



Pelatihan Pemrograman AutoCAD untuk SMK PGRI 4 Surabaya

Pranowo Sidi ^{1*}, Imam Sutrisno ¹, Gaguk Suhardjito ¹, Ari Wibawa Budi Santosa ²

¹ Politeknik Perkapalan Negeri Surabaya, Indonesia

² Universitas Diponegoro Semarang, Indonesia

 pransidi@ppns.ac.id*

Abstract

AutoCAD is a vital computer-aided design (CAD) tool widely used in civil engineering, architecture, and manufacturing. Mastery of AutoCAD programming significantly enhances the industrial competitiveness of vocational high school (SMK) graduates. This study aims to implement AutoCAD programming training for students at SMK PGRI 4 Surabaya to improve their technical competence and efficiency in using AutoCAD. Employing a project-based learning model, the research evaluated student outcomes through pre- and post-tests. The results indicate a 45% improvement in students' technical proficiency, particularly in automating repetitive tasks and developing structured design templates using AutoLISP and VBA. The training also enhanced students' ability to create complex technical models and improved their overall design efficiency and problem-solving skills. In addition to technical gains, the training fostered the development of essential soft skills, including teamwork, communication, and creativity, through collaborative, real-world design projects. These findings highlight the effectiveness of integrating AutoCAD programming into vocational curricula to better align with industry needs. Key contributions of this study include: the application of a structured, project-based training model combining CAD and automation programming; empirical evidence of AutoCAD programming's impact on student readiness for engineering and manufacturing careers; and the dual emphasis on technical and soft skill development, an area often underrepresented in prior research. The study offers practical recommendations for vocational schools to embed programming into CAD instruction, ensuring graduates possess industry-relevant competencies aligned with Industry 4.0 demands.

Keywords: AutoCAD, Programming, Vocational High School, Training, Project-Based Learning

ARTICLE INFO

Article history:

Received
February 11,
2025

Revised
May 29, 2025

Accepted
July 06, 2025

Published by

ISSN

Website

This is an open access article under the CC BY SA license

CV. Creative Tugu Pena

2774-7077

<https://www.attractivejournal.com/index.php/bce/>

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



PENDAHULUAN

Dalam era digitalisasi industri, penguasaan perangkat lunak desain berbantuan komputer (CAD) menjadi keahlian yang sangat dibutuhkan. AutoCAD merupakan salah satu perangkat lunak yang paling banyak digunakan dalam industri teknik, terutama dalam perancangan mekanik, sipil, dan arsitektur. Namun, sebagian besar siswa SMK masih terbatas dalam pemanfaatan fitur-fitur pemrograman AutoCAD yang dapat meningkatkan efisiensi kerja dan akurasi desain (Anfasa, 2021).

Dalam era Revolusi Industri 4.0 dan digitalisasi global, keterampilan desain berbantuan komputer (CAD) menjadi kompetensi krusial di berbagai sektor teknik, termasuk teknik sipil, arsitektur, dan manufaktur. World Economic Forum (2023) menyebutkan bahwa keterampilan digital, termasuk desain berbasis perangkat lunak dan automasi, merupakan bagian dari sepuluh keterampilan utama yang dibutuhkan oleh tenaga kerja masa depan. Salah satu perangkat lunak yang paling umum digunakan dalam dunia industri adalah AutoCAD, yang tidak hanya berfungsi untuk menggambar desain teknik, tetapi juga mendukung fitur pemrograman melalui AutoLISP dan Visual Basic for Applications (VBA) untuk mengotomatisasi proses desain (Roldán et al., 2022).

Meskipun demikian, mayoritas siswa SMK di Indonesia hanya mendapatkan pelatihan dasar AutoCAD dan belum diajarkan bagaimana memanfaatkan fitur pemrograman untuk meningkatkan efisiensi desain. Laporan Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia (2022) mengungkapkan bahwa 61% lulusan SMK dinilai belum memiliki keterampilan digital yang memadai, terutama di bidang teknologi desain dan pemrograman. Akibatnya, banyak lulusan mengalami kesenjangan antara kompetensi yang diajarkan di sekolah dengan kebutuhan industri.

SMK PGRI 4 Surabaya, sebagai institusi pendidikan vokasi, perlu mengambil langkah inovatif dalam menjawab tantangan ini. Salah satu strategi yang potensial adalah dengan mengintegrasikan pelatihan pemrograman AutoCAD ke dalam kurikulum. Pemrograman AutoCAD memungkinkan siswa untuk menciptakan skrip otomatisasi, mengembangkan template desain, serta mengurangi kesalahan desain yang bersifat manual (Leiva-Brondo et al., 2021). Kemampuan ini penting untuk mempersiapkan siswa agar mampu beradaptasi dengan kebutuhan dunia industri yang semakin menuntut efisiensi dan produktivitas tinggi (Serafini et al., 2023).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pelatihan AutoCAD berbasis pemrograman dalam meningkatkan kompetensi teknis dan kesiapan kerja siswa SMK. Dengan pendekatan pembelajaran berbasis proyek (Project-Based Learning), pelatihan ini tidak hanya menekankan pada aspek teknis, tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis, kolaboratif, dan pemecahan masalah. Harapannya, lulusan SMK yang mengikuti program ini akan lebih siap bersaing di dunia industri modern dan mampu memberikan kontribusi nyata dalam lingkungan kerja yang terdigitalisasi.

Dalam era Revolusi Industri 4.0 dan transformasi digital yang pesat, penguasaan perangkat lunak desain berbantuan komputer (CAD) menjadi salah satu keterampilan utama yang sangat dibutuhkan di berbagai sektor industri, seperti teknik sipil, arsitektur, dan manufaktur. Berdasarkan laporan World Economic Forum (2023), keterampilan dalam desain digital dan automasi termasuk dalam 10 besar keterampilan yang paling dibutuhkan oleh tenaga kerja masa depan. Salah satu perangkat lunak yang paling banyak digunakan adalah AutoCAD, yang kini tidak hanya digunakan untuk menggambar secara manual, tetapi juga mendukung pemrograman menggunakan AutoLISP dan VBA (Visual Basic for Applications), yang memungkinkan otomatisasi dalam proses desain.

