

Pelatihan dan Pemberdayaan *Reverse engineering* Bagi Siswa SMK untuk Mendukung Revolusi Industri 4.0

Riyadi Muslim¹, Herman Saputro^{2*}, Ranto³, Ngatou Rohman⁴, Riina Syvarulli⁵

¹Teknik Mesin, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

²Teknologi Rekayasa Manufaktur, Sekolah Vokasi, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

^{3,4,5}Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Email: ¹muslim.riyadi@staff.uns.ac.id, ^{2*}hermansaputro@staff.uns.ac.id, ³ranto2013@staff.uns.ac.id,

⁴ngataurohman@staff.uns.ac.id, ⁵riina.syiva@staff.uns.ac.id

Abstract

Rapid growth is being experienced by the automotive industry in Indonesia. A significant challenge for vocational school education is the increasing demand for skilled and relevant human resources in order to respond to the challenges of the Industrial Revolution 4.0. Students at SMK Daya Wangsa Wonogiri's Heavy Equipment Engineering Vocational School have difficulty mastering product design competencies due to limited technology and learning methods that focus on reverse engineering technology. Therefore, reverse engineering training based on industrial products is necessary to provide students with various product development skills. This training method includes: 1) Introduction to reverse engineering; 2. Use of 3D scan as an advanced tool in reverse engineering; 3. Reverse engineering project; 4. Project presentation, and 5) Evaluation. This program is expected to provide technical skills that are competitive with the current state of the automotive industry. Results show that students exhibit excellent technical perception, attitude, and motivation toward this technology. This program can support improving the quality of vocational education through reverse engineering technology. In the future, it can establish SMK as a center of excellence by promoting applied technology.

Keywords: Reverse Engineering, Training, Vocational Schools, Industrial Revolution 4.0.

Abstrak

Pertumbuhan pesat sedang dialami oleh industri otomotif di Indonesia. Tantangan signifikan bagi pendidikan sekolah kejuruan adalah meningkatnya permintaan akan sumber daya manusia yang terampil dan relevan untuk menghadapi tantangan Revolusi Industri 4.0. Siswa di Sekolah Kejuruan Teknik Alat Berat SMK Daya Wangsa Wonogiri mengalami kesulitan dalam menguasai kompetensi desain produk akibat keterbatasan teknologi dan metode pembelajaran yang berfokus pada teknologi *reverse engineering*. Oleh karena itu, pelatihan reverse engineering berbasis produk industri diperlukan untuk memberikan siswa berbagai keterampilan pengembangan produk. Metode pelatihan ini meliputi: 1) Pengenalan *reverse engineering*; 2. Penggunaan pemindaian 3D sebagai alat canggih dalam *reverse engineering*; 3. Proyek *reverse engineering*; 4. Presentasi proyek, dan 5) Evaluasi. Program ini diharapkan dapat memberikan keterampilan teknis yang kompetitif dengan kondisi industri otomotif saat ini. Hasil menunjukkan bahwa siswa menunjukkan persepsi teknis yang baik, sikap, dan motivasi yang tinggi terhadap teknologi ini. Program ini dapat mendukung peningkatan kualitas pendidikan vokasi melalui teknologi rekayasa balik. Di masa depan, program ini dapat menjadikan SMK sebagai pusat keunggulan dengan mempromosikan teknologi terapan.

Kata Kunci: Reverse Engineering, Pemberdayaan, Sekolah Kejuruan, Revolusi Industri 4.0.

A. PENDAHULUAN

Keterampilan teknis berperan vital untuk memasuki dunia kerja, terlebih bagi lulusan sekolah kejuruan (Siswa et al., 2024; Tino Putra & Solikin, 2023). Tantangan pendidikan di daerah, menghadapi berbagai hambatan dalam penyediaan sarana prasarana teknologi (Azri & Raniyah, 2024; Tempur, 2024). Teknologi memungkinkan siswa di wilayah desa mengakses materi dengan standar kualitas yang sama (Subandowo,

2022; Zahra et al., 2024). SMK Daya Wangsa Wonogiri, merupakan salah satu dari sekian sekolah kejuruan yang menekankan pada ketrampilan kompetensi bagi lulusannya. Untuk memenuhi ketrampilan ini diperlukan dukungan baik Sekolah, Pemerintah maupun mitra Dunia Industri (DUDI) (Suwandono, 2024). Penyesuaian kurikulum yang perlu mempertimbangkan kebutuhan pasar, lebih lanjut evaluasi berkelanjutan dan adaptasi industri perlu dilakukan mengingat perkembangan industri yang cepat dan sulit diprediksi. Menghadapi fenomena ini staff pengajar di SMK Daya Wangsa Wonogiri berupaya untuk terus meningkatkan program peningkatan ketrampilan siswanya sebagai bekal penting saat kelulusan.

