

PENGARUH VARIASI *TRAVEL SPEED* TERHADAP KEKUATAN TARIK PADA PENGELASAN *DISIMILAR METAL* DENGAN MIG *ROBOTIC WELDING*

Kris Witono¹, Talifatim Machfuroh^{2*}, Sarjiyana³, Elka Faizal⁴

¹⁻⁴ Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang

¹ k_witono@yahoo.com

² talifatim.machfuroh@polinema.ac.id

Abstrak— Pengelasan menggunakan *dissimilar metal* merupakan hal yang baru di dunia industri. Beberapa penelitian yang sudah membahas tentang pengelasan *dissimilar metal*. Namun masih terbatas pada variasi kuat arus dan voltase pengelasan. Belum ada yang membahas tentang kecepatan laju pengelasan. Hal ini dikarenakan sulitnya mengatur laju pengelasan jika menggunakan pengelasan manual. Dikarenakan latar belakang tersebut, maka peneliti melakukan penelitian pengelasan dengan memvariasikan laju pengelasan (*travel speed*). Tujuan penelitian ini menjelaskan pengaruh *travel speed* terhadap kekuatan tarik pada pengelasan disimilar metal dengan MIG *robotic welding*. Penelitian ini dilakukan dengan menyambung *dissimilar metal* berupa baja karbon rendah dan baja tahan karat (SS 304) menggunakan proses pengelasan MIG *Robotic Welding* dengan variasi *travel speed* 50 cm/detik, 60 cm/detik, dan 70 cm/detik. Hasil pengelasan kemudian dilakukan pengujian tarik dan pengamatan struktur makro hasil patahan. Hasil penelitian menunjukkan kekuatan tarik tertinggi didapat pada variasi *travel speed* 50 cm/menit dengan besar kekuatan tarik maksimumnya sebesar 839,8879 Mpa.

Kata Kunci— *dissimilar metal*; laju pengelasan; robotic welding; pengelasan MIG, kekuatan tarik

Abstract— *Welding using dissimilar metals is a new phenomenon in the industrial world. Some studies have already addressed dissimilar metal welding, but they are limited to variations in welding current strength and voltage. None have yet explored welding travel speed, mainly due to the difficulty in controlling it in manual welding. Because of this background, the researcher conducted a study on welding by varying the travel speed. The aim of this research is to elucidate the influence of travel speed on tensile strength in dissimilar metal welding using MIG robotic welding. The study involved joining dissimilar metals, namely low carbon steel and stainless steel (SS 304), using the MIG Robotic Welding process with travel speed variations of 50 cm/second, 60 cm/second, and 70 cm/second. The welding results were then subjected to tensile testing and macrostructure observation of the fracture surfaces. The research findings indicate that the highest tensile strength was achieved at a travel speed of 50 cm/minute, with a maximum tensile strength of 839.8879 MPa.*

Keywords— *dissimilar metal, travel speed; robotic welding; MIG welding, tensile strength*

PENDAHULUAN

Pengelasan menggunakan *Metal Inert Gas* (MIG) merupakan teknik pengelasan yang paling banyak digunakan [1]. Khususnya untuk penyambungan paduan logam untuk berbagai aplikasi, seperti bejana tekan, komponen-komponen pada industri otomotif, saluran pipa, konstruksi untuk bangunan, dan pada industri pesawat terbang [2][3]. Selain itu pengelasan dengan las MIG tidak menghasilkan slag atau terak layaknya pada las SMAW [2][4]. Pengerjaan penyambungan menggunakan las MIG dapat dilakukan untuk semua posisi pengelasan [5][6][7][8].

Dissimilar metal merupakan penggabungan dua logam atau lebih yang berbeda struktur kimianya maupun fisiknya [9]. Penggabungan ini dilakukan dengan pengelasan. Studi tentang pengelasan pada *dissimilar metal* sangat penting dilakukan, hal ini dikarenakan penerapannya pada bidang industri semakin

banyak [10][11][12][13]. Pengelasan *dissimilar metal* perlu memperhatikan beberapa hal, diantaranya pemilihan logam, metode pengelasan dan material pengisi [14][15]. Kekuatan lasan harus diuji untuk memastikan kekuatan dan keawetan sambungannya.

