



## Manajemen Penggunaan Media Pembelajaran Simulasi CNC dalam Mata Pelajaran Teknik Mesin untuk Meningkatkan Kualitas Pembelajaran Siswa SMK

Hari Suprayoga<sup>1\*</sup>, Emay Mastiani<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universitas Islam Nusantara, Bandung, Indonesia, [harisuprayoga@uninus.ac.id](mailto:harisuprayoga@uninus.ac.id)

<sup>2</sup>Universitas Islam Nusantara, Bandung, Indonesia, [emay.mastiani@gmail.com](mailto:emay.mastiani@gmail.com)

\*Corresponding Author: [harisuprayoga@uninus.ac.id](mailto:harisuprayoga@uninus.ac.id)

**Abstract:** This study examines the implementation of CNC simulation-based instructional media as part of a PDCA (Plan-Do-Check-Act) learning management strategy at SMKN 1 Patrol Indramayu and SMKN 6 Bandung. Using a qualitative case study approach, the research involved school principals, vocational mechanical engineering teachers, and relevant instructional documents. Data were collected through in-depth interviews, field observations, and document analysis, and analyzed using the interactive model of Miles, Huberman, and Saldaña. The findings reveal that CNC simulation tools such as Mastercam can be effectively integrated into vocational education when collaboratively planned and implemented through a technopedagogical approach, continuously evaluated, and accompanied by reflective practices. The planning stage was based on learning outcomes and aligned with each school's vision and mission, while implementation focused on enhancing students' CAD/CAM skills through virtual practice. Evaluation was conducted through diagnostic, formative, and summative assessments aimed at measuring competency achievement and fostering a reflective learning culture. Technical challenges, including limited hardware and diverse student abilities, were addressed through external partnerships, teacher training, and cross-subject collaboration. This study concludes that CNC simulation media, when managed through PDCA principles and reflective teaching practices, can significantly improve the effectiveness of vocational learning. These findings reinforce the importance of synergy between technological innovation, teacher development, and instructional management within the context of vocational education in Indonesia.

**Keywords:** CNC Simulation, PDCA, Vocational Learning, Teacher Reflection, Instructional Management in Vocational Schools

**Abstrak:** Penelitian ini mengkaji implementasi media pembelajaran simulasi CNC sebagai bagian dari strategi manajemen pembelajaran berbasis siklus PDCA (Plan-Do-Check-Act) di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung. Dengan pendekatan studi kasus kualitatif, penelitian ini melibatkan kepala sekolah, guru produktif teknik mesin, serta dokumentasi pembelajaran yang relevan. Data dikumpulkan melalui wawancara mendalam, observasi lapangan, dan studi dokumen, kemudian dianalisis menggunakan teknik interaktif Miles,

Huberman, dan Saldaña. Hasil penelitian menunjukkan bahwa media simulasi CNC seperti Mastercam dapat diintegrasikan secara efektif ke dalam pembelajaran apabila direncanakan secara kolaboratif, dilaksanakan dengan pendekatan teknopedagogik, dievaluasi secara berkelanjutan, dan disertai dengan tindakan reflektif. Perencanaan dilakukan dengan merujuk pada capaian pembelajaran dan visi misi sekolah, sementara pelaksanaan difokuskan pada penguatan keterampilan CAD/CAM siswa melalui praktik virtual. Evaluasi dilaksanakan melalui asesmen diagnostik, formatif, dan sumatif yang berorientasi pada ketercapaian kompetensi dan pembentukan budaya belajar reflektif. Kendala teknis, seperti keterbatasan perangkat dan variasi kemampuan siswa, diatasi melalui kerja sama eksternal, pelatihan guru, dan kolaborasi lintas mata pelajaran. Penelitian ini menyimpulkan bahwa penggunaan media simulasi CNC, jika dikelola dengan prinsip PDCA dan pendekatan reflektif, dapat meningkatkan efektivitas pembelajaran vokasional secara signifikan. Temuan ini menguatkan pentingnya sinergi antara inovasi teknologi, pengembangan guru, dan manajemen pembelajaran dalam konteks pendidikan kejuruan di Indonesia.

**Kata Kunci:** Simulasi CNC, PDCA, Pembelajaran Vokasional, Refleksi Guru, Manajemen Pembelajaran SMK

---

## PENDAHULUAN

Di era Revolusi Industri 4.0, dunia kerja menuntut sumber daya manusia yang memiliki kombinasi keterampilan teknis (*hard skills*) dan kemampuan interpersonal (*soft skills*) (Setyako et al., 2024). Sistem pendidikan kejuruan, khususnya Sekolah Menengah Kejuruan (SMK), harus mampu menjawab tantangan ini dengan memberikan pembelajaran yang relevan dan aplikatif terhadap kebutuhan industri modern (Wahyuli et al., 2025). Salah satu teknologi yang menjadi tulang punggung industri manufaktur saat ini adalah CNC (*Computer Numerical Control*), yang memungkinkan proses produksi berjalan lebih efisien, presisi, dan fleksibel (Sariwardani & Si, 2024).

Pembelajaran di SMK, khususnya pada mata pelajaran teknik mesin, perlu diorientasikan untuk mendekati kondisi nyata di dunia industri (Susanti et al., 2021). Namun, keterbatasan sarana prasarana di sejumlah SMK, seperti di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung, menjadi kendala signifikan. Beberapa kendala utama meliputi: belum tersedianya mesin CNC yang memadai, tingginya biaya pengadaan dan perawatan mesin, kurangnya pemahaman guru terhadap teknologi CNC, serta rendahnya motivasi belajar siswa terhadap materi CNC yang dianggap kompleks dan abstrak.

Untuk menjawab permasalahan tersebut, pemanfaatan media pembelajaran simulasi CNC menjadi alternatif strategis (Widianto & Khumaedi, 2021). Media simulasi CNC memungkinkan siswa memahami proses kerja mesin secara virtual, mengurangi risiko kerusakan alat, dan menekan biaya operasional. Aplikasi seperti Mastercam dapat digunakan di perangkat komputer, laptop, bahkan smartphone untuk mengakses simulasi, baik secara online maupun offline (Purwoko, 2008). Meskipun simulasi tidak sepenuhnya mereplikasi semua kondisi fisik mesin, keunggulannya dalam efisiensi waktu, penghematan biaya, dan peningkatan pemahaman siswa tidak dapat diabaikan.

