

Analisis Pengaruh Kecepatan Angin terhadap Pembentukan Cacat *Porosity* pada Pengelasan GTAW dengan Material Pelat *Grade A* dan Elektroda ER70S-G

Davin Aditiawan¹, Imanuel Adam Tnunay²
Email corresponding author: davinaditiawan66@gmail.com

^{1,2} Program Studi Permesinan Kapal, Fakultas Vokasi Logistik Militer, Universitas Pertahanan Republik Indonesia

Article history: Received: 17 Maret 2025 | Revised: 25 April 2025 | Accepted: 26 April 2025

Abstract. *Porosity is one of the welding defects that can affect the quality and strength of welding results. One of the external factors contributing to the occurrence of porosity is wind speed during the welding process. This study aims to analyze the effect of wind speed variations on porosity defect formation in GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) results using grade A steel plate material and ER70S-G electrode. The experiments were conducted by varying wind speeds at 0 m/s, 2 m/s, 4 m/s, and 6 m/s using an industrial fan positioned 1 meter from the welding point. The test specimens consisted of 10 mm thick grade A steel plates joined using the GTAW welding method with parameters of 160 A current, 20 V voltage, and 2 mm/s welding speed. Porosity defect observation was carried out through radiographic testing. The results showed that the increase in wind speed was directly proportional to the number and size of porosity formed. At 0 m/s wind speed, no significant porosity increased significantly, with the highest defects found at 6 m/s with an average porosity diameter reaching 2,5 mm. Statistical analysis showed a strong positive correlation ($R^2 = 0,92$) between wind speed and porosity formation. This study concludes that wind speed has a significant influence on the quality of GTAW welding results, with a recommended maximum wind speed limit of 2 m/s to minimize porosity defect formation.*

Keywords – GTAW; porosity; wind speed; grade A plate; ER70S-G

Abstrak. *Porosity merupakan salah satu cacat las yang dapat mempengaruhi kualitas dan kekuatan hasil pengelasan. Salah satu faktor eksternal yang berkontribusi terhadap munculnya porosity adalah kecepatan angin selama proses pengelasan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi kecepatan angin terhadap pembentukan cacat porosity pada hasil pengelasan GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) menggunakan material pelat baja grade A dan elektroda ER70S-G. Eksperimen dilakukan dengan memvariasikan kecepatan angin pada nilai 0 m/s, 2 m/s, 4 m/s, dan 6 m/s menggunakan kipas angin industri yang diatur pada jarak 1 meter dari titik pengelasan. Spesimen uji berupa pelat baja grade A ketebalan 10 mm disambung menggunakan metode pengelasan GTAW dengan parameter arus 160 A, voltase 20 V, dan kecepatan pengelasan 2 mm/s. Pengamatan cacat porosity dilakukan melalui pengujian radiografi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan angin berbanding lurus dengan jumlah dan ukuran porosity yang terbentuk. Pada kecepatan angin 0 m/s, tidak ditemukan cacat porosity yang signifikan. Seiring peningkatan kecepatan angin, jumlah porosity meningkat secara signifikan, dengan cacat terbanyak ditemukan pada kecepatan 6 m/s dengan rata-rata diameter porosity mencapai 2,5 mm. Analisis statistik menunjukkan korelasi positif kuat ($R^2 = 0,92$) antara kecepatan angin dan pembentukan porosity. Penelitian ini menyimpulkan bahwa kecepatan angin memiliki pengaruh signifikan terhadap kualitas hasil pengelasan GTAW, dengan batas kecepatan angin maksimal yang direkomendasikan adalah 2 m/s untuk meminimalkan pembentukan cacat porosity.*

Kata Kunci – GTAW, porosity, kecepatan angin, pelat grade A, ER70S-G

PENDAHULUAN

Pengelasan GTAW (*Gas Tungsten Arc Welding*) merupakan salah satu metode pengelasan yang banyak digunakan dalam industri manufaktur, khususnya untuk material-material yang membutuhkan tingkat presisi dan kualitas tinggi [1]. Metode ini dikenal karena kemampuannya menghasilkan sambungan las yang bersih dan presisi, namun kualitas hasil pengelasan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor lingkungan, salah satunya adalah kecepatan angin di sekitar area pengelasan [2].