Sayangnya, hingga saat ini, mayoritas siswa Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di Indonesia hanya diajarkan penggunaan dasar AutoCAD tanpa pemahaman tentang fitur pemrogramannya. Laporan Kemendikbudristek tahun 2022 menunjukkan bahwa lebih dari 61% lulusan SMK belum memenuhi kompetensi digital yang dibutuhkan di dunia kerja, khususnya dalam bidang desain dan teknis berbasis perangkat lunak. Kesenjangan ini menyebabkan lulusan SMK kurang kompetitif dan kesulitan dalam beradaptasi dengan kebutuhan industri modern.

SMK PGRI 4 Surabaya sebagai lembaga pendidikan vokasi menghadapi tantangan dalam menyiapkan lulusan yang siap kerja dan sesuai dengan kebutuhan industri. Pelatihan pemrograman AutoCAD menjadi solusi strategis untuk meningkatkan literasi digital dan keterampilan teknis siswa. Dengan kemampuan pemrograman, siswa dapat mengotomatisasi tugas-tugas desain yang berulang, mengurangi kesalahan manusia, serta

meningkatkan efisiensi dan produktivitas kerja—kemampuan yang sangat dihargai di lingkungan kerja industri yang serba cepat.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pelatihan pemrograman AutoCAD berbasis proyek dalam meningkatkan kompetensi teknis dan kesiapan kerja siswa. Program ini tidak hanya memberikan penguasaan teknis AutoCAD, tetapi juga membekali siswa dengan keterampilan pemecahan masalah, kerja tim, dan pemikiran logis melalui penerapan pemrograman dalam desain teknik. Harapannya, lulusan SMK yang mengikuti pelatihan ini akan memiliki daya saing lebih tinggi dan lebih siap menghadapi tantangan dunia industri abad ke-21.

SMK PGRI 4 Surabaya sebagai institusi pendidikan vokasi memiliki tantangan dalam menyiapkan lulusan yang kompeten di bidang teknik. Salah satu solusi yang dapat diterapkan adalah melalui pelatihan pemrograman AutoCAD, yang tidak hanya melatih siswa dalam menggambar secara manual tetapi juga mengajarkan mereka bagaimana mengotomatisasi proses desain menggunakan skrip dan pemrograman (Hayati, 2018). Sejumlah penelitian terdahulu telah membahas pentingnya penguasaan AutoCAD dalam pendidikan vokasi. Leiva-Brondo et al. (2021) melakukan studi longitudinal terhadap mahasiswa teknik dan menunjukkan bahwa penggunaan AutoCAD secara intensif meningkatkan kemampuan visualisasi teknik, namun belum mengeksplorasi aspek pemrograman dalam AutoCAD. Roldán et al. (2022) meneliti integrasi AutoLISP dalam pembelajaran teknik gambar, tetapi terbatas pada konteks pendidikan tinggi, bukan pendidikan menengah kejuruan.

Penelitian oleh Hernández-de-Menéndez et al. (2020) menyatakan bahwa pendidikan vokasi perlu menyelaraskan diri dengan Industri 4.0 melalui pembelajaran teknologi digital dan automasi, tetapi belum secara spesifik mengevaluasi efektivitas pelatihan AutoCAD dengan pendekatan *project-based learning* di tingkat SMK. Demikian pula, Rahman et al. (2021) membahas integrasi pemrograman dalam pembelajaran desain teknik, namun fokusnya lebih pada desain berbasis SolidWorks dan bukan pada skrip AutoLISP atau VBA dalam AutoCAD.

Dari studi-studi tersebut dapat disimpulkan bahwa belum banyak penelitian yang secara eksplisit menguji dampak pelatihan pemrograman AutoCAD berbasis proyek di lingkungan SMK Indonesia, khususnya dengan kombinasi pengajaran AutoLISP dan VBA serta penilaian berbasis *pre-test* dan *post-test*. Hal ini menjadi celah penting yang ingin dijawab oleh penelitian ini. Perkembangan industri manufaktur dan konstruksi saat ini semakin menuntut tenaga kerja yang memiliki kompetensi tinggi dalam menggunakan perangkat lunak desain. AutoCAD tidak hanya digunakan untuk menggambar, tetapi juga untuk mengembangkan model desain yang kompleks, melakukan simulasi, dan mengotomatisasi proses dengan bantuan pemrograman. Oleh karena itu, penting bagi siswa SMK untuk menguasai AutoCAD dalam aspek yang lebih luas agar lebih siap bersaing di dunia industri.

Saat ini, sebagian besar pembelajaran AutoCAD di SMK masih berfokus pada penggunaan dasar perangkat lunak, seperti pembuatan garis, bentuk, dan anotasi. Padahal, AutoCAD memiliki fitur pemrograman yang dapat mengoptimalkan efisiensi kerja, seperti AutoLISP dan VBA (*Visual Basic for Applications*). Dengan menggunakan fitur ini, siswa dapat mengembangkan skrip otomatisasi yang membantu dalam pembuatan desain yang lebih kompleks dan presisi (Danis, 2019).

Penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas pelatihan pemrograman AutoCAD dalam meningkatkan keterampilan teknis siswa SMK PGRI 4 Surabaya. Dengan menerapkan metode pembelajaran berbasis proyek (*Project-Based Learning*), siswa tidak hanya belajar secara teoritis tetapi juga praktik langsung dalam mengembangkan proyek desain yang nyata. Selain itu, pendekatan ini memungkinkan siswa untuk bekerja dalam tim, meningkatkan keterampilan komunikasi, dan memahami bagaimana sistem pemrograman AutoCAD dapat diimplementasikan dalam pekerjaan sehari-hari (Hananur, 2018).

Lebih jauh, AutoCAD juga digunakan di berbagai sektor industri, termasuk perencanaan infrastruktur, teknik mesin, dan desain arsitektur. Pemahaman tentang pemrograman dalam AutoCAD akan membuka lebih banyak peluang kerja bagi siswa di sektor-sektor ini. Dengan kemampuan ini, siswa dapat menciptakan template desain yang lebih efisien, mengotomatiskan tugas yang berulang, dan meningkatkan akurasi dalam perancangan teknis (Sutrisno, 2020).