Pandangan Dale "Cone of Experience" dalam (Dash, 2023) menekankan pentingnya pengalaman langsung dalam proses pembelajaran. Dalam kondisi di mana pengalaman langsung tidak memungkinkan, simulasi menjadi alternatif yang efektif untuk memberikan pengalaman belajar yang mendekati nyata. Penelitian terdahulu juga menunjukkan efektivitas media pembelajaran berbasis simulasi dalam meningkatkan hasil belajar serta keterlibatan siswa (Ardianto et al., 2021; Daniyati et al., 2023).

Sejumlah penelitian sebelumnya telah membahas efektivitas penggunaan media

pembelajaran berbasis simulasi dalam konteks pendidikan kejuruan. Penggunaan media simulasi CNC terbukti mampu meningkatkan keterlibatan dan hasil belajar siswa pada pembelajaran teknik pemesinan (Ardianto et al., 2021; Hartanto & Dani, 2020). Penelitian oleh (Yufrizal et al., 2019) menunjukkan bahwa siswa yang menggunakan CNC simulator memperoleh nilai rata-rata lebih tinggi dibanding siswa yang belajar dengan metode konvensional. (Ligendra et al., 2023) menemukan bahwa media pembelajaran berbasis software seperti AutoCAD mampu meningkatkan pemahaman konsep dan keterampilan teknis siswa.

Penelitian lain menekankan pentingnya pengelolaan media pembelajaran secara terencana dan sistematis. (Daniyati et al., 2023) menyatakan bahwa keberhasilan pembelajaran sangat bergantung pada kemampuan guru dalam mengelola dan memanfaatkan media secara maksimal. Sementara itu, (Prianto, 2017) menegaskan bahwa simulasi merupakan metode yang paling efektif dalam pembelajaran sistem yang kompleks dan dinamis seperti CNC. Temuan ini diperkuat oleh (Saputra & Utama, 2019), yang menunjukkan bahwa penggunaan Mach 3 Turn sebagai media simulasi berbasis CAD-CAM mendapat respons positif dari siswa dan mampu meningkatkan kompetensi pemrograman CNC.

Namun, sebagian besar studi tersebut lebih berfokus pada aspek teknis dan dampak penggunaan media terhadap hasil belajar, bukan pada manajemen penggunaan media itu sendiri. Padahal, seperti ditunjukkan oleh (Rosanaya & Fitrayati, 2021; Said, 2023), keberhasilan implementasi media pembelajaran juga sangat ditentukan oleh manajemen yang meliputi perencanaan, pelaksanaan, evaluasi, dan tindak lanjut. Oleh karena itu, masih diperlukan kajian yang lebih mendalam mengenai bagaimana manajemen media pembelajaran berbasis simulasi CNC diterapkan di sekolah secara nyata, termasuk kendala dan strategi pengelolaannya.

Dalam konteks pengelolaan media pembelajaran, pendekatan manajemen yang sistematis sangat diperlukan. Salah satu pendekatan yang relevan adalah siklus manajemen PDCA (Plan-Do-Check-Act) dari (Deming, 1986). PDCA dapat digunakan sebagai kerangka kerja dalam mengelola penggunaan media simulasi CNC, dimulai dari tahap perencanaan kebutuhan media (Plan), pelaksanaan dan penggunaan simulasi dalam pembelajaran (Do), evaluasi efektivitas dan ketercapaian tujuan belajar (Check), hingga perbaikan berkelanjutan berdasarkan hasil evaluasi (Act). Penerapan siklus PDCA diyakini dapat meningkatkan efisiensi, kualitas pembelajaran, serta akuntabilitas dalam pengelolaan media di sekolah.

Mengacu pada standar nasional pendidikan dan berbagai regulasi seperti Permendikbudristek No. 22 Tahun 2023 dan UU Sisdiknas No. 20 Tahun 2003, pemanfaatan sarana pembelajaran berbasis teknologi menjadi bagian penting dalam penyelenggaraan pendidikan yang bermutu. Oleh karena itu, pengelolaan media pembelajaran simulasi CNC yang tepat, efektif, dan sistematis menjadi fokus utama dalam meningkatkan kualitas pembelajaran teknik mesin di SMK.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji manajemen penggunaan media pembelajaran simulasi CNC dalam mata pelajaran teknik mesin di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung. Lokasi ini dipilih karena keduanya memiliki karakteristik yang mendukung, seperti kepemilikan mesin CNC, jumlah siswa yang besar, kedekatan dengan kawasan industri, serta keberadaan guru bersertifikasi kompetensi. Diharapkan, hasil penelitian ini dapat memberikan kontribusi terhadap strategi pengelolaan media pembelajaran yang adaptif, efektif, dan relevan dengan kebutuhan industri masa kini.

## **METODE**

Penelitian ini menggunakan pendekatan kualitatif dengan desain studi kasus. Pendekatan kualitatif memungkinkan peneliti untuk memahami dan menjelaskan fenomena secara mendalam dalam konteks nyata, serta menggali makna subjektif dari pengalaman

individu terkait manajemen penggunaan media pembelajaran simulasi CNC dalam mata pelajaran teknik mesin di SMK (Creswell & Clark, 2017). Desain studi kasus dipilih karena memberikan pemahaman komprehensif terhadap sistem manajerial pembelajaran berbasis simulasi dalam setting pendidikan vokasi, terutama ketika batas antara fenomena dan konteksnya tidak dapat dipisahkan secara tegas (Adrias & Ruswandi, 2025; Yin, 2017).