Revolusi industri 4.0 menuntut sekolah untuk terus bertransformasi dengan cepat, terlebih di sektor otomotif (Angriani et al., 2025; Ridwan, 2021). Kemampuan ketrampilan dasar desain bodi yang mengutamakan efisiensi, efektivitas, penampilan, utamanya biaya produksi menjadi kebutuhan penting. Penggunaan teknologi pendukung seperti software CAD, Scan 3 Dimensi, dan Alat inspeksi perlu dikenalkan sebaik mungkin. Siswa SMK perlu kemampuan rekayasa balik agar mampu bersaing dengan ekosistem industri saat ini. Dengan demikian siswa dapat beradaptasi perkembangan industri dengan cepat pula.

Kondisi geografis SMK Daya Wangsa dinilai kurang menguntungkan, terlebih jauhnya akses fasilitas mutakhir. Sekolah berada di Kab. Wonogiri yang kontur area berupa bukit dan gunung. Lingkungan geografis mempengaruhi perkembangan industri berbasis teknologi, dimana geografis yang mendukung dapat mempercepat bisnis (Purnomo et al., 2021; Ramadhani & Pangestu, 2022). Kolaborasi antara sekolah dengan UMKM lokal sebagai mitra cukup minim, tidak lain karena jumlahnya industri lokal yang terbatas. Hal ini kurang mendukung pengembangan kompetensi spesifik yang dibutuhkan sekolah. Akses siswa terhadap fasilitas pelatihan *reverse engineering* di Wonogiri masih sangat terbatas, meskipun wilayah ini memiliki banyak bengkel otomotif dan UMKM modifikasi kendaraan. SMK Daya Wangsa, misalnya, hanya memiliki peralatan dasar seperti mesin las dan alat ketok bodi, tetapi tidak memiliki 3D scanner atau komputer dengan spesifikasi desain tinggi.



Gambar 1. Gambaran teknologi *reverse engineering* pada bodi kendaraan roda 4.

Pembelajaran *reverse engineering* memiliki peran penting dalam proses pengembangan produk, namun saat ini masih minim diajarkan pada Teknik Alat Berat di, SMK Daya Wangsa Wonogiri. Materi terkait pun masih tergolong minim, hal ini berdampak pada rendahnya literasi *reverse engineering* dalam pembelajaran. Fokus pembelajaran pada perbaikan komponen bod kendaraan yang rusak, sedangkan analisis mengenai desain produk yang sudah ada untuk menciptakan produk baru yang lebih handal belum dilakukan. Padahal, kemampuan ini banyak dibutuhkan industri dalam menjawab tantangan perkembangan trend yang relatif cepat. Di sisi lain komponen penunjang pembelajaran seperti modul dan buku ajar juga terbatas. Dalam menyiapkan siswa menjadi tenaga berstandar nasional bahkan skala glonal memerlukan komponen pendukung yang hebat dan tentunya selaras dengan kebutuhan industri.



Gambar 2. Lingkungan SMK Dayawangsa Wonogiri

Pelatihan *reverse engineering* belum dioptimalkan sebagai solusi peningkatan ekonomi lokal di SMK Daya Wangsa Wonogiri. Padahal, jika siswa SMK Daya Wangsa memiliki kompetensi ini, mereka dapat menjadi pionir dalam menyediakan jasa desain bodi kendaraan presisi atau modifikasi berbasis analisis digital bagi UMKM dan bengkel setempat. Selama ini, banyak bengkel di Wonogiri masih mengandalkan tenaga ahli dari luar daerah untuk pekerjaan desain kompleks, yang berdampak pada biaya produksi tinggi. Dengan pelatihan ini, siswa tidak hanya meningkatkan keterampilan teknis, tetapi juga membuka peluang kewirausahaan yang dapat mengurangi ketergantungan pada tenaga luar sekaligus menggerakkan ekonomi kreatif di wilayahnya.

