

Analisa Perbandingan Hasil Pengelasan GTAW dan SMAW pada Pipa A36 dengan Metode Uji Radiografi

Muhammad Zulfikar¹, Maryadi^{2*}, Arifiansah³, Tugiman Fahrudin⁴

¹⁻⁴ Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Sains dan Teknologi,
Universitas Islam As-Syafi'iyah, Indonesia.

Email: maryadimesinuia@email.com^{2*}

Alamat: Jl. Raya Jatiwaringin No. 12, Pondok Gede, Jakarta Timur 13030

*Penulis Korespondensi

Abstract. *This study aims to analyze the welding results between two commonly used methods, namely Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) and Shielded Metal Arc Welding (SMAW), using radiographic testing methods. Welding is an important process in industry that affects the quality and strength of metal joints. In this study, we will examine the quality of welding results from both methods through radiographic testing, which serves to detect defects in welded joints. The GTAW method is known for its cleaner results and minimizes defects, while SMAW is often used because of its convenience and lower cost. The welding process is a crucial factor in ensuring the durability and performance of metal structures, and selecting the right welding method is essential for specific industrial applications. This study will compare the two methods based on the results of radiographic and tensile tests, evaluating factors such as weld strength, defect occurrence, and structural integrity. The analysis will also examine the advantages and disadvantages of each method in terms of weld quality, cost-effectiveness, and practical applications in different industries. It is hoped that the results of this study can provide deeper insights into the selection of the right welding method for industrial applications, as well as contribute to the development of welding technology. Furthermore, the findings will support improvements in quality control and provide a scientific basis for future welding practices in various manufacturing sectors.*

Keywords: GTAW; Joint Quality; Radiographic Testing; SMAW; Welding.

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis hasil pengelasan antara dua metode yang umum digunakan, yaitu *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), menggunakan metode pengujian radiografi. Pengelasan adalah proses penting dalam industri yang mempengaruhi kualitas dan kekuatan sambungan logam. Dalam penelitian ini, kami akan menguji kualitas hasil pengelasan dari kedua metode tersebut melalui pengujian radiografi, yang berfungsi untuk mendeteksi cacat pada sambungan las. Metode GTAW dikenal menghasilkan hasil yang lebih bersih dan meminimalkan cacat, sementara SMAW sering digunakan karena kenyamanannya dan biaya yang lebih rendah. Proses pengelasan merupakan faktor krusial dalam memastikan daya tahan dan kinerja struktur logam, sehingga pemilihan metode pengelasan yang tepat sangat penting untuk aplikasi industri tertentu. Penelitian ini akan membandingkan kedua metode berdasarkan hasil uji radiografi dan uji tarik, dengan mengevaluasi faktor-faktor seperti kekuatan las, kejadian cacat, dan integritas struktur. Analisis ini juga akan mengkaji kelebihan dan kekurangan masing-masing metode dalam hal kualitas las, efisiensi biaya, dan aplikasi praktis di berbagai industri. Diharapkan hasil penelitian ini dapat memberikan wawasan lebih dalam dalam pemilihan metode pengelasan yang tepat untuk aplikasi industri, serta berkontribusi pada pengembangan teknologi pengelasan. Selain itu, temuan ini akan mendukung perbaikan dalam kontrol kualitas dan memberikan dasar ilmiah untuk praktik pengelasan di masa depan di berbagai sektor manufaktur.

Kata kunci: GTAW; Kualitas Sambungan; Pengelasan; SMAW; Uji Radiografi.

1. LATAR BELAKANG

Teknologi manufaktur semakin berkembang, dimana salah satunya adalah bidang pengelasan. Pengelasan mempunyai peranan yang penting dalam kegiatan manufaktur, seperti dalam bidang konstruksi dan pemipaan bertekanan di perusahaan migas. Karena peran penting pengelasan dalam rekayasa dan reparasi logam, pengelasan selalu menjadi bagian penting dari

perkembangan teknologi yang semakin canggih di industri konstruksi. Pada saat ini, konstruksi yang terbuat dari logam sering kali melibatkan elemen pengelasan, terutama dalam hal rancang bangun. Dengan membuat sambungan dengan kualitas yang baik memerlukan ketrampilan las yang tinggi.