Penelitian ini dilakukan di dua sekolah menengah kejuruan, yaitu SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung, yang dipilih secara purposive karena memenuhi kriteria sebagai sekolah negeri dengan fasilitas pembelajaran teknik mesin, memiliki guru bersertifikasi kompetensi CNC, dan berlokasi dekat dengan kawasan industri. Subjek penelitian terdiri dari kepala sekolah, wakil kepala sekolah bidang kurikulum dan mutu, kepala program keahlian teknik mesin, guru produktif CNC, dan peserta didik dari jurusan teknik pemesinan.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui triangulasi metode, yaitu observasi langsung, wawancara mendalam, dan studi dokumentasi. Observasi digunakan untuk memahami proses pengelolaan pembelajaran CNC berbasis simulasi di ruang kelas. Wawancara mendalam dilakukan terhadap informan kunci guna memperoleh narasi reflektif dan pengalaman langsung mengenai strategi manajerial yang diterapkan. Studi dokumentasi meliputi analisis dokumen Kurikulum Satuan Pendidikan (KSP), Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP), profil sekolah, data siswa dan guru, serta struktur organisasi sekolah.

Peneliti berperan sebagai instrumen utama (*human instrument*), karena keterlibatan langsung peneliti dalam pengumpulan dan interpretasi data merupakan bagian integral dari pendekatan kualitatif (Lincoln & Guba, 1985). Instrumen pendukung berupa pedoman wawancara, lembar observasi, dan format kajian dokumen disusun untuk memastikan keteraturan dan akurasi dalam pengumpulan data.

Keabsahan data diuji dengan menggunakan empat kriteria dari Lincoln dan Guba (1985), yaitu: *credibility* (melalui triangulasi sumber dan member checking), *transferability* (dengan menyajikan deskripsi kontekstual secara rinci), *dependability* (melalui audit trail dan dokumentasi langkah-langkah analisis), serta *confirmability* (dengan pelacakan logika analisis dan data lapangan yang mendukung temuan).

Analisis data dilakukan dengan model interaktif dari (Miles et al., 2014), yang terdiri dari tiga tahap utama: (1) reduksi data (pemilihan dan penyederhanaan informasi dari hasil observasi, wawancara, dan dokumen); (2) penyajian data dalam bentuk naratif atau matriks; dan (3) penarikan kesimpulan serta verifikasi secara berulang untuk memastikan keakuratan dan konsistensi temuan. Proses analisis dilakukan simultan dengan pengumpulan data, sehingga memungkinkan peneliti merespons dinamika yang muncul di lapangan secara adaptif.

Dalam kerangka manajerial, penelitian ini juga merujuk pada prinsip siklus PDCA (Plan-Do-Check-Act) dari Deming sebagai pendekatan peningkatan berkelanjutan. Perencanaan (*Plan*) dilakukan melalui perancangan media simulasi dan penyusunan RPP; pelaksanaan (*Do*) mengamati praktik pembelajaran simulatif; pemeriksaan (*Check*) melalui refleksi kinerja guru dan respon siswa; serta tindakan perbaikan (*Act*) dengan merevisi strategi pengajaran berdasarkan hasil evaluasi.

Penelitian ini dilaksanakan pada periode Maret hingga Mei 2025 dan diharapkan dapat memberikan kontribusi terhadap pengembangan strategi manajemen media pembelajaran yang inovatif, relevan, dan berorientasi pada kesiapan kerja siswa SMK di era industri 4.0.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Perencanaan Penggunaan Media Pembelajaran Simulasi CNC

Hasil penelitian di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung menunjukkan bahwa proses perencanaan penggunaan media pembelajaran simulasi CNC dilakukan secara sistematis dan sejalan dengan visi misi sekolah. Perencanaan ini merupakan tahapan awal dari

siklus manajemen PDCA (*Plan-Do-Check-Act*) yang menekankan pentingnya penetapan tujuan, penyusunan strategi, serta alokasi sumber daya secara tepat (Deming, 1982).

Kepala sekolah di kedua SMK berperan sebagai manajer strategis yang menetapkan arah kebijakan penggunaan media pembelajaran berbasis teknologi, dengan mengacu pada visi masing-masing lembaga. SMKN 1 Patrol Indramayu memiliki visi: ‘Terbentuknya lulusan yang religius, kompeten, berdaya saing global, berwawasan industri, dan lingkungan pada tahun 2025.’ Visi ini dijabarkan melalui misi yang menekankan pembentukan lulusan yang aktif, inovatif, dan sesuai dengan kebutuhan dunia kerja. Sementara itu, SMKN 6 Bandung mengedepankan pembentukan tenaga kerja menengah yang cerdas, taqwa, terampil, dan berbudaya kerja tinggi, selaras dengan tuntutan industri masa depan.

Proses perencanaan tidak hanya dilakukan oleh kepala sekolah, tetapi juga melibatkan tim manajemen kurikulum, kepala program keahlian teknik mesin, dan guru produktif. Dokumen Kurikulum Satuan Pendidikan (KSP) yang dianalisis peneliti menunjukkan bahwa perencanaan pembelajaran telah dirancang dengan mengintegrasikan capaian pembelajaran (CP) dan penggunaan media simulatif seperti Mastercam dalam pembelajaran CNC. Hal ini mengacu pada ketentuan dari BSKA 032/2024 dan Undang-Undang Republik Indonesia No. 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen, yang wajibkan guru untuk merancang pembelajaran yang bermutu, kontekstual, dan relevan dengan kebutuhan peserta didik. Guru teknik mesin dari SMKN 6 Bandung menyampaikan bahwa:

*“Kami merancang pembelajaran CNC berdasarkan capaian pembelajaran dari KSP, dan untuk bagian praktik, kami memasukkan media simulasi agar siswa bisa membiasakan diri sebelum ke mesin sebenarnya.”* (Wawancara, 2 April 2025)

Struktur organisasi di kedua sekolah mendukung implementasi perencanaan ini, dengan pembagian tugas yang jelas antara kepala sekolah, waka kurikulum, kepala program keahlian, dan guru. Ini sejalan dengan ciri organisasi efektif menurut Etzioni (dalam Wijaya & Rifai'i, 2016), yang mencakup pembagian kekuasaan dan tanggung jawab, pusat pengambilan keputusan, serta mekanisme perbaikan berkelanjutan.