SMK Daya Wangsa Wonogiri merupakan sekolah kejuruan swasta terkemuka di kota wonogiri. Berlokasi di Jl. Raya Wonogiri - Ngadirojo Km. 08, Randusari, Ngadirojokidul, Kecamatan Ngadirojo, Kabupaten Wonogiri. Sekolah ini didirikan pada 19 Mei 2015 berdasarkan SK Pendirian Nomor 198 Tahun 2015. Sekolah swasta terbaik di wonogiri ini memiliki banyak prestasi baik skala lokal maupun nasional. Tujuan lembaga ini untuk mencetak tenaga kerja terampil yang siap bersaing di dunia industri. Dengan status akreditasi B, SMK Daya Wangsa Wonogiri menawarkan program keahlian Teknik Otomotif dan Animasi, yang dirancang untuk memenuhi kebutuhan pasar kerja yang semakin berkembang. Kurikulum yang diterapkan mengombinasikan teori dan praktik sehingga siswa dapat menguasai keterampilan teknis dan kompetensi yang relevan dengan industri modern.

Fasilitas yang tersedia di sekolah ini mendukung proses pembelajaran yang optimal, termasuk 14 ruang kelas, laboratorium komputer, serta perpustakaan yang dapat dimanfaatkan siswa untuk memperluas wawasan mereka. Dalam rangka mendukung pembelajaran berbasis praktik, SMK Daya Wangsa Wonogiri juga menjalin kemitraan dengan berbagai industri lokal. Selain itu, kegiatan ekstrakurikuler yang beragam turut menjadi bagian penting dalam pembentukan karakter siswa. Sekolah ini berkomitmen untuk terus memberikan layanan pendidikan berkualitas dan mengikuti perkembangan teknologi agar lulusannya mampu berkontribusi secara positif di masyarakat dan dunia kerja.

Permasalahan utama dalam peningkatan kompetensi ini terbagi menjadi tiga wilayah pokok: (1) Terdapat kesenjangan kompetensi dan ketrampilan yang dimiliki siswa dengan yang dibutuhkan oleh Industri untuk mengikuti perkembangan revolusi industri 4.0., (2). Terdapat potensi wilayah sekolah yang ada di Wonogiri jauh dari industri berteknologi maju, membatasi ruang gerak dan *bechmarking* siswa pada perkembangan teknologi, dan (3). Literasi dan keahlian kompetensi *reverse engineering* sangat minim, sehingga penting untuk dikenalkan.

Solusi/Teknologi

Solusi akan permasalahan ini dilakukan melalui kegiatan training dan peningkatan kompetensi *reverse engineering* atau rekayasa balik. Teknik ini merupakan proses mempelajari, menganalisis, dan mendesain ulang suatu produk atau komponen yang sudah ada untuk memahami cara kerjanya, bahan yang digunakan, serta desain geometrinya (Dizon-Paradis et al., 2025; O’Sullivan & Mace, 2025). Tujuan utama dari *reverse engineering* adalah mendapatkan data yang diperlukan untuk membuat replika, melakukan perbaikan, atau mengembangkan versi baru yang lebih baik dari produk tersebut. Pada pengabdian, ini menerapkan teknologi 3D Scan yang dimiliki laboratorium D3 Teknik Mesin. Adapun gambaran IPTEK yang digunakan sebagai berikut.



Gambar 3. Teknologi 3D Scan dan proses pnggunaanya

Pada era kemajuan industri, kemampuan kita mengikuti teknologi baru berperan penting. Kita dapat melakukan replikasi produk dari luar, untuk dibuat ulang, kemudian ditemukan celah pengembangan (Rahmadi, 2025). Kemampuan ketat kita dalam melihat celah ini, dapat menjadi poin penting dalam mengembangkan produk di masa depan. Tujuan pengabdian ini untuk mengenalkan teknologi 3D *scan* dan ilmu *reverse engineering* sebagai dasar mengikuti perkembangan revolusi industri 4.0.