Dalam praktik pengelasan di lapangan, terutama pada lokasi *outdoor* atau area yang terbuka, pengaruh angin menjadi faktor yang tidak dapat diabaikan [3]. Angin dapat mempengaruhi stabilitas busur las dan gas pelindung yang digunakan dalam proses GTAW, yang pada akhirnya dapat menyebabkan berbagai jenis cacat las, terutama *porosity* [4]. Cacat *porosity* merupakan salah satu defek yang sering ditemui dalam hasil pengelasan dan dapat secara signifikan menurunkan kekuatan mekanik sambungan las [5].

Tomaz., *et al.*, 2021 telah mengkaji berbagai aspek yang mempengaruhi kualitas hasil pengelasan GTAW. Namun, studi komprehensif mengenai hubungan langsung antara kecepatan angin dan pembentukan *porosity*, khususnya pada material pelat baja *grade A* yang banyak digunakan dalam konstruksi, masih terbatas. Pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan ini sangat penting untuk mengembangkan standar dan prosedur pengelasan yang lebih baik.

Penelitian ini fokus pada analisis pengaruh kecepatan angin terhadap pembentukan cacat *porosity* pada pengelasan GTAW dengan menggunakan material pelat baja *grade A* dan elektroda ER70S-G. Pemilihan material dan elektroda ini didasarkan pada penggunaannya yang luas dalam industri konstruksi dan manufaktur. Melalui variasi kecepatan angin yang terkontrol dan pengamatan sistematis terhadap pembentukan *porosity*, penelitian ini bertujuan untuk memberikan pemahaman yang lebih baik tentang batasan kecepatan angin yang dapat ditoleransi dalam proses pengelasan GTAW.

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi praktis bagi industri dalam bentuk rekomendasi teknis mengenai kondisi lingkungan yang optimal untuk pengelasan GTAW, khususnya terkait dengan batas maksimal kecepatan angin yang masih dapat menghasilkan kualitas las yang memenuhi standar. Selain itu, penelitian ini juga diharapkan dapat menjadi dasar untuk pengembangan metode dan teknologi yang dapat meminimalkan pengaruh angin terhadap kualitas hasil pengelasan.

METODE

Penelitian dilaksanakan di PT PAL Indonesia, khususnya pada Bengkel Las O/F Departemen *Machinery Outfitting & Hull Outfitting* Divisi Kapal Perang yang terletak di Jalan Ujung, Kelurahan Ujung, Kecamatan Semampir, Kota Surabaya, Provinsi Jawa Timur. Penelitian ini menggunakan metode eksperimental untuk menganalisis pengaruh kecepatan angin terhadap pembentukan cacat *porosity* pada hasil pengelasan GTAW.



Gambar 1. Pelat Baja *Grade A* Ketebalan 10 mm

Pada gambar 1 menunjukkan material yang digunakan berupa pelat baja *grade A* dengan ketebalan 10 mm. Pelat baja *grade A* adalah jenis baja karbon rendah yang umum digunakan dalam konstruksi kapal dan struktur kelautan, dengan kandungan karbon maksimum sekitar 0,21% [7]. Material ini dikenal memiliki kekuatan tarik minimum 400-490 MPa dan titik luluh minimum sekitar 235 MPa, menjadikannya pilihan yang baik untuk aplikasi struktural [8].

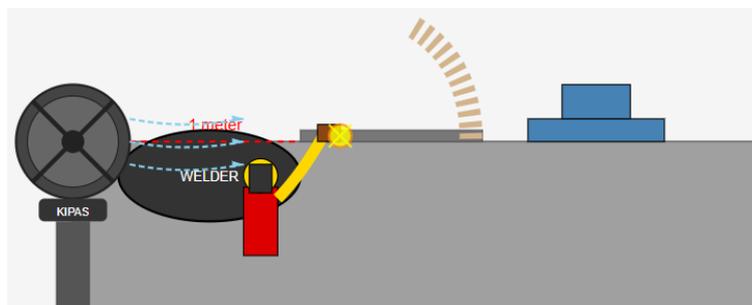


Gambar 2. Elektroda ER70S-G

Pada gambar 2 menunjukkan material yang digunakan berupa elektroda ER70S-G. Kawat las ini termasuk dalam klasifikasi baja karbon rendah dengan kode "ER" yang menunjukkan bahwa kawat ini berbentuk batang (*rod*) yang digunakan untuk elektroda dan pengisi, "70" menandakan kekuatan tarik minimum sekitar 70.000 psi (483 MPa), "S" berarti kawat solid, dan "G" merupakan penanda umum (*general*) yang mencakup komposisi kimia yang tidak sepenuhnya ditentukan oleh standar AWS (*American Welding Society*) [9].



