



Jurnal Artikel

Peran Strategis Shielded Metal Arc Welding dalam Proses Manufaktur Modern: Tinjauan Literatur Terkini

Nidya Jullanar Salman^{1*}, Andi Saidah²

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Sebelas Maret

²Program Teknik Mesin, Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta

¹nidyajullanars@student.uns.ac.id, ² andi.saidah@uta45jakarta.ac.id

*Corresponding author – Email : nidyajullanars@student.uns.ac.id

Artikel Info - : Received : 20/9/2024; Revised : 25/9/2024 ; Accepted:1/10/2024

Abstrak

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) adalah metode pengelasan yang paling sering digunakan dalam industri manufaktur. Artikel ini menyajikan tinjauan literatur terkini mengenai peran strategis SMAW dalam proses manufaktur modern menggunakan aplikasi VOSviewer untuk mengungkapkan tren yang muncul dalam kinerja artikel dan jurnal. Hasil analisis menunjukkan bahwa bidang-bidang yang paling mengandalkan SMAW adalah pembangkit listrik, offshore, marine engineering, struktural dan konstruksi. Kajian ini tidak hanya membahas keunggulan SMAW, tetapi juga menelaah tantangan dalam pengelasan material teknik modern seperti logam ringan, berlapis, dan tak sejenis. Untuk mengatasinya, telah diterapkan berbagai inovasi seperti elektroda dengan fluks khusus, pemanasan awal (preheating), serta teknik inspeksi non-destruktif. Hasil kajian menunjukkan bahwa meskipun ada keterbatasan, SMAW tetap relevan dan berperan penting dalam menjaga efisiensi dan mutu proses manufaktur saat ini.

Kata kunci: shielded metal arc welding, manufaktur modern, pengelasan

Abstract

Shielded Metal Arc Welding (SMAW) remains one of the most widely used welding methods in the manufacturing industry. This article presents a comprehensive literature review on the strategic role of SMAW in modern manufacturing, utilizing VOSviewer to identify emerging trends in article and journal performance. The analysis reveals that key sectors relying heavily on SMAW include power plants, offshore structures, marine engineering, structural applications, and construction. Beyond highlighting the strengths of SMAW, this study also explores the challenges faced when welding modern engineering materials such as lightweight metals, layered materials, and dissimilar metals. To address these challenges, various innovations have been adopted, including specially coated electrodes, preheating techniques, and non-destructive testing methods. Findings indicate that despite its limitations, SMAW continues to be a relevant and critical welding technology in supporting the efficiency and quality of current manufacturing processes.

Keywords: shielded metal arc welding, modern manufacturing, weld joint quality

1. PENDAHULUAN

Proses pengelasan adalah teknologi manufaktur untuk menyambungkan material logam yang sering digunakan dalam industri berat, konstruksi, transportasi, maritim dan energi (Nickabadi, Rostami, Hadavi, Rostami, & Hamzeh, 2025), (Sutrisno, Saepudin, & Adiguna, 2023), (Arifin, 2020). Saat ini, proses pengelasan sudah memiliki banyak perkembangan dan jenisnya seperti las cair dan las tekan. Las cair diklasifikasikan kembali menjadi tiga, yaitu las busur listrik (SMAW, GTAW, GMAW, FCAW, SAW, ESW), las gas (OAW dan OFW), dan las sinar energi radiasi (EBW dan LBW). Sedangkan, las tekan terdiri dari las friksi (FRW, FSW, FSSW, dan USW), las resistansi listrik (RSW, RSEW, ERW, FW), las ledak (EXW), las difusi (DFW), dan las tekan dingin (CW) (Ilman & Sehon, 2023). Shielded Metal Arc Welding (SMAW) merupakan metode pengelasan yang masih paling sering digunakan di industri karena fleksibilitas, biaya yang relatif rendah, dan kemudahan dalam pengoperasiannya (Ary, Muhayat, & Triyono, 2023), (Baghel, 2022). SMAW juga memiliki kemampuan untuk digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan kerja, termasuk di area yang sulit dijangkau dengan mesin otomatis sehingga SMAW masih menjadi pilihan utama dalam industri proses pengelasan. Namun, SMAW juga memiliki beberapa keterbatasan seperti rentan terhadap cacat seperti porositas dan keretakan saat berada di kondisi lingkungan tertentu yang mungkin dikarenakan kecenderungan korosi yang tinggi (Esabunor et al., 2025), (Medupin, Ukoba, Yoro, & Jen, 2023), (Kartsonakis & Charitidis, 2020).