B. PELAKSAAN DAN METODE

Program pengabdian masyarakat ini dilaksanakan menggunakan metode tindakan yang dilaksanakan dalam beberapa tahapan. Setiap tahapan memiliki tujuan dan mekanisme penerapan masing – masing. **Gambar 4** menunjukkan tahapan pelaksanaan pengabdian ini. Metode pelatihan dilakukan secara partisipatif berbasis praktik dengan pendekatan *learning by doing*. Dirancang untuk memberikan pemahaman mendalam tentang proses analisis dan desain ulang komponen kendaraan, yang dapat mendukung kemampuan siswa dalam memahami serta mempraktikkan teknik perancangan sesuai kebutuhan industri otomotif. Metode ini dilaksanakan melalui beberapa tahapan yang sistematis, yaitu tahap persiapan, pelaksanaan, evaluasi, dan tindak lanjut. Pengabdian ini dilakukan di SMK Dayawangsa Wonogiri, dengan total peserta 35 siswa kelas 7 (tujuh) prodi Teknik Alat Berat. Siswa telah memiliki pengalaman belajar dalam menggambar dasar, dan mengetahui tentang teknologi 3D printing. Materi ini merupakan bagian dari pengembangan tersebut.



Gambar 4. Tahapan pelaksanaan pengabdian

Tahap pertama adalah persiapan, yang mencakup identifikasi kebutuhan siswa terkait keterampilan perancangan berbasis industri. Tim pelatih bersama pihak sekolah melakukan survei awal untuk memahami tingkat kemampuan siswa dalam pengukuran komponen dan penggunaan perangkat lunak desain berbantuan komputer. Tahap pelaksanaan terdiri dari dua sesi utama, yaitu sesi teori dan sesi praktik. Pada sesi teori, siswa diberikan pemahaman mendalam mengenai konsep dasar *reverse engineering*, manfaatnya dalam dunia industri otomotif, serta tahapan-tahapan yang perlu dilakukan dalam proses desain ulang komponen. Selanjutnya, siswa melakukan evaluasi terhadap hasil model digital yang telah dibuat dengan membandingkannya dengan komponen asli. Proses ini bertujuan untuk melatih kemampuan analisis siswa dalam mengevaluasi kesesuaian desain serta mendeteksi kemungkinan kesalahan dalam proses pemodelan. Tahap evaluasi dilakukan dengan melakukan penilaian terhadap kemampuan siswa dalam pengukuran, pemodelan, dan analisis desain komponen. Teknik pengumpulan data dilakukan dengan menggunakan instrumen penilaian persepsi, yang dikuatkan dengan wawancara tidak terstruktur. Tim pelatih memberikan umpan balik serta diskusi reflektif untuk mengevaluasi kendala yang dihadapi siswa selama pelatihan serta solusi yang dapat diterapkan dalam proses desain ulang komponen. Sebagai tindak lanjut, siswa didorong untuk mengembangkan proyek *reverse engineering* secara mandiri atau dalam kelompok kecil sebagai bentuk implementasi lanjutan dari keterampilan yang telah diperoleh.

Teknik pengumpulan data menggunakan kuesioner sederhana untuk melihat sejauh mana persepsi siswa mengenai program ini. Tabel 1 menjelaskan pertanyaan persepsi responden. Analisis data pada pengabdian ini dilakukan menggunakan data kualitatif dan kuantitatif. Dimana selain kuesioner, dilakukan wawancara tidak terstruktur mengenai persepsi pelaksanaan program ini.

Tabel 1. Persepsi siswa terhadap pelaksanaan program

No	Pertanyaan	1	2	3	4	5
1	Sikap dan Motivasi <ul style="list-style-type: none"> • Saya merasa antusias untuk mengikuti pelatihan reverse engineering • Pelatihan ini memotivasi saya untuk lebih giat belajar teknologi terbaru 					
2	Persepsi Reverse Engineering <ul style="list-style-type: none"> • Saya memahami bahwa reverse engineering penting untuk mempelajari produk yang sudah ada • Reverse engineering merupakan keterampilan yang relevan dengan bidang teknik di SMK 					
3	Peningkatan Keterampilan <ul style="list-style-type: none"> • Pelatihan ini membantu saya mengembangkan keterampilan praktik sesuai jurusan saya. • Pelatihan ini meningkatkan keterampilan saya dalam menggunakan perangkat 3D 					
4	Relevansi dengan Industri 4.0 <ul style="list-style-type: none"> • Saya memahami bahwa reverse engineering mendukung penerapan teknologi Industr • Menurut saya, keterampilan reverse engineering akan dibutuhkan di perusahaan modern 4.0 					
5	Keberlanjutan <ul style="list-style-type: none"> • Saya berharap pelatihan ini bisa dilaksanakan secara rutin di SMK • Saya merasa keterampilan ini akan bermanfaat jangka panjang dalam karier saya. 					