Gambar 3. Proses Pengelasan GTAW pada Material Pelat Baja *Grade A* dan Elektroda ER70S-G



Gambar 4. Ilustrasi Eksperimen Proses Pengelasan GTAW dengan Variasi Kecepatan Angin

Pada gambar 4 menunjukkan ilustrasi eksperimen dilaksanakan dengan melakukan variasi kecepatan angin menggunakan kipas angin industri yang ditempatkan pada jarak 1 meter dari titik pengelasan. Variasi kecepatan angin yang digunakan adalah 0 m/s sebagai kontrol, serta 2 m/s, 4 m/s, dan 6 m/s sebagai variabel uji. Pengukuran kecepatan angin dilakukan menggunakan anemometer digital untuk memastikan akurasi nilai yang dihasilkan.

Tabel 1. Parameter Pengelasan GTAW yang Digunakan

Parameter	Nilai
Arus	160 A
Voltase	20 V
Kecepatan Pengelasan	2 mm/s
Jarak <i>Torch</i> ke Material	3 mm
Laju Aliran Gas Pelindung	12 L/min

Proses pengelasan GTAW dilakukan dengan parameter yang dijaga konstan, yaitu arus sebesar 160 A, *voltase* 20 V, dan kecepatan pengelasan 2 mm/s. Setiap variasi kecepatan angin dilakukan pengulangan untuk memastikan validitas data yang diperoleh. Selama proses pengelasan, suhu lingkungan dan kelembaban udara dijaga pada kondisi ruang.

Pengamatan cacat *porosity* dilakukan melalui pengujian radiografi untuk mendeteksi adanya rongga-rongga dalam hasil pengelasan. Data yang diambil meliputi jumlah *porosity* yang terbentuk dan ukuran diameter *porosity* pada setiap spesimen. Hasil pengujian radiografi kemudian dianalisis secara kuantitatif untuk menentukan hubungan antara kecepatan angin dan pembentukan *porosity*.

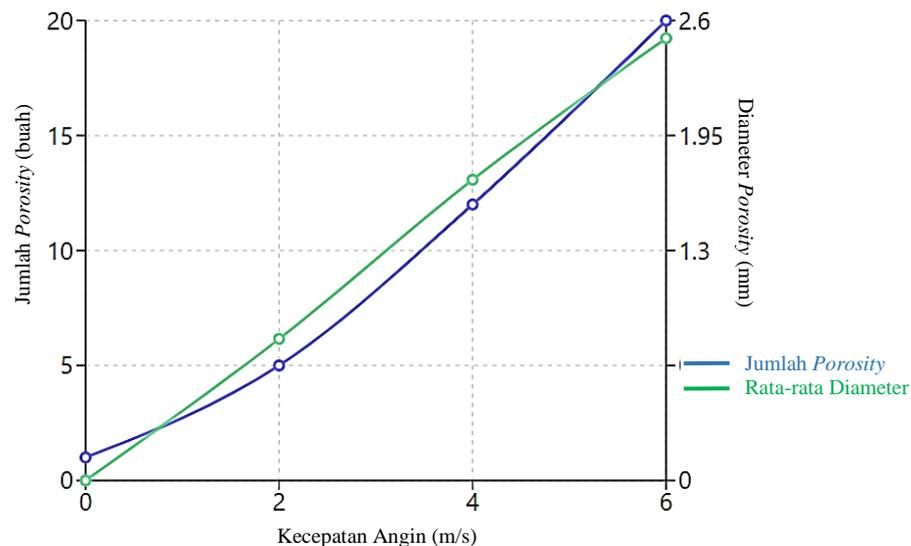
Analisis statistik dilakukan untuk menghitung korelasi antara kecepatan angin dan pembentukan *porosity*, dengan menentukan nilai koefisien determinasi (R^2). Data yang diperoleh kemudian diolah dan disajikan dalam bentuk grafik dan tabel untuk memudahkan interpretasi hasil penelitian.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengujian

