Vol 5 No.1 (2026) - Februari, pp 51-58 https://doi.org/10.59025/x4vkv159

Jurnal Masyarakat Madani Indonesia
e-ISSN: 2829-6702
https://syadani.onlinelibrary.id/

Diseminasi Ilmu dan Teknologi Pengelasan Maju Untuk Peningkatan Kompetensi Guru dan Siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) 2 Mei di Bandar Lampung

Tarkono[1], Irza Sukmana [1*], Syaipudin Anwar[1], Yudi Eka A Risano[1], Herry Wardono[1], Rizal Adi Saputra[1], Sugiyanto[1], Agus Sugiri[1], Martinus[1]

[1]*Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Lampung, Indonesia*

INFO ARTIKEL

Diserahkan:
22/10/2025
Direvisi:
13/11/2025
Diterima
09/12/2025

***Keywords*:**

Pengelasan Maju,
Friction Stir Welding,
Solid-State Welding,
SMK,
Pelatihan,
Kompetensi Guru dan Siswa

ABSTRAK

Pengelasan merupakan salah satu teknologi penyambungan logam yang penting dalam aplikasinya di dunia industri manufaktur. Pengelasan maju merupakan teknik pengnyambungan logam tanpa proses pencairan logam induk atau sering dikenal dengan solid-state welding. Teknik pengelasan maju telah berkembang pesat seiring dengan kemajuan teknologi material dan proses manufaktur logam industri. Meski demikian, pemahaman tentang pengelasan maju di kalangan guru dan siswa sekolah menengah keujuruan (SMK) di Bandar Lampung masih terbatas dan belum terdiseminasikan dengan baik. Kegiatan pengabdian kepada masyarakat (PKM) ini bertujuan untuk meningkatkan kompetensi guru dan siswa SMK 2 Mei Bandar Lampung dalam bidang pengelasan maju. melaksanakan diseminasi hasil-hasil penelitian dosen dan untuk meningkatkan kompetensi guru dan siswa SMK 2 Mei Bandar Lampung melalui pelatihan pengelasan maju. Kegiatan PKM ini difokuskan pada teknologi pengelasan tanpa pencairan (solid-state welding) dengan teknik friction stir welding (FSW) dan friction welding (FW) yang dapat diaplikasikan dengan mesin frais dan mesin bubut di Lab produksi. Kegiatan ini secara keseluruhan, mampu meningkatan pemahaman peserta sebesar 51%. Pelatihan ini juga diharapkan dapat menjadi model untuk peningkatan kompetensi guru dan siswa di SMK melalui diseminasi hasil penelitian dosen Unila yang dapat diterapkan di masing-masing sekolah SMK di Bandar Lampung.

Corresponding author email: irza.sukmana@eng.unila.ac.id

Published by Alesha Media Digital. This is an open access article under the CC BY SA license
Copyright@ Author (2026).

1. PENDAHULUAN

Pengelasan merupakan salah satu proses kunci industri manufaktur khususnya dalam penyambungan material logam. Dalam beberapa dekade terakhir, teknologi pengelasan telah mengalami transformasi signifikan dengan munculnya teknologi pengelasan maju *Friction Stir Welding* (FSW). Proses ini memanfaatkan gesekan untuk menghasilkan sambungan logam tanpa mencairkan material. *Friction Stir Welding* (FSW) memberikan keuntungan dalam hal kekuatan dan ketahanan sambungan dibandingkan metode pengelasan konvensional [1, 2, 3]. Teknologi ini sangat relevan bagi industri modern yang memerlukan kualitas tinggi serta efisiensi dalam pengelasan. *Friction Stir Welding* (FSW) dalam industri modern khususnya untuk aplikasi di sektor otomotif, penerbangan, dan konstruksi [4, 5].