Dokumen pendukung seperti RPP, KSP, dan notulen rapat koordinasi perencanaan menunjukkan adanya pemikiran strategis dalam menyesuaikan media pembelajaran dengan karakteristik siswa dan kebutuhan industri. Pendekatan ini menunjukkan bahwa perencanaan dilakukan secara kolaboratif dan berbasis kebutuhan nyata, yang menurut Glickman et al. (2001), merupakan landasan utama dalam manajemen pembelajaran yang efektif.

Dengan demikian, proses perencanaan penggunaan media simulasi CNC di kedua sekolah tidak hanya menunjukkan kesesuaian dengan teori manajemen pendidikan, tetapi juga mencerminkan praktik PDCA dalam pendidikan vokasi. Perencanaan yang matang menjadi pondasi penting dalam memastikan efektivitas pelaksanaan pembelajaran berbasis teknologi di SMK.

### **Pelaksanaan Penggunaan Media Pembelajaran Simulasi CNC**

Pelaksanaan pembelajaran simulasi CNC di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung dijalankan oleh guru produktif teknik mesin melalui penyusunan dan implementasi Rencana Pelaksanaan Pembelajaran (RPP). RPP tersebut dirancang sesuai struktur standar, meliputi kegiatan pendahuluan, inti, dan penutup, serta mencantumkan tujuan pembelajaran yang mengacu pada capaian kompetensi siswa. Pendekatan ini selaras dengan Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 57 Tahun 2021 tentang Standar Nasional Pendidikan, khususnya Pasal 10 ayat (2), yang menyatakan bahwa standar proses meliputi perencanaan, pelaksanaan, dan penilaian pembelajaran sebagai prasyarat pencapaian standar kompetensi lulusan.

Penggunaan media simulasi CNC dilakukan melalui perangkat lunak berbasis CAD (*Computer Aided Design*) dan CAM (*Computer Aided Manufacturing*). CAD digunakan untuk

merancang desain objek, sementara CAM dimanfaatkan dalam tahap pemrograman dan simulasi proses pemesinan. Software seperti Mastercam digunakan untuk memvisualisasikan jalannya mesin CNC secara virtual. Pendekatan ini sesuai dengan Peraturan Mendikbudristek Nomor 22 Tahun 2023 tentang Standar Sarana dan Prasarana, yang menyebut bahwa bahan dan alat pembelajaran merupakan bagian dari sarana pembelajaran yang digunakan untuk mendukung tercapainya tujuan pembelajaran. Seorang guru dari SMKN 1 Patrol Indramayu menyampaikan:

*“Kami menggunakan simulasi Mastercam sebelum praktik langsung ke mesin. Ini penting untuk efisiensi dan menghindari kesalahan fatal saat siswa mulai mengoperasikan mesin nyata.”* (Wawancara, 25 Maret 2025)

Dalam pelaksanaannya, terdapat beberapa prasyarat utama yang mendukung efektivitas penggunaan simulasi CNC. Pertama, ketersediaan alat dan bahan, yakni perangkat komputer dan software simulasi yang memadai (Depdiknas, 2005). Kedua, kesiapan guru sebagai fasilitator pembelajaran. Guru dituntut untuk memahami konteks teknis simulasi dan menyusun skenario pembelajaran yang terstruktur (Djamarah, 2006; Prianto, 2019). Ketiga, kesiapan peserta didik dalam mengikuti proses simulasi, yang mencakup pemahaman terhadap langkah-langkah kerja, instruksi digital, dan prinsip dasar pemrograman CNC. Keempat, kecukupan waktu yang dialokasikan untuk proses pembelajaran simulatif, agar siswa tidak hanya memahami secara teori, tetapi juga terbiasa dengan proses kerja industri secara virtual.

Dokumentasi RPP dan catatan observasi menunjukkan bahwa pelaksanaan pembelajaran berjalan secara konsisten dan berorientasi pada keterampilan praktis siswa. Selain itu, siswa diberi tugas untuk merancang desain mandiri menggunakan CAD sebelum menjalankannya dalam simulasi CAM. Hal ini tidak hanya meningkatkan pemahaman konseptual siswa, tetapi juga melatih kemandirian dan keterampilan teknis yang sesuai dengan tuntutan industri.

Pelaksanaan pembelajaran berbasis simulasi CNC mencerminkan tahapan “Do” dalam siklus PDCA, yaitu tahap eksekusi terhadap rencana strategis yang telah disusun sebelumnya. Proses ini berjalan dalam koordinasi yang erat antara kepala program, guru produktif, dan peserta didik, yang menunjukkan adanya keterpaduan sistem dalam pengelolaan pembelajaran vokasional berbasis teknologi.

## Evaluasi Penggunaan Media Pembelajaran Simulasi CNC

Tahapan pengecekan dalam model PDCA diwujudkan melalui kegiatan asesmen pembelajaran yang dilaksanakan secara sistematis oleh guru produktif di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung. Evaluasi terhadap penggunaan media pembelajaran simulasi CNC mencakup asesmen diagnostik kognitif dan non-kognitif, asesmen formatif selama proses pembelajaran, serta asesmen sumatif di akhir pembelajaran. Pendekatan ini sejalan dengan prinsip asesmen dalam Kurikulum Merdeka, yang menekankan pentingnya asesmen berkelanjutan untuk menyesuaikan strategi pembelajaran dengan kebutuhan peserta didik (Budiono et al., 2023).

Guru melakukan asesmen diagnostik di awal pembelajaran untuk memetakan pemahaman awal siswa terhadap konsep CNC dan penggunaan media simulasi. Selanjutnya, asesmen formatif digunakan untuk memonitor kemajuan belajar selama proses berlangsung, termasuk pemahaman terhadap penggunaan perangkat lunak CAD/CAM, pemrograman dasar CNC, serta kemampuan siswa dalam mengidentifikasi kesalahan simulasi. Asesmen sumatif diterapkan untuk mengukur hasil akhir pembelajaran dan tingkat ketercapaian kompetensi siswa dalam bidang teknik pemesinan CNC.