Di tengah perkembangan industri manufaktur yang semakin kompleks, muncul berbagai tantangan baru seperti tuntutan terhadap kualitas sambungan yang lebih optimal, efisiensi penggunaan energi, kesesuaian dengan material-material maju, serta integrasi teknologi otomasi. Kondisi ini mendorong perlunya peninjauan ulang

terhadap peran dan prospek penggunaan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) di era industri modern. Untuk itu, diperlukan sebuah tinjauan literatur yang mendalam guna mengkaji sejauh mana SMAW mampu menyesuaikan diri dan mempertahankan relevansinya dalam lanskap manufaktur masa kini. Artikel ini bertujuan untuk mereview berbagai studi terbaru yang mengupas aplikasi, kendala, serta inovasi teknologi dalam proses SMAW. Melalui analisis terhadap literatur terkait, kajian ini diharapkan mampu menyajikan pemahaman komprehensif mengenai posisi strategis SMAW sekaligus mengidentifikasi potensi arah pengembangannya di masa depan.

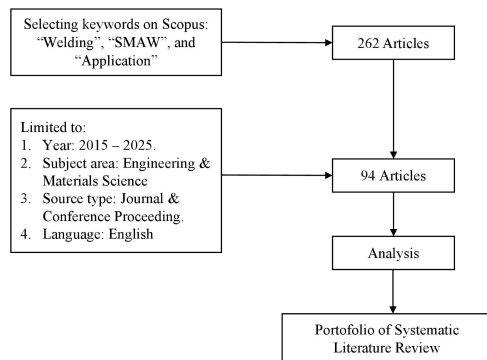
2. METODOLOGI TINJAUAN LITERATUR

Metode studi yang digunakan adalah dengan literature sistematis berdasarkan pedoman yang ditulis oleh Kitchenham (Barbara Kitchenham, 2014). Langkah dalam metode literature sistematis menggunakan metode PRISMA (Moher, Liberati, Tetzlaff, Altman, & Group, 2009) yang skemanya dapat dilihat pada Gambar 1. Lima pertanyaan penelitian berikut menjelaskan mengapa perlu dilakukan review mengenai peran strategis Shielded Metal Arc Welding dalam proses manufaktur modern:

1. Di sektor dan aplikasi apa saja proses SMAW masih banyak digunakan di industri manufaktur?
2. Bagaimana karakteristik material-material yang umum digunakan dalam proses SMAW terhadap hasil pengelasan?
3. Bagaimana pengaruh variasi parameter proses terhadap kualitas sambungan las SMAW?
4. Apa saja tantangan utama dalam penerapan SMAW terhadap material dan tuntutan teknologi manufaktur modern?
5. Apa saja inovasi yang berpotensi meningkatkan efektivitas dan

efisiensi proses SMAW di masa depan?

Pencarian data dilakukan dengan mencari artikel pada Scopus menggunakan tiga kata kunci “Welding”, “SMAW”, dan “Application”. Hasil menunjukkan sebanyak 262 artikel yang terkait dengan kata kunci tersebut. Setelah itu, pencarian disaring berdasarkan tahun, subject area, source type, dan bahasa. Penyaringan tahun diatur di antara tahun 2015 sampai dengan 2025. Penyaringan subject area diatur berdasarkan “engineering” dan “materials science”. Penyaringan source type diatur berdasarkan jenisnya yaitu journal dan conference proceeding, serta penyaringan bahasa diatur berdasarkan Bahasa Inggris. Berdasarkan hasil filter tersebut, jumlah artikel yang didapatkan sebanyak 94 artikel sehingga 94 artikel tersebut yang paling relevan dengan topik review ini. Total 94 artikel tersebut dianalisis secara cermat sesuai dengan lima pertanyaan penelitian di atas yang menjadi tujuan dari artikel review ini.



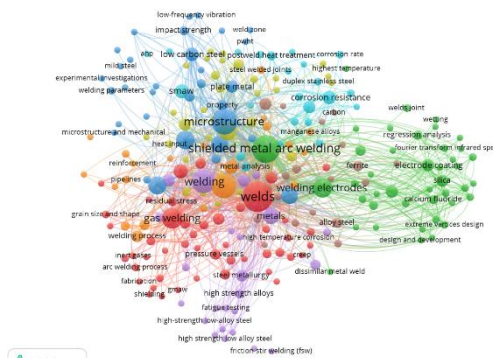
Gambar 1. Skema metode PRISMA

Analisis bibliometric digunakan untuk mengungkapkan tren yang muncul dalam kinerja artikel dan jurnal. Dengan menggunakan analisis bibliometric, memungkinkan untuk memperoleh pandangan secara menyeluruh, mengidentifikasi kesenjangan pengetahuan, dan memperoleh ide baru untuk di masa depan (Donthu, Kumar, Mukherjee, Pandey, & Marc, 2021). Perangkat lunak yang digunakan untuk analisis bibliometric