Meskipun demikian penerapan pengelasan maju FSW di Indonesia masih belum optimal. Banyak Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) yang tetap mengajarkan teknik pengelasan tradisional (pengelasan busur listrik dan gas) yang tidak sepenuhnya memenuhi kebutuhan industri terkini. Keterbatasan pengetahuan dan fasilitas

di SMK tentang teknik-teknik modern ini menyebabkan kesenjangan antara dunia pendidikan dan industri. Kesenjangan antara dunia pendidikan dan industry membuat lulusan SMK kurang siap untuk memasuki sektor manufaktur yang semakin mengandalkan teknologi maju pengelasan FSW [6, 7].

Untuk menjembatani kesenjangan ini, pelatihan yang berfokus pada pengenalan dan penguasaan teknologi pengelasan maju FSW menjadi sangat penting. Program pelatihan bertujuan untuk meningkatkan kompetensi peserta dalam teknologi pengelasan FSW dan Friction Welding. Dengan pelatihan ini diharapkan guru dan siswa dapat menguasai keterampilan praktis yang sesuai dengan tuntutan industri. Selain itu, kegiatan pengabdian ini juga akan berperan dalam diseminasi pengetahuan dan inovasi dari Fakultas Teknik Universitas Lampung. Diseminasi pengetahuan dan inovasi dari Fakultas Teknik Universitas Lampung berfokus pada pengembangan pengelasan dan manufaktur [8]. Kegiatan ini berpotensi memperkuat sinergi antara pendidikan dan industry. Pengabdian masyarakat ini menciptakan model yang dapat diterapkan di SMK lainnya di Provinsi Lampung [9].

Dengan adanya pelatihan ini diharapkan juga dapat meningkatkan kesadaran akan pentingnya penguasaan teknologi pengelasan maju di kalangan pendidikan vokasi. Pengetahuan tentang teknologi penyambungan tanpa pencairan ini sangat penting. Pengelasan FSW memiliki kemampuandalam menciptakan sambungan berkualitas tinggi dan mengurangi cacat struktural pada hasil pengelasan [1, 2, 4].

Melalui kegiatan pelatihan diharapkan siswa dapat memiliki keterampilan yang relevan dengan kebutuhan pasar kerja. Kebutuhan pasar kerja yang relevan pada gilirannya akan membuka lebih banyak kesempatan untuk berkarier di industri yang memprioritaskan teknologi pengelasan modern [10]. Tujuan utama artikel ini adalah untuk menjelaskan relevansi teknologi pengelasan maju Friction Stir Welding dengan pendidikan kejuruan di SMK 2 Mei Bandar Lampung. Pembaca diharapkan dapat memahami pentingnya pelatihan dalam teknologi ini untuk mempersiapkan generasi baru tenaga kerja yang kompeten dan siap menghadapi tuntutan industri yang terus berkembang.

2. METODE PELAKSANAAN

Pada kegiatan pengabdian dilakukan oleh 6 guru dan 20 siswa. Guru yang mengikuti kegiatan pelatihan melanjutkan dengan *pre-test* dan *post-test*. Sedangkan siswa yang mengikuti memperhatikan pemaparan materi dan praktek yang dilakukan. Metode yang digunakan dalam kegiatan pengabdian ini mencakup tiga tahapan utama, yaitu penyuluhan melalui ceramah, pemaparan video praktik pengelasan, dan evaluasi hasil kegiatan. Tahap pertama dimulai dengan penyuluhan yang bertujuan untuk memberikan pemahaman dasar mengenai teknologi pengelasan maju *Friction Stir Welding* (FSW) dan *Friction Welding*. Penyuluhan disampaikan oleh Dosen Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Lampung (Unila). Dokumentasi pembukaan kegiatan PKM ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar1. Pembukaan Kegiatan PKM di SMK 2 Mei Bandar Lampung