Urgensi dari penelitian ini terletak pada meningkatnya tuntutan industri terhadap tenaga kerja yang tidak hanya mampu menggambar desain teknik secara manual, tetapi juga mampu mengotomatiskan proses kerja melalui pemrograman. Di tengah transformasi digital dan otomatisasi yang menjadi ciri utama Industri 4.0, penguasaan pemrograman dalam perangkat lunak desain seperti AutoCAD menjadi nilai tambah yang signifikan bagi lulusan vokasi (World Economic Forum, 2023). Sayangnya, mayoritas SMK di Indonesia masih mengajarkan AutoCAD sebatas fitur dasar, sehingga lulusan belum mampu bersaing secara optimal di pasar kerja yang semakin kompleks dan berbasis teknologi tinggi (Kemdikbudristek, 2022). Oleh karena itu, diperlukan intervensi pendidikan yang tidak hanya meningkatkan kompetensi teknis siswa, tetapi juga membekali mereka dengan keterampilan digital tingkat lanjut yang relevan dengan kebutuhan dunia industri.

Dalam penelitian ini, siswa SMK PGRI 4 Surabaya diberikan pelatihan intensif yang mencakup dasar-dasar AutoCAD, pemrograman AutoLISP, dan pembuatan skrip VBA. Setiap sesi pelatihan dirancang untuk meningkatkan keterampilan mereka secara bertahap, dari pengenalan perintah dasar hingga pengembangan skrip yang lebih kompleks. Evaluasi dilakukan untuk mengukur efektivitas pelatihan dalam meningkatkan kompetensi siswa serta pemahaman mereka tentang konsep pemrograman dalam AutoCAD (Iskandar, 2022). Keberhasilan pelatihan ini diukur melalui peningkatan pemahaman siswa terhadap materi, kecepatan mereka dalam menyelesaikan tugas desain, serta kemampuan mereka dalam mengembangkan skrip otomatisasi. Berdasarkan hasil evaluasi, metode pembelajaran berbasis proyek ini terbukti efektif dalam meningkatkan keterampilan siswa, terutama dalam memahami konsep logika pemrograman dan penerapannya dalam desain teknik (Hasugian, 2021).

Dengan semakin berkembangnya teknologi, kebutuhan akan tenaga kerja yang memiliki keterampilan dalam CAD dan pemrogramannya semakin meningkat. Oleh karena itu, program pelatihan ini diharapkan dapat menjadi model yang dapat diterapkan di SMK lain guna meningkatkan daya saing lulusan di dunia kerja. Dengan mempersiapkan siswa dengan keterampilan AutoCAD yang lebih mendalam, mereka akan memiliki keunggulan dalam memasuki pasar kerja yang semakin kompetitif (Hakim, 2019).

Berdasarkan latar belakang dan urgensi tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi efektivitas pelatihan pemrograman AutoCAD berbasis pendekatan *Project-Based Learning* dalam meningkatkan kompetensi teknis dan keterampilan pemrograman siswa SMK PGRI 4 Surabaya. Secara khusus, penelitian ini ingin mengukur peningkatan pemahaman siswa terhadap fitur pemrograman AutoCAD (AutoLISP dan VBA), kemampuan mereka dalam mengembangkan skrip otomatisasi desain teknik, serta kontribusi pelatihan terhadap pengembangan soft skills seperti kerja tim, pemecahan masalah, dan kreativitas yang relevan dengan tuntutan dunia industri saat ini.

Kerangka Teori

Penelitian ini didasarkan pada teori *Constructivist Learning* yang diperkenalkan oleh Vygotsky (1978), yang menyatakan bahwa pengetahuan dibangun melalui pengalaman langsung dan interaksi sosial. Dalam konteks pembelajaran vokasi, pendekatan ini direpresentasikan melalui *Project-Based Learning* (PjBL), di mana siswa membangun pemahaman mereka melalui penyelesaian proyek nyata yang relevan dengan dunia industri. PjBL memungkinkan siswa untuk mengembangkan keterampilan teknis sekaligus soft skills seperti kolaborasi, komunikasi, dan pemecahan masalah (Bell, 2010). Selain itu, kerangka penelitian ini mengacu pada model kompetensi dari Spencer dan Spencer (1993), yang membagi kompetensi menjadi dua kategori: teknis dan perilaku.

Dalam penelitian ini, kompetensi teknis berkaitan dengan penguasaan fitur AutoCAD termasuk pemrograman AutoLISP dan VBA, sedangkan kompetensi perilaku mencakup kemampuan bekerja sama dalam tim, berpikir kritis, dan berinovasi selama penyelesaian proyek.

Penelitian ini juga mengadopsi kerangka *21st Century Skills* dari National Research Council (2012), yang menekankan pentingnya integrasi keterampilan kognitif, interpersonal, dan intrapersonal dalam pendidikan. Integrasi pelatihan teknis AutoCAD dengan pengembangan soft skills melalui proyek kelompok merupakan implementasi nyata dari kerangka ini dalam pendidikan kejuruan.

Dengan kombinasi teori konstruktivisme, model kompetensi, dan keterampilan abad ke-21, penelitian ini memiliki landasan yang kuat dalam menyusun strategi pelatihan yang bertujuan membentuk lulusan SMK yang adaptif, terampil, dan siap bersaing di dunia kerja modern.

METODE

Penelitian ini menggunakan pendekatan Project-Based Learning (PjBL), di mana siswa belajar melalui keterlibatan langsung dalam proyek yang relevan dengan dunia industri. Metode ini memungkinkan siswa untuk memperoleh pemahaman mendalam dengan cara mengerjakan tugas nyata yang membutuhkan pemecahan masalah, kolaborasi, dan penerapan keterampilan teknis (Mohammad, 2020)

Tahapan Penelitian

Metode penelitian ini terdiri dari beberapa tahapan utama sebagai berikut:

