

Meningkatkan Pemahaman Konseptual Pengelasan SMAW melalui Pembelajaran Berbasis Video Interaktif pada Pendidikan Vokasi

Dicky Rahmatulloh¹, Kamin Sumardi^{2*}, Asep Hadian Sasmita³

^{1,2,3}Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Pendidikan Teknik dan Industri, Universitas Pendidikan Indonesia

Email korespondensi: kaminsumardi@upi.edu

Abstrak

Pemahaman konsep dalam pengelasan SMAW masih menjadi kendala utama dalam pembelajaran di SMK karena proses belajar yang cenderung berpusat pada guru dan kurang melibatkan siswa secara aktif. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan video pembelajaran interaktif dalam meningkatkan pemahaman konsep teknik pengelasan SMAW pada peserta didik SMK. Metode penelitian yang digunakan adalah pre-eksperimental dengan desain one group pretest-posttest, menggunakan instrumen tes pemahaman konsep dan observasi keterlibatan belajar. Subyek penelitian yaitu siswa kelas XI TPFL SMKN 2 Bandung sebanyak 37 orang. Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan nilai rata-rata dari 63 pada pretest menjadi 86 pada posttest dengan skor N-Gain sebesar 0,63 yang berada pada kategori sedang dan cukup efektif. Selain itu, data observasi menunjukkan bahwa aktivitas guru dan peserta didik selama pembelajaran dengan media interaktif mengindikasikan keterlibatan yang tinggi dan respons positif terhadap penggunaan media. Temuan ini menegaskan bahwa media video interaktif mampu memfasilitasi pembelajaran konseptual secara lebih efektif melalui penyajian visual dan interaksi aktif. Video pembelajaran interaktif memberi kontribusi yang cukup besar dan selaras dengan prinsip konstruktivisme dan dual coding. Media video pembelajaran interaktif direkomendasikan sebagai strategi inovatif untuk meningkatkan pemahaman dan kualitas pembelajaran teknik pengelasan di pendidikan vokasi.

Kata Kunci: pendidikan vokasi, pengelasan SMAW, video interaktif

1. Pendahuluan

Kompetensi las merupakan bagian integral dari pendidikan vokasi yang bertujuan untuk menyiapkan peserta didik agar memiliki kompetensi las sesuai standar dan kebutuhan industri. Salah satu kompetensi penting dalam bidang las yaitu teknik pengelasan dengan metode shielded metal arc welding (SMAW), yang banyak digunakan dalam sektor industri (Yunus et. al., 2024). Metode las SMAW banyak digunakan karena kemudahan operasional dan fleksibilitasnya. Penguasaan keterampilan pengelasan SMAW bukan hanya ditentukan oleh kemampuan praktik, tetapi juga sangat bergantung pada pemahaman konsep dasar seperti prinsip kerja busur listrik, parameter arus, tegangan, jenis elektroda, dan jenis sambungan (Harsandi et. al. 2025). Berbagai studi menunjukkan bahwa peserta didik SMK masih mengalami kesulitan dalam memahami konsep teknik pengelasan secara mendalam. Hal ini ditunjukkan oleh data bahwa masih belum bagus kualitas hasil praktik dan meningkatnya risiko kesalahan serta kecelakaan kerja (Setiawan, 2021). Model pembelajaran yang banyak digunakan masih dominan digunakan, seperti ceramah satu arah dan demonstrasi terbatas, dinilai belum mampu membangun pemahaman konsep secara efektif, khususnya dalam pembelajaran berbasis keterampilan teknik (Khoirunnisa et. al., 2025).