Kegiatan ceramah ilmu pengelasan difokuskan pada pengenalan berbagai jenis material yang digunakan dalam pengelasan maju dan penerapannya dalam industry. Penyuluhan dengan metode ceramah bertujuan untuk meningkatkan kesadaran peserta mengenai pentingnya teknologi tersebut dalam dunia industri dan pendidikan vokasi. Setelah penyuluhan, dilanjutkan dengan sesi workshop yang memberikan pengalaman praktis kepada peserta. Dalam workshop ini, peserta diajak untuk mengikuti demonstrasi langsung mengenai pembuatan produk dengan menggunakan teknologi pengelasan maju. Teknologi pengelasan yang dilakukan yaitu pembuatan sambungan dengan FSW dan *Friction Welding*. Alat evaluasi yang digunakan yaitu mesin bubut merk CIA MIX. Demonstrasi ini bertujuan untuk memperkenalkan peserta tidak hanya pada teori tetapi juga pada praktik yang dapat langsung diaplikasikan di lapangan.

Selanjutnya, evaluasi dilakukan dengan metode *pre-test* dan *post-test* untuk mengukur peningkatan pengetahuan peserta setelah mengikuti kegiatan ini. *Pre-test* diberikan sebelum pelatihan untuk mengetahui pemahaman awal peserta. Sedangkan *post-test* dilakukan setelah pelatihan untuk menilai sejauh mana pemahaman mereka terhadap materi yang telah diajarkan. Hasil dari evaluasi ini digunakan untuk mengukur efektivitas pelatihan dan memberikan umpan balik bagi kegiatan pengabdian yang akan datang. Melalui pengabdian masyarakat diharapkan para peserta dapat memperoleh pemahaman yang lebih mendalam mengenai teknologi pengelasan maju. Selain itu pelatihan juha diharapkan dapat meningkatkan kualitas pendidikan di SMK dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan dunia industri yang terus berkembang.

3. HASIL & PEMBAHASAN

Kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan pengetahuan peserta. Peningkatan pengetahuan peserta terkait materi yang berfokus pada topik utama yaitu pengetahuan tentang pengelasan Friction Stir Welding (FSW). Kegiatan ini dilaksanakan dengan menggunakan metode pelatihan berbasis tes awal (*pre-test*) dan tes akhir (*post-test*). Metode yang digunakan untuk mengukur seberapa besar peningkatan pengetahuan yang dicapai oleh peserta. Penilaian dilakukan dengan memberikan kuisioner yang berisi pertanyaan-pertanyaan yang mencakup dua materi pokok tersebut. Tabel 1 menunjukkan hasil tes awal yang diikuti oleh enam peserta pada awal kegiatan pengabdian.

Tabel 1. Hasil Tes Awal (*Pre-test*)

No Soal	Peserta						Nilai per soal *Pre-test*
	1	2	3	4	5	6	
1	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	1	0	0	1
4	0	1	0	0	1	0	2
5	0	0	0	0	1	0	1
6	1	0	1	1	1	0	4
7	1	0	1	1	0	0	4
8	0	1	0	1	0	1	3
9	1	0	0	1	1	0	3
10	0	0	0	1	0	0	1
Nilai Peserta	3	2	2	6	4	1	30%

Pada hasil Tabel 1 dapat disimpulkan bahwa peserta memiliki pengetahuan yang relatif rendah pada materi pengelasan Friction Stir Welding (FSW). Rata-rata nilai peserta yang dihasilkan 30%. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa peserta memerlukan pembinaan yang lebih mendalam dan terstruktur untuk meningkatkan pengetahuan mereka. Setelah mengikuti kegiatan pelatihan, peserta kembali diberikan kuisioner untuk

mengukur kemajuan pengetahuan mereka. Tabel 2 adalah hasil tes akhir yang menunjukkan peningkatan yang sangat signifikan dibandingkan dengan tes awal.