C. HASIL DAN DISKUSI

Pemberdayaan masyarakat merupakan bagian dari integral peneliti dalam menyeleraskan hasil penelitian dengan kebutuhan nyata yang ada di masyarakat. Pada kasus ini, dilakukan kerjasama dengan Sekolah Kejuruan selaku mitra pendidikan. Masalah kompetensi terus menjadi konsentrasi bagi institusi pendidikan, dalam menyiapkan SDM memasuki dunia kerja. *Reverse engineering* menjadi salah satu kompetensi yang dibutuhkan sebagai operator teknik mesin, menjadi alasan kuat pelatihan ini diangkat. Mitra mendukung penuh agenda ini, untuk dapat membantu peningkatan kualitas kompetensi siswa mereka. Teknologi *reverse engineering* cukup syarat dengan teknologi baru, yang menjadi contoh industri memasuki era revolusi industri 4.0. Pelaksanaan program ini dapat menjadi pemicu gambaran nyata bagi siswa dalam memasuki dunia industri.

Persiapan dan Perencanaan Produksi

Pada tahap ini dilakukan diskusi perencanaan disain dan analisis kebutuhan mitra. Berdasarkan observasi lapangan ditemukan bahwa mitra membutuhkan peningkatan kompetensi siswa sebagai bekal memasuki dunia kerja. Tim pengabdian diterima langsung oleh Kepala SMK Dayawangsa Wonogiri, dimana pihak sekolah memberikan klausal bahwa kerjasama antar instansi pendidikan diperlukan untuk *link* dan *match* dengan keilmuan yang sedang berkembang. Pada proses ini ditekankan pentingnya pengenalan teknologi terkini kepada mahasiswa terhadap perkembangan teknologi. Kesepakatan diambil bahwa pelatihan rekayasa balik ini, perlu diselenggarakan.



Gambar 5. Analisis kebutuhan teknologi dengan mitra

Pelaksanaan Training *Reverse Engineering*

Pelatihan dilakukan kepada 35 siswa Teknik Alat Berat SMK Dayawangsa Wonogiri. Siswa sebelumnya belum pernah mengetahui mengenai teknologi ini.

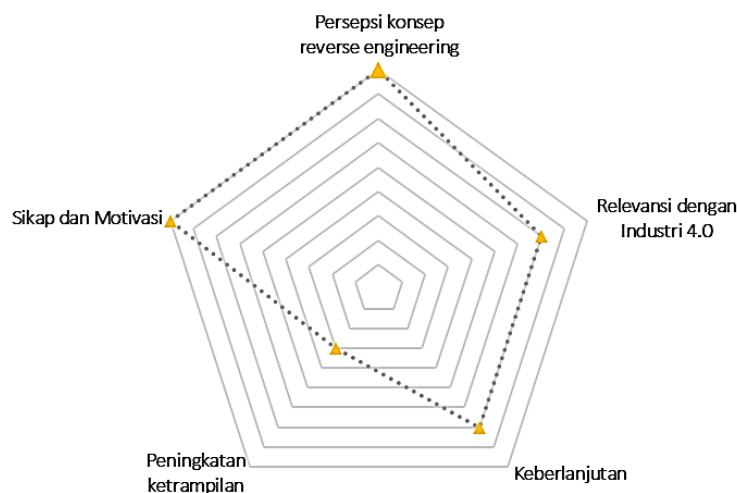


Gambar 6. Pelatihan *reverse engineering* pada produk unggulan mitra berupa mobil listrik sport SMK Dayawangsa wonogiri

Dalam dunia teknik, kompetensi yang relevan berupa gambar desain, perancangan, dan percetakan 3D. Pelatihan ini menjadi pengetahuan baru yang memberi daya tarik tersendiri bagi siswa. Aktivitas pelaksanaan terlihat pada Gambar 6.