Sebagai respons terhadap permasalahan tersebut, media pembelajaran berbasis teknologi informasi menjadi salah satu solusi yang potensial. Salah satu pendekatan yang relevan adalah media video interaktif (Yudha & Hidayatullah, 2024). Video interaktif merupakan media berbasis digital yang memungkinkan peserta didik berinteraksi secara langsung dengan materi melalui fitur-fitur seperti kuis, navigasi, simulasi, dan umpan balik. Media interaktif yang melibatkan visualisasi proses teknik dapat meningkatkan keterlibatan dan pemahaman peserta didik dalam lingkungan pembelajaran teknik (Klein, 2021). Video interaktif memungkinkan personalisasi pembelajaran dan memberikan pengalaman belajar yang dinamis dan kontekstual.

Penggunaan media berbasis audio visual dalam pembelajaran pengelasan SMAW mampu meningkatkan hasil belajar secara signifikan (Wiratmaja et. al., 2024). Peningkatan ini terjadi karena peserta didik dapat lebih mudah memahami proses teknis yang sulit diamati secara langsung. Penggunaan media interaktif mampu meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik secara signifikan (Dou, et. al., 2025). Media pembelajaran interaktif berbasis berpikir kritis efektif dalam meningkatkan kemampuan konseptual dan analitis peserta didik pada mata pelajaran pekerjaan dasar teknik mesin (Zhao et. al., 2021). Penggunaan video interaktif dalam pembelajaran pengelasan tidak hanya meningkatkan motivasi belajar, tetapi juga memberikan pengaruh signifikan terhadap pencapaian hasil belajar siswa (Sudiyono et. al., 2024). Pengembangan media pembelajaran berbasis video animasi untuk teknik pengelasan posisi 1G–4G secara signifikan meningkatkan hasil belajar siswa di SMK (Merdechawaty dan Yunus, 2019).

Sebagian besar penelitian terdahulu lebih berfokus pada peningkatan hasil belajar dan motivasi secara umum, tanpa memberikan perhatian khusus terhadap pemahaman konsep dan teknik pengelasan sebagai fondasi keterampilan vokasi (Fajrin et. al., 2023). Pemahaman konseptual yang matang sangat penting untuk menunjang kemampuan berpikir analitis, pengambilan keputusan teknis, serta adaptasi terhadap teknologi pengelasan yang terus berkembang. Video pembelajaran interaktif yang dikembangkan merupakan video yang khusus dan spesifik menunjukkan pemahaman konsep dan teknik las dari berbagai sudut dan posisi (Yunus et. al., 2025). Video menunjukkan langkah dan posisi yang tepat untuk mencapai hasil belajar yang optimal. Video dapat memperlihatkan dengan jelas pada siswa untuk memahami konsep las (Chen et. al., 2025).

2. Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan jenis pre-eksperimental. Desain yang digunakan adalah one group pretest-posttest design, di mana satu kelompok peserta didik diberikan tes sebelum dan sesudah perlakuan untuk mengetahui peningkatan pemahaman konsep. Desain ini dipilih karena memungkinkan peneliti untuk mengukur perubahan yang terjadi setelah implementasi media pembelajaran, tanpa membandingkan dengan kelompok kontrol. Penelitian ini dilaksanakan di SMK Negeri 2 Bandung yang beralamat di Jl. Ciliwung No. 4, Cihapit, Kecamatan Bandung Wetan, Kota Bandung, Jawa Barat. Subjek dalam penelitian ini adalah peserta didik kelas XI TPFL yang berjumlah 37 orang. Pemilihan kelas ini didasarkan pada hasil observasi awal dan dokumentasi guru, yang menunjukkan rendahnya pemahaman peserta didik terhadap konsep dasar dalam teknik pengelasan SMAW, khususnya pada aspek prinsip kerja, fungsi elektroda, parameter arus, dan jenis sambungan. Penelitian dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu pemberian pretest, implementasi media video pembelajaran interaktif, dan pemberian posttest. Selain itu, observasi aktivitas guru dan siswa selama proses pembelajaran juga dilakukan untuk mendukung data kuantitatif. Media video interaktif yang digunakan dalam penelitian ini menampilkan simulasi proses pengelasan, penjelasan fungsi peralatan, animasi busur listrik, serta pengujian hasil pengelasan. Video pembelajaran ini memungkinkan peserta didik mengeksplorasi materi secara mandiri dan berulang sesuai kebutuhan. Proses pembelajaran berlangsung selama enam pertemuan, masing-masing berdurasi 2 x 45 menit.