Tabel 2. Hasil Akhir (*post-test*)

No Soal	Peserta						Nilai per soal Post- Test
	1	2	3	4	5	6	
1	1	0	0	1	1	1	4
2	1	0	1	1	0	1	4
3	1	1	1	1	1	0	5
4	1	1	1	1	0	1	5
5	1	1	1	1	1	1	6
6	1	1	1	0	1	1	5
7	1	1	1	0	1	0	4
8	1	1	1	1	1	1	6
9	1	1	1	1	0	1	5
10	1	1	1	1	1	0	5
Nila Peserta	10	8	9	8	7	7	81%

Hasil evaluasi dari pelatihan yang dilakukan pada peserta di bidang teknologi pengelasan menunjukkan peningkatan yang signifikan di berbagai aspek pengetahuan dan keterampilan. Penilaian ini dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* yang mencakup empat aspek utama: pengetahuan dasar pengelasan, aplikasi pengelasan, pengetahuan komponen pengelasan, dan metode pengelasan. Temuan yang dihasilkan dari evaluasi ini menunjukkan bahwa kegiatan pelatihan berhasil meningkatkan pemahaman dan keterampilan peserta.

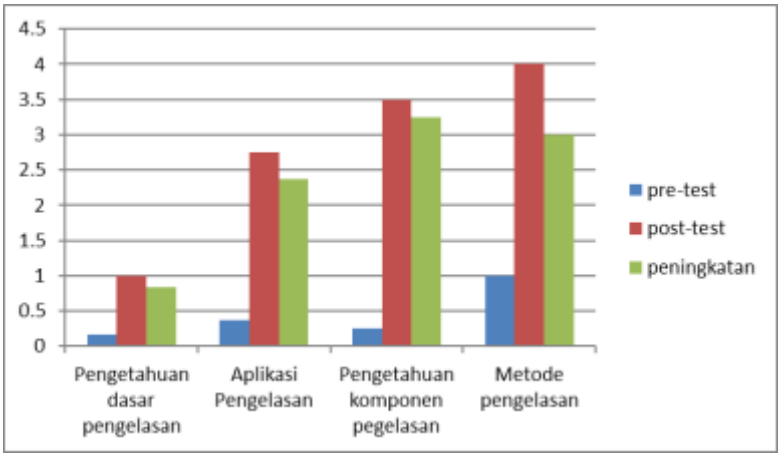
Secara keseluruhan, rata-rata peningkatan pemahaman peserta mencapai lebih dari dua kali lipat atau sebanyak 51% dari sebelum pelatihan sebesar 30% menjadi 81%. Peningkatan ini menunjukkan keberhasilan pelatihan dalam meningkatkan kompetensi di bidang pengelasan maju. Hal ini dapat disimpulkan bahwa pelatihan telah memberikan dampak positif yang signifikan terhadap pengetahuan dan keterampilan peserta.

Pelatihan yang diselenggarakan dapat mempersiapkan mereka untuk tantangan yang ada di industri. Peningkatan tersebut juga menandakan perlunya pendidikan dan pelatihan berkelanjutan di bidang pengelasan untuk mengimbangi perkembangan teknologi industri yang pesat. Selanjutnya bila dibagi menjadi beberapa bidang pengetahuan dalam pengelasan maju, maka dapat dihasilkan analisa peningkatan pemahaman peserta sebagaimana Tabel 3 berikut.

Tabel 3. Peningkatan Pemahaman Peserta Tentang Pengelasan Maju

Aspek Penilaian	***Pre-test* Score**	***Post-test* Score**	**Peningkatan**
Pengetahuan Dasar Pengelasan	0.34	4	3.66
Aplikasi Pengelasan	2.34	5	2.66
Pengetahuan Komponen Pengelasan	2.34	5.5	3.16
Metode Pengelasan	1.34	4	2.66

Tabel di atas menunjukkan data yang jelas mengenai peningkatan pemahaman peserta dalam setiap aspek pelatihan yang diadakan. Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan signifikan pada pemahaman peserta terhadap teknologi pengelasan maju setelah mengikuti pelatihan. Studi ini memperkuat pentingnya pelatihan praktis dalam pendidikan Teknik di bidang pengelasan. Hasil Tabel 3 dapat dilihat lebih jelas pada grafik peningkatan pemahaman peserta ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 1. Grafik peningkatan pemahaman peserta