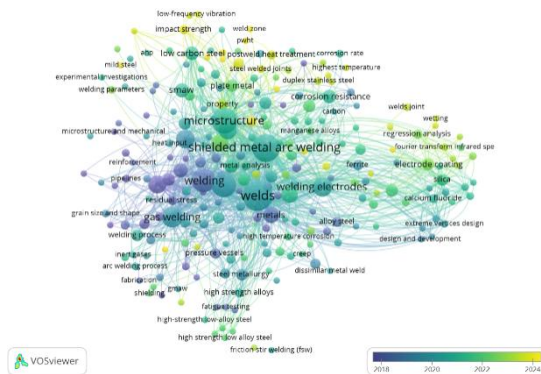
kali ini adalah VOSViewer menggunakan data berdasarkan hasil pengumpulan data pada Scopus. Gambar 2 menunjukkan analisis kemunculan bersama kata kunci di mana terdapat ambang batas dari 240 kata kunci dan enam cluster dengan kemunculan minimum dua kata kunci. Welds memiliki occurrences terbanyak (40), diikuti oleh shielded metal arc welding (34), microstructure (29), dan beberapa kata kunci tambahan seperti: gas metal arc welding, welding, welding electrodes, gas welding, metals, mechanical properties, tensile strength, heat affected zone, microhardness, electric welding, austenitic stainless steel, gas tungsten arc welding, corrosion resistance, plate metal, electrode coating, high strength steel, silica, dan lain-lain.

Gambar 3 memperlihatkan visualisasi kata kunci berdasarkan ukuran dan warna yang mencerminkan frekuensi kemunculan serta keterkaitannya. Semakin besar lingkaran, semakin sering kata kunci tersebut muncul; semakin dekat posisinya, semakin erat hubungannya. Hasil analisis menggunakan VOSviewer menghasilkan delapan kluster. Kluster merah berisi topik arc welding, pengelasan baja, dan quality control. Kluster hijau mencakup dissimilar metal weld seperti aluminium, titanium, dan silica, serta aplikasinya di industri offshore. Kluster biru menyoroti pengelasan baja, metalografi, dan pengujian mekanik. Kluster kuning berkaitan dengan SMAW, material testing, fracture mechanics, dan shipbuilding. Kluster ungu membahas SMAW pada paduan logam, steel metallurgy, dan fatigue testing. Kluster biru muda berfokus pada SMAW baja, korosi, dan struktur komponen. Terakhir, kluster oranye mencakup penelitian tentang SMAW, pengelasan pipa baja, optimasi proses, serta aplikasinya pada kapal dan struktur baja las. Gambar 3 menunjukkan rata-rata tahun publikasi. Warna kuning yang muncul seperti pada kata kunci weld zone, post-weld heat treatment, shipbuilding, dan impact strength dengan rata-rata tahun

publikasi yaitu 2024 menunjukkan bahwa topik penelitiannya relative baru.



Gambar 2. VOSviewer co-occurrence map dikombinasikan dengan analisis unit yang mengidentifikasi kata kunci dalam artikel yang terkait dengan “welding”, “SMAW”, dan “application”



Gambar 3. VOSviewer time-overlay map dikombinasikan dengan analisis unit yang mengidentifikasi kata kunci dalam artikel yang terkait dengan “welding”, “SMAW”, dan “application”

3. Aplikasi SMAW dalam Industri Manufaktur

SMAW adalah proses pengelasan yang paling sering digunakan di industri manufaktur dan sering disebut sebagai on site welding karena kekokohan, efisiensi, fleksibilitas, dan perlengkapan yang lebih sedikit (Ary et al., 2023), (Baghel, 2022). Salah satu alasan utama penggunaannya yang luas adalah kemampuan SMAW untuk menghasilkan sambungan yang kuat dengan sedikit persiapan material, menjadikannya efektif untuk banyak jenis pekerjaan pengelasan. Tabel 1 berikut menyajikan data artikel sebanyak 24

artikel yang mengkaji lebih dalam tentang aplikasi SMAW di industri, memberikan gambaran yang lebih jelas tentang bagaimana proses ini digunakan dalam berbagai sektor. Berdasarkan tabel tersebut, salah satu sektor yang paling banyak mengandalkan SMAW adalah pembangkit listrik atau power plant (S. Mahajan & Chhibber, 2019), (Rathore et al., 2024), (Sumit Mahajan & Chhibber, 2020), (Vijay Kumar, Chhibber, & Mahajan, 2023), (Z. Zhang, Craciun, & van der Mee, 2021), (Sáez-Maderuelo et al., 2020). Di industri ini, SMAW digunakan untuk mengelola berbagai macam pekerjaan pengelasan, mulai dari konstruksi boiler, pipa, hingga peralatan yang berfungsi dalam sistem pembangkit energi (Hayashi, Kim, Kumagai, Goto, & Otake, 2017), (Ye et al., 2021), (Triwanapong & Kimapong, 2018). Proses pengelasan yang dilakukan sering kali melibatkan pengelasan pipa-pipa baja paduan dengan ketahanan suhu tinggi dan tekanan yang sangat besar, yang memerlukan teknik pengelasan yang kuat dan dapat diandalkan.