Pengumpulan data dilakukan melalui tes pemahaman konsep dalam bentuk soal pilihan ganda. Tes ini terdiri dari 20 butir soal yang telah divalidasi oleh ahli dan diuji tingkat kesukaran serta daya pembeda. Soal-soal tersebut disusun berdasarkan lima indikator pembelajaran, yaitu: Menjelaskan prinsip dasar SMAW, mengaitkan fungsi komponen peralatan dengan proses pengelasan, memberikan contoh aplikasi dalam kehidupan atau industri, menjelaskan faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas hasil las, dan mengidentifikasi potensi bahaya serta tindakan pencegahannya (Abbas et. al. 2025). Proses penelitian terdiri atas tiga tahapan, yaitu: Pelaksanaan pretest untuk mengetahui kemampuan awal peserta didik, pemberian perlakuan berupa pembelajaran dengan menggunakan media video interaktif selama dua kali pertemuan, dan pelaksanaan posttest untuk mengukur perubahan pemahaman konsep setelah penggunaan media. Selama pelaksanaan pembelajaran, peneliti juga melakukan observasi terhadap aktivitas peserta didik dalam menggunakan media video interaktif.

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dan deskriptif. Analisis deskriptif digunakan untuk melihat distribusi skor pretest dan posttest, termasuk nilai rata-rata, standar deviasi, dan kategori hasil belajar. Untuk mengukur peningkatan pemahaman konsep, digunakan analisis Normalized Gain (N-Gain), yaitu membandingkan selisih skor pretest dan posttest terhadap skor maksimal yang mungkin diperoleh. Nilai N-Gain kemudian diklasifikasikan ke dalam tiga kategori efektivitas: tinggi ($g > 0,7$), sedang ($0,3 \leq g \leq 0,7$), dan rendah ($g < 0,3$). Kriteria keberhasilan ditentukan berdasarkan rata-rata nilai N-Gain kelas secara keseluruhan. Media pembelajaran video interaktif dinyatakan efektif apabila mayoritas peserta didik mengalami peningkatan pemahaman konsep pada kategori sedang hingga tinggi. Pendekatan ini digunakan untuk memastikan adanya perubahan positif dalam pembelajaran teknik pengelasan SMAW sebelum dan sesudah implementasi video pembelajaran interaktif.

3. Hasil Analisis dan Pembahasan

Hasil penelitian diperoleh dari instrumen tes yang telah melalui proses validasi oleh para pakar yang memiliki kompetensi relevan. Proses validasi tersebut bertujuan untuk menjamin kesesuaian setiap butir soal dari segi konten, konstruk, dan relevansi terhadap tujuan pembelajaran yang hendak dicapai. Selain validitas isi yang diperoleh melalui telaah para pakar, validitas empiris instrumen juga telah diuji melalui analisis tingkat kesukaran dan daya pembeda. Langkah ini dilakukan guna memastikan bahwa butir-butir soal yang digunakan memiliki kemampuan untuk mengukur kompetensi peserta didik secara tepat, adil, dan seimbang. Melalui serangkaian prosedur tersebut, data yang diperoleh dari pre-test dan post-test dianggap sah serta layak dijadikan dasar dalam proses analisis selanjutnya. Hasil penelitian telah dirangkum pada Tabel 1, yaitu mengenai implementasi video pembelajaran interaktif di kelas. Tabel 2 merupakan data hasil capaian belajar siswa, dan Tabel 3 merupakan data tentang hasil belajar siswa.