Penggunaan las MIG untuk menggabungkan logam yang tidak sejenis masih jarang digunakan. Hal ini dikarenakan sifat termal, mekanik, dan kimia dari logam yang disambung akan mempengaruhi kualitas kekuatan sambungan [2]. Beberapa penelitian terkait pengelasan *dissimilar metal* menggunakan las MIG telah banyak dilakukan [2][14][15][16][17]. Sarjiyana [14] dan Tarigan [15], dalam penelitiannya telah meneliti sambungan las pada logam yang tidak sejenis dengan menggunakan las *Gas Metal Arc Welding* (GMAW) atau yang biasa disebut dengan las MIG. Pada penelitiannya [14], variasi yang digunakan adalah pengaturan kuat arus dan voltase. Dimana kuat arus yang digunakan berkisar antara 100A – 180A

dan voltasenya 19V – 23V. Hasil studi yang dilakukan oleh Sarjiyana menunjukkan bahwa kuat arus dan tegangan dalam proses pengelasan memiliki dampak besar terhadap tegangan tarik dari sambungan bimetal untuk plat baja karbon rendah dan stainless steel. Analisis dari hubungan antara kuat arus dan tegangan dengan tegangan tarik dari penelitian ini mengindikasikan bahwa semakin tinggi kuat arus dan tegangan, maka nilai tegangan tariknya akan semakin menurun. Pada pengelasan dengan kuat arus 100-180 Ampere dan voltase 21 volt, nilai kekuatan tariknya stabil. Sedangkan pada penelitian Tarigan [15], menunjukkan bahwa Semakin besar ampere pengelasan MIG maka tegangan ultimate (tu) yang terjadi semakin besar, hal ini dikarenakan, ampere yang besar pada pengelasan menimbulkan gas nyala yang besar. Hal ini mempengaruhi pencairan logam pengisi. Perbedaan tren penelitian yang dihasilkan oleh Sarjiyana dan Tarigan ini diakibatkan oleh penggunaan logam yang berbeda pada masing-masing penelitian, sehingga mengakibatkan penggunaan material pengisi yang berbeda juga.

Selain itu pada penelitian yang dilakukan oleh Sakhthivel [2] telah melakukan pengujian untuk sifat mekanik sambungan MIG yang menggabungkan material logam yang berbeda. Pengujian yang dilakukan berupa uji tarik, uji Kekerasan Rockwell, uji kekerasan Vickers, uji makro dan mikro. Dari penelitian ini menunjukkan bahwa kualitas las secara keseluruhan baik. Hanya saja penelitian yang dilakukan menggunakan sambungan dari logam aluminium dengan baja ringan.

Beberapa penelitian tentang parameter pengelasan MIG juga telah banyak dilakukan [1][18][19][20]. Pada penelitiannya, Singh [1] telah melakukan studi literatur bahwa parameter proses pengelasan MIG merupakan faktor penting yang mempengaruhi kualitas lasan. Dari hasil studinya didapatkan bahwa besarnya arus pengelasan dan kecepatan pengelasan sangat mempengaruhi kekuatan tarik dari sambungan. Pengaruh kecepatan pengelasan juga diteliti oleh Ferry [19], dimana pada penelitian ini menggunakan alat bantu untuk memvariasikan kecepatan pengelasannya. Sehingga variasi kecepatan yang digunakan merupakan kecepatan putar dari alat bantu. Penelitian ini menggunakan arus pengelasan 100 A, dengan posisi pengelasan IG. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kenaikan kecepatan rotasi peralatan pengelasan mengakibatkan peningkatan nilai kekerasan di daerah HAZ. Dari pengamatan struktur makro, terlihat bahwa semakin tinggi kecepatan pengelasan, rigi-rigi las yang terbentuk menjadi lebih kasar. Namun, struktur mikro yang terbentuk relatif sama untuk semua sampel.