Tabel 2. Hasil Pengamatan *Porosity* pada Berbagai Kecepatan Angin

Kecepatan Angin (m/s)	Jumlah <i>Porosity</i> (buah)	Rata-rata Diameter <i>Porosity</i> (mm)	Distribusi <i>Porosity</i>
0	0-1	0,0	Tidak signifikan
2	3-5	0,8	Terisolasi
4	8-12	1,7	Tersebar merata
6	15-20	2,5	Berkelompok



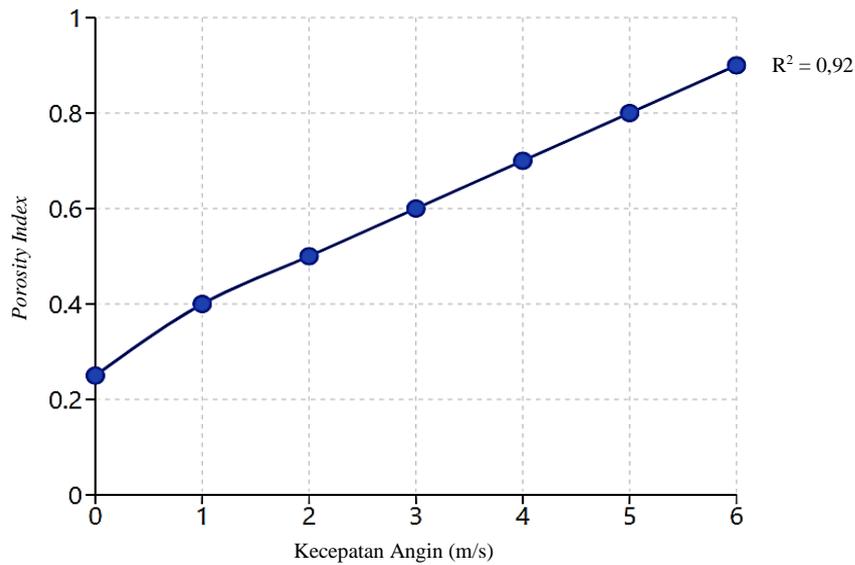
Gambar 5. Grafik Hasil Pengamatan *Porosity* pada Berbagai Kecepatan Angin

Hasil pengujian radiografi menunjukkan perbedaan signifikan dalam pembentukan *porosity* pada berbagai variasi kecepatan angin. Pada spesimen yang dilas dengan kecepatan angin 0 m/s (kondisi kontrol), tidak ditemukan adanya cacat *porosity* yang signifikan. Hal ini mengindikasikan bahwa parameter pengelasan yang digunakan sudah optimal dan gas pelindung dapat berfungsi secara efektif dalam melindungi kawah las dari kontaminasi atmosfer.

Seiring dengan peningkatan kecepatan angin, terjadi perubahan yang signifikan dalam pembentukan *porosity*. Pada kecepatan angin 2 m/s, mulai terdeteksi adanya *porosity* dengan ukuran relatif kecil dan jumlah yang terbatas. Peningkatan kecepatan angin menjadi 4 m/s menghasilkan pertambahan jumlah *porosity* yang lebih besar, dengan diameter rata-rata yang juga meningkat.

Kondisi paling kritis terjadi pada kecepatan angin 6 m/s, di mana jumlah *porosity* mencapai tingkat tertinggi dengan rata-rata diameter mencapai 2,5 mm. Distribusi *porosity* pada kecepatan ini juga menunjukkan pola yang lebih menyebar di sepanjang area las, mengindikasikan gangguan yang signifikan pada aliran gas pelindung.

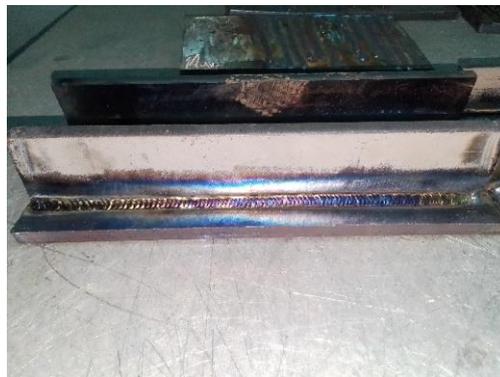
B. Analisis Statistik



Gambar 6. Grafik Korelasi Kecepatan Angin dan Pembentukan *Porosity*

Analisis statistik menghasilkan nilai koefisien determinasi ($R^2 = 0,92$) yang menunjukkan korelasi positif yang kuat antara kecepatan angin dan pembentukan *porosity*. Hal ini membuktikan bahwa peningkatan kecepatan angin memiliki pengaruh langsung dan signifikan terhadap pembentukan cacat *porosity*.