Berdasarkan hasil evaluasi menggunakan *pre-test* dan *post-test* yang diukur melalui empat aspek utama yaitu pengetahuan dasar pengelasan, aplikasi pengelasan, pengetahuan komponen pengelasan, dan metode pengelasan. Hasil evaluasi kegiatan pelatihan ini berhasil meningkatkan pemahaman peserta secara signifikan. Pada aspek pengetahuan dasar pengelasan skor rata-rata *pre-test* peserta 0,34 berada di level yang sangat rendah yaitu . Hasil 1 menunjukkan bahwa pemahaman awal peserta mengenai dasar-dasar pengelasan masih sangat minim. Setelah mengikuti pelatihan, hasil skor *post-test* meningkat pesat menjadi 4. Peningkatan ini menunjukkan bahwa peserta memperoleh pemahaman yang lebih baik tentang teori dasar pengelasan.

Pada aspek aplikasi pengelasan, hasil *pre-test* menunjukkan rata-rata skor sebesar 2,34. Hasil rata-rata 2,34 yang mencerminkan pemahaman yang sangat terbatas mengenai penerapan teknologi pengelasan maju dalam dunia industri. Setelah pelatihan, skor *post-test* peserta meningkat menjadi 5. Hasil yang meningkat menjadi 5 menunjukkan peningkatan yang signifikan sebesar 2,66 poin. Hal ini sejalan dengan penelitian sebelumnya yang menekankan pentingnya pelatihan praktis dalam meningkatkan keterampilan aplikasi yang relevan dengan kebutuhan industri [11]. Peningkatan ini menunjukkan bahwa peserta kini lebih mampu mengaplikasikan teknologi pengelasan maju dalam situasi dunia nyata.

Pada aspek pengetahuan komponen pengelasan, skor *pre-test* menunjukkan rata-rata 2,34. Hasil rata-rata 1 yang menandakan pemahaman yang rendah mengenai komponen-komponen yang terlibat dalam pengelasan maju. Setelah pelatihan, skor *post-test* meningkat menjadi 5,5. Hasil post test meningkat 3,16 mencerminkan peningkatan yang signifikan dalam pemahaman tentang berbagai komponen pengelasan. Komponen pengelasan seperti material dan peralatan yang digunakan dalam teknologi pengelasan canggih. Pada aspek metode pengelasan, peserta menunjukkan pemahaman yang sangat rendah pada *pre-test* dengan skor 1,34. Setelah pelatihan, skor *post-test* meningkat menjadi 4. Peningkatan ini menggambarkan pemahaman yang lebih dalam tentang teknik-teknik pengelasan canggih *Friction Stir Welding* (FSW) dan Friction Welding. Hal ini sejalan dengan temuan yang menunjukkan bahwa pelatihan intensif dapat meningkatkan pemahaman peserta terhadap teknologi terkini yang digunakan dalam industri manufaktur dan konstruksi.

Hasil penelitian ini memberikan pemahaman yang lebih baik mengenai peningkatan kompetensi peserta dalam teknologi pengelasan maju setelah mengikuti program pelatihan. Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa peningkatan keterampilan praktis di bidang teknik dapat dicapai melalui metode pembelajaran berbasis praktik yang efektif [12]. Dalam konteks pengelasan, penggunaan pendekatan tersebut terbukti berdampak positif pada pengetahuan yang diperoleh oleh peserta. Hasil serupa dengan penelitian [13], yang menunjukkan bahwa penilaian *pre-test* dan *post-test* berguna untuk mengevaluasi efektivitas program pelatihan. Penerapan metode ini memungkinkan pengukuran pengetahuan yang lebih akurat sebelum dan sesudah pelatihan yang memvalidasi peningkatan kompetensi yang dialami peserta.