Pengelasan dengan busur nyala logam terlindung, juga dikenal sebagai pengelasan busur logam terlindung (SMAW), adalah metode pengelasan yang paling umum digunakan dalam dunia konstruksi. Metode ini banyak digunakan saat ini karena lebih praktis, lebih mudah dioperasikan, dapat digunakan untuk segala macam posisi pengelasan, dan lebih efisien. Selain menggunakan SMAW pengelasan konstruksi juga dapat dilakukan dengan menggunakan metode GTAW. Las busur listrik dengan gas *tungsten* (GTAW), atau sering disebut *tungsten inert gas* (TIG), menggunakan *inert* gas sebagai pelindung dan *tungsten* atau *wolfram* sebagai penghantar arus listrik untuk menghasilkan las. Proses yang dilakukan tidak terlepas dari unsur pelumeran logam dan kawat elektroda. Selama proses pengelasan, energi panas digunakan hingga material meleleh. Perubahan panas ini juga akan menyebabkan perubahan struktur material, tegangan, dan deformasi.

Kualitas produk tidak terlepas dari penggunaan standar kerja yang baik dalam hal pengelasan. Ada beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil dari pengelasan itu sendiri diantaranya: bahan logam yang digunakan, penggunaan arus listrik yang benar, penggunaan batang las yang memenuhi spesifikasi, mesin las yang digunakan saat mengelas.

Dalam proses penyambungan dalam pengelasan sering kali terjadi kegagalan atau cacat las (*weld defect*) pada titik-titik pengelasan. Cacat ini terjadi karena hasil pengelasan tidak sempurna matangnya atau tidak sempurna proses pengelasannya. Ketika daerah hasil pengelasan yang terdapat cacat, sangat rentan terjadi kebocoran yang menjadi hal yang sangat merugikan bagi penggunaannya. Tindakan pengujian untuk menjaga kualitas pengelasan khususnya dalam pengelasan pipa bertekanan menjadi sangat penting untuk dilakukan pengujian kebocoran. Dalam hal ini pengujian yang dapat dilakukan adalah dengan uji tidak merusak NDT (*Non Destructive Test*). NDT adalah tes fisik suatu material atau benda uji untuk mencari cacat pada benda dengan tidak merusak atau menghancurkan benda uji tersebut. Hasil dari pengujian ini akan menentukan suatu part akan diganti atau tidak tergantung dari jumlah cacat yang ada yang merujuk pada suatu standar.

Tes radiografi adalah salah satu pengujian dengan menggunakan sinar-X, sehingga tidak merusak benda yang diuji. Sinar gama yang digunakan dalam suatu alat pengujian juga dikenal sebagai sinar-X, yang berguna untuk mengetahui kandungan dari suatu benda dan semua bahan yang diuji. Serta untuk menguji kualitas dan keadaan bahan tidak melebihi batas toleransi kerusakan bahan uji. Sehingga dapat dikatakan bahan yang diujikan tetap berkualitas, jadi tidak perlu merusaknya untuk mendapatkan hasil terbaik. Pengujian NDT dengan sinar-X biasanya menggunakan analisis dan pengamatan dalam jangka waktu yang berkala.

Dalam bidang medis, sinar-X biasanya digunakan untuk diagnosis gambar medis dan krisalografi sinar-X. Sinar-X, juga dikenal sebagai sinar gama, adalah jenis radiasi elektromagnetik yang panjang gelombangnya berkisar antara 10 nanometer dan 100 pikometer, memiliki frekuensi antara 30 petahertz dan 30 exahertz, dan energinya berkisar antara 100 eV dan 100 KeV. Dalam penelitian ini, pengujian sinar-X dengan radiografi dilakukan dengan menggunakan benda kerja yang sama untuk pengelasan GTAW dan SMAW.