Pembahasan



Gambar 7. Hasil Pengelasan GTAW



Gambar 8. Representasi Visual Distribusi *Porosity* pada Berbagai Kecepatan Angin

Fenomena peningkatan jumlah dan ukuran *porosity* seiring dengan bertambahnya kecepatan angin dapat dijelaskan melalui mekanisme gangguan pada aliran gas pelindung [10]. Pada kondisi tanpa angin (0 m/s), gas pelindung dapat mengalir secara laminar dan efektif melindungi kawah las dari kontaminasi udara atmosfer. Namun, ketika terdapat aliran angin, terjadi turbulensi yang mengganggu aliran gas pelindung [11].

Pada kecepatan 2 m/s, gangguan yang terjadi masih efektif minimal dan sistem pengelasan masih dapat mengkompensasi dengan baik. Hal ini terlihat dari jumlah *porosity* yang terbentuk masih dalam batas yang dapat diterima. Namun, pada kecepatan 4 m/s dan terutama 6 m/s, turbulensi yang terjadi sudah terlalu besar sehingga gas pelindung tidak lagi dapat melindungi kawah las secara efektif.

Diameter *porosity* yang mencapai 2,5 mm pada kecepatan angin 6 m/s mengindikasikan adanya infiltrasi udara atmosfer yang signifikan ke dalam kawah las. Ukuran ini sudah melewati batas toleransi yang diizinkan oleh standar pengelasan pada umumnya dan dapat mempengaruhi integritas struktural hasil las [12].

Berdasarkan hasil analisis, dapat direkomendasikan bahwa proses pengelasan GTAW sebaiknya dilakukan pada kondisi dengan kecepatan angin tidak melebihi 2 m/s untuk meminimalkan risiko pembentukan *porosity*. Pada kondisi di mana kecepatan angin tidak dapat dikendalikan, perlu diterapkan metode perlindungan tambahan seperti penggunaan pelindung angin (*wind shield*) atau peningkatan laju aliran gas pelindung [13].

KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan adanya hubungan yang signifikan antara kecepatan angin dan pembentukan cacat *porosity* pada pengelasan GTAW menggunakan material pelat baja *grade A* dan elektroda ER70S-G [14]. Eksperimen yang dilakukan dengan variasi kecepatan angin (0, 2, 4, dan 6 m/s) membuktikan bahwa peningkatan kecepatan angin berbanding lurus dengan jumlah dan ukuran *porosity* yang terbentuk, ditunjukkan dengan korelasi positif yang kuat ($R^2 = 0,92$ [15]). Kondisi optimal ditemukan pada kecepatan angin 0 m/s di mana tidak ditemukan cacat *porosity* yang signifikan, sedangkan kondisi paling kritis terjadi pada kecepatan 6 m/s dengan rata-rata diameter *porosity* mencapai 2,5 mm. Berdasarkan temuan ini, direkomendasikan batas kecepatan angin maksimal 2 m/s untuk meminimalkan pembentukan cacat *porosity* pada proses pengelasan GTAW.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini, Peneliti ingin mengucapkan rasa terima kasih yang sebesar-besarnya kepada PT PAL Indonesia yang telah memberikan kesempatan untuk belajar lebih mendalam pada Divisi Kapal Perang khususnya di Departemen *Machinery Outfitting & Hull Outfitting*.