Selain itu, pengaruh variabel jenis dan pengaturan metode pengelasan juga telah dibahas dalam penelitian-penelitian sebelumnya. Pada penelitian [14], menekankan pentingnya geometri bead las dan faktor input panas yang berkontribusi terhadap energi benturan dari logam lasan. Hasil ini dapat dihubungkan dengan peningkatan hasil pengujian pada peserta. Hasil pengujian pada peserta di mana pemahaman yang lebih baik tentang komponen pengelasan dan aplikasi praktis berkontribusi pada kompetensi mereka di bidang ini. Dalam hal ini, pemahaman tentang pengaturan proses pengelasan dan pengaruhnya terhadap kualitas sambungan dapat menjadi faktor pendorong yang signifikan dalam kesuksesan peserta.

Di sisi lain, metode evaluasi dan pendekatan pembelajaran yang digunakan dalam penelitian ini sejalan dengan temuan sebelumnya. Pada temuan sebelumnya menunjukkan bahwa pelatihan berbasis kompetensi dapat mendukung pengembangan keterampilan siswa dengan lebih efektif. Pada penelitian [12], menjelaskan metode Pendidikan dan Pelatihan Berbasis Kompetensi (CBET) yang menekankan pentingnya relevansi penilaian untuk mencerminkan kebutuhan industri saat ini. Penerapan kerangka penilaian ini dalam program pelatihan pengelasan maju diharapkan menghasilkan lulusan yang lebih siap pakai. Penerapan kerangka penelitian menunjukkan koherensi antara teori dan praktik dalam pendidikan teknik. Materi teori dan praktik di mana peserta diberikan *pre-test* untuk mengukur pengetahuan awal mereka mengenai keselamatan pengelasan dan teknik pengelasan sebelum memulai pelatihan praktis [15]. Pada penelitian [16], menerapkan metode *pre-test* dalam pelatihan pengelasan masyarakat usia produktif di Kabupaten Ogan Ilir. Mereka mengawali dengan pengenalan materi dan pengukuran pengetahuan dasar peserta mengenai pengelasan melalui *pre-test* sehingga instruktur dapat lebih mudah menyesuaikan materi pelatihan sesuai kebutuhan peserta [16]. Setelah itu, pelatihan dilanjutkan dengan metode ceramah, diskusi, dan praktik langsung, yang diakhiri dengan evaluasi untuk melihat peningkatan kemampuan peserta. Dengan metode *pre-test* yang diterapkan mendapatkan pengetahuan teknis tentang pengelasan dan memiliki kesempatan untuk mengevaluasi kemajuan mereka sendiri setelah mengikuti pelatihan. Pembelajaran berbasis evaluasi ini secara signifikan meningkatkan keterampilan praktis peserta. Keterampilan praktis peserta yang tercermin dari penurunan tingkat kesalahan dalam praktik pengelasan. Hal ini sangat penting karena dunia industri sangat mengutamakan keahlian praktis yang mumpuni. Oleh karena itu, siswa SMK tidak hanya menguasai teori dasar tetapi juga siap untuk menerapkan keterampilan pengelasan *Friction Welding* dalam lingkungan kerja di sektor otomotif, penerbangan, dan konstruksi. Hal ini menunjukan pentingnya integrasi metode evaluasi dalam proses pelatihan agar hasil yang diraih dapat lebih optimal dan sesuai harapan [17].

Secara keseluruhan pada hasil evaluasi menunjukkan peningkatan rata-rata sebesar 51% pada pemahaman peserta. Peningkatan yang signifikan ini mengindikasikan bahwa pelatihan yang diberikan berhasil mencapai tujuannya untuk meningkatkan pengetahuan peserta secara substansial. Dengan demikian, kegiatan pengabdian ini dapat dianggap berhasil dalam meningkatkan kompetensi peserta di bidang pengelasan maju. Pelatihan memberikan kontribusi positif terhadap kualitas pendidikan di SMK dan mempersiapkan siswa untuk menghadapi tantangan dunia industri.

