untuk mencegah distribusi panas yang tidak tepat.

DAFTAR REFERENSI

- [1]R. C. Welding, T. I. G. Menggunakan, and M. Las, —Prosiding Seminar Nasional (Shielded Metal Arc Welding) Dengan Dye Penetrant,|| 2022.
- [2]Rahmatika, S. Ibrahim, M. Hersaputri, and E. Aprilia, —Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GTAW Aluminium 1050 dengan Filler ER 4043,|| J. Polimesin, vol. 17, no. 1, pp. 47–54, 2019.
- [3]Widyianto, —PENGEMBANGAN SISTEM MONITORING DAN SISTEM KONTROL REAL TIME PADA PENGELASAN PIPA ORBITAL GAS TUNGSTEN ARC WELDING (GTAW) MENGGUNAKAN MACHINE VISION

DAN NEURAL NETWORK,|| Universitas Indonesia, 2021.

[4]Aditia, Nurdin, and S. I. Adi, —Analisa Kekuatan Sambungan Material AISI 1050 dengan ASTM A36 dengan Variasi Arus pada Proses Pengelasan SMAW,|| J. Weld. Technol., vol. 1, no. 1, pp. 1–4, 2019.

[5]Azwinur, Marzuki, Usman, Jenne Syarif, and Zuhaimi, —Pengaruh Arus Terhadap Sifat Mekanik Aluminium Pada Pengelasan GTAW,|| Pros. Semin. Nas. Politek. Negeri Lhokseumawe , vol. 4, no. 1, pp. 185–190, 2020.

[6] H. Haikal, M. Chamim, D. Andriyansyah, A. Wiyono, A. S. Baskoro, and I. Isnarno, —Peningkatan Kedalaman Penetrasi Las Stainless Steel 304 dengan Medan Magnet Eksternal pada Pengelasan Autogenous Tungsten Inert Gas Welding,|| J. Rekayasa Mesin, vol. 12, no. 1, p. 87, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.01.10.

[7] H. Nasrullah, —Automotive Experiences,|| Automot. Exp., vol. 2, no. 2, pp. 41–46, 2019.

[8] J. Górka, M. Przybyła, A. Chudzio, D. Ładak, and M. Szmul, —Qualifying the TIG orbital welding technology of titanium pipes with a perforated bottom,|| Weld. Technol. Rev., vol. 92, no. 3, pp. 47–53, 2020, doi: 10.26628/wtr.v92i3.1098.

[9] M. Fakhri Andika, —PENGEMBANGAN DIGITAL MEASUREMENT SOFTWARE UNTUK PENGUKURAN LEBAR MANIK LAS BERBASIS IMAGE PROCESSING,|| Universitas Indonesia, 2022.