2. KAJIAN TEORITIS

Menurut literatur dan penelitian-penelitian terdahulu sesuai dengan bidang dan lingkup yang hampir sama maka, pada penelitian ini melakukan analisa dan pengamatan mengenai perbandingan antara hasil pengelasan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) dan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW), terhadap uji *Radiografi Test* material pipa A36.

Pada literasi yang dilakukan oleh M Zahrul Bawazir (2022) “Analisa Hasil Pengelasan SMAW Pada Sistem Sambungan Pipa AISI C-1020 Steam H₂O₂ (Boiler) Secara DT dan NDT Pada PT. Pupuk Iskandar Muda” Setelah melakukan penelitian tentang analisis hasil pengelasan SMAW pada pipa AISI C-1020 Steam H₂ O₂ dengan DT dan NDT di PT. Pupuk Iskandar Muda, hasilnya adalah sebagai berikut: 1). Hasil pengujian kekuatan tarik menunjukkan bahwa spesimen A1 memiliki nilai kekuatan tarik 39,60 kgf/mm², dengan perpanjangan sebesar 11,74 %. Spesimen A1 memiliki nilai kekuatan tarik yang lebih tinggi daripada spesimen lainnya. 2). Hasil dari proses inspeksi cairan penetran: Pada material C-1020 yang telah dilas SMAW, permukaan material hasil las tidak mengalami cacat las.

Pada Literasi lainya Sulaiman (2020) “Analisis Uji Tidak Merusak Pada Sambungan Las Lambung Frame 103 Bagian Kamar Mesin Kapal Patroli 73 Dengan Metode *Radiography Test*” dapat dimanfaatkan untuk mengetahui hasil pengelasan yang tidak melakukan kerusakan. Salah satunya adalah dengan menggunakan metode pengujian radiografi. Walaupun banyak manfaat yang didapat dari pengujian ini, juga penting untuk mempertimbangkan dan

mempersiapkan diri sebelum melakukannya. Hasil dari pengujian radiografi yang dilakukan pada pengelasan sambungan frame 103 dari bagian kamar mesin Kapal Patroli 73 menunjukkan bahwa bagian dalam pengelasan, yang berada di bawah tebal plat, tidak mengalami cacat pengelasan. Dengan demikian, pemeriksaan tersebut dianggap berhasil.

Pada literasi lain Parekke (2017) "*Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan SMAW dan GTAW Terhadap Sifat Mekanis dan Fisis pada Logam Berbeda Baja Karbon Sedang dengan Baja Tahan Karat Austenit GTAW*" Berdasarkan analisis data dan diskusi yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa: Pada pengelasan SMAW, variasi arus las sangat memengaruhi kekuatan tarik, dengan pengelasan SMAW memiliki kekuatan tarik tertinggi sebesar 64,01 kg/mm² pada arus 70 A dan kekuatan tarik terendah sebesar 61,97 kg/mm² pada arus 50 A. Pada pengelasan GTAW, variasi arus las tidak begitu berpengaruh kepada kekuatan tarik.

Dan setelah pengelasan, beberapa bagian bahan memperoleh sifat kekuatan karena proses tersebut. Beberapa contoh bahan ini adalah 1). Logam dasar, juga dikenal sebagai logam induk, adalah suatu bagian dari logam yang strukturnya tidak mengalami perubahan karena pengelasan. 2). Zona terpengaruh panas atau HAZ adalah area yang paling terpengaruh oleh proses panas. Karena struktur kristalnya berubah secara signifikan, area ini memiliki kekerasan, ketegangan, dan ketegangan yang paling rendah. 3). Logam las adalah mencairnya bahan logam yang melebur bersama dengan bahan logam induk. Jika digunakan dengan benar, jenis logam ini memiliki kekerasan dan tegangan tarik terbaik.