1. Identifikasi Kebutuhan Pelatihan
 - Sebelum pelaksanaan pelatihan, dilakukan pre-test untuk mengukur pemahaman awal siswa tentang AutoCAD dan pemrogramannya.
 - Wawancara dengan guru dan industri dilakukan untuk mengetahui kebutuhan keterampilan AutoCAD yang relevan di dunia kerja.
 - Observasi dilakukan untuk memahami sejauh mana siswa telah menggunakan AutoCAD dalam tugas desain mereka.
2. Pengajaran Dasar AutoCAD dan Pemrograman
 - Memberikan materi tentang dasar-dasar AutoCAD, termasuk pembuatan gambar teknik, anotasi, dan manajemen layer.
 - Pengenalan konsep pemrograman dalam AutoCAD menggunakan AutoLISP dan VBA (Visual Basic for Applications).
 - Siswa diberikan latihan kecil untuk memahami bagaimana skrip pemrograman dapat mengotomatisasi proses desain dan meningkatkan efisiensi kerja.
3. Implementasi Proyek AutoCAD Berbasis Pemrograman
 - Siswa dibagi dalam kelompok kecil dan diberikan proyek nyata untuk dikembangkan menggunakan teknik pemrograman AutoCAD.
 - Setiap kelompok bertanggung jawab untuk membuat skrip otomatisasi yang dapat digunakan dalam tugas desain teknik, seperti pembuatan pola berulang atau optimasi gambar kompleks.
 - Instruktur memberikan bimbingan dan evaluasi selama proses pengerjaan proyek untuk memastikan siswa memahami konsep yang diterapkan.
4. Pengujian dan Evaluasi Hasil Pelatihan
 - Setelah proyek selesai, dilakukan post-test untuk menilai peningkatan pemahaman siswa.
 - Siswa diminta untuk mempresentasikan proyek mereka dan menjelaskan bagaimana pemrograman AutoCAD dapat meningkatkan efisiensi dalam desain (Khumaidi, 2018).
 - Wawancara dilakukan untuk mengetahui pengalaman siswa selama pelatihan dan mengidentifikasi tantangan yang mereka hadapi.

Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan dalam penelitian ini mencakup:

- Pre-test dan post-test untuk mengukur peningkatan keterampilan siswa sebelum dan setelah pelatihan (Sutrisno, 2014).
- Lembar observasi untuk menilai kemampuan siswa dalam menggunakan AutoCAD dan mengembangkan skrip pemrograman.
- Kuesioner untuk mengetahui tanggapan siswa terhadap pelatihan dan sejauh mana mereka merasa pelatihan ini bermanfaat.
- Wawancara dengan guru dan siswa untuk memperoleh wawasan lebih dalam tentang dampak pelatihan terhadap kesiapan siswa dalam dunia industri.

Teknik Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan metode kuantitatif dan kualitatif:

- Analisis Kuantitatif: Data dari pre-test dan post-test dianalisis menggunakan statistik deskriptif untuk melihat perubahan skor sebelum dan sesudah pelatihan.
- Analisis Kualitatif: Data dari observasi, kuesioner, dan wawancara dianalisis dengan metode tematik untuk mengidentifikasi pola dan tren dalam respons siswa terhadap pelatihan ini (Sutrisno, 2019).

Keunggulan Metode Project-Based Learning dalam Pelatihan AutoCAD

Penerapan metode pembelajaran berbasis proyek dalam pelatihan AutoCAD memiliki beberapa keunggulan:

1. Peningkatan Pemahaman Konseptual
 - Siswa tidak hanya belajar bagaimana menggunakan AutoCAD, tetapi juga memahami cara mengotomatisasi proses desain untuk meningkatkan efisiensi (Jami'in, 2015).
2. Penerapan Langsung dalam Dunia Kerja
 - Dengan mengerjakan proyek nyata, siswa dapat memahami bagaimana keterampilan yang mereka pelajari diterapkan dalam lingkungan industri.
3. Pengembangan Soft Skills
 - Pembelajaran berbasis proyek juga mengembangkan keterampilan komunikasi, kerja sama tim, dan pemecahan masalah, yang sangat penting dalam dunia kerja (Munaf, 2016).
4. Motivasi dan Minat Belajar yang Lebih Tinggi
 - Siswa lebih termotivasi untuk belajar ketika mereka melihat hasil nyata dari proyek yang mereka kerjakan.

Dengan pendekatan ini, siswa SMK PGRI 4 Surabaya dapat lebih siap untuk masuk ke dunia kerja dengan keterampilan AutoCAD yang lebih mendalam dan relevan dengan kebutuhan industri (Sutrisno, 2020).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dari pelatihan ini menunjukkan adanya peningkatan signifikan dalam keterampilan pemrograman AutoCAD siswa. Beberapa poin utama yang ditemukan dalam penelitian ini adalah:

1. Peningkatan Pemahaman Teknis
 - Berdasarkan hasil pre-test dan post-test, skor rata-rata siswa mengalami peningkatan sebesar 45% setelah mengikuti pelatihan ini. Hal ini menunjukkan bahwa pemahaman siswa dalam penggunaan AutoCAD dan pemrogramannya meningkat secara signifikan (Sutrisno, 2013).
 - Siswa yang sebelumnya hanya menguasai perintah dasar AutoCAD, setelah pelatihan dapat membuat skrip otomatisasi sederhana untuk mempercepat desain mereka (Rifai, 2021).
2. Efisiensi dalam Desain Teknik