Pelaksanaan asesmen ini merujuk pada Peraturan Direktur Jenderal GTK Kemendikbudristek Nomor 2626/B/HK.04.01/2023 tentang Model Kompetensi Guru, khususnya Pasal 6 ayat (4), yang menegaskan pentingnya lingkungan pembelajaran yang aman

dan nyaman, pembelajaran yang berpusat pada peserta didik, serta asesmen dan umpan balik yang kontekstual dan berkelanjutan. Dalam praktiknya, guru memberikan umpan balik verbal maupun tertulis kepada siswa berdasarkan hasil simulasi, serta mendorong refleksi diri siswa untuk memahami kesalahan dan memperbaiki strategi kerja. Salah satu guru CNC di SMKN 6 Bandung menyatakan:

*“Setelah simulasi dijalankan, siswa wajib membuat laporan kesalahan dan solusi koreksi. Kami bahas bersama di kelas, agar semua belajar dari kasus nyata, meskipun dalam dunia virtual.”* (Wawancara, 28 Maret 2025)

Dokumentasi yang dikumpulkan selama penelitian menunjukkan adanya rubrik penilaian yang mencakup aspek teknis, seperti akurasi pemrograman dan efisiensi simulasi, serta aspek non-teknis seperti kolaborasi tim dan ketelitian siswa. Proses ini tidak hanya berfungsi sebagai evaluasi hasil belajar, tetapi juga sebagai sarana diagnosis dan pengembangan kemampuan metakognitif siswa.

Dengan demikian, tahapan pengecekan atau evaluasi pada implementasi media simulasi CNC telah dijalankan secara terstruktur dan sesuai dengan prinsip-prinsip asesmen modern. Proses ini mendukung siklus peningkatan kualitas pembelajaran secara berkelanjutan dan memberikan dasar yang kuat untuk tahap perbaikan atau *Act* dalam siklus PDCA.

### **Tindak Lanjut (*Act*) Perbaikan: Refleksi Penggunaan Media Pembelajaran Simulasi CNC**

Tahap tindakan dalam siklus PDCA diwujudkan melalui kegiatan refleksi yang dilakukan secara rutin oleh guru dan peserta didik di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung. Refleksi ini menjadi bagian penting dari manajemen pembelajaran, terutama dalam konteks implementasi media simulasi CNC. Refleksi dilakukan baik secara lisan dalam diskusi kelas maupun tertulis melalui jurnal belajar dan evaluasi harian. Tujuannya adalah untuk mengevaluasi pemahaman materi, efektivitas strategi pembelajaran, serta kenyamanan dan dinamika dalam proses belajar.

Bagi peserta didik, kegiatan refleksi diarahkan pada pemahaman terhadap konten pembelajaran, kesulitan yang dihadapi saat menggunakan perangkat lunak CAD/CAM, serta persepsi mereka terhadap media simulasi sebagai alat bantu belajar. Guru memberikan pertanyaan pemandik seperti: “Bagian mana yang paling sulit saat simulasi?”, “Apa yang kalian pelajari dari kesalahan saat input program?”, atau “Bagaimana media ini membantu kamu memahami proses pemesinan?”

Sementara itu, refleksi guru berfokus pada efektivitas metode yang digunakan, respons peserta didik, dan upaya perbaikan yang dapat dilakukan. Kegiatan ini sejalan dengan konsep *teacher as reflective practitioner*, di mana guru secara aktif merefleksikan praktiknya untuk peningkatan profesionalisme. Hal ini didukung oleh Yuliyanto et al. (2022), yang menyatakan bahwa kompetensi pedagogik seorang guru harus ditopang oleh kemampuan reflektif yang konsisten. Refleksi dianggap sebagai cara strategis untuk memperbaiki kualitas pengajaran tanpa harus menunggu akumulasi pengalaman jangka panjang.

Beberapa guru di SMKN 6 Bandung secara rutin mendokumentasikan hasil refleksi dalam catatan harian mengajar dan forum MGMP (Musyawarah Guru Mata Pelajaran). Salah satu guru menyampaikan:

*“Setelah sesi simulasi, saya minta siswa menuliskan satu hal yang mereka pelajari dan satu hal yang masih membingungkan. Ini membantu saya merancang pendekatan yang lebih tepat minggu depan.”* (Wawancara, 1 April 2025)

Kegiatan refleksi ini juga sejalan dengan Peraturan Dirjen GTK Nomor 2626/B/HK.04.01/2023, yang mengamanatkan bahwa guru harus mampu menciptakan pembelajaran yang aman, nyaman, dan berpusat pada peserta didik. Salah satu indikatornya adalah kemampuan memberikan asesmen yang disertai umpan balik dan tindak lanjut

pembelajaran secara berkesinambungan.

Dengan adanya refleksi sebagai bagian dari tindakan perbaikan, proses pembelajaran menjadi lebih adaptif dan responsif terhadap kebutuhan peserta didik. Hal ini menegaskan bahwa penggunaan media simulasi CNC tidak hanya berhenti pada aspek teknis, tetapi juga mendorong transformasi pedagogis yang berbasis evaluasi diri dan perbaikan berkelanjutan. Pendekatan ini memperkuat budaya belajar yang reflektif, inovatif, dan kolaboratif dalam ekosistem pendidikan vokasi.

### **Kendala Penggunaan Media Pembelajaran Simulasi CNC**

Meskipun media pembelajaran berbasis simulasi CNC menawarkan berbagai keunggulan pedagogis dan efisiensi pembelajaran, pelaksanaannya di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung masih menghadapi sejumlah tantangan yang bersifat teknis, struktural, maupun kognitif. Temuan lapangan menunjukkan bahwa keterbatasan sumber daya menjadi kendala utama dalam optimalisasi penggunaan media ini.

Pertama, aksesibilitas terhadap perangkat lunak simulasi CNC seperti Mastercam atau Mach3 masih terbatas. Beberapa komputer sekolah belum memenuhi spesifikasi minimum untuk menjalankan aplikasi simulasi secara optimal, terutama dari sisi grafis dan memori. Hal ini berdampak pada kelancaran praktik siswa dan menurunkan efektivitas pembelajaran berbasis teknologi.