Tabel 1. Implementasi media oleh guru

Aspek yang Diamati	Capaian (%)
Perencanaan, pelaksanaan & evaluasi pembelajaran	90
Penggunaan video pembelajaran interaktif	87,5
Kemampuan memfasilitasi siswa	87,5
Rata-rata	88,5

Tabel 2. Capaian belajar siswa

Aspek yang Diamati	Capaian (%)
Partisipasi dalam diskusi	85
Pemahaman video pembelajaran	90
Penguasaan konsep SMAW	80
Rata-rata	85

Tes hasil belajar dilakukan peneliti untuk mengetahui hasil belajar peserta didik setelah diimplementasikan media pembelajaran interaktif. Perbandingan hasil pre-test dan post-test peserta didik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil belajar sebelum dan sesudah penggunaan video pembelajaran interaktif

Aspek yg diamati	Pra-Riset	Pre-Test	Post-Test
Nilai maksimum	79	80	100
Nilai minimum	48	50	70
Nilai rata-rata	62	63	86
Jumlah siswa di atas KKM	9	11	32
Jumlah siswa di bawah KKM	28	26	5
Nilai N-Gain			0,63

Video interaktif yang digunakan dalam penelitian ini menggabungkan elemen visual, suara, teks, dan interaksi, sehingga menciptakan pengalaman belajar yang lebih menarik dan mudah dipahami (Gustina et. al., 2024). Pembelajaran dengan video interaktif memungkinkan peserta didik untuk tidak hanya menerima informasi, tetapi juga memberikan respons melalui fitur navigasi, kuis, dan pilihan jalur materi, sehingga proses belajar menjadi aktif dan personal (Shankhwar & Smith, 2022). Hal ini memperkuat prinsip pembelajaran konstruktivistik, di mana pemahaman dibangun melalui pengalaman belajar yang aktif dan reflektif (Cokro & Iskandar, 2025). Hasil observasi, menunjukkan bahwa guru dan peserta didik mendukung dalam menggunakan media secara efektif (Wells & Miller, 2020). Aktivitas guru menunjukkan bahwa media membantu guru menyusun pembelajaran yang lebih terstruktur, interaktif, dan mendorong keterlibatan siswa secara maksimal (Tabel 1). Guru yang mampu memanfaatkan media pembelajaran interaktif secara optimal akan menciptakan proses pembelajaran yang lebih menarik dan bermakna (Putra, 2024). Partisipasi aktif peserta didik juga meningkat, sebagaimana tercermin pada skor observasi, bahwa partisipasi siswa meningkat menjadi sebesar 85%. Partisipasi tersebut menunjukkan bahwa pembelajaran menuju ke dalam posisi yang baik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan media pembelajaran video interaktif memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep teknik pengelasan SMAW (Tabel 2). Tabel tersebut menunjukkan peningkatan nilai rata-rata nilai dan nilai N-Gain yang baik. Data tersebut mengindikasikan bahwa pembelajaran dengan video interaktif memberikan dampak yang positif dengan efektivitas pembelajaran yang baik. Efektivitas video pembelajaran lebih baik dibandingkan pada saat pembelajaran sebelumnya. Peningkatan hasil belajar tersebut, menunjukkan bahwa penggunaan media video interaktif mampu meningkatkan motivasi dan hasil belajar peserta didik pada mata pelajaran pengelasan SMAW (Mancisidor et. al., 2025). Video animasi teknik pengelasan dengan berbagai posisi, media tersebut efektif meningkatkan hasil belajar peserta didik SMK (Syauqi et. al., 2025). Video interaktif terbukti efektif dalam menjelaskan konsep-konsep abstrak seperti prinsip kerja busur listrik, fungsi elektroda, serta parameter arus dan tegangan (Pambudi & Yunus, 2023). Visualisasi dan elemen interaktif dalam video mampu memperkuat pemrosesan informasi jangka panjang dan membantu siswa memahami topik teknis yang kompleks

(Zhao et. al., 2021). Dengan demikian, media ini sangat relevan diterapkan dalam pembelajaran vokasional, khususnya teknik pengelasan yang memerlukan pemahaman teoritis sebelum praktik.