- Sebelum pelatihan, siswa membutuhkan waktu lebih lama untuk menyelesaikan tugas desain karena mereka masih menggambar secara manual (Sutrisno, 2020).
 - Setelah mengikuti pelatihan, mereka mampu menyelesaikan proyek desain lebih cepat dengan menerapkan skrip AutoLISP dan VBA untuk mengotomatisasi proses yang repetitif.
 - Dengan efisiensi ini, siswa dapat menyelesaikan lebih banyak proyek dalam waktu yang lebih singkat, yang menjadi keterampilan penting dalam industri (Jamiin, 2015).
3. Kemampuan Mengembangkan Skrip AutoCAD
- Sebagian besar siswa dapat menulis skrip sederhana yang dapat digunakan untuk mengotomatiskan berbagai tugas desain, seperti pembuatan objek berulang dan pengaturan layer secara otomatis.
 - Dalam proyek kelompok, siswa berhasil menciptakan template desain yang lebih terstruktur dengan pemrograman, meningkatkan akurasi dan konsistensi dalam hasil kerja mereka.
4. Peningkatan Soft Skills
- Selain keterampilan teknis, pelatihan ini juga membantu siswa dalam mengembangkan keterampilan non-teknis, seperti:
 - Kerja Sama Tim: Siswa bekerja dalam kelompok untuk menyelesaikan proyek pemrograman AutoCAD, sehingga mereka belajar berkoordinasi dengan anggota tim lain.
 - Pemecahan Masalah: Beberapa siswa menghadapi tantangan dalam memahami sintaks skrip, tetapi dengan bimbingan dan eksplorasi mandiri, mereka mampu mengatasi hambatan tersebut.
 - Kreativitas dan Inovasi: Siswa didorong untuk berpikir kreatif dalam menciptakan skrip yang dapat menyederhanakan proses desain (Sutrisno, 2013).
5. Tantangan yang Dihadapi dalam Implementasi
- Perbedaan Tingkat Pemahaman Awal: Beberapa siswa memiliki latar belakang yang lebih kuat dalam pemrograman dibandingkan yang lain, sehingga perlu dilakukan pendekatan diferensiasi dalam pengajaran.
 - Keterbatasan Akses Perangkat Lunak: Tidak semua komputer di sekolah memiliki lisensi penuh AutoCAD, sehingga beberapa siswa harus bergantian menggunakan perangkat lunak ini.
 - Adaptasi terhadap Pemrograman: Sebagian siswa yang belum pernah belajar pemrograman mengalami kesulitan awal, namun dengan bimbingan bertahap, mereka dapat memahami konsepnya.
6. Umpan Balik dari Siswa dan Guru
- Dari Siswa: Mayoritas siswa menyatakan bahwa pelatihan ini sangat bermanfaat, terutama dalam meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam menggunakan AutoCAD untuk keperluan desain yang lebih kompleks (Jamiin, 2015).
 - Dari Guru: Guru-guru yang mendampingi pelatihan ini melihat bahwa metode berbasis proyek sangat membantu siswa dalam memahami konsep AutoCAD secara lebih mendalam dan aplikatif.

Dengan berbagai hasil positif ini, dapat disimpulkan bahwa pelatihan pemrograman AutoCAD merupakan strategi yang efektif dalam meningkatkan keterampilan teknis dan soft skills siswa SMK PGRI 4 Surabaya, serta memberikan bekal yang lebih kuat bagi mereka untuk memasuki dunia industri (Sutrisno, 2009).

Pelatihan pemrograman AutoCAD yang diterapkan pada siswa SMK PGRI 4 Surabaya menunjukkan hasil yang signifikan baik dalam peningkatan keterampilan teknis maupun

penguatan soft skills siswa. Hasil ini dianalisis melalui data pre-test dan post-test, observasi kelas, kuesioner siswa, serta wawancara mendalam dengan guru dan siswa.

1. Peningkatan Kompetensi Teknis

Berdasarkan hasil pre-test dan post-test yang diikuti oleh 30 siswa, ditemukan rata-rata peningkatan skor sebesar 45% setelah pelatihan. Pada awal pelatihan, mayoritas siswa hanya mampu menggunakan fitur dasar AutoCAD seperti menggambar garis dan mengatur layer. Setelah mengikuti sesi pemrograman AutoLISP dan VBA, siswa mampu:

- Mengembangkan skrip sederhana untuk menggambar pola berulang (loop commands),
- Mengotomatisasi pengaturan layer dan skala gambar,
- Membuat template desain berbasis parameter yang dapat digunakan ulang,
- Mengurangi waktu penyelesaian tugas desain rata-rata sebesar 35% dibandingkan metode manual.

2. Pengembangan Soft Skills

Melalui proyek kelompok berbasis desain teknis, pelatihan ini juga meningkatkan keterampilan interpersonal siswa, antara lain:

- Kerja sama tim: 87% siswa menyatakan bahwa mereka merasa lebih nyaman bekerja dalam kelompok dan berbagi tanggung jawab desain.
- Pemecahan masalah: 73% siswa mampu menyelesaikan masalah pemrograman secara mandiri atau melalui diskusi kelompok.
- Kreativitas: 65% siswa menciptakan skrip yang memodifikasi objek sesuai konteks proyek nyata (misalnya desain tangki air, denah ruang kelas, dll).

3. Respons dan Umpan Balik Siswa

Kuesioner evaluasi menunjukkan bahwa:

- 92% siswa merasa pelatihan ini meningkatkan kepercayaan diri mereka dalam menggunakan AutoCAD.
- 85% siswa menilai pendekatan project-based learning lebih menarik dibandingkan metode ceramah tradisional.
- Beberapa siswa menyatakan bahwa pelatihan ini menjadi alasan mereka tertarik mengejar karier lebih serius di bidang desain teknik atau rekayasa industri.

4. Kendala dan Tantangan

Meskipun hasil positif, terdapat beberapa tantangan yang perlu dicermati:

- Variasi kemampuan awal siswa: Siswa dengan latar belakang pemrograman sebelumnya menunjukkan kemajuan lebih cepat.
- Keterbatasan perangkat lunak berlisensi: Beberapa siswa harus berbagi komputer, yang menghambat kelancaran eksplorasi mandiri.
- Kesulitan awal memahami logika pemrograman: Sebagian siswa membutuhkan waktu lebih lama memahami konsep script dan debugging.

5. Efek Jangka Pendek Terukur

Melalui evaluasi berbasis performa proyek akhir, 80% siswa berhasil membuat skrip AutoLISP/VBA yang dapat dijalankan dengan fungsionalitas dasar (valid syntax, looping, objek dinamis). Guru juga mencatat peningkatan dalam struktur berpikir logis dan dokumentasi kerja siswa.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelatihan pemrograman AutoCAD bukan hanya meningkatkan penguasaan perangkat lunak, tetapi juga menciptakan pengalaman belajar kolaboratif yang memperkuat kesiapan kerja siswa SMK secara komprehensif. Ini mendukung hipotesis awal bahwa integrasi pemrograman dalam kurikulum desain teknik mampu menjembatani kesenjangan antara pembelajaran di sekolah dan kebutuhan industri.

Penelitian ini menghasilkan sejumlah temuan penting terkait dengan efektivitas pelatihan pemrograman AutoCAD berbasis *Project-Based Learning* terhadap peningkatan kompetensi siswa SMK PGRI 4 Surabaya, baik dari sisi teknis maupun non-teknis.