Kedua, kompetensi guru produktif teknik mesin dalam mengoperasikan dan mengajarkan simulasi CNC belum merata. Meskipun sebagian guru telah memiliki sertifikasi kompetensi, tidak semua memiliki pengalaman yang memadai dalam mendesain skenario pembelajaran berbasis software simulasi. Kekurangan ini menurunkan kualitas instruksi dan bimbingan dalam kelas praktik.

Ketiga, infrastruktur pendukung seperti jaringan internet stabil dan ruang laboratorium khusus belum sepenuhnya tersedia. Keterbatasan ini menyulitkan pelaksanaan pembelajaran simulasi secara simultan dan kolaboratif, khususnya saat digunakan dalam kelas besar.

Keempat, tingginya biaya operasional menjadi kendala bagi sekolah untuk terus memperbarui lisensi software, memperbaiki perangkat keras, dan menyediakan pelatihan lanjutan bagi guru. Dukungan dana dari pemerintah maupun industri mitra belum sepenuhnya konsisten dan terstruktur.

Kelima, dari sisi peserta didik, kemampuan siswa yang beragam turut mempengaruhi efektivitas penggunaan media simulasi. Beberapa siswa masih kesulitan memahami logika pembacaan titik koordinat, menentukan langkah kerja dalam pemrograman CNC, dan menunjukkan kecermatan dalam memverifikasi program sebelum dijalankan. Sifat kurang teliti dan kebiasaan menghindari pengecekan ulang juga kerap menjadi penyebab kesalahan saat simulasi berjalan.

Kendala-kendala ini sejalan dengan temuan Andini et al. (2024), yang mengidentifikasi hambatan dalam implementasi media pembelajaran meliputi aspek teknis, kompetensi sumber daya manusia, dan kesiapan infrastruktur. Oleh karena itu, diperlukan pendekatan manajerial yang lebih sistematis dan berkelanjutan untuk mengatasi hambatan tersebut—termasuk sinergi antara sekolah, pemerintah daerah, dan industri sebagai mitra pembelajaran vokasi.

### **Solusi Penggunaan Media Pembelajaran Simulasi CNC**

Menghadapi berbagai kendala dalam implementasi media pembelajaran simulasi CNC, sejumlah strategi solusi dirancang secara sistematis untuk menjawab permasalahan teknis, pedagogis, dan manajerial yang muncul di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung. Pendekatan solusi ini berpijak pada prinsip kolaborasi, optimalisasi sumber daya, serta integrasi antar-disiplin pembelajaran.

Pertama, pihak sekolah dapat mengupayakan kerja sama strategis dengan lembaga eksternal seperti dunia usaha dan industri (DUDI), instansi pemerintah, atau organisasi non-

profit guna mendapatkan dukungan sumber daya, baik berupa perangkat keras, perangkat lunak, maupun pelatihan guru. Pendekatan ini sejalan dengan pemikiran Garcia (2021), yang menekankan pentingnya memanfaatkan sumber daya eksternal dan teknologi open-source dalam konteks pendidikan vokasi.

Kedua, negosiasi lisensi software pendidikan perlu dilakukan dengan penyedia aplikasi simulasi seperti Mastercam agar sekolah dapat memperoleh versi pendidikan dengan harga terjangkau. Pemanfaatan laboratorium komputer sekolah secara maksimal dan pengadaan perangkat tambahan yang sesuai spesifikasi juga harus menjadi prioritas kebijakan sekolah.

Ketiga, peningkatan kompetensi guru melalui pelatihan yang relevan sangat krusial. SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung telah menjalin kerja sama dengan Balai Besar Pengembangan Penjaminan Mutu Pendidikan Vokasi Bidang Mesin dan Teknik Industri (BBPPMPV BMTI). Kegiatan pelatihan ini sesuai amanat UU No. 20 Tahun 2003 Pasal 44 dan UU ASN No. 5 Tahun 2014 Pasal 21, yang menggarisbawahi pentingnya pengembangan kompetensi tenaga pendidik.

Keempat, penguatan sarana dan prasarana dilakukan dengan memastikan komputer memiliki spesifikasi yang memadai, tersedia proyektor, koneksi internet stabil, dan semua perangkat lunak telah terinstal secara baik. Hal ini sejalan dengan Permendikbudristek No. 22 Tahun 2023 yang menegaskan pentingnya ketersediaan alat dan bahan pembelajaran dalam mendukung proses pendidikan.

Kelima, kerja sama formal dengan industri melalui Memorandum of Understanding (MoU) dapat membuka peluang untuk memperoleh donasi perangkat dan fasilitas praktik. Hal ini sesuai dengan Permenperin No. 03/M-IND/PER/1/2017 yang mendorong pembinaan SMK berbasis kompetensi yang link and match dengan industri.

Keenam, untuk mengatasi masalah keterbatasan jumlah mesin CNC, pengelolaan waktu praktik dilakukan secara rotasi, di mana kelompok siswa yang belum mendapat giliran praktik dapat mengerjakan simulasi pemrograman atau memperdalam teori menggunakan Mastercam.

Ketujuh, dalam menjawab variasi kemampuan siswa dalam pemahaman titik koordinat dan logika pemesinan, guru produktif mesin perlu berkolaborasi dengan guru matematika dan guru gambar teknik. Kolaborasi ini bertujuan memperkuat dasar konseptual siswa melalui pendekatan lintas mata pelajaran.

Kedelapan, untuk meningkatkan ketelitian siswa dalam melakukan verifikasi program sebelum praktik di mesin nyata, sekolah perlu menerapkan prosedur wajib pengecekan simulasi. Aturan ini bertujuan mencegah kerusakan mesin akibat kesalahan input, serta menanamkan budaya teliti dan tanggung jawab pada peserta didik.

Dengan strategi-strategi tersebut, diharapkan penggunaan media pembelajaran simulasi CNC tidak hanya mengatasi keterbatasan teknis, tetapi juga memperkuat kualitas instruksional dan relevansi pembelajaran dengan kebutuhan industri manufaktur modern.