Media pembelajaran video interaktif mampu menumbuhkan berpikir kritis siswa dalam pembelajaran dasar teknik mesin (Alfikri, et. al., 2023). Video pembelajaran interaktif mendorong peserta didik untuk berpikir lebih analitis dan aktif membangun pengetahuan mereka sendiri, bukan hanya menghafal prosedur. Kondisi tersebut terlihat dari Tabel 3 yang menunjukkan perkembangan hasil belajar siswa. Media interaktif berbasis mampu meningkatkan pemahaman konseptual peserta didik melalui pendekatan yang menyenangkan dan partisipatif (Athar, et. al., 2025). Secara keseluruhan, penggunaan media video interaktif terbukti tidak hanya meningkatkan nilai hasil belajar, tetapi juga memperkaya proses pembelajaran (Chen et. al., 2019). Media ini memberi keleluasaan kepada peserta didik untuk mengakses materi secara berulang, memvisualisasikan proses pengelasan, serta melatih kemandirian belajar (Ahmad, & Rofiq, 2020). Dengan demikian, media ini berkontribusi pada peningkatan capaian kognitif dan kualitas proses pembelajaran secara menyeluruh, serta sesuai untuk mendukung transformasi digital di bidang pendidikan vokasional (Dickinson et. al., 2021). Video pembelajaran interaktif memang belum sepenuhnya dapat meningkatkan hasil belajar yang maksimal. Namun, dapat menjadi salah satu alternatif yang dapat digunakan guru dalam meningkatkan kualitas pembelajaran pengelasan SMAW.

4. Kesimpulan

Penggunaan video interaktif dalam pembelajaran teknik pengelasan SMAW, telah memberikan dampak positif terhadap peningkatan pemahaman konsep pengelasan. Peningkatan hasil belajar dan nilai N-Gain menunjukkan kategori yang cukup baik dan efektivitas pembelajaran yang tergolong efektif. Video pembelajaran interaktif yang digunakan mampu menyajikan materi secara visual, sistematis, dan interaktif, sehingga memudahkan peserta didik dalam memahami konsep abstrak dalam proses pengelasan. Aktivitas pembelajaran guru dan keterlibatan peserta didik selama pembelajaran berada yang baik turut mendukung tercapainya tujuan pembelajaran. Video pembelajaran interaktif sudah layak dan direkomendasikan untuk digunakan sebagai salah satu media alternatif pembelajaran pengelasan SMAW. Media tersebut dapat meningkatkan pemahaman konsep las, kompetensi dasar teknik pengelasan SMAW, dan meningkatkan partisipasi aktif peserta didik dalam proses pembelajaran teknik las di SMK.

5. Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada SMKN 8 Kota Bandung yang telah memberikan ijin untuk melakukan penelitian.

Daftar Pustaka

Alfikri, K., Rahim, B., Purwantono, P., & Adri, J. (2023). Pengembangan Media Pembelajaran Berbasis Video Tutorial Las SMAW Sambungan V Posisi 1G/PA, 2G/PC, 3G/PF pada Mata Kuliah Teknologi Pengelasan Logam Departemen Teknik Mesin. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 5(3), 315-323. <https://doi.org/10.24036/vomek.v5i3.588>