Selain itu, material yang paling banyak digunakan dalam pengelasan dengan SMAW adalah baja paduan. Baja paduan sering kali digunakan dalam industri energi dan manufaktur karena sifat mekaniknya yang unggul, seperti ketahanan terhadap tekanan, suhu tinggi, dan korosi. Dengan penggunaan SMAW pada material-material ini, banyak industri dapat memenuhi tuntutan operasional yang ketat, meningkatkan efisiensi produksi dan ketahanan jangka panjang dari berbagai peralatan industri yang kritis.

Tabel 1. Artikel tentang aplikasi SMAW di industri

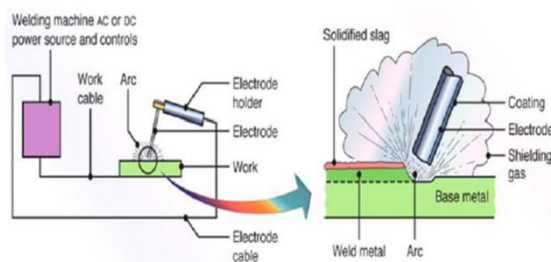
Aplikasi	Material	Variasi Parameter	Ref
Instalasi desalinasi dan pendingin air	Duplex Stainless Steel (DSS)	Jenis proses pengelasan (FCAW dan SMAW)	(Ajenifuja, Popoola, & Popoola, 2025)
Struktural dan konstruksi	Mild steel SAE10X	Kecepatan pengelasan, arus pengelasan,	(Esabunor et al., 2025)

		dan tegangan busur		(Ultra Super-Critical)			
	Baja paduan rendah A572 Gr 50	Jenis proses pengelasan (SMAW dan FCAW)	(Bianchi, Barbosa, Savioli, Fernandes, & Ruggieri, 2017)	Pembangkit listrik tenaga nuklir SCWR (Supercritical Water Reactor) Offshore	Paduan nickel 690	Suhu pengujian dan lingkungan uji	(Sáez-Maderuelo et al., 2020)
Marine structures	Pelat baja Low-alloy steel plates	Teknik inspeksi kualitas las Komposisi flux coating	(Harara & Altahan, 2018) (Sudish Mishra & Chhibber, 2025)		UNS S32760	Jenis proses pengelasan (GTAW dan SMAW)	(Calliari, Basoni, Breda, Toldo, & Meneghini, 2024)
Electrochemical & marine engineering	Monel 400 & AISI 1020	Penambahan larutan HCl 10% pada sambungan las	(Abbas, Ahmed, & Abdel-Azab, 2024)		TiO ₂ -SiO ₂ -CaO and SiO ₂ -CaO-MgO Medium carbon steel	Komposisi elektode (coating formula)	(S. Mishra, Sharma, & Chhibber, 2023)
Marine engineering	SS316L	Jenis elektroda dan arus pengelasan	(A. S. Kumar, Sharma, & Shukla, 2024)			Suhu annealing	(Orhororo, Erameh, & Tamuno, 2022)
Pembangkit Listrik / power plant	Low alloy ferritic steels	Komposisi flux coating	(S. Mahajan & Chhibber, 2019)		Grade AH36 ship steel plate	Jenis elektroda dan kondisi pengelasan	(Çolak, Ayan, & Kahraman, 2020)
Pembangkit listrik tenaga nuklir	P91 steel	Jenis proses pengelasan dan material uji	(Rathore et al., 2024)	LNG tanks	High-Mn steel plates	Jenis proses pengelasan (SMAW, SAW, GTAW)	(S. Zhang, Wang, Wang, & Cao, 2023)
	P22/P91 steel	Jenis lingkungan korosif, suhu, dan jenis elektroda	(Sumit Mahajan & Chhibber, 2020)	Boiler dan pressure vessel	DSS 2205	Heat input	(Shah, Thakkar, Patel, & Acharya, 2021)
Pembangkit Listrik tenaga nuklir AUSA (Advanced Ultra Super-Critical)	CaF ₂ -SiO ₂ -CaO-22.5%TiO ₂	Komposisi flux coating	(Vijay Kumar et al., 2023)		SA-738 Grade B Steel	Ketebalan material dan proses pengelasan	(Hayashi et al., 2017)
Pembangkit Listrik tenaga nuklir USC	P19 steel	Jenis elektroda, komposisi logam las, dan posisi pengelasan	(Z. Zhang et al., 2021)	Cladding	Carbon steel	Jumlah lapisan	(de Araujo, Mainier, & de Almeida, 2021)
					SS-316	Jumlah lapisan	(Singh, Singh, & Mohan, 2018)
				Manufaktur	Line pipe DNV 485	Jenis proses pengelasan	(Silva, Arroyo, & Girão, 2019)