Dari beberapa penelitian yang sudah dilakukan, belum ada penelitian yang meneliti tentang variasi kecepatan pengelasan untuk *dissimilar metal*. Pada penelitian Ferry [19], penelitiannya hanya berfokus logam tunggal. Sedangkan pada penelitian yang dilakukan oleh Sarjiyana [14], sudah meneliti tentang pengelasan *dissimilar metal*, hanya saja masih berfokus pada pengaturan kuat arus dan voltase dari pengelasan GMAW, sedangkan untuk kecepatan pengelasannya belum dilakukan penelitian lebih lanjut. Hal ini dikarenakan pengelasannya

masih menggunakan manual, sehingga sulit untuk melakukan variasi kecepatan pengelasan pada penelitian ini.

Berdasarkan latar belakang tersebut, maka penelitian akan berfokus pada pengelasan *dissimilar metal* baja karbon rendah dengan stainless steel 304 dengan memvariasikan kecepatan pengelasan (*travel speed*). Untuk proses pengelasan dilakukan dengan robotic welding, sehingga *travel speed*-nya (TS) mudah untuk diatur.

METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium pengelasan dan Laboratorium Pengujian Bahan Teknik, Jurusan Teknik Mesin Politeknik Negeri Malang. Sebelum melakukan penelitian, diperlukan untuk mempersiapkan bahan untuk penelitian, diantaranya:

1. Bahan yang digunakan adalah baja karbon rendah dan SS 304 dengan ukuran 150 x 1000 x 3 mm.
2. Sebelum dilakukan pengelasan, dilakukan pemotongan bahan dengan ukuran panjang x lebar x tebal yaitu 100 mm x 150 mm x 3 mm.
3. Kawat isian yang digunakan dalam proses pengelasan adalah tipe ER308L dengan diameter 0,8 mm



Gbr 1. Persiapan proses pengelasan dengan Robotic Welding



Gbr 2. Hasil Pengelasan dengan Robotic Welding

Setelah bahan dipotong, langkah berikutnya adalah mengelas plat baja karbon rendah dengan plat *stainless steel*. Proses pengelasan ini menggunakan metode Las MIG *Robotic*

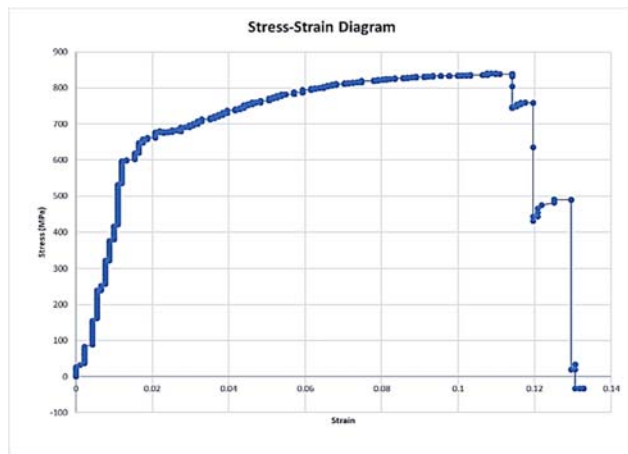
Welding. Kecepatan pengelasan (*travel speed*/TS) divariasikan selama proses.

Pada penelitian ini proses pengelasan diatur menggunakan voltase 20V dengan kuat arus sebesar 200A. untuk besarnya aliran gas yang digunakan sebesar 12 lt/menit. Sedangkan variasi *travel speed* yang digunakan adalah 50 cm/menit, 60 cm/menit, dan 70 cm/menit.

Setelah spesimen dilakukan proses pengelasan dan pemesian, langkah berikutnya adalah melakukan pengujian sifat mekanik material, yaitu uji tarik dan pengambilan gambar struktur makro dari hasil patahan akibat uji tarik. Uji tarik dilakukan di area las pada bahan plat baja karbon rendah dan *stainless steel*. Hasil patahan kemudian difoto menggunakan kamera DSLR untuk mendapatkan gambaran struktur makro dari hasil patahan. Data yang dikumpulkan dari pengujian tarik meliputi data regangan, tegangan dan tegangan tarik maksimumnya