4. KESIMPULAN

Hasil penelitian ini menunjukkan peningkatan substansial dalam pemahaman peserta mengenai teknologi pengelasan maju setelah mengikuti program pelatihan. Berdasarkan evaluasi yang dilakukan melalui *pre-test* dan *post-test* terdapat peningkatan rata-rata skor pada empat aspek utama: pengetahuan dasar pengelasan, aplikasi pengelasan, pengetahuan komponen pengelasan, dan metode pengelasan. Secara keseluruhan, peserta mengalami peningkatan yang signifikan. Peningkatan signifikan yang menunjukkan bahwa pelatihan efektif dalam meningkatkan kompetensi mereka di bidang pengelasan. Hasil ini mendukung tujuan penelitian untuk memperkenalkan dan mengajarkan teknologi pengelasan maju kepada peserta pendidikan kejuruan di Indonesia. Kegiatan pelatihan menyebabkan siswa dan guru semakin siap untuk memasuki dunia industri yang

semakin berkembang. Pengembangan lebih lanjut tentang ilmu dan teknologi pengelasan maju ini membuka peluang bagi replikasi program pelatihan serupa di SMK lain seluruh Indonesia. Dengan memperluas program ini ke lebih banyak sekolah kejuruan diharapkan kompetensi pengelasan maju dapat lebih merata di kalangan siswa SMK. Kompetensi pengelasan maju yang merata akan meningkatkan daya saing mereka di pasar kerja. Selain itu, pengembangan lanjutan dalam bentuk modul pelatihan yang lebih spesifik dan berbasis industri dapat disesuaikan dengan kebutuhan sektor industri pengelasan yang terus berkembang. Hal ini akan memperkaya kurikulum dan memperkuat hubungan antara pendidikan vokasi dan kebutuhan industri, memastikan bahwa lulusan memiliki keterampilan yang sesuai dengan tuntutan dunia kerja yang dinamis.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian ini didanai oleh Universitas Lampung BLU 2025 dalam rangka Program Pengabdian Diseminasi Hasil Riset, dengan nomor kontrak: 2146/UN26.21/PM/2025. Tim PKM Teknik Mesin FT Unila mengucapkan terima kasih kepada pihak Kepala Sekolah dan Guru serta siswa SMK 2 Mei Bandar Lampung.