3. METODE PENELITIAN

A. Pengumpulan Data

Dalam penyusunan penulisan ini, untuk pengambilan data dengan menggunakan beberapa metode seperti studi literatur yaitu suatu metode yang digunakan untuk mengambil data yang diperoleh dari buku-buku penunjang dan data berupa tabel-tabel pengujian tes radiografi untuk penyambungan pipa A36 pada proses pengelasan GTAW dan SMAW sebagai standar serta mencari informasi dari jurnal yang berkaitan dengan tema yang telah diangkat. Wawancara yaitu metode yang dilakukan dengan mencari informasi tentang proses penyambungan pengelasan GTAW dan SMAW kepada orang-orang yang bersangkutan dan mengerti tentang kalayakan sebuah prosedur pengelasan. Observasi yaitu metode yang dilakukan dengan melakukan pengamatan langsung terhadap yang sedang digunakan untuk penggantian pipa bawah laut dan penerapannya untuk digunakan oleh juru las yang akan melaksanakan pengelasan.

B. Analisis Data

Sesuai tahapan ini penulis akan melakukan analisis data yang didapatkan dan diolah dari hasil percobaan yang telah dilakukan. Kemudian semua data tersebut akan dilakukan analisa menggunakan kriteria terkait dan didukung oleh bukti ilmiah. Sehingga dari hasil analisa, penulis dapat melakukan pembahasan mengenai tujuan dari rumusan masalah. Pada tahap ini penulis akan menentukan metode pengelasan yang tepat menggunakan metode perbandingan eksponensial.

C. Tempat dan Waktu

Waktu penelitian ini dilakukan di PT. X yang merupakan tempat proses pembentukan spesimen pengelasan dengan pengujian tes radiografi, proses tersebut dilakukan di Laboratorium Pengelasan.

D. Persiapan Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini dalam proses pembuatan spesimen dan pengambilan data adalah sebagai berikut:

Mesin Pemotong Pipa: Alat Pemotong Besi pada Pipa dapat diartikan sebagai alat pemotong pipa tulangan yang dapat digerakkan menggunakan tenaga listrik, maka dari itu pekerjaan yang dilakukan pada saat melakukan pemotongan akan menjadi lebih cepat dan akan menghemat tenaga.

Mesin Las: Alat yang disebut mesin las berfungsi untuk menggabungkan logam. Proses pengelasan adalah metode untuk menyambungkan logam dengan cara melelehkan sedikit logam utama dan logam tambahan, baik dengan atau tanpa tekanan, sehingga terbentuk sambungan yang utuh.

Elektroda E7016: Elektroda dan *filler* merupakan dua material utama yang dipakai dalam proses pengelasan. Elektroda berfungsi untuk menghasilkan busur listrik, sementara *filler* digunakan untuk mengisi ruang kosong di antara dua logam yang sedang dilas.

Gerinda Amplas: Penggunaan gerinda amplas banyak digunakan dalam proses penghalusan permukaan benda, seperti kayu, logam dan plastik. Mata dari gerinda amplas mempunyai fungsi untuk mendapatkan suatu permukaan benda yang halus dan rata. Sehingga dalam proses pekerjaan ini merupakan proses finishing untuk suatu benda sebelum dilakukan pengecatan.

Sarung Tangan Kulit: Sarung tangan keselamatan adalah jenis peralatan pelindung yang berfungsi untuk menjaga tangan dari berbagai risiko dan bahaya cedera saat melakukan pekerjaan. Keamanan yang ditawarkan mencakup perlindungan terhadap cedera karena goresan, tusukan, dan juga luka akibat panas.

Pipa A36: Pipa A36 sesuai dengan standar ASTM (*American Society for Testing and Materials*), dan pipa baja karbon biasa yang diproduksi sesuai standar ASME setara dengan material Q235 Tiongkok, yang termasuk dalam pelat baja karbon *American Standard dan Common*. ASTM A36 cocok untuk struktur paku keling, perbautan dan pengelasan yang digunakan pada jembatan dan bangunan, dan sering digunakan dalam pembuatan mesin. ASTM A36 memiliki kinerja pemotongan dan pengelasan yang baik. Dalam hal proses pemotongan, ia memiliki kinerja yang stabil, deformasi pemotongan yang kecil dan mudah untuk dilas. Ini banyak digunakan dalam industri manufaktur seperti pembuatan suku cadang alat berat, industri metalurgi dan kimia.