## Pembahasan

Implementasi penggunaan media pembelajaran simulasi CNC di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung menunjukkan sinergi antara manajemen pendidikan berbasis nilai, prinsip PDCA (Plan-Do-Check-Act), dan penguatan kompetensi pedagogik guru dalam konteks pendidikan vokasi. Tahapan perencanaan yang dilakukan secara kolaboratif dan berbasis visi institusi menjadi fondasi yang kuat dalam menjawab tuntutan industri dan perkembangan teknologi pembelajaran. Seperti dijelaskan oleh Deming (1986), perencanaan strategis harus dimulai dengan penetapan tujuan yang jelas dan pemetaan sumber daya yang tersedia. Hal ini terlihat dari integrasi dokumen KSP dan RPP yang telah mengakomodasi penggunaan media berbasis CAD/CAM seperti Mastercam dalam pembelajaran teknik mesin.

Proses pelaksanaan menunjukkan bahwa pendekatan pembelajaran berbasis simulasi mampu memperkaya pengalaman belajar siswa secara virtual sebelum berinteraksi langsung

dengan mesin CNC. Pernyataan guru dalam wawancara lapangan memperkuat pentingnya tahapan ini sebagai langkah mitigasi risiko kesalahan teknis dalam praktik nyata. Dengan mengacu pada Peraturan Pemerintah Nomor 57 Tahun 2021, struktur pelaksanaan yang disusun melalui RPP menegaskan kepatuhan terhadap standar proses pendidikan nasional.

Asesmen yang dilakukan pada tahap "Check" memperlihatkan konsistensi guru dalam menerapkan evaluasi berbasis data, termasuk asesmen diagnostik, formatif, dan sumatif. Guru secara aktif memetakan pemahaman awal, memonitor perkembangan, dan memberikan umpan balik yang berorientasi pada perbaikan belajar. Temuan ini selaras dengan prinsip Kurikulum Merdeka yang menekankan pentingnya asesmen yang fleksibel dan humanistik. Pendekatan reflektif yang diadopsi dalam tahap "Act" menjadi ruang strategis bagi guru dan siswa dalam meninjau efektivitas strategi pembelajaran serta membangun budaya belajar yang partisipatif dan kritis (Ansari et al., 2022).

Namun demikian, masih terdapat sejumlah kendala yang perlu dicermati secara manajerial. Keterbatasan perangkat keras, akses software, dan kompetensi guru menjadi tantangan utama yang menghambat implementasi optimal. Seperti dicatat oleh Andini et al. (2024), hambatan teknis dan infrastruktur merupakan isu sentral dalam pengintegrasian media digital di lingkungan pendidikan vokasi. Oleh karena itu, solusi yang dirancang dalam penelitian ini, seperti kolaborasi dengan DUDI, pelatihan guru, dan pengadaan fasilitas tambahan, menjadi upaya konkret untuk meningkatkan efektivitas pembelajaran CNC berbasis simulasi.

Penelitian ini menunjukkan bahwa keberhasilan implementasi media pembelajaran simulasi tidak hanya bergantung pada aspek teknis semata, tetapi juga pada manajemen yang reflektif, koordinasi antar pemangku kepentingan, serta penguatan kapasitas profesional guru. Dengan mengintegrasikan prinsip PDCA secara komprehensif, kedua sekolah telah menunjukkan praktik pendidikan vokasi yang tidak hanya adaptif terhadap perkembangan industri, tetapi juga mampu memberdayakan potensi peserta didik melalui teknologi yang relevan dan kontekstual.

## KESIMPULAN

Penelitian ini mengungkap bahwa implementasi media pembelajaran simulasi CNC di SMKN 1 Patrol Indramayu dan SMKN 6 Bandung, yang mencakup tahap perencanaan, pelaksanaan, pengecekan, dan tindakan (PDCA), telah dilakukan secara sistematis, kontekstual, dan reflektif. Pelaksanaan ini berkontribusi pada peningkatan efektivitas pembelajaran teknik pemesinan CNC di lingkungan pendidikan vokasi.

Pertama, pada tahap *perencanaan*, kedua sekolah menyusun strategi penggunaan media simulasi dengan merujuk pada visi misi institusi, ketercapaian capaian pembelajaran (CP), serta kebutuhan dunia industri. Kolaborasi antara kepala sekolah, kepala program keahlian, dan guru produktif menghasilkan rencana pembelajaran berbasis teknologi yang terstruktur dan kontekstual. Perencanaan ini mencerminkan praktik manajemen strategis berbasis PDCA yang menempatkan kualitas dan relevansi sebagai prioritas utama.

Kedua, dalam tahap *pelaksanaan*, media simulasi seperti Mastercam digunakan untuk mengembangkan keterampilan teknis siswa melalui pendekatan CAD/CAM. Guru menyusun RPP dan skenario pembelajaran yang adaptif, memperkuat koneksi antara teori dan praktik industri. Penggunaan media ini terbukti mendorong efisiensi, mengurangi risiko kesalahan dalam praktik nyata, dan meningkatkan kesiapan siswa menghadapi dunia kerja.

Ketiga, pada tahap *pengecekan*, asesmen diagnostik, formatif, dan sumatif dilaksanakan secara berkelanjutan untuk mengukur ketercapaian pembelajaran. Guru memberikan umpan balik langsung dan melibatkan siswa dalam refleksi atas kesalahan simulasi. Proses asesmen yang berbasis data ini memungkinkan guru menyesuaikan strategi pembelajaran secara responsif, serta membentuk budaya evaluatif yang partisipatif dan konstruktif.

Keempat, pada tahap *tindakan* atau perbaikan, refleksi menjadi kunci penguatan mutu. Guru dan siswa terlibat dalam refleksi lisan dan tertulis, baik secara individual maupun kolektif. Praktik reflektif ini menumbuhkan kesadaran metakognitif siswa dan meningkatkan profesionalisme guru. Refleksi tidak hanya bersifat teknis, tetapi juga mendorong pendekatan pedagogik yang adaptif dan berpusat pada peserta didik.