SFDU		
UOE		
AISI 304 dan AISI 316	Kecepatan pengelasan, arus pengelasan, dan tegangan busur	(Kant et al., 2018)

4. Pengaruh Parameter Proses terhadap Kualitas Las

SMAW adalah salah satu proses pengelasan busur Listrik dengan membangkitkan energi panasnya oleh busur listrik yang terbentuk di antara elektroda logam yang terbungkus dan benda kerja. Elektroda logam dibungkus oleh fluks yang akan menjadi pelindung logam las saat proses pengelasan berlangsung. Gambar 4 menunjukkan skema proses SMAW. Peralatan yang dibutuhkan untuk SMAW yang ditunjukkan oleh Gambar 4 meliputi power source, kabel las, connector, elektroda, holder elektroda, benda kerja, dan meja las (Haider, Quazi, Bhatti, Nasir Bashir, & Ali, 2019).



Gambar 4. Proses pengelasan SMAW (Haider et al., 2019)

Kualitas las dipengaruhi oleh beberapa parameter proses pengelasan, yaitu arus pengelasan, polaritas, heat input, kecepatan pengelasan, jenis elektroda, pre-heating, dan post-heating (Ary et al., 2023). Arus pengelasan menentukan besar energi yang dihantarkan ke logam dasar sehingga mempengaruhi penetrasi dan kekuatan sambungan las. Secara umum, semakin tinggi arus pengelasan maka semakin tinggi kekerasan tapi semakin rendah

kekuatannya. Polaritas elektroda juga berpengaruh terhadap distribusi panas, yang akan berdampak pada bentuk dan ukuran kolam las. Sementara itu, heat input secara keseluruhan berperan dalam menentukan kecepatan pendinginan sambungan, yang akan berdampak pada struktur mikro dan potensi retak atau deformasi termal. Selain itu, kecepatan pengelasan harus dikontrol dengan tepat karena kecepatan yang terlalu tinggi dapat menyebabkan kurangnya penetrasi, sedangkan kecepatan yang terlalu lambat dapat mengakibatkan akumulasi panas berlebih. Umumnya, semakin tinggi kecepatan pengelasan juga akan meningkatkan kekerasan dan kekuatan tariknya (Haider et al., 2019). Jenis elektroda yang digunakan harus sesuai dengan jenis material induk dan kondisi pengelasan untuk menghasilkan ikatan metalurgi yang baik. Selain itu, pre-heating sebelum proses pengelasan dapat mengurangi tegangan sisa dan risiko retak, terutama pada material yang rentan terhadap pengerasan. Sedangkan post-heating atau post-weld heat treatment (PWHT) dilakukan untuk menghilangkan tegangan sisa dan meningkatkan sifat mekanik hasil las. Oleh karena itu, pengaturan parameter-parameter tersebut secara tepat dan sesuai dengan standar merupakan kunci untuk menghasilkan sambungan las yang berkualitas tinggi dan tahan terhadap berbagai kondisi pelayanan.

Kualitas las diketahui melalui pengujian merusak dan tidak merusak. Pengujian tidak merusak atau Non-destructive testing (NDT) merupakan pengujian untuk mengevaluasi sifat material dan cacat yang terjadi tanpa merusak materialnya. Pengujian tidak merusak memiliki beberapa macam metode seperti visual inspection, microscopy, radiography testing, dye penetrant testing, ultrasonic testing, magnetic particle inspection, eddy current testing, dan acoustic emission (S. Kumar, Vishwakarma, & Akhilesh, 2018). Sedangkan, pengujian merusak atau

Destructive testing (DT) merupakan pengujian untuk mengevaluasi sifat mekanik material dan cacat yang terjadi dengan merusak materialnya sehingga dibutuhkan spesimen uji. Pengujian merusak memiliki beberapa metode seperti uji tarik, uji kekerasan, uji dampak, uji bending, uji korosi, dan lain-lain.

5. Tantangan dan Inovasi dalam Aplikasi SMAW

SMAW memiliki berbagai kelebihan yang menjadikannya metode pengelasan populer, di antaranya adalah fleksibilitas, biaya yang relatif rendah, dan kemudahan dalam pengoperasiannya, dapat digunakan dalam berbagai kondisi lingkungan kerja, peralatannya yang simple dan portabel, dan tidak terpengaruh faktor angin (Arifin, 2020), (Ary et al., 2023), (Baghel, 2022). Tetapi, SMAW juga memiliki beberapa keterbatasan seperti tidak bisa dilakukan pada temperature leleh yang rendah seperti tin, zinc, dan paduannya, rentan terhadap cacat seperti porositas dan keretakan saat berada di kondisi lingkungan tertentu yang mungkin dikarenakan kecenderungan korosi yang tinggi (Arifin, 2020), (Esabunor et al., 2025), (Medupin et al., 2023), (Kartsonakis & Charitidis, 2020).