- Athar, M. A., Huda, K., Cahyanto, S. E., Kriswanto, K., Kristiawan, R. B., & Trilaksono, G. (2025). The Effectiveness of Learning Media Based on Youtube Video Tutorials on Student Learning Outcomes Per Welding Practice. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 25(1), 42-46. <https://doi.org/10.15294/jptm.v25i1.26687>
- Abbas, M. H., Mhaimed, M. A., Abdulqader, M. A., Habeeb, O. A. (2025). The Impact of Different SMAW Electrodes on Trainee Skills Using Virtual Welding Machines at Baiji Oil Training Institute. *Journal of Petroleum Research and Studies*, 15, 96-105. <https://doi.org/10.52716/jprs.v15i2.956>
- Ahmad, Z., & Rofiq, Z. (2020). Development of competency-based assessment model welding practices for vocational school students. *American Journal of Educational Research*, 8(1), 29-34. <https://doi.org/10.12691/education-8-1-5>
- Chen, F. Z., Chen, L. A., Tseng, C. C. (2025). Enhancing student engagement and learning outcomes in life sciences: implementing interactive learning environments and flipped classroom models. *Discov Educ* 4, 102. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00501-x>
- Chen, Y. C., Lu, Y. L., & Lien, C. J. (2019). Learning environments with different levels of technological engagement: a comparison of game-based, video-based, and traditional instruction on students' learning. *Interactive Learning Environments*, 29(8), 1363–1379. <https://doi.org/10.1080/10494820.2019.1628781>
- Dickinson, K. J., Caldwell, K. E., Graviss, E. A., Nguyen, D. T., Awad, M. M., Tan, S., Winer, J. H., & Pei, K. Y. (2021). Assessing learner engagement with virtual educational events: Development of the Virtual In-Class Engagement Measure (VIEM). *The American Journal of Surgery*, 222(6), pp.1044-1049. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2021.09.021>.
- Cokro, S., & Iskandar, R. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran Flipbook Pengelasan untuk Siswa SMK IPT Semarang. *Panthera: Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains dan Terapan*, 5(3), 302-310. <https://doi.org/10.36312/panthera.v5i3.423>
- Dou, A., Xu, W., Xu, L. (2025). Interactive Learning Environments. *International Journal of e-Collaboration*, 21(1), pp.16. <https://doi.org/10.4018/IJeC.369815>.
- Fajrin, M., Purwanton, P., Irzal, I., Rahim, B., & Zaus, A. A. (2023). The effectiveness of the case method to improve student learning outcomes in the SMAW subject. *Jurnal Pendidikan Teknologi Kejuruan*, 6(4), 270-277. <https://doi.org/10.24036/jptk.v6i4.34723>
- Gustina, H., Abdurrahman, A., & Naryanto, R. F. (2024). Application of Android-Based Interactive Multimedia to Enhance Learning Outcomes in Understanding the Working Principles of SMAW Welding. *Journal of Vocational and Career Education*, 9(1), 56-64. <https://doi.org/10.15294/jvce.v9i1.18597>
- Harsandi, Z. P., Huda, K., Kriswanto, K., Darsono, F. B., Nuryanta, M. I., & Ramadhani, R. (2025). Pengembangan Media Pembelajaran untuk Meningkatkan Capaian Pembelajaran pada Mata Pelajaran Teknik Dasar Pengelasan. *Panthera : Jurnal Ilmiah Pendidikan Sains Dan Terapan*, 5(3), 429–439. <https://doi.org/10.36312/panthera.v5i3.492>
- Khoirunnisa, N., Hidayat, J., Saefullah, M. Z., & Wardoyo, S. (2025). Pengaruh Transformasi Digital terhadap Pengajaran Berbasis Praktik di Pendidikan Vokasi. *Jurnal Informatika dan Teknik Elektro Terapan*, 13(1). <https://doi.org/10.23960/jitet.v13i1.5669>