Sikat Kawat: Sikat kawat baja dapat berfungsi sebagai alat perkakas yang dapat digunakan untuk membersihkan peralatan bengkel, meja kerja, area sekitar atau peralatan sepertiikir, dan benda las yang memiliki terak. Serabut-serabut pada alat perkakas ini biasanya berupa kawat baja dengan ukuran 6".

Palu: Palu las adalah alat yang digunakan untuk mengatur posisi logam yang akan dilas, serta menghilangkan kerak pada sambungan las. Palu las juga disebut sebagai *welding hammer* atau palu pengelasan.

E. Proses Pengelasan

Penyambungan dua bagian logam sampai titik rekristalisasinya, baik dengan bahan tambah maupun tanpanya, menggunakan panas untuk mencairkan bahan yang dilas. Bagian yang dilas menerima panas pengelasan setempat saat proses pengelasan berlangsung. Selama proses pengelasan, tegangan termal yang dihasilkan oleh perbedaan suhu antara logam induk dan area yang dilas menyebabkan tegangan sisa yang terjadi pada hasil las. Sifat fisis dan mekanis logam sangat ditentukan oleh proses perlakuan panas, yang dapat memperbaiki sifat yang kurang menguntungkan dari bahan logam. Pengerjaan panas (*heat treatment*) mempunyai tujuan untuk memberikan sifat yang sesuai diinginkan.

F. Tahap Inspeksi NDT

Pada saat proses pengelasan telah selesai dilakukan perlu adanya pengujian terhadap kualitas hasil las tersebut untuk mengetahui apakah kualitas hasil pengelasan sudah sesuai dengan standar. Untuk mengetahui apakah hasil pengelasan sudah memenuhi standar kualitas maka dilakukan inspeksi metode NDT (*Non Destructive Test*). Uji NDT yang akan digunakan penulis adalah tes radiografi.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Analisis Hasil Pengelasan SMAW

Dengan gambar dari hasil penyinaran film radiografi pada pengelasan sambungan pipa yang diperbesar. Sesuai Gambar 1 dapat dilihat hasil penyinaran film radiografi untuk sambungan pengelasan pipa didapatkan untuk posisi 0-5 tidak ada cacat pengelasan (*No Defect*). Sehingga dapat dikatakan clear untuk posisi 0-5 tidak dibutuhkan perbaikan atau pengelasan ulang.



Gambar 1. Film untuk 0-5 *No Defect*.



Gambar 2. Film untuk 5-10, terdapat cacat las *Porosity*.

Untuk Gambar 2 dapat diketahui bahwa di film pada posisi 5-10 terdapat cacat pengelasan berupa *porosity*. *Porosity* merupakan salah satu cacat dari suatu proses pengelasan yang dapat diakibatkan oleh terlalu rendahnya kecepatan aliran gas, terlalu cepat jalannya kawat las, terlalu tinggi arus listriknya dan terlalu jauh jarak antara material dengan busur las. Sedangkan pada Gambar 3 film pada posisi 10-0 yang artinya tidak ada cacat pengelasan (*No Defect*), sehingga tidak dibutuhkan perbaikan pengelasan pada posisi 10-0 ini.



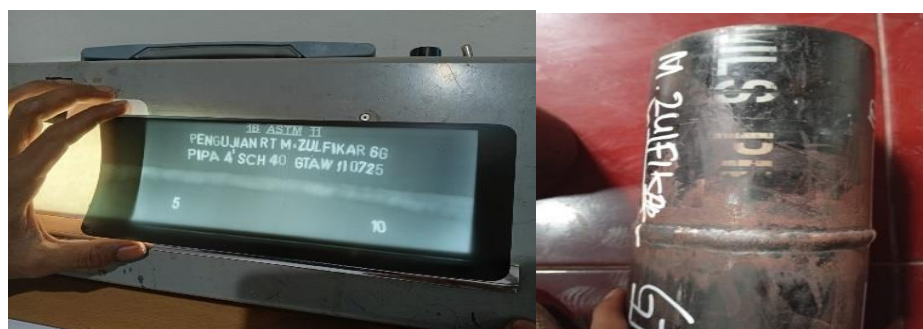
Gambar 3. Film untuk 10-0, *No Defect*.