DAFTAR PUSTAKA

[1] A. Zens, M. F. Zaeh, R. Marstatt, and F. Haider, “Friction Stir Welding of Dissimilar Metal Joints,” *Materwiss. Werksttech.*, vol. 50, no. 8, pp. 949–957, 2019, doi: 10.1002/mawe.201900023.
[2] G. Sorger, E. Lehtimäki, S. Hurme, H. Remes, P. Vilaça, and L. Molter, “Microstructure and Fatigue Properties of Friction Stir Welded High-Strength Steel Plates,” *Sci. Technol. Weld. Join.*, vol. 23, no. 5, pp. 380–386, 2018, doi: 10.1080/13621718.2017.1399574.
[3] B. Abnar, S. Gashtiazar, and M. Javidani, “Friction Stir Welding of Non-Heat Treatable Al Alloys: Challenges and Improvements Opportunities,” *Crystals*, vol. 13, no. 4, p. 576, 2023, doi: 10.3390/cryst13040576.
[4] B. I. Olalere, J. O. Gidiagba, A. A. Fawole, B. A. Egbokhaebho, N. N. -Ehiobu, and J. I. Okparaeke, “Review of Advanced Welding and Testing for Safety in Offshore Oil and Gas,” *Mater. Corros. Eng. Manag.*, vol. 4, no. 2, pp. 37–43, 2023, doi: 10.26480/macem.02.2023.37.43.
[5] A. Mishra and D. Dixit, “Friction Stir Welding of Aerospace Alloys,” *J. Mech. Eng.*, vol. 48, no. 1, pp. 37–46, 2019, doi: 10.3329/jme.v48i1.41093.
[6] V. Verbiţchi, I. Duma, and I. A. Perianu, “Testing of an Innovative Method for Overlap Friction Stir Welding (FSW) of 1 Mm Thick Sheets of 5754 Aluminium Alloy, on Tilted Jig,” *Defect Diffus. Forum*, vol. 416, pp. 11–19, 2022, doi: 10.4028/p-bu20zi.
[7] B. Rajnaveen, G. Rambabu, K. Prakash, and K. S. Rao, “Establishing Optimal Friction Stir Welding Parameters for AA2219-T87 Al-Alloy Using Comprehensive RSM and GA Approach,” *Eng. Res. Express*, vol. 3, no. 4, p. 45054, 2021, doi: 10.1088/2631-8695/ac41b5.
[8] C. Phongphisutthinan *et al.*, “Friction Stir Welding of High Iron-containing Cast Aluminum-silicon-magnesium Alloys.,” *Materwiss. Werksttech.*, vol. 56, no. 2, pp. 173–180, 2025, doi: 10.1002/mawe.202200197.
[9] H. F. Wang, S. R. Liu, X. L. Ge, J. F. Pu, L. Bao, and L. Tian, “Microstructure and Impact Load Performance of Friction Stir Welded Joint of AZ31B Magnesium Alloy,” *Key Eng. Mater.*, vol. 866, pp. 54–62, 2020, doi: 10.4028/www.scientific.net/kem.866.54.
[10] V. O. Odhiambo, J. Kihiu, B. R. Mose, and J. G. Odhiambo, “A Review on Advances on Flux Cored Arc Welding of Pipes and Petrochemical Pipelines,” *Materwiss. Werksttech.*, vol. 56, no. 4, pp. 549–564, 2025, doi: 10.1002/mawe.202400189.
[11] T. Tarkono, F. Tenando, N. Nafrizal, and I. Sukmana, “The effect of rotational speed on Friction Stir Welding (FSW) Quality of dissimilar aluminum alloy series AA 1100 and AA 5052,” *J. Polimesin*, vol. 21, no. 1, pp. 21–24, 2023.
[12] D. A. Kifta, A. Ambiyar, R. Lapisa, and M. M. Zagoto, “Improvement of Welding Skill Using Competence Based Education and Training (CBET) Method,” pp. 43–53, 2023, doi:

10.2991/978-2-38476-050-3_6.
[13] T. A. Babu, R. Pasi, and V. Kalidoss, "Development and Validation of Structured Training Module for Healthcare Workers Involved in Managing Pediatric Patients During COVID-19 Pandemic Using 'Objective Structured Clinical Examination' (OSCE)," *J. Educ. Health Promot.*, vol. 12, no. 1, 2023, doi: 10.4103/jehp.jehp_578_22.
[14] H. R. Ghazvinloo, "Impact Energy of Weld Metal in CK45 Carbon Steel," *Iran. J. Energy Environ.*, vol. 11, no. 2, 2020, doi: 10.5829/ijee.2020.11.02.09.
[15] M. N. H. Pasaribu, E. Eswanto, S. Januariyansah, I. Iswandi, and M. Y. R. Siahaan, "Pelatihan Pengelasan SMAW Bagi Warga Muda Di Desa Silinda, Serdang Bedagai, Sumatera Utara," *Irajpkm*, vol. 3, no. 1, pp. 10–15, 2025, doi: 10.56862/irajpkm.v3i1.186.
[16] M. A. A. Saputra *et al.*, "Pelatihan Las Listrik Dasar Untuk Masyarakat Usia Produktif Kabupaten Ogan Ilir," *Jur.Pe.Sri.*, vol. 1, no. 2, pp. 53–59, 2022, doi: 10.51630/jps.v1i2.76.
[17] S. Jayanegara, M. H. S, B. R. Husda, H. Nur, and H. Ramli, "PKM Pelatihan Pengelasan Shielded Metal Arc Welding (SMAW) Dan Tungsten Inert Welding (TIG) Berbasis Kewirausahaan," *J. Pengabdi. Masy.*, pp. 104–109, 2024, doi: 10.61255/vokatekjpm.v2i2.454.