HASIL DAN DISKUSI

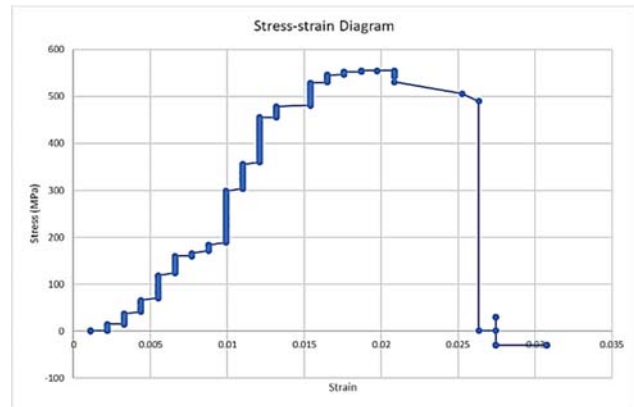
A. Hasil Penelitian



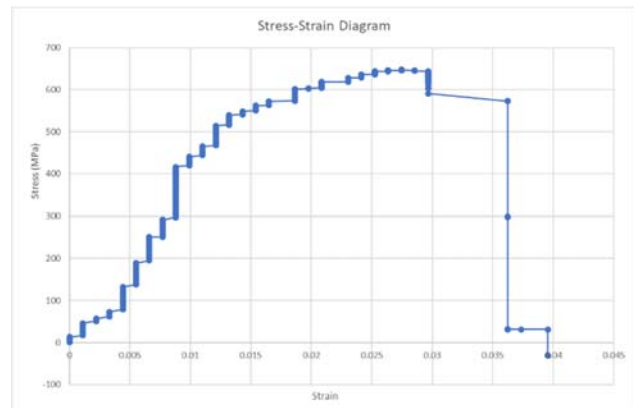
Gbr 3. Diagram tegangan regangan dengan variasi *travel speed* 50 cm/menit

Berdasarkan data hasil uji tarik yang sudah dilakukan pada beberapa specimen uji, didapatkan grafik tegangan regangan rata-rata masing-masing perubahan *travel speed* hasil pengelasan menggunakan *robotic welding*. Grafik tegangan regangan rata-rata.

Gambar 3 menunjukkan hasil diagram tegangan regangan dari pengelasan *robotic welding* dengan variasi *travel speed* 50 cm/menit. Dari grafik tegangan regangan terlihat bahwa specimen mengalami pemuluran sampai di titik *yield strength*-nya. Kemudian terputus setelah mengalami tegangan tarik maksimalnya.



Gambar 4. Diagram tegangan regangan dengan variasi *travel speed* 60 cm/menit



Gbr 5. Diagram tegangan regangan dengan variasi *travel speed* 70 cm/menit

Gambar 4 menunjukkan hasil diagram tegangan regangan dari pengelasan *robotic welding* dengan variasi *travel speed* 60 cm/menit. Dari grafik tegangan regangan tersebut tidak terlihat daerah *yield strength*-nya. Tegangan tarik rata-ratanya mengalami penurunan. Hal ini juga menyebabkan sifat material berubah menjadi getas.

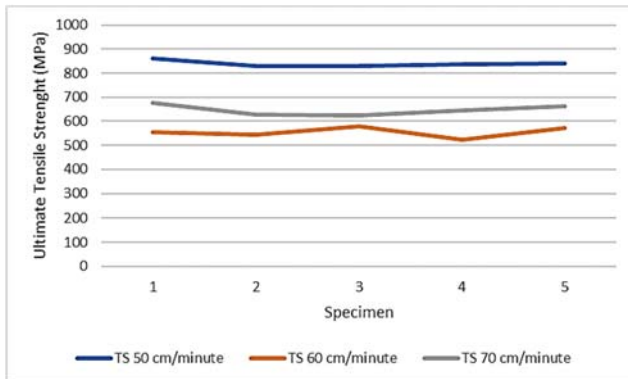
Gambar 5 menunjukkan hasil diagram tegangan regangan dari pengelasan *robotic welding* dengan variasi *travel speed* 70 cm/menit. *Trendline* dari grafik ini hampir sama dengan *trendline* grafik variasi *travel speed* 60 cm/menit. Dari grafik tegangan regangan tersebut juga tidak terlihat daerah *yield strength*-nya. Tegangan tarik rata-ratanya mengalami penurunan dan daerah plastisitasnya juga rendah.

Jika dilihat nilai *ultimate tensile strength* (UTS) pada beberapa specimen uji untuk masing-masing variasi mengalami perbedaan yang sangat signifikan. Dimana hal ini seperti tampak pada table 1.