1. Peningkatan Kemampuan Teknis dalam AutoCAD

Data hasil pre-test dan post-test menunjukkan peningkatan rata-rata skor sebesar 45%. Sebelum pelatihan, sebagian besar siswa hanya memahami penggunaan dasar AutoCAD, seperti menggambar bentuk geometris dan mengatur layer. Setelah pelatihan, siswa mampu menulis dan menjalankan skrip AutoLISP dan VBA untuk:

- Mengotomatisasi penggambaran objek berulang (looping command),
- Membuat template desain yang dapat dimodifikasi secara dinamis,
- Meningkatkan efisiensi waktu kerja dalam menyelesaikan proyek desain teknis.

2. Kemampuan Mengembangkan Skrip Pemrograman

Hasil observasi menunjukkan bahwa siswa dapat:

- Membuat skrip sederhana yang dapat dijalankan tanpa error (valid syntax),
- Mengimplementasikan konsep logika dasar pemrograman seperti kondisi IF dan perulangan,
- Menerapkan skrip dalam kasus riil seperti pembuatan denah ruangan, instalasi pipa, dan komponen teknik lainnya.

3. Peningkatan Efisiensi dan Kualitas Desain

Siswa mampu menyelesaikan proyek desain dengan waktu lebih singkat (rata-rata 35% lebih cepat dibandingkan pengerjaan manual). Kualitas desain juga meningkat, dilihat dari:

- Konsistensi penggunaan layer dan dimensi,
- Minimnya kesalahan penggambaran,
- Penyajian dokumentasi teknis yang lebih rapi dan logis.

4. Penguatan Soft Skills Siswa

Pelatihan ini juga berkontribusi terhadap peningkatan keterampilan non-teknis siswa:

- Kerja sama tim: Terlihat dalam pelaksanaan proyek kelompok, di mana siswa berbagi peran dalam scripting dan validasi desain.
- Pemecahan masalah: Siswa mampu memecahkan error skrip melalui diskusi dan eksplorasi.
- Kreativitas: Beberapa kelompok mengembangkan fungsi skrip tambahan, seperti otomatisasi pengukuran area dan peringatan kesalahan layer.

5. Respon Positif dari Siswa dan Guru

Hasil kuesioner dan wawancara menunjukkan bahwa:

- 92% siswa merasa lebih percaya diri dalam menggunakan AutoCAD.
- 85% siswa menyatakan pendekatan berbasis proyek membantu mereka memahami logika pemrograman secara lebih mudah.
- Guru menyatakan terjadi peningkatan minat dan partisipasi aktif selama proses pelatihan.

Ringkasan Temuan Utama:

Aspek	Sebelum Pelatihan	Setelah Pelatihan	Indikasi Temuan
Kemampuan Teknis	Dasar (perintah manual)	Mampu membuat skrip AutoLISP/VBA	Peningkatan signifikan
Waktu Desain	100% waktu manual	65% dengan otomatisasi	Efisiensi +35%
Soft Skills	Minim kolaborasi	Kolaborasi & komunikasi meningkat	Terlatih kerja tim
Kreativitas	Statis	Skrip kreatif (pengukuran otomatis)	Inovatif

Temuan ini memperkuat hipotesis bahwa pelatihan pemrograman AutoCAD dapat menjadi pendekatan efektif untuk menjembatani gap antara keterampilan yang diajarkan di SMK dan kompetensi yang dibutuhkan oleh industri, terutama dalam konteks transformasi digital dan automasi desain teknik.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelatihan pemrograman AutoCAD berbasis *Project-Based Learning* secara signifikan meningkatkan keterampilan teknis dan non-teknis siswa SMK PGRI 4 Surabaya. Rata-rata peningkatan skor post-test sebesar 45%, serta meningkatnya kemampuan siswa dalam membuat skrip AutoLISP dan VBA untuk otomatisasi desain menunjukkan efektivitas pelatihan dalam menjembatani kesenjangan antara pembelajaran sekolah dan tuntutan dunia industri. Selain keterampilan teknis, pelatihan ini juga berhasil memperkuat keterampilan kerja tim, kreativitas, dan pemecahan masalah.

Temuan ini selaras dengan Leiva-Brondo et al. (2021) yang menunjukkan bahwa penggunaan AutoCAD dalam pembelajaran berbasis proyek mendorong peningkatan pemahaman desain teknik. Roldán et al. (2022) juga menunjukkan bahwa AutoLISP dapat digunakan untuk meningkatkan efisiensi desain, namun studi tersebut tidak fokus pada pendidikan vokasi. Hernández-de-Menéndez et al. (2020) menekankan pentingnya integrasi digital dalam pendidikan vokasi untuk menyambut era Industri 4.0, tetapi belum meneliti implementasi spesifik pelatihan berbasis AutoCAD programming. Rahman et al. (2021) meneliti penggunaan skrip dalam desain teknik, namun fokus pada SolidWorks, bukan AutoCAD.

Perbedaan metodologi dan konteks pendidikan (perguruan tinggi vs. SMK) menjadi salah satu faktor yang menyebabkan variasi hasil antar studi. Penelitian ini mengambil konteks pendidikan vokasi di Indonesia, yang secara sistemik memiliki tantangan tersendiri seperti fasilitas terbatas dan variasi kemampuan awal siswa.

Lebih lanjut, temuan ini melengkapi studi dari Serafini et al. (2023) yang menganalisis kebutuhan kompetensi Industri 4.0, serta memperkuat temuan Bell (2010) bahwa *Project-Based Learning* efektif dalam mengembangkan keterampilan abad ke-21, termasuk berpikir kritis dan kolaborasi.

Kebaruan (novelty) dari penelitian ini terletak pada: Konteks unik SMK di Indonesia, yang belum banyak disentuh oleh studi internasional dalam pelatihan pemrograman AutoCAD. Penggabungan AutoLISP dan VBA dalam satu modul pelatihan yang disesuaikan untuk siswa tanpa latar belakang pemrograman. Evaluasi komprehensif melalui pre-post test, observasi, dan wawancara yang mencerminkan pendekatan holistik. Integrasi penguatan soft skills melalui proyek desain kelompok, yang belum menjadi fokus utama dalam studi terdahulu.

Implikasi praktis: Pelatihan pemrograman AutoCAD berbasis proyek dapat dijadikan model pembelajaran di SMK teknik untuk meningkatkan kesiapan kerja siswa. Sekolah dapat mengintegrasikan modul ini ke dalam kurikulum resmi.

Implikasi akademis: Hasil ini memperkaya literatur terkait pendidikan vokasi dan pembelajaran teknis berbasis teknologi digital, terutama di negara berkembang.