Dengan munculnya material teknik modern, SMAW menghadapi kesulitan dalam mengelas logam dengan sifat fisik dan kimia yang kompleks. Logam ringan seperti aluminium dan magnesium, serta material berlapis dan logam tak sejenis, cenderung sulit dilas karena risiko oksidasi dan ketidakcocokan metalurgi. Oleh karena itu, diperlukan teknik khusus, pemilihan elektroda yang sesuai, dan kontrol proses yang presisi untuk menghasilkan sambungan yang baik.

Untuk mengatasi keterbatasan SMAW terhadap material modern, berbagai teknologi pendukung telah dikembangkan. Inovasi seperti elektroda dengan fluks yang dimodifikasi, teknik preheating, dan metode kontrol cacat seperti NDT dan pengaturan heat input membantu

meningkatkan kualitas dan keandalan sambungan. Hal ini membuktikan bahwa SMAW tetap relevan dan adaptif terhadap tantangan industri manufaktur masa kini.

6. Kesimpulan

SMAW tetap menjadi salah satu metode pengelasan yang paling strategis dan relevan dalam industri manufaktur modern. Kajian literatur menunjukkan bahwa SMAW memainkan peran penting dalam beberapa bidang dengan yang paling sering ditemukan adalah pada bidang pembangkit listrik, offshore, marine engineering, struktural dan konstruksi. Berbagai inovasi telah memungkinkan SMAW beradaptasi dengan tantangan pengelasan material modern seperti logam ringan dan material tak sejenis. Melalui pengembangan elektroda, penerapan teknik preheating, dan pengendalian cacat yang lebih baik, SMAW tetap menjadi metode las yang andal dan relevan untuk kebutuhan industri yang menuntut efisiensi serta kualitas sambungan tinggi.

DAFTAR PUSTAKA

1. Abbas, M., Ahmed, M. M. Z., Abdel-Aleem, H. A., & Azab, N. (2024). Electrochemical Behaviour of Dissimilar Joints from Monel400 and AISI 1020 Carbon Steel. *Egyptian Journal of Chemistry*, 67(13), 1031–1036. <https://doi.org/10.21608/ejchem.2024.314211.10255>
2. Ajenifuja, E., Popoola, A. P. I., & Popoola, O. (2025). Comparative analysis of structural and mechanical properties of duplex stainless steel (DSS) weldments prepared by flux core arc welding and shielded metal arch welding processes. *Journal of Advanced Joining Processes*, 11(February), 100295. <https://doi.org/10.1016/j.jajp.2025.100>

- 295
3. Arifin, A. (2020). Dissimilar metal welding using Shielded metal arc welding: A Review. *Mechanical*, 62(04), 1935–1948.
 4. Ary, D., Muhayat, N., & Triyono. (2023). Research Gap Finding in Shielded Metal Arc Welding of Steel. *E3S Web of Conferences*, 465, 1–7. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202346501012>
 5. Baghel, P. K. (2022). Effect of SMAW process parameters on similar and dissimilar metal welds: An overview. *Heliyon*, 8(12), e12161. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12161>
 6. Barbara Kitchenham. (2014). Procedures for Performing Systematic Reviews. Keele University Technical Report, 33(2004), 1–26.
 7. Bianchi, K. E., Barbosa, V. S., Savioli, R., Fernandes, P. E. A., & Ruggieri, C. (2017). Correlation of fracture toughness with Charpy impact energy for low alloy, structural steel welds. In *American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP (Vol. 6B-2017). School of Engineering, Fed. Univ. Rio Grande (FURG), Rio Grande, Brazil: American Society of Mechanical Engineers (ASME)*. <https://doi.org/10.1115/PVP2017-65361>
 8. Calliari, I., Basoni, J., Breda, M., Toldo, F., & Meneghini, R. (2024). Mechanical and micro-examination characterization of welded joints in UNS S32760 for offshore applications. *MRS Advances*, 9(5), 259–263. <https://doi.org/10.1557/s43580-024-00780-w>
 9. Çolak, Z., Ayan, Y., & Kahraman, N. (2020). Weld morphology and mechanical performance of marine structural steel welded underwater in a real marine environment. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 109(1), 491–501. <https://doi.org/10.1007/s00170-020-05679-y>
 10. de Araujo, F. P. D., Mainier, F. B., & de Almeida, B. B. (2021). EVALUATION OF Ni-Cr-Mo ALLOY APPLIED BY WELD OVERLAY CLADDING ON CARBON STEEL FOR USE IN NaCl 3.5% MASS SOLUTION. *Proceedings on Engineering Sciences*, 3(3), 355–364. <https://doi.org/10.24874/PES03.03.011>
 11. Donthu, N., Kumar, S., Mukherjee, D., Pandey, N., & Marc, W. (2021). How to conduct a bibliometric analysis : An overview and guidelines. *Journal of Business Research*, 133(May), 285–296. <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2021.04.070>
 12. Esabunor, T., Ikpeseni, S. C., Ekpun, M., Sada, S. O., Chukwunke, J. L., & Orugba, H. O. (2025). Application of Optimization Techniques in Enhancing the Mechanical Properties of Mild Steel SAE10XX Welds. *NIPES - Journal of Science and Technology Research*, 7(1), 33–45. <https://doi.org/10.37933/nipes/7.1.2025.4>
 13. Haider, S. F., Quazi, M. M., Bhatti, J., Nasir Bashir, M., & Ali, I. (2019). Effect of Shielded Metal Arc Welding (SMAW) parameters on mechanical properties of low-carbon, mild and stainless-steel welded joints: A review. *Journal of Advances in Technology and Engineering Research*, 5(5), 191–198. <https://doi.org/10.20474/jater-5.5.1>
 14. Harara, W., & Altahan, A. (2018). Attempt Towards the Replacement of Radiography with Phased Array Ultrasonic Testing of Steel Plate Welded Joints Performed on Bridges and Other Applications. *Russian Journal of Nondestructive Testing*,