REFERENSI

- [1] B. J. Kutelu, S. O. Seidu, G. I. Eghabor, and A. I. Ibitoye, "Review of GTAW Welding Parameters," *J. Miner. Mater. Charact. Eng.*, vol. 06, no. 05, pp. 541–554, 2018, doi: 10.4236/jmmce.2018.65039.
- [2] I. Habibi, N. Muhyat, and T. Triyono, "Pengaruh Lingkungan Las terhadap Kekuatan Impak Sambungan Las Aluminium AA1100," *J. Rekayasa Mesin*, vol. 12, no. 3, pp. 621–632, 2021, doi: 10.21776/ub.jrm.2021.012.03.12.
- [3] S. Tashiro *et al.*, "Influence of cross-wind on co2 arc welding of carbon steel," *Metals (Basel)*, vol. 11, no. 11, 2021, doi: 10.3390/met11111677.
- [4] H. Canman and H. Hasbullah, "Analysis of Causes of Piping Welding Defects in Steam Gas Power Plants with FMEA and AHP method," *Oper. Excell. J. Appl. Ind. Eng.*, vol. 15, no. 1, p. 52, 2023, doi: 10.22441/oe.2023.v15.i1.072.
- [5] D. Aditiawan, D. Yonathan, and A. Elimado, "Propeller Jurnal Permesinan (PJP) FLUX CORED ARC WELDING PADA PELAT GRADE A ANALYSIS OF THE PROCESS OF REPAIRING POROSITY WELD DEFECTS ON," vol. 2, no. 2, pp. 74–81, 2025, doi: 10.33172/jmb.xxxx.xx-01.
- [6] I. do V. Tomaz, F. H. G. Colaço, S. Sarfraz, D. Y. Pimenov, M. K. Gupta, and G. Pintaude, "Investigations on quality characteristics in gas tungsten arc welding process using artificial neural network integrated with genetic algorithm," *Int. J. Adv. Manuf. Technol.*, vol. 113, no. 11–12, pp. 3569–3583, 2021, doi: 10.1007/s00170-021-06846-5.
- [7] A. W. B. S. Rizky Muhammad, Sarjito Jokosisworo, "Pengaruh Kuat Arus dan Jenis Elektroda dengan Kandungan Nikel Terhadap Sifat Mekanis Baja Kapal Grade A pada Pengelasan FCAW," *Tek. Perkapalan*, vol. 7, no. 2, pp. 152–160, 2024, [Online]. Available: <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/26745>
- [8] F. Adriansyah and N. Y. Nugroho, "Perubahan Sifat Fisik Dan Mekanik Pada Pelat Grade a Yang Mengalami Fairing Pasca Terjadinya Kebakaran Di Kapal," *Pros. Semin.*, pp. 87–94, 2019.
- [9] E. Budiyanto, E. Nugroho, and A. Masruri, "Pengaruh Diameter Filler Dan Arus Pada Pengelasan," *J. Elektron. Univ. Muhammadiyah Metro*, vol. 6, no. 1, pp. 54–61, 2017, [Online]. Available: <http://ojs.ummetro.ac.id/index.php/turbo%0APENGARUH>
- [10] Q. Chen, H. Ge, C. Yang, S. Lin, and C. Fan, "Study on pores in ultrasonic-assisted TIG weld of aluminum alloy," *Metals (Basel)*, vol. 7, no. 2, 2017, doi: 10.3390/met7020053.
- [11] M. Ridwan, M. Marsono, and D. L. Edy, "Pengaruh Variasi Kecepatan Aliran Gas Pelindung dan Kuat Arus Pengelasan GMAW pada Baja ASTM A36 terhadap Kekuatan Uji Tarik," *J. Tek. Mesin dan Pembelajaran*, vol. 4, no. 1, p. 41, 2021, doi: 10.17977/um054v4i1p41-52.
- [12] "The facts about weld porosity." Accessed: Apr. 19, 2025. [Online]. Available:

- <https://www.thefabricator.com/thewelder/article/arcwelding/the-facts-about-weld-porosity?>
- [13] H. Tork and M. Malekan, "Investigating the effect of GTAW parameters on the porosity formation of C70600 copper-nickel alloy," *Can. Metall. Q.*, vol. 62, pp. 1–10, Apr. 2022, doi: 10.1080/00084433.2022.2058150.
- [14] M. García-Gómez, F. F. Curiel-López, J. J. Taha-Tijerina, V. H. López-Morelos, J. C. Verduzco-Juárez, and C. A. García-Ochoa, "Reduction in Porosity in GMAW-P Welds of CP780 Galvanized Steel with ER70S-3 Electrode Using the Taguchi Methodology," *Metals (Basel)*, vol. 14, no. 8, 2024, doi: 10.3390/met14080857.
- [15] O. Kingsley, Q. A, and O. J.O, "Experimental Investigation of Gas Flow Rate Effect on Mild Steel Plates for Weld Porosity Prevention at GTAW Process using Interactive Factor Plots," *Int. J. Eng. Trends Technol.*, vol. 48, no. 8, pp. 446–451, 2017, doi: 10.14445/22315381/ijett-v48p277.

Halaman ini sengaja dikosongkan
(This page is intentionally left blank)