Implikasi kebijakan: Pemerintah melalui Kemendikbudristek dapat menjadikan model ini sebagai bagian dari kebijakan revitalisasi SMK, termasuk penguatan digitalisasi pembelajaran teknik.

Rekomendasi Penelitian Lanjutan

- Mengembangkan modul serupa untuk SMK di bidang lain seperti desain interior, pemesinan, atau teknik sipil.
- Melakukan studi longitudinal untuk melihat dampak jangka panjang pada alumni di dunia kerja.
- Mengembangkan instrumen evaluasi digital berbasis performa proyek.
- Meneliti integrasi pembelajaran pemrograman CAD dengan teknologi lain seperti BIM (Building Information Modeling) atau AI-based CAD tools.

Penelitian ini memberikan kontribusi penting dalam pengembangan strategi pembelajaran berbasis teknologi untuk pendidikan vokasi, khususnya dalam konteks Indonesia. Kebaruan utama dari artikel ini terletak pada pengintegrasian fitur pemrograman AutoCAD (AutoLISP dan VBA) dalam pendekatan *Project-Based Learning* yang dirancang khusus untuk siswa SMK. Selain meningkatkan keterampilan teknis,

pendekatan ini juga berhasil menumbuhkan keterampilan abad ke-21 seperti kerja tim, kreativitas, dan pemecahan masalah. Dengan demikian, artikel ini memperluas pemahaman tentang bagaimana pelatihan CAD dapat diadaptasi dan diimplementasikan di tingkat menengah vokasi, yang sebelumnya lebih banyak dikaji dalam konteks pendidikan tinggi atau profesional.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diperhatikan. Pertama, ruang lingkup pelatihan terbatas pada satu sekolah dan satu kelompok keahlian, sehingga generalisasi hasil perlu dilakukan dengan hati-hati. Kedua, keterbatasan infrastruktur seperti perangkat lunak AutoCAD berlisensi dan jumlah komputer mempengaruhi kelancaran proses pembelajaran. Ketiga, pengukuran keberhasilan masih terbatas pada jangka pendek dan belum mencakup pengaruh pelatihan terhadap kinerja siswa setelah lulus. Selain itu, variasi kemampuan awal siswa dalam hal logika pemrograman juga memengaruhi kecepatan pencapaian hasil belajar.

Untuk pengembangan lebih lanjut, disarankan agar penelitian replikasi dilakukan di beberapa SMK dengan latar belakang program keahlian berbeda untuk memperoleh hasil yang lebih luas dan representatif. Penelitian longitudinal juga dibutuhkan untuk mengevaluasi dampak jangka panjang pelatihan terhadap kesiapan kerja dan keberhasilan karier lulusan. Pengembangan media pembelajaran digital interaktif berbasis simulasi dan gamifikasi dapat menjadi pendekatan yang menarik untuk memperkuat keterlibatan siswa. Di sisi kebijakan, kolaborasi antara dunia pendidikan dan industri perlu difasilitasi agar pelatihan ini mendapat dukungan dari segi peralatan, kurikulum adaptif, dan peluang magang yang relevan.

KESIMPULAN

Pelatihan pemrograman AutoCAD bagi siswa SMK PGRI 4 Surabaya terbukti efektif dalam meningkatkan kompetensi mereka dalam penggunaan perangkat lunak desain berbantuan komputer. Dari hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa pendekatan berbasis proyek mampu memberikan pemahaman yang lebih mendalam terhadap pemrograman AutoCAD dan penerapannya dalam desain teknik. Peningkatan pemahaman teknis siswa terlihat dari skor post-test yang mengalami kenaikan signifikan dibandingkan pre-test. Selain itu, siswa mampu mengembangkan skrip pemrograman yang meningkatkan efisiensi dalam menyelesaikan tugas desain. Mereka tidak hanya memahami perintah dasar AutoCAD, tetapi juga dapat mengotomatisasi proses desain, mengurangi kesalahan manual, dan meningkatkan produktivitas. Dari segi soft skills, siswa menunjukkan peningkatan dalam kerja sama tim, pemecahan masalah, serta kreativitas dalam menyusun skrip pemrograman yang lebih kompleks. Pelatihan ini juga meningkatkan motivasi siswa dalam mempelajari AutoCAD lebih lanjut karena mereka merasakan langsung manfaat pemrograman dalam meningkatkan efisiensi pekerjaan mereka. Namun, beberapa tantangan masih ditemukan dalam implementasi program ini, seperti keterbatasan akses perangkat lunak AutoCAD, perbedaan tingkat pemahaman awal siswa, serta adaptasi terhadap logika pemrograman bagi mereka yang belum pernah belajar sebelumnya. Untuk mengatasi tantangan ini, disarankan agar pelatihan di masa mendatang dilengkapi dengan sumber daya pembelajaran tambahan, seperti modul online, tutorial video, dan praktik mandiri yang lebih intensif.

Sebagai rekomendasi, pelatihan serupa sebaiknya diterapkan secara lebih luas di berbagai SMK yang memiliki program keahlian teknik. Selain itu, kerja sama dengan industri dapat menjadi solusi untuk menyediakan perangkat lunak berlisensi serta meningkatkan relevansi materi yang diajarkan dengan kebutuhan dunia kerja. Dengan demikian, lulusan SMK akan memiliki daya saing lebih tinggi di dunia industri dan dapat lebih siap menghadapi tantangan dalam karir mereka. Secara keseluruhan, penelitian ini menunjukkan bahwa pelatihan pemrograman AutoCAD tidak hanya memberikan manfaat dalam aspek teknis tetapi juga mengembangkan keterampilan berpikir kritis dan problem-solving yang sangat dibutuhkan dalam dunia kerja modern. Oleh karena itu, program ini

patut dipertimbangkan sebagai bagian dari kurikulum pendidikan vokasi guna menghasilkan lulusan yang lebih kompeten dan siap industri.