- 54(5), 335–344.
<https://doi.org/10.1134/S1061830918050054>
15. Hayashi, T., Kim, C. C., Kumagai, K., Goto, M., & Otake, S. (2017). Technical basis for the exemptions to mandatory Post Weld Heat Treatment (PWHT) of SA-738 Grade B for Sec.III Div.1 Subsection NE application. In American Society of Mechanical Engineers, Pressure Vessels and Piping Division (Publication) PVP (Vol. 6B-2017). TOSHIBA Corporation, Yokohama, Japan: American Society of Mechanical Engineers (ASME). <https://doi.org/10.1115/PVP2017-65694>
 16. Ilman, M. N., & Sehonu. (2023). Ilmu dan Teknologi Pengelasan. (H. Pras & D. Rahayu, Eds.). D.I. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
 17. Kant, R., Mittal, R., Kumar, C., Rana, B. S., Kumar, M., & Kumar, R. (2018). Fabrication and characterization of weldments AISI 304 and AISI 316 Used in industrial applications. *Materials Today: Proceedings*, 5(9), 18475–18481. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2018.06.189>
 18. Kartsonakis, I. A., & Charitidis, C. A. (2020). Corrosion protection evaluation of mild steel: The role of hybrid materials loaded with inhibitors. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(18). <https://doi.org/10.3390/APP10186594>
 19. Kumar, Vijay, Chhibber, Rahul, & Mahajan, Sumit. (2023). Investigations on wetting and structural behavior using CaF₂-SiO₂-CaO-22.5%TiO₂ SMAW electrode coating for AUSC applications. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part L*, 237(8), 1861–1873. <https://doi.org/10.1177/14644207231159833>
 20. Kumar, A. S., Sharma, S. K., & Shukla, A. K. (2024). Microstructural, Mechanical, and Thermal Analysis of SS316L Weldment for Marine Engineering Application. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 33(23), 13502–13515. <https://doi.org/10.1007/s11665-023-08906-1>
 21. Kumar, S., Vishwakarma, M., & Akhilesh, P. (2018). Advances and Researches on Non Destructive Testing: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 5(2), 3690–3698. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.620>
 22. Mahajan, Sumit, & Chhibber, Rahul. (2020). High temperature molten salt corrosion investigations on P22/P91 power plant dissimilar welds. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part E*, 235(2), 440–451. <https://doi.org/10.1177/0954408920966304>
 23. Mahajan, S., & Chhibber, R. (2019). Design and development of CaO–SiO₂–CaF₂ and CaO–SiO₂–Al₂O₃ based electrode coatings to weld low alloy ferritic steels for power plant applications. *Ceramics International*, 45(18), 24154–24167. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.08.124>
 24. Medupin, R. O., Ukoba, K. O., Yoro, K. O., & Jen, T. C. (2023). Sustainable approach for corrosion control in mild steel using plant-based inhibitors: a review. *Materials Today Sustainability*, 22, 100373. <https://doi.org/10.1016/j.mtsust.2023.100373>
 25. Mishra, Sudish, & Chhibber, Rahul. (2025). Weld metal chemistry and microhardness of CaO–SiO₂–TiO₂–MgO based electrode coatings for marine welding applications. *Materials Science and Technology*, 02670836251314970. <https://doi.org/10.1177/02670836251314970>