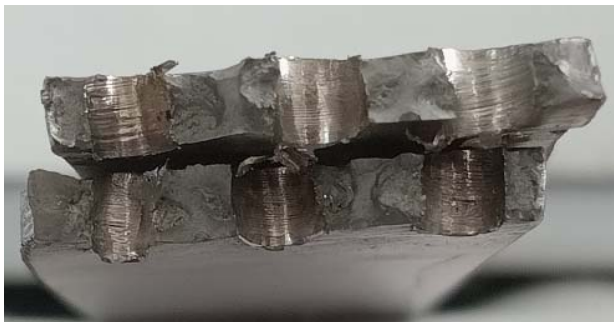
Berdasarkan table 1 didapatkan bahwa tegangan tarik maksimum rata-rata pada hasil pengelasan dengan *travel speed* 50 cm/menit adalah sebesar 839,8879 Mpa. Tegangan tarik maksimum rata-rata pada hasil pengelasan dengan *travel speed* 60 cm/menit adalah sebesar 554.8413 Mpa. Sedangkan tegangan tarik maksimum rata-rata pada hasil pengelasan dengan *travel speed* 70 cm/menit adalah sebesar 647.4337.

Tabel 1. Nilai Tegangan tarik maksimum

	TS 50 cm/s	TS 60 cm/s	TS 70 cm/s
	(MPa)	(MPa)	(MPa)
Spesimen 1	859.9879	554.8413	677.4321
Spesimen 2	829.9879	544.7413	627.7212
Spesimen 3	829.8791	577.7615	625.4121
Spesimen 4	838.6967	524.8091	644.4887
Spesimen 5	840.8879	572.0533	662.1144
	839.8879	554.8413	647.4337



Gbr 6. Perbandingan tegangan tarik maksimum akibat perubahan *travel speed*



Gbr 7. Foto makro hasil patahan specimen uji dengan *travel speed* 50 cm/menit

Secara grafik perubahan tegangan tarik maksimum akibat perubahan *travel speed* pada beberapa specimen digambarkan pada gambar 6. Dari gambar tersebut terlihat bahwa tegangan tarik specimen uji dengan variasi *travel speed* 50 cm/menit cenderung tinggi dengan rata-rata tegangan Tarik maksimumnya 839,8879 MPa. Tegangan tarik maksimum specimen uji pada variasi ini lebih tinggi dibandingkan variasi *travel speed* yang lain.



Gbr 8. Foto makro hasil patahan specimen uji dengan *travel speed* 60 cm/menit



Gbr 9. Foto makro hasil patahan specimen uji dengan *travel speed* 70 cm/menit

Hasil foto makro hasil patahan specimen uji dengan variasi *travel speed* 50 cm/menit ditampakkan pada gambar 7. *specimen* uji dengan variasi *travel speed* 60 cm/menit, foto makro hasil patahannya ditampakkan pada gambar 8. Sedangkan foto makro untuk specimen uji dengan variasi *travel speed* 70 cm/menit ditampakkan pada gambar 9.

B. Diskusi dan Pembahasan

Pada grafik tegangan-regangan terlihat hanya pada variasi 50 cm/menit daerah yieldnya terlihat jelas. Berdasarkan olah data didapatkan titik mulurnya sebesar 600 MPa. Sedangkan pada variasi 60 cm/menit dan 70 cm/menit tidak terlihat dengan jelas titik mulurnya. Begitu juga dari hasil foto makro ketiga variasi menunjukkan bahwa hasil sambungan cenderung bersifat getas. Hal ini ditunjukkan dengan kecilnya perubahan penampang dari hasil uji tarik.