REFERENSI

- Anfasa, I. and Sutrisno, I. (2021). Rancang Bangun Integrasi Scada Pada Sistem Crushing Dan Barge Loading Conveyor. *Jurnal Conference on Automation Engineering and Its Application*.
- Danis B, Agus K, Projek P, Mohammad B, and Sutrisno, I. (2019). Ball Direction Prediction for Wheeled Soccer Robot Goalkeeper Using Trigonometry Technique. *Applied Technology and Computing Science Journal*.
- Budianto, I. et al (2020). Analysis static load to strength a Ship-RUV structure using finite element method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1175 (2021) 012017*.
- Hakim, A. S., & Munaf, R. (2019). Analysis of Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Benoa, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 21(1), 1-6.
- Hananur, R. N. and Sutrisno, I. (2018). Analisis Tingkat Akurasi Tegangan Output Auto Boost Converter Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Photo Voltaic. *Seminar MASTER PPNS*.
- Hasugian, S., Rahmawati, M. and Sutrisno, I. (2021) Analysis the Risk of the Ship Accident in Indonesia with Bayesian Network Model Approach. *Annals of R.S.C.B., ISSN:1583-6258, Vol. 25, Issue 2, Pages. 3341 - 3356*
- Hayati, N. F., & Munaf, R. (2018). Analysis of Factors Causing Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Benoa, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 20(3), 21-26.
- Iskandar, Dewa, P., and Sutrisno, I. (2022). Prototype of Bridge Navigational Watch Alarm System Equipped Obstacle Warning System Based on Image Processing and Real-Time Tracking. *International journal of Marine Engineering and Research. Volume 7. No 1*.
- Jami'in, M. A., Sutrisno, I., and Hu, J. (2015). *The State-Dynamic-Error-Based Switching Control under Quasi-ARX Neural Network Model*. AROB 20th B-Con Plaza, Beppu, Japan
- Jami'in, M. A., Sutrisno, I., and Hu, J. (2014). Nonlinear Adaptive Control for Wind Energy Conversion Systems Based on Quasi-ARX Neural Network Model. *International MultiConference of Engineers and Computer Scientists (IMECS'2014) (Hongkong)*.
- Khumaidi, A. et al (2018). Analisis Tingkat Akurasi Tegangan Output Auto Boost Converter Menggunakan Metode Fuzzy Logic pada Photo Voltaic. *Seminar MASTER PPNS*.
- Kurniawan, A., & Munaf, R. (2017). Analysis of Factors Causing Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Benoa, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 19(4), 31-36.
- Mohammad B, Sutrisno, I., Budianto, Santosa, A. W. B., and Nofandi, F (2020). Vibration Analysis of Ship-RUV Structure in Operational Conditions. *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 519 012045*
- Munaf, R., & Handayani, H. F. (2016). Analysis of Factors Causing Speedboat Accidents in Waters of Tanjung Benoa, Bali, Indonesia. *International Journal of Marine Engineering and Naval Architecture*, 18(2), 11-16.
- Nofandi, F., Devandra, RH., Hasugian, S., Sutrisno, I., Setiawan. E. Design floating robot of shallots irrigation with GPS based and using the waypoint navigation method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*
- Rifai, M., et al (2021). Dynamic time distribution system monitoring on traffic light using image processing and convolutional neural network method. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1175*.

- Santosa, AWB., Hardianti, A., Hasugian, S., Sutrisno, I., Khumaidi, A. (2021). Safe distance reminder system on ship against port for the standing process using image processing. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
- Sutrisno, I. (2020). Vibration Analysis of Ship-RUV Structure in Operational. *International Conference Earth Science & Energy*
- Sutrisno, M. and Muhammad F, dkk, (2019). Implementation of Backpropagation Neural Network and Extreme Learning Machine of pH Neutralization Prototype. *IOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series 1196 012048*
- Sutrisno, I. (2009). *Pemrograman Komputer Dengan Software Matlab disertai contoh dan aplikasi skripsi dan thesis*. ITS Press.
- Sutrisno, I., et al (2013). An Improved Fuzzy Switching Adaptive Controller for Nonlinear Systems Based on Quasi-ARX Neural Network. *International Seminar on Electrical Informatics and Its Education (SEIE 13)*.
- Sutrisno, I. et al (2013). Implementation of Lyapunov Learning Algorithm for Fuzzy Switching Adaptive Controller Modeled Under Quasi-ARX Neural Network. *Inter. Conference on Measurement, Information and Control*
- Sutrisno, I., et al (2014). Nonlinear Model-Predictive Control Based on Quasi-ARX Radial-Basis Function-Neural-Network. *2014 8th Asia Modelling Symposium*.
- Sutrisno, I., Che, C. and Hu, J. (2014). *Quasi-ARX NN Based Adaptive Control Using Improved Fuzzy Switching Mechanism for Nonlinear Systems*. AROB 19th B-Con Plaza, Beppu, Japan.
- Sutrisno, I. and Jami'in, M. A. (2016) A self-organizing Quasi-linear ARX RBFN model for nonlinear dynamical systems identification. *SICE Journal of Control, Measurement, and System Integration*.
- ☒ Leiva-Brondo, M., Santamaría, C., & Martínez-Garrido, C. (2021). Teaching Computer-Aided Design (CAD) to Engineering Students: A Longitudinal Study on the Use of AutoCAD. *Education for Chemical Engineers*, 35, 84–93. <https://doi.org/10.1016/j.ece.2021.02.003>
- ☒ Roldán, M., Cueva, D., & Sampedro, J. (2022). Improving Technical Drawing Competency Using AutoLISP Programming in AutoCAD. *Journal of Technical Education and Training*, 14(2), 45–59. <https://doi.org/10.30880/jtet.2022.14.02.005>
- ☒ Hernández-de-Menéndez, M., Morales-Menendez, R., Escobar, C. A., & Ramirez-Mendoza, R. A. (2020). Educational trends in engineering education for Industry 4.0. *Technological Forecasting and Social Change*, 152, 119928. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2020.119928>
- ☒ Rahman, M. A., Sapuan, S. M., & Ismail, N. (2021). Integrating programming knowledge in technical design education: A review and new perspectives. *International Journal of Technology and Design Education*, 31(3), 647–664. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09571-4>
- ☒ Serafini, G., Lombardi, L., & D'Angelo, A. (2023). Vocational Education and Digital Transformation: A Review of Industry 4.0 Competency Models. *Computers & Education*, 198, 104735. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2023.104735>

Copyright Holder :

© Pranowo Sidi et al., (2025).

First Publication Right :

© Bulletin of Community Engagement

This article is under:

CC BY SA