26. Mishra, S., Sharma, L., & Chhibber, R. (2023). Modelling and Thermophysical Properties of TiO₂-SiO₂-CaO and SiO₂-CaO-MgO Based Electrode Coatings for Offshore Applications. *Silicon*, 15(16), 7015–7037. <https://doi.org/10.1007/s12633-023-02559-4>
27. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & Group, and the P. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *Physical Therapy*, 89(9), 873–880. <https://doi.org/10.1093/ptj/89.9.873>
28. Nickabadi, S., Rostami, H., Hadavi, M., Rostami, E., & Hamzeh, S. (2025). Experimental and numerical investigation of the welding impact on residual stresses of the joint region of ASTM-A36 marine steel. *Materials Chemistry and Physics*, 339(March), 130738. <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2025.130738>
29. Orhororo, E. K., Erameh, A. A., & Tamuno, R. I. (2022). Investigation of the Effect of Corrosion Rate on Post Welded Heat Treatment of Medium Carbon Steel in Seawater. *Journal of Applied Research on Industrial Engineering*, 9(1), 59–67. <https://doi.org/10.22105/jarie.2022.314704.1398>
30. Rathore, S., Kumar, A., Sirohi, S., Pandey, S. M., Gupta, A., Fydrych, D., & Pandey, C. (2024). Advanced ultra super critical power plants: role of buttering layer. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 134(11), 5021–5064. <https://doi.org/10.1007/s00170-024-14469-9>
31. Sáez-Maderuelo, A., Ruiz-Lorenzo, M. L., Perosanz, F. J., Halodová, P., Prochazka, J., & Namburi, H. (2020, August 3). Study of the Influence of Microstructure and Intergranular Carbides on the Oxidation Behavior of a Nickel Base Alloy 690 TT in Supercritical Water Nuclear Reactor Conditions. <https://doi.org/10.1115/PVP2020-21518>
32. Shah, S. I., Thakkar, H. R., Patel, K., & Acharya, G. D. (2021). Investigation of Microstructure and Mechanical Properties of DSS 2205 Weld Thick Section for Pressure Vessel Application. *Transactions of the Indian Institute of Metals*, 74(8), 2073–2080. <https://doi.org/10.1007/s12666-021-02284-9>
33. Silva, F. F., Arroyo, F. M., & Girão, I. F. (2019). HIGH GRADE SAWL LINEPIPE MANUFACTURING AND FIELD WELD SIMULATION FOR HARSH ENVIRONMENTS. In *Rio Pipeline Conference and Exposition, Technical Papers*. Tenaris, Luxembourg: Instituto Brasileiro de Petroleo. Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-85148886149&partnerID=40&md5=2a732b8f48b22e3382569465b54402e0>
34. Singh, V., Singh, V., & Mohan, N. A. (2018). Study of corrosion behaviour of SS-316 cladding deposited by shielded metal arc welding. In S. J. M.R., S. R., P. S., & A. R. (Eds.), *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 402)*. Department of Mechanical Engineering, DR. B. R. Ambedkar, National Institute of Technology, Jalandhar, (PB), 144011, India: Institute of Physics Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/402/1/012130>
35. Sutrisno, Saepudin, A., & Adiguna, S. (2023). Pengaruh Variasi Arus Pengelasan Terhadap Kekuatan Tarik Baja Karbon Rendah. *Majalah Iptek Politeknik Negeri ...*, 3(2), 89–98. Retrieved from <https://ojs.polmed.ac.id/index.php/polimedia/article/view/1617%0Ahttps://ojs.polmed.ac.id/index.php/polimedia/ar>

- ticle/download/1617/827
36. Triwanapong, S., & Kimapong, K. (2018). Effect of welding consumables on dissimilar AISI304/AISI1015 steels butt joint properties. *Key Engineering Materials*, 777 KEM, 344–349. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/KEM.777.344>
 37. Ye, C., Lu, G., Liu, Q., Ni, L., Wei, X., & Fang, X. (2021). Microstructure and Mechanical Properties of 10CrNi3MoV Steel-SS304L Composite Bimetallic Plates Butt Joint by Shielded Metal Arc Welding. *Journal of Materials Engineering and Performance*, 30(3), 2047–2056. <https://doi.org/10.1007/s11665-021-05477-x>
 38. Zhang, S., Wang, H., Wang, Y., & Cao, L. (2023). Study on the Novel High Manganese Austenitic Steel Welded Joints by Arc Welding for Cryogenic Applications of LNG Tanks. *Materials*, 16(6). <https://doi.org/10.3390/ma16062381>
 39. Zhang, Z., Craciun, S., & van der Mee, V. (2021). All-positional flux cored wire with lower trace element contents and improved ambient temperature toughness for welding P91 steels. *Welding in the World*, 65(10), 1859–1869. <https://doi.org/10.1007/s40194-021-01135-x>