B. Analisa Hasil Pengelasan GTAW

Pada gambar 4, 5 dan 6 film pada posisi 0-5, 5-10, dan 10-0 tidak ada cacat pengelasan atau *No Defect*, sehingga tidak dibutuhkan perbaikan pengelasan pada posisi 0-5, 5-10, dan 10-0 ini.



Gambar 4. Film untuk 0-5, *No Defect*.



Gambar 5. Film untuk 5-10, *No Defect*



Gambar 6. Film untuk 10-0, No Defect

C. Hasil Pengujian Tes Radiografi

Dari hasil tes radiografi, dapat dilihat bahwa pengelasan GTAW menghasilkan cacat yang lebih sedikit dibandingkan SMAW. Cacat yang paling sering muncul pada SMAW adalah porositas, yang dapat mempengaruhi kekuatan sambungan las.

Tabel 1. Hasil pengujian tes radiografi.

Metode Pengelasan	Indikasi Jenis Cacat	Jumlah Cacat	Kualitas Sambungan
GTAW	-	0	Baik
SMAW	Porositas	1	Baik

Sumber: Hasil dari Penelitian (2025).

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis kualitas sambungan las menggunakan metode tes radiografi, dapat disimpulkan bahwa pemeriksaan ini merupakan teknik uji tidak merusak yang efektif untuk mendeteksi cacat internal pada sambungan las, seperti porositas, retakan, dan incomplete fusion. Dengan penerapan metode ini, diperoleh gambaran menyeluruh mengenai mutu sambungan las, sehingga dapat memastikan hasil pengelasan memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan. Analisis tersebut membuktikan bahwa metode tes ini berperan penting dalam menjaga keandalan dan keselamatan konstruksi hasil pengelasan.

Berdasarkan hasil identifikasi, diperoleh jenis-jenis cacat las yang meliputi porositas, retakan, dan inklusi. Setiap cacat memiliki tingkat keparahan yang bervariasi, yang dapat memengaruhi kualitas sambungan las. Temuan ini menegaskan pentingnya pengendalian parameter pengelasan dan pemeriksaan non-destruktif secara teliti untuk meminimalkan timbulnya cacat serta menjaga mutu hasil pengelasan sesuai standar yang ditetapkan.