Kekuatan tarik dari material SS304 sebelum dilakukan pengelasan yaitu sebesar 646 MPa [21]. Setelah dilakukan pengelasan dengan baja karbon rendah, pada specimen uji dengan variasi 50 cm/menit, kekuatan tarik maksimumnya meningkat sebesar 30 %. Sedangkan pada specimen dengan variasi 60 cm/menit, kekuatan tarik maksimumnya menurun sebesar 14%. Pada specimen dengan variasi 70 cm/menit, kekuatan tarik maksimumnya menurun sebesar 0,2%. Fluktuasi perubahan kekuatan tarik maksimum rata-rata ini kemungkinan diakibatkan karena plat SS304 yang tersambung belum meleleh dengan sempurna saat dilas dengan variasi kecepatan tertentu. Hal ini ini dibuktikan juga dengan kondisi hasil lasan pada

sambungan dengan variasi 60 cm/menit dan 70 cm/menit, kawat lasnya tidak mengisi dengan sempurna, sehingga bagian bawah sambungannya kosong. Namun pada specimen dengan variasi 50 cm/menit, kawat las mengisi dengan sempurna sampai di bawah. Dan sangat dimungkinkan kondisi plat saat disambung meleleh dengan baik. Sehingga hasil sambungannya baik.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa perubahan *travel speed* pada pengelasan MIG dengan *robotic welding* memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hasil kekuatan tarik maksimum rata-ratanya. Tegangan tarik maksimum rata-rata pada hasil pengelasan dengan *travel speed* 50 cm/menit adalah sebesar 839,8879 Mpa. Tegangan tarik maksimum rata-rata pada hasil pengelasan dengan *travel speed* 60 cm/menit adalah sebesar 554.8413 Mpa. Sedangkan tegangan tarik maksimum rata-rata pada hasil pengelasan dengan *travel speed* 70 cm/menit adalah sebesar 647.4337 MPa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Politeknik Negeri Malang atas hibah berupa DIPA penelitian yang telah memungkinkan terlaksananya penelitian dan penulisan karya ilmiah ini dengan lancar.

REFERENSI

- [1] S. Singh, V. Kumar, S. Kumar, and A. Kumar, "Variant of MIG welding of similar and *dissimilar metals*: A review," *Mater. Today Proc.*, vol. 56, pp. 3550–3555, 2022, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.11.287>.
- [2] P. Sakthivel, V. Manobbala, T. Manikandan, Z. Mohammed Arman Salik, and G. Rajkamal, "Investigation on mechanical properties of *dissimilar metals* using MIG welding," *Mater. Today Proc.*, vol. 37, pp. 531–536, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.05.488>.
- [3] A. Aoki, S. Tashiro, H. Kurokawa, and M. Tanaka, "Development of novel MIG welding process with duplex current feeding," *J. Manuf. Process.*, vol. 47, pp. 74–82, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.jmapro.2019.09.009>.
- [4] J. Liu, H. Zhu, Z. Li, W. Cui, and Y. Shi, "Effect of ultrasonic power on porosity, microstructure, mechanical properties of the aluminum alloy joint by ultrasonic assisted laser-MIG hybrid welding," *Opt. Laser Technol.*, vol. 119, p. 105619, 2019, doi: <https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2019.105619>.
- [5] J. Nadzam, F. Armao, L. Byall, D. Kotecki, and D. Miller, "Gas Metal Arc Welding Product and Procedure Selection," *Tech Rep. C4.200*, p. 96, 2014, [Online]. Available: www.lincolnelectric.com
- [6] I. N. I. Sihombing, U. Budiarno, and A. F. Zakki, "Pengaruh Posisi Pengelasan dan Bentuk Kampuh Terhadap Kekuatan Tarik dan Mikrografi Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) Pada Aluminium 6061 Sebagai Bahan Material Kapal," *J. Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 4, p. 303, 2019, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- [7] Wardhana Kresno Setya, "Pengaruh Variasi Bentuk Kampuh Dan Posisi Pengelasan Terhadap Kekuatan Bending Dan Struktur Mikro Pada Material Baja Ss-540 Dengan Proses Las Mig," *J. Tek. Mesin*, vol. 09, no. 01, pp. 129–134, 2021.
- [8] M. BÄCK, "Welding of *dissimilar metals* in different welding positions," 2015.
- [9] R. Mittal and B. S. Sidhu, "Some studies on the *dissimilar metal* weldments," no. October 2011, 2015.
- [10] M. Karimi, M. Shemshadi, and N. Firoozfam, "A simple method to design and analyze dynamic vibration absorber using dimensional analysis," *JVC/Journal Vib. Control*, vol. 27, no. 1–2, 2021, doi: [10.1177/1077546320923928](https://doi.org/10.1177/1077546320923928).
- [11] A. K. Maurya, C. Pandey, and R. Chhibber, "Dissimilar welding of duplex stainless steel with Ni alloys: A review," *Int. J. Press. Vessel. Pip.*, vol. 192, p. 104439, 2021, doi: <https://doi.org/10.1016/j.ijpvp.2021.104439>.
- [12] Y. Fang, X. Jiang, D. Mo, D. Zhu, and Z. Luo, "A review on *dissimilar metals*' welding methods and mechanisms with interlayer," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 102, no. 9, pp. 2845–2863, 2019, doi: [10.1007/s00170-019-03353-6](https://doi.org/10.1007/s00170-019-03353-6).
- [13] M. Marya, "A Brief Review of Challenges & Technologies to Weld *Dissimilar metals* in Two Industries: The Upstream Oil & Gas and the Automotive," *Mater. Sci. Forum*, vol. 580–582, pp. 155–158, 2008, [Online]. Available: <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:135536531>
- [14] Sarjiyana, Subagiyo, and L. Agustriyana, "Kekuatan Tarik Pada Pengelasan Bimetal Plat Baja Karbon Rendah Dan Stainless Steel 304 Dengan Las Gmaw," vol. 4, no. 2, pp. 7–12, 2021.
- [15] L. Tarigan, A. Sebayang, P. Tarigan, and P. Bangun, "Analisa Gaya Tarik Terhadap Pelat Baja AISI 1045 pada Sambungan Las Metal Inert Gas (MIG) dengan Variasi Arus 80 A , 100 A , 120 A dan 140 A," *J. Ilm. Core IFT*, vol. 9, no. 6, pp. 21–24, 2021.
- [16] Y. Gao, Y. Zhang, J. Li, K. Liu, Y. Xu, and J. P. Zhou, "Research on the performance of laser-MIG arc tandem welding of CP-Ti/304 stainless steel bimetallic sheets," *Mater. Lett.*, vol. 305, p. 130805, Dec. 2021, doi: [10.1016/J.MATLET.2021.130805](https://doi.org/10.1016/J.MATLET.2021.130805).
- [17] A. M. Torbati, R. M. Miranda, L. Quintino, S. Williams, and D. Yapp, "Optimization procedures for GMAW of bimetal pipes," *J. Mater. Process. Technol.*, vol. 211, no. 6, pp. 1112–1116, Jun. 2011, doi: [10.1016/j.jmatpro.2011.05.011](https://doi.org/10.1016/j.jmatpro.2011.05.011).