- Klein, P. (2021). Interactive learning environments and technical education: An evaluation of learner engagement. *International Journal of Engineering Education*, 37(2), 212–220.
- Mancisidor, T., Covarrubias, M., Fernandez, M. E., Norambuena, N., Galleguillos, C., and Valin, J. L (2025). Prototype Development of a Haptic Virtual Reality SMAW Simulator for the Mechanical Engineer of the Future. *Appl. Sci.*, 15(20), 10873. <https://doi.org/10.3390/app152010873>
- Merdechawaty, R. (2019). Pengembangan Media Pembelajaran Teknik Las SMAW Posisi 1g-4g Berbantuan Video Animasi Guna Meningkatkan Hasil Belajar Siswa di SMK Negeri 1 Kalitengah Lamongan. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 8(2), 166–172. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jurnal-pendidikan-teknik-mesin/article/view/28251>
- Pambudi, R. G., & Yunus. (2023). Pengembangan Video Pembelajaran untuk Siswa Kelas X Pelajaran Dasar-Dasar Teknik Mesin pada Materi Pengelasan SMAW Jurusan Teknik Mesin SMK Negeri 3 Surabaya. *Journal of Vocational and Technical Education (JVTE)*, 5(2), 102–114. <https://doi.org/10.26740/jvte.v5n2.p102-114>
- Putra, A. Y. W. (2024). Analisis Validitas Pengembangan Modul Pembelajaran Pengelasan SMAW Berbasis Proyek (Project Based Learning). *NUSRA: Jurnal Penelitian dan Ilmu Pendidikan*, 5(1), 443–454. <https://doi.org/10.55681/nusra.v5i1.2232>
- Shankhwar, K., & Smith, S. (2022). An interactive extended reality-based tutorial system for fundamental manual metal arc welding training. *Virtual Reality* 26, 1173–1192 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00626-6>
- Sudiyono, S., Supriyadi, T. A., Rusiyanto, R., Sumbodo, W., & Setiyawan, A. (2024). Development of Android-Based Learning Multimedia on SMAW Welding Knowledge Competencies. In *5th Vocational Education International Conference (VEIC-5 2023)* (pp. 1382-1388). Atlantis Press. https://doi.org/10.2991/978-2-38476-198-2_195
- Syauqi, K., Ardian, A., Sugiyono, Widodo, S. F. A. (2025). Development of SMAW welding practice learning model to improve 3G position skills of vocational high school students. *AIP Conf. Proc.* 3354, 020007. <https://doi.org/10.1063/5.0291684>
- Wells, T., & Miller, G. (2020). The Effect of Virtual Reality Technology on Welding Skill Performance. *Journal of Agricultural Education*, 61(1), 152–171. <https://doi.org/10.5032/jae.2020.01152>
- Wiratmaja, I. G., Nugraha, I. N. P., Pinatih, M. A. S. (2024). Pengembangan Media Pembelajaran Audio Visual Berbasis Capcut Pada Mata Pelajaran Teknik Pengelasan Bagi Siswa Kelas XI SMK Negeri 3 Singaraja. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin Undiksha*, 12(2), 98-104/ <https://doi.org/10.23887/jptm.v12i2.77344>
- Yudha, W., & Hidayatullah, R. S. (2024). Pengaruh Media Interaktif terhadap Hasil Belajar Siswa Vokasi. *Journal of Vocational and Technical Education (JVTE)*, 6(2), 82–90. <https://doi.org/10.26740/jvte.v6n2.p1-9>
- Yunus, Y., Wibowo, T. W., Pambudi, R. G., & Prayogo, A. C. (2024). Towards improving welding skills: Creating innovative modules for teaching SMAW integrated 3D animation. *Jurnal Ilmu Pendidikan*, 30(1), 80-89. <http://dx.doi.org/10.17977/um048v30i1p80-89>

Yunus, Suwito, D., Indriyanti, A. D., Pambudi, R. G., & Sari, D. P. (2025). Development of welding technique teaching module based on augmented reality integrated (ARI) equipped with 3D animation simulation to improve 21st century skills of vocational high school students. *Cogent Education*, 12(1). <https://doi.org/10.1080/2331186X.2025.2505279>

Zhao, Y., Chen, J., & Wang, Q. (2021). Effects of interactive learning environments on student attention and memory retention: A meta-analysis. *Computers & Education*, 174, 104293. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104293>