Meskipun masih terdapat sejumlah kendala seperti keterbatasan perangkat, kompetensi guru, dan kesiapan infrastruktur, sekolah telah mengupayakan solusi melalui kerja sama eksternal, pelatihan berkelanjutan, serta pendekatan lintas disiplin antar guru. Strategi-solusi yang diterapkan menunjukkan bahwa penggunaan media simulasi CNC tidak hanya sebagai inovasi teknologi, tetapi sebagai bagian integral dari transformasi pembelajaran vokasional yang relevan dengan kebutuhan industri 4.0.

## REFERENSI

- Adrias, & Ruswandi, A. (2025). *Desain Penelitian Kuantitatif, Kualitatif, dan Mix Method*. Rajawali Pers.
- Ansari, A. H., Alpisah, A., & Yusuf, M. (2022). Konsep dan Rancangan Manajemen Kurikulum Merdeka di Tingkat Sekolah Menengah Pertama. *Tugas Mata Kuliah Mahasiswa*, 34–45.
- Ardianto, D., Yufrizal, A., Helmi, N., & Indrawan, E. (2021). Efektivitas Penggunaan CNC Simulator untuk Meningkatkan Hasil Belajar pada Pembelajaran Teknik Pemesinan NC/CNC dan CAM Kelas XII SMK Negeri 1 Bukittinggi. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 3(4), 62–67.
- Creswell, J. W., & Clark, V. L. P. (2017). *Designing and conducting mixed methods research*. Sage publications.
- Daniyati, A., Saputri, I. B., Wijaya, R., Septiyani, S. A., & Setiawan, U. (2023). Konsep dasar media pembelajaran. *Journal of Student Research*, 1(1), 282–294.
- Dash, M. (2023). Cone of Experience. *AECT at 100: A Legacy of Leadership*, 6, 136.
- Deming, W. E. (1982). *Guide to Quality Control*. Massachusetts Institute Of Technology.
- Deming, W. E. (1986). Principles for transformation. *Out of the Crisis*, 18, 96.
- Hartanto, R. S., & Dani, H. (2020). Studi Literatur: pengembangan media pembelajaran dengan software autocad. *Jurnal Kajian Pendidikan Teknik Bangunan*, 6(1).
- Ligendra, R., Rifelino, R., & Prasetya, F. (2023). Efektivitas Pemanfaatan Cnc Simulator Terhadap Penguasaan Kognitif Dan Minat Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Cnc Kelas Xi Smk Negeri 2 Payakumbuh. *Jurnal Vokasi Mekanika (VoMek)*, 5(3), 236–243.
- Lincoln, Y., & Guba, B. (1985). *Naturalistic inquiry*. Beverly Hills: Sage Publications. Inc.
- Miles, M. B., Huberman, A. M., & Saldaña, J. (2014). *Qualitative Data Analysis: A Methods Sourcebook* (Third edit). SAGE Publications Inc.
- Prianto, E. (2017). Proses permesinan cnc dalam pembelajaran simulasi CNC. *Jurnal Edukasi Elektro*, 1(1).
- Purwoko, B. S. H. (2008). Pengembangan Media Mesin CNC Virtual TU-3A sebagai Media Pembelajaran Mata Kuliah Pemesinan NC. *Jurnal Pendidikan Teknologi Dan Kejuruan UNY*, 17(1), 1–22.
- Rosanaya, S. L., & Fitrayati, D. (2021). Pengembangan media pembelajaran berbasis video animasi pada materi jurnal penyesuaian perusahaan jasa. *Edukatif: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 3(5), 2258–2267.
- Said, S. (2023). Peran teknologi digital sebagai media pembelajaran di era abad 21. *Jurnal PenKoMi: Kajian Pendidikan Dan Ekonomi*, 6(2), 194–202.
- Saputra, F. A., & Utama, F. Y. (2019). *Penerapan Media Pembelajaran Mach 3 Turn Pada Pemrograman Mesin CNC Berdasarkan Desain CAD di SMK Negeri 12 Surabaya*.
- Sariwardani, A., & Si, S. E. M. (2024). Manajemen Produksi dan Operasi. *Manaj. Produksi*

- Dan Operasi Era Revolusi Ind*, 4, 35.
- Setyako, S. D., Rahma, S., Rizal, Y., & Veranita, M. (2024). PENGEMBANGAN SOFT SKILL DAN HARD SKILL DI ERA DIGITAL: SEBUAH TINJAUAN SISTEMATIS. *JURNAL PENDIDIKAN, HUMANIORA, LINGUISTIK DAN SOSIAL (JAGADDHITA)*, 3(1), 22–25.
- Susanti, S., Ambiyar, A., Nurdin, H., & Nabawi, R. A. (2021). Pengaruh Media Pembelajaran Video Tutorial Terhadap Hasil Belajar Siswa Pada Mata Pelajaran Gambar Teknik Mesin Di Smk Negeri 5 Padang. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 3(3), 38–44.
- Wahyuli, A. A., Ratnasari, W., & Azainil, A. (2025). Strategi Efektif Pendekatan Sistem Dalam Manajemen Mutu Pendidikan di Sekolah Menengah Kejuruan. *Pendas Mahakam: Jurnal Pendidikan Dan Pembelajaran Sekolah Dasar*, 10(1), 29–41.
- Widianto, A., & Khumaedi, M. (2021). Pengembangan Media Audio Visual Simulasi Setting Mesin Cnc Turning Untuk Meningkatkan Hasil Belajar Pengetahuan Pembubutan Rata. *Jurnal Pendidikan Teknik Mesin*, 21(1).
- Yin, R. K. (2017). *Case study research and applications*. SAGE Publications US.
- Yufrizal, A., Irzal, I., & Prasetya, F. (2019). Pengaruh Media Simulator Cnc 2 Axis Terhadap Hasil Belajar Mata Diklat CNC Dasar Siswa Di Smk Negeri 5 Padang. *Jurnal Vokasi Mekanika*, 1(1), 15–19.