Evaluasi

Evaluasi dilakukan untuk mengukur sejauh mana training ini dilaksanakan. Evaluasi kegiatan pelatihan dan pemberdayaan *reverse engineering* dilakukan pada murid secara kualitatif dan kuantitatif untuk menilai efektifitas pelaksanaan program, pemahaman peserta terhadap materi, dan peningkatan keterampilan praktis yang terkait dengan kebutuhan industri 4.0. Evaluasi dilakukan dengan observasi tingkat antusias siswa, dan persepsi setelah pelaksanaan pelatihan.



Gambar 7. Persepsi siswa terhadap training *reverse engineering*

Hasil observasi menunjukkan siswa sangat antusias dan mengikuti program dengan baik. Mayoritas dari peserta belum memahami konsep dasar *reverse engineering* dan hubungan dengan industri teknologi modern. Setelah pertengahan pelatihan, diterapkan observasi langsung praktik untuk mengukur partisipasi peserta dalam proses perancangan ulang komponen teknis menggunakan perangkat lunak desain dan alat ukur manual dan digital. Melalui penilaian persepsi ditemukan siswa mampu menunjukkan gambaran di dunia industri nantinya. Ditemukan peningkatan besar dalam pemahaman konsep *reverse engineering*. Dari **Gambar 7** dapat dijelaskan bahwa ketrampilan masih cenderung rendah, hal ini dikarenakan waktu pelatihan yang terbatas. Meski demikian, pelatihan yang disiplin dan penggunaan alat untuk latihan kasus nyata dapat meningkatkan ketrampilan yang signifikan. Hasil ini menunjukkan data yang positif terhadap program yang dijalankan.

Tindak Lanjut Pengabdian

Pengabdian ini memberikan pengalaman belajar yang berbeda bagi siswa, dimana teknologi baru dikenalkan di lingkungan sekolah. Perkembangan dunia industri yang cepat Perencanaan pengembangan dengan dilakukan pelatihan secara berkala, untuk membuat siswa lebih *flexible* dengan kompetensi teknis ini (Destia Putri Cahyania, Mira Tiara Saputrib, Merika Setiawatic, 2025; Nisrina & Angga, 2024). Meski demikian program studi dapat memulai dengan teknologi yang lebih dekat dengan jurusan. Kemudian melakukan kerjasama dengan berbagai pihak untuk dapat mengenalkan teknologi tersebut secara komprehensif. Harapannya, program ini dapat menjadi model pelatihan yang berkelanjutan, untuk mendorong SMK sebagai salah satu pusat unggulan dengan mengedepankan teknologi terapan.

D. PENUTUP

Simpulan

Pengabdian melalui pelatihan *reverse engineering* untuk mengenalkan kompetensi teknis yang mendorong perkembangan revolusi industri 4.0 telah dilakukan. Kesenjangan kompetensi dan ketrampilan yang dimiliki siswa dapat dituntaskan dengan kerjasama antar instansi pendidikan melalui *transfer knowledge*, begitu juga dengan industri. Kondisi wilayah sekolah yang terindikasi jauh dari industri berteknologi maju, dapat diatasi dengan menghadirkan pakar melalui kerjasama program mutualisme. Salah satunya dapat dilakukan melalui komunikasi akademik dengan perguruan tinggi. Literasi dan keahlian kompetensi *reverse engineering* berperan penting dalam industri manufaktur, sehingga pelatihan terkait dapat meningkatkan persepsi teknik di ranah industri. Ketrampilan siswa pada pelatihan pertama akan menunjukkan data yang kurang memuaskan, namun demikian kegiatan terprogram dan disiplin dapat meningkatkan ketrampilan secara signifikan. Di masa depan teknologi baru akan terus berdatangan. Persepsi dan motivasi perlu digalakkan agar kita dapat lebih percaya diri, dan unggul pada aspek yang ditekankan.

Saran

Pelaksanaan pelatihan ini dapat menjadi salah satu topik pada mata kuliah gambar desain, sehingga dapat semakin berkorelasi dengan kebutuhan industri. Meski demikian, program ini dapat terus berkelanjutan atas dukungan semua pihak yang terlibat.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih diberikan LPPM UNS atas bantuan pendanaan kegiatan pengabdian yang tertuang melalui kontrak penelitian No. 370/UN27.22/PT.01.03/2025.