- 10.1016/J.JMATPROTEC.2011.01.013.
- [18] R. Subramanian, B. Natarajan, B. Kaliyaperumal, and R. Chinnasamy, "Effect of MIG welding process parameters on microstructure and tensile behavior of hastelloy C276 using response surface methodology," *Mater. Res. Express*, vol. 6, no. 6, p. 66540, 2019, doi: 10.1088/2053-1591/ab093a.
- [19] F. B. S. Maret, Rishi Nur; Syaripuddin; Susetyo, "Pengaruh Kecepatan Pengelasan Mig Pada Pipa Sc-80 Terhadap Struktur Mikro Dan Kekerasan Dengan Posisi Pengelasan 1g ¹Program Studi Pendidikan Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Universitas Negeri Jakarta ²Program Studi Teknik Mesin , Fakultas Teknik , Unive," vol. 4, no. 2, pp. 76–80, 2019.
- [20] F. Ismawan and S. Syahbuddin, "Optimasi Parameter Pengelasan Gmaw Pada Baja Tahan Karat AISI 409 untuk Mengurangi Jumlah Spatter," *Teknobiz J. Ilm. Progr. Stud. Magister Tek. Mesin*, vol. 12, pp. 184–191, Nov. 2022, doi: 10.35814/teknobiz.v12i3.4249.
- [21] Sumarji, "Studi Perbandingan Ketahanan Korosi Stainless Steel Tipe Ss 304 Dan Ss 201 Menggunakan Metode U-Bend Test Secara Siklik Dengan Variasi Suhu Dan Ph," *J. ROTOR*, vol. 4, no. 1, pp. 1–8, 2011.