DAFTAR REFERENSI

- Antaqiya, F.M.A., Budiarto, U., & Jokosisworo, S. (2019). Analisa Pengaruh Variasi Proses Preheating Pada Pengelasan *Shielded Metal Arc Welding* (SMAW) Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Baja ST 60. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 7(4), 334-344. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/24351>
- Dharma, S., Suherman, Sarjianto, Sembayang, R., & Kurniyanto, H.B. (2022). Pengaruh Kuat Arus Terhadap Sifat Mekanis Pada Aluminium Al-Si-Fe Dengan Filler Er 4043 Metode Pengelasan GTAW. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 17(1), 103-112. <https://doi.org/10.32497/jrm.v17i1.3068>
- Hamid, A. (2016). Analisa Pengaruh Arus Pengelasan SMAW Pada Material Baja Karbon Rendah Terhadap Kekuatan Material Hasil Sambungan. *Jurnal Teknologi Elektro*, 7(1), 26-36. <http://dx.doi.org/10.22441/jte.v7i1.813>
- Herizal, Hasrin, & Hanif. (2020). Analisa Pengaruh Proses GTAW dan SMAW Terhadap Ketangguhan Sambungan Pengelasan Material AISI 1050. *Journal of Welding Technology*, 2(1), 19-25. <http://dx.doi.org/10.30811/jowt.v2i1.1954>
<https://www.neliti.com/publications/141149/pengaruh-kuat-arus-listrik-pengelasan-terhadap-kekuatan-tarik-dan-struktur-mikro>
- Manguluang, Z., Jamaluddin, Noya, A.D.D., & Fitrah, M.A. (2017). Pengaruh Hasil Las Kombinasi (GTAW dan SMAW) Pada Sambungan Pipa Carbon Steel Posisi 6G Terhadap Uji Radiografi dan Uji Tarik di Energy Equity Epic (Sengkang) Pty. Ltd. *Iltek: Jurnal Teknologi*, 12(2), 1780-1784.
- Mulyatno, I. P., & Jokosisworo, S. (2008). Analisis Kekuatan Sambungan Las SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) Pada Marine Plate ST 42 Akibat Faktor Cacat Porositas dan Incomplete Penetration. *Kapal: Jurnal Ilmu Pengetahuan dan Teknologi Kelautan*, 5(2), 102-113. <https://doi.org/10.14710/kpl.v5i2.3193>
- Naufal, A., Jokosisworo, S., & Samuel. (2016). Pengaruh Kuat Arus Listrik dan Sudut Kampuh V Terhadap Kekuatan Tarik dan Tekuk Aluminium 5083 Pengelasan GTAW. *Jurnal Teknik Perkapalan*, 4(1), 256-264. <http://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval>
- Parekke, S. (2017). Pengaruh Variasi Arus Pada Pengelasan SMAW dan GTAW Terhadap Sifat Mekanis dan Fisis Pada Logam Berbeda Baja Karbon Sedang Dengan Baja Tahan Karat Austenit. *Dinamika Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 9(1), 12-19. <https://core.ac.uk/download/pdf/298931799.pdf>
- Purwanto, A., Wijoyo, & Riyadin, A.F. (2023). Pengaruh Polaritas Mesin Las Pada Pengelasan SMAW (*Shielded Metal Arc Welding*) Terhadap Sifat Fisik dan Mekanik Baja Karbon Rendah. *Jurnal Teknik Indonesia*, 2(4), 150-158. <https://doi.org/10.58860/jti.v2i4.238>
- Rahmatika, A., Ibrahim, S., Hersaputri, M., & Aprilia, E. (2019). Studi Pengaruh Variasi Kuat Arus Terhadap Sifat Mekanik Hasil Pengelasan GTAW Aluminium 1050 Dengan Filler ER 4043. *Jurnal Polimesin*, 17(1), 47-54. <http://dx.doi.org/10.30811/jpl.v17i1.731>
- Rohmat, I.K., Amri, M.S., Muzzakki, M.H., Kurniyanto, H.B., Mukhlis, & Munir, M.M. (2023). Perbandingan PWHT dan Non PWHT Pada Pengelasan Material SA-213 Grade T91 Dengan SA-213 Grade T22 Terhadap Struktur Mikro dan Kekerasan. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 18(1), 45-54. <https://doi.org/10.32497/jrm.v18i1.4171>

- Santoso, T.B., Solichin, & Hutomo, P.T. (2015). Pengaruh Kuat Arus Listrik Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik dan Struktur Mikro Las SMAW Dengan Elektroda E7016. *Jurnal Teknik Mesin*, 23(1), 56-64.
- Sarifudin, M., & Tjahjanti, P.H. (2024). Karakteristik Pengelasan Shield Metal Arc Welding (SMAW) dan *Gas Tungsten Arc Welding* (GTAW) Pada Plat Stainless Steel 201 di Tabung Air Minum. *Innovative Technologica: Methodical Research Journal*, 3(1), 1-10. <https://doi.org/10.47134/innovative.v3i1.98>
- Sugeng, S., & Sulaiman. (2019). Analisa Proses Penyambungan Hull Construction Dengan Superstructure Kapal Dari Material Yang Berbeda. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 14(2), 63-70. <https://doi.org/10.32497/rm.v14i2.1515>
- Sulaiman, Utomo, B., & Wijana, I.P.A.A. (2020). Analisis Uji Tidak Merusak Pada Sambungan Las Lambung Frame 103 Bagian Kamar Mesin Kapal Patroli 73 Dengan Metode Radiography Test. *Gema Teknologi*, 20(4), 146-152. <https://doi.org/10.14710/gt.v20i4.28516>