E. DAFTAR PUSTAKA

- Angriani, R., Indrawan, I., Fransiska, A., & Naimah, S. (2025). *Analisis Program Pendidikan Vokasi Dalam Menghadapi Tantangan Industri*. 5(1).
- Azri, A., & Raniyah, Q. (2024). Peran teknologi dan pelatihan guru dalam meningkatkan kualitas pendidikan. *Jurnal Pendidikan Sosial Dan Humaniora*, 3(4), 4859–4884.
- Destia Putri Cahyania, Mira Tiara Saputrib, Merika Setiawatic, H. B. U. (2025). *Jurnal Ilmu Manajemen Dan Pendidikan Membangun Manajemen Kurikulum yang Adaptif dan Inovatif dalam Implementasi Kurikulum Merdeka Jurnal Ilmu Manajemen Dan Pendidikan*. 02(01), 180–187.
- Dizon-Paradis, O. P., Koblah, D. S., Wilson, R., Forte, D., & Woodard, D. L. (2025). IC SEM Reverse Engineering Tutorial using Artificial Intelligence. *IEEE Design & Test*.
- Nisrina, A., & Angga, H. (2024). Hipkin Journal of Educational Research. *Hipkin Journal of Educational Research* |, 1(1), 49–60.
- O’Sullivan, A., & Mace, L. (2025). Reverse-engineering risk. *Erkenntnis*, 90(5), 2021–2046.
- Purnomo, E., Juhadi, & Hardati, P. (2021). Pengaruh Pengetahuan dan Kendala terhadap Keterampilan dalam Pembuatan Media Pembelajaran Geografi Visualisasi Informasi Geospasial Pada Mahasiswa Pendidikan Geografi Universitas Negeri Semarang. *Edu Geography*, 5(2), 52–59.

- Rahmadi, R. (2025). *Perancangan Desain Sepatu Boots Karet Untuk Operator Pencucian Motor Dan Mobil Menggunakan Metode Reverse Engineering*. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau.
- Ramadhani, N., & Pangestu, R. N. (2022). Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Budaya: Ras, Perkembangan Teknologi Dan Lingkungan Geografis (Literature Review Perilaku Konsumen). *Jurnal Ilmu Manajemen Terapan*, 3(5), 515–528. <https://dinastirev.org/JIMT/article/view/999>
- Ridwan, M. (2021). Pembangunan Sumber Daya Manusia Pada Sekolah Kejuruan Di Indonesia: Tantangan Dan Peluang Di Era Revolusi Industri 4.0. *Moderasi: Jurnal Studi Ilmu Pengetahuan Sosial*, 2(1), 1–10. <https://doi.org/10.24239/moderasi.vol2.iss1.35>
- Siswa, K., Untuk, S. M. K., & Industri, M. (2024). *Kedudukan Soft Skills Dalam Mendukung Kemajuan*. 5(1), 308–312.
- Subandowo, M. (2022). Teknologi pendidikan di era society 5.0. *Jurnal Sagacious*, 9(1).
- Suwandono, E. (2024). *Analisis Kompetensi Siswa dan Tingkat Serapan Lulusan Pada Penerapan Kurikulum Merdeka Di SMKN 1 Glagah*. https://eprints.umm.ac.id/id/eprint/14073/1/Edi_Suwandono_Revisi_Tesis_Oke.pdf
- Tempur, S. (2024). Tantangan dan Peluang Digitalisasi Pembelajaran di Konteks Sekolah Pedesaan. *Journal of Education and Contemporary Linguistics*, 1(1), 45–56.
- Tino Putra, A. E., & Solikin, M. (2023). Implementasi Program Tsm Honda Pada Kompetensi Keahlian Teknik Bisnis Sepeda Motor Smk PGRI 1 Nganjuk. *Jurnal Pendidikan Vokasi Otomotif*, 5(1), 43–54. <https://doi.org/10.21831/jpvo.v5i1.51849>
- Zahra, A., Agustini, T. D., Andari, A. S. M., & Rachman, I. F. (2024). Transformasi Digital Di Masyarakat Desa: Tantangan Dan Peluang Menuju Terwujudnya Sdgs 2030. *Jurnal Multidisiplin Ilmu Akademik*, 1(3), 93–99.